

Hobby-Version

Zusi 3 - Dokumentation

Nur für Privatanwender

Stand 1. März 2018

Hinweis auf das Urheberrecht: Die Weitergabe dieser Dokumentation, auch auszugsweise oder in anderem Format oder anderer Sprache, ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Autors zulässig.

Text und Fotos: Carsten Hölscher (wenn nicht anders angegeben)

Carsten Hölscher
Eichtalstraße 39
38114 Braunschweig
Deutschland
www.zusi.de

Änderungen

Seit der letzten Version gab es Änderungen auf den folgenden Seiten:

[55](#) ; [56](#) ; [67](#) ; [457](#) ; [472](#) ; [552](#) ; [568](#) ; [570](#) ; [573](#) ; [680](#) ; [681](#) ; [683](#) ; [684](#) ;

Die Abschnitte sind durch einen Stern am rechten Rand gekennzeichnet. Kleine Änderungen (Korrektur von Tippfehlern usw.) werden hierbei nicht erfasst.

Wer nur geänderte Seiten ausdrucken möchte, kann die Auflistung der Seitennummern direkt in den Druckdialog kopieren.

Der Änderungsmodus erfasst nicht immer auf die Folgeseite umgebrochene neue Passagen, so dass es in Einzelfällen nötig sein kann, noch eine weitere Seite auszudrucken. Ebenfalls nicht berücksichtigt wird der Seitenumbruch nachfolgender Abschnitte. So können einige unveränderte Absätze doppelt und identisch in den alten und den neuen Seiten vorhanden sein.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Grundlagen	
1.1 Was ist Zusi?	2.1.3 Pause
1.1.1 Gleisplaneditor	2.1.4 Autopilot
1.1.2 3D-Editor	2.1.5 Zeitsprung
1.1.3 Fahrzeugeditor	2.1.5.1 Ende und Unterbrechung
1.1.4 Führerstandeditor	2.1.5.2 Fahrplan neu starten
1.1.5 Verwaltung	2.2 Menü „Konfiguration“
1.2 Sprachen	2.2.1 Einstellungen
1.3 Updateverfahren	2.2.1.1 Grafik-Initialisierung
1.3.1 Programm-Updates	2.2.1.2 Grafik + Sound
1.4 Verzeichnisstruktur	2.2.1.3 Umgebung
1.4.1 Programm-Installation	2.2.1.4 Simulation
1.4.2 Daten-Installation	2.2.1.5 Sonstiges
1.4.3 Daten-Unterverzeichnisse	2.2.2 Eingabegeräte
1.4.3.1 Länderverzeichnis und Sprache	2.2.2.1 Tastatur
1.4.3.2 Fahrzeugstruktur	2.2.2.2 DirectInput-Geräte
1.5 Einstieg in das Erstellen von Zusi-Zubehör	2.2.3 Manuelle Gerätezuordnung
1.5.1 3D-Objektbau	2.2.4 Automatische Gerätezuordnung
1.5.2 Streckenbau	2.2.5 Netzwerk
1.5.3 Fahrplankonstruktion	2.2.5.1 Registerkarte „Server“
1.5.4 Fahrzeuggbau	2.2.5.2 Registerkarte „Führerstand-Client testen“
1.5.4.1 Fahrzeugdatei	2.2.6 Führerstandsgrafik anzeigen
1.5.4.2 Führerstandsbau	2.2.7 Führerstand-Zusatzinfo anzeigen
1.5.4.3 3D-Objekt	2.2.8 Zugdatenfenster anzeigen
1.5.4.4 Sound	2.2.9 Schummelinfo anzeigen
1.6 Eigene Dokumentation einbringen	2.2.10 Menü ausblenden
1.6.1 Organisatorisches	2.2.11 Fenstergröße auf Führerstandsgröße setzen
1.6.2 Dateiformat	2.3 Menü „Navigation“
1.6.3 Einheitliches Erscheinungsbild	2.3.1 Anderen Zug übernehmen
1.6.4 Bilder/Grafiken	2.3.2 Zugstandorte
1.7 Datei-Information	2.3.2.1 Standort Führerstand
1.8 Formelzeichen	2.3.2.2 Standort Zug-Außenansicht vorne/hinten
2 Fahrsimulator	
2.1 Menü „Simulation“	2.3.3 Standort Streckenpunkt
2.1.1 Starten des Simulators	2.4 Menü „Fahrplanerstellung“
2.1.1.1 Start über den Simulator	2.4.1 Fahrplandatei
2.1.1.2 Start per Doppelklick	2.4.1.1 Registerkarte „Grundeinstellungen“
2.1.2 Zeitraffer	2.4.1.2 Registerkarte „Züge“

2.4.1.3	Registerkarte „Auf alle Züge anwenden“	2.7.3.3	TB0
2.4.1.4	Registerkarte „Strecken-Module“	2.7.3.4	SST
2.4.2	Zug-Editor	2.7.3.5	TAV
2.4.2.1	Registerkarte „Grunddaten“	2.7.3.6	UIC-WTB
2.4.2.2	Registerkarte „Weitere Zugdaten“	2.7.3.7	Bedienung des Seitenwahlschalters
2.4.2.3	Registerkarte „Fahrzeuge“	2.7.4	Sicherungssysteme
2.4.2.4	Registerkarte „Fahrplan“	2.7.4.1	Sifa
2.4.2.5	Fahrplan erstellen	2.7.4.2	Zugbeeinflussung
2.4.2.6	Streckenplan	2.8	Bahnbetrieb
2.4.3	Buchfahrplan testen	2.8.1	Deutschland
2.5	Menü „Hilfe“	2.8.1.1	Hauptsignal
2.5.1	Fehlersuche	2.8.1.2	Bahnhof und freie Strecke
2.5.1.1	Registerkarte „Zugstatus“	2.8.1.3	Rangierfahrt
2.5.1.2	Registerkarte „Fahrzeugdateien“	2.8.1.4	Zugfahrt
2.5.1.3	Registerkarte „Zugdaten“	2.8.1.5	Hauptgleise/Nebengleise
2.5.1.4	Registerkarte „Fahrdaten“	2.8.1.6	Betriebsstellen und Signalstandorte
2.5.1.5	Registerkarte „Sicherungssysteme“	2.8.1.7	Fahrtrichtung
2.5.1.6	Registerkarte „Fahrplan“	2.8.1.8	Haupt- und Nebenbahnen
2.5.1.7	Registerkarte „Zugübersicht“	2.8.1.9	Geschwindigkeiten
2.5.1.8	Registerkarte „Fahrstraßen“	2.8.1.10	Fahrpläne
2.5.1.9	Registerkarte „Register“	2.8.2	Abfahrauftrag
2.5.1.10	Registerkarte „Sounds“	2.9	Antriebstechnik
2.5.1.11	Registerkarte „Speicher“	2.9.1	Elektrischer Reihenschlussantrieb
2.5.1.12	Registerkarte „Ladelisten“	2.9.2	Elektrischer Drehstromantrieb
2.5.1.13	Registerkarte „Objektbaum“	2.9.3	Dieselhydraulischer Antrieb
2.5.1.14	Registerkarte „Physikalische Größen“	2.10	Bremstechnik
2.5.1.15	Registerkarte „PC-System“	2.10.1	Einleitung
2.5.2	Meldungsfenster anzeigen	2.10.2	Bremswirkung
2.5.3	Letzten Befehl anzeigen	2.10.3	Druckluftbremse
2.5.4	Updates, Add-Ons...	2.10.3.1	Bedienung Druckluftbremse
2.6	Bewertung am Ende der Fahrt	2.10.3.2	Einlösige Bremse
2.7	Bedienung während der Fahrt	2.10.3.3	Mehrlösige Bremse
2.7.1	Bremsen	2.10.3.4	Bremsstellung
2.7.1.1	Gleiten	2.10.3.5	Überladen
2.7.1.2	Indirekte Druckluftbremse	2.10.4	Verschleißfreie Bremsen
2.7.1.3	Zusatzbremse	2.10.4.1	Elektrische Bremse
2.7.1.4	Dynamische Bremse	2.10.4.2	Hydrodynamische Bremsen
2.7.1.5	Magnetschienenbremse	2.10.4.3	Wirbelstrombremse
2.7.2	Fahren	2.10.5	Magnetschienenbremse
2.7.2.1	Schleudern	2.11	Signale
2.7.2.2	Fahrtschalter	2.11.1	Deutschland
2.7.2.3	Nullstellungzwang	2.11.1.1	Länderbahn-Bauformen
2.7.2.4	AFB	2.11.1.2	Formsignale Deutsche Reichsbahn
2.7.3	Türen	2.11.1.3	Lichtsignale H/V-System (Bundesbahn)
2.7.3.1	Kein Türschließsystem		
2.7.3.2	SAT		

2.11.1.4	Lichtsignale HI-System (DDR-Reichsbahn)	3.2.2.8	Einbau von Weichen
2.11.1.5	Lichtsignale Ks-System (Gesamtdeutsch)	3.2.2.9	Einbau von Nebengleisen
2.11.1.6	Mastschilder	3.2.2.10	Einbau von Gleisperren
2.11.1.7	Geschwindigkeitsanzeiger	3.2.2.11	UTM-Punkt
2.12	Zugbeeinflussung	3.2.2.12	Speichern im genormten Verzeichnis
2.12.1	Europaweite Systeme	3.2.2.13	Modulbauweise
2.12.1.1	ETCS	3.2.2.14	Vorbereitung des Anschlussstücks
2.12.2	Deutschland	3.2.2.15	Erstellung des Moduls Eslohe
2.12.2.1	Sicherheitsfahrschaltung (Sifa)	3.2.2.16	Fortsetzung des Höhenprofils
2.12.2.2	Induktive Zugsicherung (Indusi)	3.2.2.17	Bau der Gleisanlagen
2.12.2.3	Geschwindigkeitsüberwachung für Neigetechnik (GNT)	3.2.2.18	Hüllkurve
2.12.2.4	Linienzugbeeinflussung (LZB)	3.2.2.19	Abstecken von Straßen und Flüssen
2.12.3	Österreich	3.2.2.20	Setzen von Markerpunkten
2.12.3.1	Induktive Zugsicherung (Indusi)	3.2.2.21	Export der Streckendateien in den 3D-Editor
3 Bau einer Übungsstrecke		3.3	Streckenausbau im 3D-Editor
3.1	Grundlagen	3.3.1	Grundprinzipien
3.1.1	Datenbasis	3.3.1.1	Kacheln
3.1.1.1	Gleispläne	3.3.1.2	Dynamisches Nachladen
3.1.1.2	Maßstäblicher Gleisplan	3.3.1.3	Streckenelemente
3.1.1.3	Nicht maßstäblicher oder verzerrter Gleisplan	3.3.1.4	Landschaftselemente
3.1.1.4	Luftbilder	3.3.1.5	Texturen
3.1.1.5	Höhenprofil	3.3.1.6	Navigation im 3D-Editor
3.1.1.6	Topographische Karte (TK50)	3.3.2	Grundlegende Arbeiten
3.1.1.7	Digitales Höhenmodell (DEM)	3.3.2.1	Import der neu erstellten Streckendatei
3.1.2	Editoren und Hilfsprogramme	3.3.2.2	Prüfen der Gleislage
3.1.2.1	Gleisplaneditor	3.3.2.3	Verknüpfen mit Nachbarmodulen
3.1.2.2	3D Editor	3.3.2.4	Laden von DEM und Kartenmaterial
3.1.2.3	TransDEM	3.3.3	Landschaftsausgestaltung
3.1.2.4	Geländeformer	3.3.3.1	Gleisbettung und Schienen
3.1.2.5	Fahrplaneditor	3.3.3.2	Erzeugen von Geometrien entlang von Streckenvektoren
3.1.2.6	Blender	3.3.3.3	Bahnsteige
3.1.2.7	GIMP	3.3.3.4	Dämme und Einschnitte
3.2	Streckenbau im Gleisplaneditor	3.3.3.5	Erzeugen der Landschaftskacheln
3.2.1	Das Ziel	3.3.3.6	Einbau eines Bahnübergangs
3.2.2	Bahnhofsmodule	3.3.3.7	Bau von Straßen und Flüssen
3.2.2.1	Höhenprofil	3.3.3.8	Importieren von Gebäuden
3.2.2.2	Achse für das Höhenprofil erstellen und editieren	3.3.3.9	Einbau weiterer Objekte
3.2.2.3	Das erste Höhenprofil-Element	3.3.3.10	Bäume und Bewuchs
3.2.2.4	Höhenlage des Streckenprofils	3.3.3.11	Grundplatte mit Geländeformer erzeugen
3.2.2.5	Verschieben des Höhenprofils aus der Gleisachse	3.3.3.12	Modulübergänge nacharbeiten
3.2.2.6	Höhenprofil abzweigender Strecken		
3.2.2.7	Vervollständigung des Gleisplans		

3.3.4	Eisenbahnbezogener Strecken- ausbau	4.1.1	Verwendungszweck
3.3.4.1	Höchstgeschwindigkeit	4.1.2	Modulbauweise
3.3.4.2	Fahrleitung	4.1.3	Konzept
3.3.4.3	Hektometerzeichen	4.1.4	UTM-Referenzpunkt
3.3.4.4	Signale aufstellen	4.1.5	Grundlagen der Gleiselemente
3.3.4.5	Bahnübergänge	4.1.6	Höhenlageplan bei Weichen
3.3.4.6	Streckenbezogene Ereignisse	4.1.7	Zuordnung von Höhenprofilen und Streckenabschnitten
3.3.4.7	Spezielle Signale und Ereignisse	4.2	Hauptprogramm
3.3.4.8	Weichen und Signale nacharbeiten	4.2.1	Menü „Datei“
		4.2.1.1	Neu
3.3.4.9	Anfangspunkte	4.2.1.2	Laden/Speichern
3.3.4.10	Registerpunkte	4.2.1.3	Datei im genormten Zuserverzeichnis speichern
3.3.4.11	Referenzpunkte	4.2.1.4	Höhenprofil und Lageplan importieren
3.3.4.12	Fahrstraßen einrichten	4.2.1.5	Höhenprofil und markierte Elemente exportieren
3.4	Fahrplan	4.2.1.6	Auf Fehler überprüfen
3.4.1	Fahrplan definieren	4.2.1.7	st3-Datei importieren
3.4.2	Zugdaten einstellen	4.2.1.8	st3-Datei erstellen
3.4.3	Fahrtroute definieren	4.2.1.9	Programm-Einstellungen
3.4.4	Fahrplan starten	4.2.2	Menü „Projekt“
3.5	Streckenbau-Projekt	4.2.2.1	Neues Höhenprofil hinzufügen
3.5.1	Dateiverwaltung und Versionierung	4.2.2.2	Höhenprofile neu zuordnen
3.5.1.1	SVN Grundlagen	4.2.2.3	Neuen Lageplan hinzufügen
3.5.1.2	SVN lokal einrichten	4.2.2.4	Fenster anordnen
3.5.1.3	Arbeiten mit SVN	4.2.3	Meldungen-Fenster
3.5.2	Erstellung des Gleisplans	4.3	Lageplan
3.5.2.1	Systematik der Weichenbausätze	4.3.1	Überblick über die Bedienoberfläche
3.5.2.2	Checkliste zur Qualitätssicherung st2-Export	4.3.2	Symbolleiste „Neues Element“
3.5.3	Landschaftsbau	4.3.2.1	Trassierungsgeschwindigkeit
3.5.3.1	Bettungserstellung	4.3.2.2	Radius vorgeben
3.5.3.2	Ausfüllen von Löchern in der Grundplatte	4.3.2.3	Auswahl Höhenprofil
3.5.3.3	Anlegen von Feldern und Ackerflächen	4.3.2.4	Auswahl Elementtyp
3.5.3.4	Schließen von Landschaftslücken	4.3.2.5	Auswahl Oberbau-Bauart
3.5.4	Streckenbau	4.3.2.6	Abstand Parallelbau
3.5.4.1	Hilfssignale	4.3.3	Hintergrundbilder
3.5.4.2	Signaleinbau am Ankerpunkt	4.3.3.1	Nach oben/unten
3.5.5	Qualitätssicherung	4.3.3.2	Georeferenzierte Bitmaps öffnen
3.5.5.1	Dateiverwaltung	4.3.3.3	Bild entfernen
3.5.5.2	Module testen	4.3.3.4	Bitmap-Einstellungen
3.5.5.3	Modulübergänge	4.3.4	Absteckrechner
3.5.5.4	Autorennamen	4.3.4.1	Absteckrechnerbogen einfügen
3.5.5.5	Checkliste für Objekte	4.3.4.2	Absteckrechnerbogen manuell einfügen
		4.3.4.3	Anschluss El. 1/2
		4.3.4.4	Übergangsbogen Anfang/Ende
		4.3.4.5	Überhöhung

4 Gleisplaneditor

4.1 Einleitung

4.3.4.6	Ermessenswerte	4.3.7.4	Parallelgleise für alle markierten Elemente erstellen
4.3.4.7	Geschwindigkeit	4.3.7.5	Parallelgleise vom markierten Element an
4.3.4.8	Radius	4.3.7.6	Hüllkurvenpunkte senkrecht zum markierten Element erstellen
4.3.4.9	Status	4.3.8	Menü „Ansicht“
4.3.4.10	Meldung	4.3.8.1	Globale Ansicht
4.3.5	Menü „Werkzeuge“	4.3.8.2	Globale Ansicht ohne Nordausrichtung
4.3.5.1	Allgemeine Hinweise zum Anbauen neuer Gleiselemente	4.3.8.3	Gleise darstellen
4.3.5.2	Markieren	4.3.8.4	Hervorhebung aufheben
4.3.5.3	Elemente verschieben	4.3.8.5	Raus-/Reinzoomen
4.3.5.4	Elemente drehen	4.3.8.6	Stauchen/Strecken
4.3.5.5	Länge ändern	4.3.8.7	An markiertem Element ausrichten
4.3.5.6	Blickpunkt verschieben	4.3.8.8	An globalen Koordinaten ausrichten
4.3.5.7	Blickpunkt drehen	4.3.8.9	Um 90° drehen
4.3.5.8	Zoom	4.3.8.10	Lageplan-Eigenschaften
4.3.5.9	Entfernung messen	4.3.9	Die Gleiselementtypen
4.3.5.10	Neue Gerade	4.3.9.1	Allgemeines
4.3.5.11	Neue Klothoide	4.3.9.2	Gerade
4.3.5.12	Neuer Kreisbogen	4.3.9.3	Kreisbogen
4.3.5.13	Neue Weiche	4.3.9.4	Klothoide, Klothoidensektor und verschobene Klothoide
4.3.5.14	Neuer Markerpunkt	4.3.9.5	Weiche
4.3.5.15	Neuer DEM-Höhenpunkt	4.3.10	Markerpunkt
4.3.6	Menü „Lageplan bearbeiten“	4.4	Höhenprofil
4.3.6.1	Rückgängig/Widerrufen	4.4.1	Überblick über die Bedienoberfläche
4.3.6.2	Element-Eigenschaften	4.4.2	Registerkarte „Höhenlage“
4.3.6.3	Parameter zwischen zwei Elementen ändern	4.4.3	Registerkarte „Vektoren“
4.3.6.4	Elemente löschen	4.4.4	Registerkarte „Grafik“
4.3.6.5	Ausrichtung umkehren	4.4.5	Menü „Werkzeuge“
4.3.6.6	Elemente verschieben	4.4.5.1	Zoom
4.3.6.7	Elemente teilen	4.4.5.2	Verschieben
4.3.6.8	Elemente gleich ausrichten	4.4.5.3	Neuen Höhenpunkt setzen
4.3.6.9	Elemente vertauschen	4.4.5.4	Höhenpunkt verschieben
4.3.6.10	Kilometrierung neu berechnen	4.4.5.5	Höhenpunkt löschen
4.3.6.11	Weichenhöhenlagen anpassen	4.4.6	Menü „Höhenprofil bearbeiten“
4.3.6.12	An anderes Höhenprofil anpassen	4.4.6.1	Rückgängig/Widerrufen
4.3.6.13	Alles markieren	4.4.6.2	Neuer Punkt per Koordinateneingabe
4.3.6.14	Alle Markierungen aufheben	4.4.6.3	Leere Zeile einfügen
4.3.6.15	Markierung umkehren	4.4.6.4	Gesamtes Profil verschieben
4.3.6.16	Element-Nummer markieren	4.4.6.5	Ecken ausrunden
4.3.6.17	TOP50-ASCII-Overlay-Datei importieren	4.4.6.6	Ausrundungen entfernen
4.3.6.18	Georeferenziertes Bitmap öffnen	4.4.6.7	Punkte sortieren
4.3.6.19	DEM-Datei festlegen		
4.3.7	Menü „Neue Elemente erstellen“		
4.3.7.1	Absteckrechnerfunktionen		
4.3.7.2	Neuer Markerpunkt per Eingabe		
4.3.7.3	Schnittpunkt aus markierten Geraden erstellen		

4.4.7	Menü „Ansicht“	5.2.6.10	Suche
4.4.7.1	Globalansicht	5.2.6.11	Probefahrt
4.4.7.2	Editorfeld sichtbar	5.2.6.12	LOD-Test
4.4.7.3	Dieses Höhenprofil im Lageplan hervorheben	5.2.7	Menü „Werkzeuge“
4.4.7.4	Hervorhebung aufheben	5.2.7.1	Markieren
5 3D-Editor		5.2.7.2	Markieren + Detailansicht
5.1	Grundlagen	5.2.7.3	Brennweite
5.1.1	3D-Modellbau allgemein	5.2.7.4	Entfernung messen
5.1.1.1	Texturen	5.2.7.5	Verknüpfte Dateien verschieben
5.1.1.2	Material	5.2.7.6	Verknüpfte Dateien drehen
5.1.1.3	Meshes	5.2.7.7	Mesh-Subset verschieben
5.1.1.4	Normalenvektor	5.2.7.8	Mesh-Subset scheren
5.1.1.5	Texturbelegung	5.2.7.9	Dreiecke verschieben
5.1.1.6	Hintergrundinformation zum Rendervorgang	5.2.7.10	Punkte verschieben
5.1.1.7	Transparenz	5.2.7.11	Punkt zu anderem Punkt ziehen
5.1.1.8	Mipmaps	5.2.7.12	Zusätzlichen Punkt einfügen
5.1.1.9	LOD (Level of Detail)	5.2.7.13	Objekte per Mausspur importieren
5.1.1.10	Objektsichtbarkeit und Boundingränder	5.2.7.14	Formkurve per Mausspur anwenden
5.1.1.11	Billboards	5.2.7.15	Gleiselemente freihändig verlegen
5.1.1.12	Multitexturing	5.2.7.16	Gleis verschieben
5.1.1.13	Performance-Aspekte	5.2.7.17	Gleis drehen
5.1.2	Dateiformate	5.2.7.18	Textur skalieren
5.1.2.1	3D-Objekte	5.2.7.19	Textur drehen
5.1.2.2	Texturen	5.2.7.20	Textur verschieben
5.1.3	Externe Werkzeuge	5.3	Strecke
5.2	Allgemeine Funktionen des 3D-Editors	5.3.1	Streckenkonzept
5.2.1	Zusammenspiel Landschaft/Strecke	5.3.1.1	Vektorzüge aus Streckenelementen
5.2.2	UTM-Punkt	5.3.1.2	Dialog Streckenelement-Eigenschaften
5.2.3	Koordinatensysteme	5.3.1.3	Interne Laufrichtung
5.2.3.1	Zusi-3D	5.3.1.4	Interne Laufrichtung und Baufunktionen
5.2.3.2	Geografisches System	5.3.1.5	Element-Nummern und Referenzpunkte
5.2.3.3	x-Datei	5.3.1.6	Modulübergreifende Funktionen
5.2.3.4	Zusi 2	5.3.1.7	Ereignisse
5.2.4	Bedienoberfläche	5.3.1.8	Buchfahrplan
5.2.5	Fenster-Vorlagen öffnen/speichern	5.3.1.9	Kilometrierung
5.2.6	Menü „Navigation“	5.3.1.10	Geschwindigkeiten
5.2.6.1	Grundlegendes Bewegen im 3D	5.3.1.11	Signale
5.2.6.2	Globalansicht	5.3.1.12	Fahrstraßen
5.2.6.3	Detailansicht	5.3.1.13	LZB
5.2.6.4	Zu größtem Bahnhof navigieren	5.3.1.14	Befehle
5.2.6.5	Lokführeransicht blau/grün	5.3.1.15	Betriebsstellen
5.2.6.6	Standardblick blau/grün	5.3.1.16	Weichenausätze
5.2.6.7	Koordinate aufsuchen	5.3.1.17	GNT
5.2.6.8	Kompass		
5.2.6.9	Erster/zweiter Nachfolger/Vorgänger		

5.3.2	Menü „Strecke“	5.4.1.3	Der Streckenbaumodus
5.3.2.1	Strecke neu/laden/speichern	5.4.1.4	Einschränkungen aufgrund des Kachelprinzips
5.3.2.2	Strecke importieren	5.4.1.5	Verwaltung hierarchischer Dateien
5.3.2.3	Strecke neu aus st2-Export laden	5.4.1.6	Hüllkurve
5.3.2.4	Strecke exportieren	5.4.1.7	Bearbeitung der ls3-Eigenschaften
5.3.2.5	Nachbarmodul testweise importieren	5.4.1.8	Bearbeitung mehrfach vorhandener Dateien
5.3.2.6	Strecken-Eigenschaften	5.4.1.9	Importieren bereits vorhandener Objekte
5.3.3	Menü „Strecke erstellen“	5.4.1.10	Gruppen
5.3.3.1	Rückgängig/Wiederherstellen	5.4.1.11	Arbeiten mit Dreiecken
5.3.3.2	Signale laden/speichern	5.4.1.12	Arbeiten mit Punkten
5.3.3.3	Diverse Signale und Ereignisse einbauen	5.4.1.13	Geländeformer
5.3.3.4	Bahnübergang einbauen	5.4.2	Menü „Landschaft“
5.3.3.5	Reisende einbauen	5.4.2.1	Landschaft Neu / laden / speichern / mit Einzelabfrage
5.3.3.6	Absteckrechner	5.4.2.2	Landschaftsobjekt verknüpft importieren
5.3.3.7	Gerade/Bogen anbauen	5.4.2.3	Landschaft importieren und (ggf. gekachelt) einbinden
5.3.3.8	Parallelgleis erstellen	5.4.2.4	x-Datei mit letzten Einstellungen konvertieren
5.3.3.9	Zwei Streckenäste verbinden	5.4.2.5	Geometrie als x-Datei exportieren
5.3.4	Menü „Strecke bearbeiten“	5.4.2.6	Spezielles Laden, Speichern und Bearbeiten
5.3.4.1	Streckenelement-Eigenschaften	5.4.2.7	Objektbaum
5.3.4.2	Streckenelemente löschen	5.4.3	Menü „Landschaft erstellen“
5.3.4.3	Streckenelemente teilen	5.4.3.1	Rückgängig/Wiederherstellen
5.3.4.4	Streckenelemente verschmelzen	5.4.3.2	Allgemeine Funktionen bei gleisbezogenem Bau
5.3.4.5	Streckenelement-Richtung umkehren	5.4.3.3	Einschnitt/Damm erstellen
5.3.4.6	Streckenelemente vertauschen	5.4.3.4	Stützmauer erstellen
5.3.4.7	Streckenelement-Parameter ändern	5.4.3.5	Bahnsteig erstellen
5.3.4.8	Markierte Streckenelemente exportieren	5.4.3.6	Formkurve entlang Gleis anwenden
5.3.4.9	Strecken-Strukturbau	5.4.3.7	Objekte entlang Gleis importieren
5.3.4.10	Aufgleispunkt hinzufügen	5.4.3.8	Hektometertafeln aufstellen
5.3.4.11	Bounding-Radien (Signalgrafik) neu berechnen	5.4.3.9	Polygonbaumodus
5.3.4.12	Ereignis setzen	5.4.3.10	Oberbau
5.3.4.13	Streckenfesten Blickpunkt hinzufügen	5.4.3.11	Objektimport Drag&Drop
5.3.4.14	Streckenfeste Blickpunkte	5.4.3.12	Fahrleitungsmodus
5.3.4.15	Fahrstraßen	5.4.4	Menü „Landschaft bearbeiten“
5.3.4.16	Module	5.4.4.1	ls3-Datei bearbeiten
5.3.4.17	Gesamte Strecke verschieben	5.4.4.2	3D-Datei löschen
5.3.4.18	Gesamte Strecke verbiegen	5.4.4.3	3D-Datei tauschen
5.3.4.19	Weichen nacharbeiten		
5.3.4.20	Abschließende Arbeiten		
5.4	Landschaft		
5.4.1	Konzept		
5.4.1.1	Gelände-Kacheln		
5.4.1.2	Der Objektbaumodus		

5.4.4.4	3D-Datei auf Grundplattenhöhe setzen	6.3 6.3.1	Fahrzeug-Variante Baureihe
5.4.4.5	Mesh-Subset bearbeiten	6.3.2	Varianten-Bezeichnung
5.4.4.6	Mesh-Subset löschen	6.3.3	Haupt-ID und Neben-ID
5.4.4.7	Material zuweisen	6.3.4	Farbgebung
5.4.4.8	Texturkoordinaten global ausrichten	6.3.5 6.3.6	Datei Außenansicht Datei Führerstand
5.4.4.9	Texturkoordinaten oberflächenorientiert ausrichten	6.3.7 6.3.8	Vorschaubild Einsatz ab/bis
5.4.4.10	Ausrichtung umkehren	6.3.9	Deko-Fahrzeug
5.4.4.11	Normalenvektoren neu berechnen	6.3.10 6.4	Externe Dateien Fahrzeug-Grunddaten
5.4.4.12	Mesh-Subsets zusammenführen	6.4.1	Länge
5.4.4.13	Bounding-Radien neu berechnen	6.4.2	Spurweite
5.4.4.14	Punkt kopieren	6.4.3	Höchstgeschwindigkeit
5.4.4.15	Punkt einfügen	6.4.4	Masse
5.4.4.16	Punkt im Polygonbau-Fenster eintragen	6.4.5 6.4.6	Rotationszuschlag Luftwiderstand (cw A)
5.4.4.17	Ankerpunkt kopieren	6.4.7	Achsstandssumme
5.4.4.18	Dreiecke	6.4.8	Rollwiderstand
5.4.4.19	Spiegeln	6.4.9	Fessellängen
5.4.4.20	Gesamte Landschaft verschieben	6.4.10 6.4.11	Schlängerfaktor Neigewinkel
5.5	Menü Extras	6.4.12	Stromabnehmer-Grundhöhe
5.5.1	Programmeinstellungen	6.4.13	Hauptluftbehälterleitung vorhanden
5.5.1.1	Registerkarte „Landschaft“	6.4.14	Schlusssignale vorne/hinten
5.5.1.2	Registerkarte „Grafik-Initialisierung“	6.5	Bremse
5.5.1.3	Registerkarte „Grafik“	6.5.1	Systemansatz
5.5.1.4	Registerkarte „Gleisbau“	6.5.2	Struktur der Bremsbauarten
5.5.1.5	Registerkarte „Oberbau“	6.5.3	Registerkarte „Basisdaten“
5.5.1.6	Registerkarte „Editor“	6.5.4	Druckluftbremsen
5.5.1.7	Registerkarte „Verzeichnisse“	6.5.4.1	Registerkarte „Druckluftbremse“
5.5.1.8	Schnelleinstellungen	6.5.4.2	Direkte Druckluftbremse
5.5.2	Symbolleisten	6.5.4.3	Federspeicherbremse
5.5.3	Editor-Standardkonfigurationen	6.5.4.4	Indirekte Druckluftbremse
5.5.4	Alles markieren	6.5.4.5	Mehrösige Bremsen
5.5.5	fps-Test	6.5.4.6	Luftpresser
5.5.6	DEM laden/entfernen	6.5.5	Bremscomputer
5.5.7	Georeferenziertes Bitmap auf DEM laden	6.5.6 6.6	Magnetschienenbremse Antrieb und dynamische Bremsen
6 Fahrzeugeditor			
6.1	Bedienoberfläche	6.6.1	Grundlagen der Fahrphysik
6.1.1	Fahrzeug importieren	6.6.1.1	Zugkraftdiagramm
6.1.2	Datei-Information	6.6.1.2	Fahrwiderstände
6.1.3	Fahrzeugübersicht erstellen	6.6.2	Konzept und Komponenten
6.2	Fahrzeugkonzept	6.6.2.1	Dieselmotor
6.2.1	Baugruppen	6.6.2.2	Elektrischer Antrieb
6.2.2	Modulbauweise	6.6.2.3	Nachlaufsteuerung
6.2.3	Vorschlag-Funktionen	6.6.2.4	Registerkarte „Grunddaten“

6.6.2.5	Registerkarte „Grafiken“	7.2	Menü Datei
6.6.3	Antriebe	7.2.1	Neu/Öffnen/Speichern
6.6.3.1	Einfaches Antriebsmodell	7.2.2	Führerstand importieren
6.6.3.2	Dieselhydraulischer Antrieb	7.2.3	Datei-Information
6.6.3.3	Elektrischer Reihenschlussantrieb	7.2.4	Programm-Einstellungen
6.6.3.4	Elektrischer Drehstromantrieb	7.3	Menü Baugruppe
6.6.4	Dynamische Bremsen	7.3.1	Sprachausgabe benutzen:
6.6.4.1	Druckluftergänzungsbremse	7.3.2	Diverse Schalter hinzufügen
6.6.4.2	Hydrodynamische Bremse	7.3.2.1	Angleicher
6.6.4.3	Elektrische Reihenschlussbremse	7.3.2.2	Manuelle Mg-Bremse
6.6.4.4	Elektrische Drehstrebremse	7.3.2.3	Sander
6.7	Türschließsysteme	7.3.2.4	Pfeife/Glocke
6.8	Sound	7.3.2.5	Luftpresser aus
6.8.1	Unterschied 2D- und 3D-Sound	7.3.2.6	Notaus
6.8.2	Loopen	7.3.2.7	AFB an/aus
6.8.3	Lautstärke	7.3.2.8	Tempomat an/aus
6.8.4	An- und Auslaufsound	7.3.2.9	Fahrschalter deaktivieren
6.8.5	Abhängigkeiten	7.3.2.10	Dynamische Bremse deaktivieren
6.8.5.1	Trigger	7.3.2.11	Bremsprobefunktion
6.8.5.2	Abspielgeschwindigkeit und Lautstärke	7.3.3	Individuelle Datenverarbeitung
6.8.5.3	Problembehebung	7.3.3.1	Kombischalter hinzufügen
6.8.6	3D-Sound	7.3.4	Registerkarte „Kombischalter“
6.8.6.1	Funktionsprinzip in DirectX	7.3.5	Zugbeeinflussungssystem hinzufügen
6.8.6.2	Umsetzung in Zusi	7.3.6	Sifa hinzufügen
6.8.7	Sounddateien erstellen	7.3.7	Schleuderschutz hinzufügen
6.9	Externe Datei	7.3.8	Türschließsystem hinzufügen
6.10	Animationen	7.3.9	Notbremssystem hinzufügen
6.10.1	Beispielstruktur	7.3.10	Sound hinzufügen
6.10.2	Raddrehung	7.4	Baugruppe löschen
6.10.3	Drehgestelle	7.4.1	Menü Grafik
6.10.4	Stromabnehmer	7.4.2	Grafikansicht hinzufügen/löschen
6.10.5	Türen	7.4.3	Grafikansicht-Grunddaten
6.10.6	Neigetechnik	7.4.3.1	bmp-Melder-Editor
		7.4.3.2	Hintergrundbild definieren
		7.4.3.3	Dateien öffnen
		7.4.3.4	Dateiliste leeren
7.1	Führerstandskonzept	7.4.3.5	Datei nach oben/unten
7.1.1	Baugruppen	7.4.3.6	Melderbereich ausmessen
7.1.2	Grafik	7.4.3.7	Melderbereich darstellen
7.1.2.1	Leuchtmelder	7.4.4	Melder erzeugen
7.1.2.2	Zeigerinstrument	7.4.4.1	dds-Textur-Editor
7.1.2.3	Überdeckungen	7.4.4.2	Menü „Textur“
7.1.2.4	Nachtdarstellung	7.4.4.3	Menü „Werkzeuge“
7.1.2.5	Grafikansichten	7.4.4.4	Instrumente hinzufügen
7.1.2.6	Unterschiedliche Auflösungen/Qualitätsstufen	7.4.4.5	Instrument duplizieren
7.1.2.7	Erstellen eines neuen Führerstandes	7.4.4.6	Instrument löschen
		7.4.4.7	Eigenschaften
		7.4.4.8	Grunddaten

7.4.8.2	Leuchtmelder	8.2.8.1	Registerkarte „Verzeichnisse“
7.4.8.3	Zeigerinstrument	8.2.8.2	Registerkarte „Sonstiges“
7.4.9	Instrument testen	8.2.8.3	Registerkarte „Installationen“
7.4.10	Instrument pixelweise verschieben	8.3	Menü „Dateioperationen“
7.4.11	Instrument markieren	8.3.1	Verzeichnisweites Suchen und Ersetzen
7.4.12	Instrument verschieben	8.3.2	Dateien verzeichnistreu kopieren
7.4.13	Navigation	8.3.3	Dateiliste per Textdatei verschieben/exportieren
7.4.14	Alle Instrumente und Melder skalieren	8.3.4	Script ausführen
7.4.15	Verdeckungshierarchie	8.3.5	xml-Datei anzeigen
7.5	Menü Hilfe	8.3.6	dds-Konvertierung
7.6	Erstellen eines neuen Führerstands	8.3.7	Dateiliste (txt) erzeugen
7.6.1	Erstellen der bmp-Rohdateien	8.3.8	Rohscript erzeugen
7.6.1.1	Hinweise zur Erstellung von Fotos	8.3.9	Vergleich mit Dateiliste
7.6.1.2	Benötigte Bilder	8.3.10	ls3-Konvertierung
7.6.2	Konfigurierung des Führerstands mit bmp-Dateien	8.3.11	Vorschaubilder 3D-Dateien
7.6.3	Funktionalität erstellen		
7.6.4	Umwandlung in dds-Dateien		
8 Dateiverwaltung			
8.1	Menü „Neue Versionen“	9.2.1	
8.1.1	Neue Versionen installieren	9.2.2	
8.1.1.1	Alle verfügbaren Updates und Add-Ons installieren	9.3	
8.1.1.2	Erweiterte Optionen anzeigen	9.3.1	
8.1.1.3	Offline arbeiten	9.3.2	
8.1.2	Versionsübersicht Programme	9.3.3	
8.1.3	Versionsübersicht Add-Ons	9.3.4	
8.1.4	Protokollfenster leeren	9.4	
8.1.5	Update manuell installieren	9.4.1	
8.1.6	Add-On manuell installieren	9.4.1.1	
8.2	Menü „Verwaltung“	9.4.1.2	
8.2.1	Verwaltung mit Administratorrechten starten	9.4.1.3	
8.2.2	Dateien und Struktur überprüfen...	9.4.1.4	
8.2.3	Tabelle (Verknüpfungsprüfung) exportieren	9.4.2	
8.2.4	Tabelle (Verknüpfungsprüfung) importieren	9.4.3	
8.2.5	Zusi-Datei exportieren	9.4.4	
8.2.6	Dateitypen-Registrierung auf Standardwerte	9.5	
8.2.7	Dateitypen-Registrierung auf Texteditor	9.5.1	
8.2.8	Generelle Zusi-Einstellungen		
9 Tipps und Tricks			
9.1	Reparatur defekter Landschaftsdateien		
9.2	Boundingsradius viel zu groß		
9.2.1	Kniffe für die Gleisbettungsroutine		
9.2.2	Stumpfgleis ragt in aufzufüllenden Bereich		
9.2.3	Parallele Stumpfgleise		
9.2.4	Tutorial zum deutschen Bahnübergang-Bausatz		
9.2.5	Straßenquerschnitte		
9.2.6	Beispiel 1: zweigleisige gerade Strecke		
9.2.7	Beispiel 2: Bahnübergang in zweigleisiger überhöhter Kurve		
9.2.8	Beispiel 3: nicht-rechtwinklige Kreuzung		
9.2.9	Bau von Straßen und Flüssen		
9.2.10	Bau entlang von Streckenelementen		
9.2.11	Abstecken der Streckenelemente		
9.2.12	Einbau von Abzweigungen und Kreuzungen		
9.2.13	Bau der Straßenlandschaft		
9.2.14	Zubehör		
9.2.15	Vereinfachter Bau entlang Mausspur		
9.2.16	Bau von größeren Flächen		
9.2.17	Brücken		
9.2.18	Brücken importieren		

9.5.2	Brückenbausatz anwenden	10.4.1.1 Anwendung der Zusi-Buchfahrplanerstellung
9.5.2.1	Straßenbrücke aus Bausatz erstellen	11 Anhang
9.5.2.2	Eisenbahnbrücke aus Bausatz erstellen	11.1 Befehlsvorlagen erstellen
9.6	Geländer bauen	11.1.1 Konfigurationsdatei
9.6.1	Flache Bauweise	11.1.1.1 Zuordnung der Vordrucke zu den IDs
9.6.2	Ausmodellierte Bauweise	11.1.1.2 Abfragetexte
9.6.2.1	Baubeispiel	11.1.1.3 Signalbezeichnungen
9.6.2.2	Aufstellen der Pfosten	11.1.2 Vordruck (html-Datei)
9.6.2.3	Bau des Handlaufs und der Längsverstrebung	11.1.2.1 Felder im Befehlsformular
9.6.2.4	Pfosten längs der Gleisrichtung verschieben	11.1.2.2 Formatierungen der Befehle
9.6.2.5	Performance optimieren	11.1.2.3 Befehls-IDs
9.7	Felsenbau	11.2 Weichenzubehör
9.7.1	Export nach Blender	11.3 Datenaustausch
9.7.2	Bearbeitung in Blender	11.3.1 Aufbau des Datenformats
9.7.3	Nachbearbeitung im 3D-Editor	11.3.1.1 Knoten
9.7.4	Import in die Streckenlandschaft	11.3.1.2 Attribut
9.7.5	Schlussarbeiten	11.3.1.3 Datentypen
10 Bauhinweise Vorbild/Simulation		
10.1	Gleisbau	11.3.2 Verbindungsauflbau
10.1.1	Deutschland	11.3.2.1 Befehl 00 01 – HELLO (Client → Zusi)
10.1.1.1	Geschichtliche Entwicklung	11.3.2.2 Befehl 00 02 – ACK_HELLO (Zusi → Client)
10.1.1.2	Schienen: Herstellung, Einbau und Verschweißung	11.3.3 Anwendung 02 („Fahrpult“)
10.1.1.3	Leit-, Schutz- und Rillenschienen	11.3.3.1 Befehl 00 03 - NEEDED_DATA (Client → Zusi)
10.1.1.4	Schienenenprofile	11.3.3.2 Befehl 00 04 – ACK_NEEDED_DATA (Zusi → Client)
10.1.1.5	Schwellen	11.3.3.3 Befehl 00 0A – DATA_FTD (Zusi → Client)
10.1.1.6	Schotter	11.3.3.4 Befehl 00 0B – DATA_OPERATION (Zusi → Client)
10.1.1.7	Feste Fahrbahn	11.3.3.5 Befehl 00 0C – DATA_PROG (Zusi → Client)
10.1.1.8	Schienenbefestigung	11.3.3.6 Befehl 01 0A – INPUT (Client → Zusi)
10.1.1.9	Regelquerschnitte	11.3.3.7 Befehl 01 0B – CONTROL (Client → Zusi)
10.1.1.10	Gleistrassierung	11.3.3.8 Befehl 01 0C – GRAPHIC (Client → Zusi)
10.1.1.11	Grundlegendes zu Weichen	11.3.4 Beispielprotokoll
10.1.1.12	Bezeichnung von Weichen	11.3.5 Individuelle Größen verarbeiten
10.1.1.13	Weichtypen	11.4 DirectX-Parameter
10.1.1.14	Bogenweichen	11.4.1 Farb- und Alphaoperationen
10.1.1.15	Weichentrassierungen	11.4.2 Farb- und Alpha-Parameter
10.2	Bahnbauten	11.4.3 Blending-Parameter
10.2.1	Deutschland	11.4.4 Texturfilter-Parameter
10.2.1.1	Bahnsteige	11.5 Tutorial: Vom Foto zum 3D-Modell
10.3	Fahrleitung	
10.3.1	Deutschland	
10.3.1.1	Umgang mit dem Fahrleitungsbaukasten in Zusi	
10.4	Fahrpläne	
10.4.1	Deutschland	

11.5.1	Verwendungszweck des Objekts	11.7.5	Buchfahrplan-dll
11.5.2	Die Texturaufteilung	11.8	Migration von Zusi 2 zu Zusi 3
11.5.2.1	Typische Problemstellen	11.8.1	Allgemeines
11.5.2.2	Größenverhältnisse der Texturen	11.8.2	Überleitung der Dateiformate von Zusi 2 zu Zusi 3
11.5.2.3	Erstellung der Textur	11.8.2.1	str-Dateien
11.5.3	Das 3D-Modell mit Blender	11.8.2.2	ls-Dateien
11.5.3.1	Konzept der Bedienoberfläche	11.8.2.3	lok-, wag-, fst-Dateien
11.5.3.2	Blender vor der ersten Verwendung einrichten	11.8.2.4	fpl- und zug-Dateien
11.5.3.3	Das Haus bauen	11.8.3	Unterschiede zu Zusi 2
11.5.3.4	Die Textur aufbringen	11.8.4	Konvertierung von Fahrzeugdaten
11.5.4	Texturgröße festlegen	11.8.5	Konvertierung von Führerständen
11.5.5	LOD-Abstimmung	11.8.6	Konvertierung von Strecken
11.5.6	Abschluss	11.8.6.1	Registerkarte „Zusi 2-Konvertierung“
11.6	Dateiformate	11.8.6.2	Zusi 2-Export
11.6.1	Alle Dateitypen im Überblick	11.8.6.3	UTM-Punkt
11.6.2	XML-Dateien	11.8.6.4	Strecke
11.6.3	Dateiverwaltungs-Scripte	11.8.6.5	Landschaftsdatei
11.6.3.1	Verschieben	11.8.7	Tipps und Tricks zur Zusi 2-Konvertierung
11.6.3.2	Nur Verschieben	11.8.7.1	Zusi 2-Konvertierung von einfachen Brücken
11.6.3.3	Neuer Link	11.9	Zum Zusi-Add-On-Pool beitragen
11.6.3.4	Löschen	11.9.1	Das erste Add-On einreichen
11.6.3.5	Datei-Info	11.10	Quellen
11.7	Plugins		
11.7.1	Fahrleitungs-dll		
11.7.2	Quertragwerks-dll		
11.7.3	Hektometertafel-dll		
11.7.4	Fahrpult-dll		

1 Einleitung und Grundlagen

Willkommen in der Welt der virtuellen Eisenbahn! Das Thema Zusi ist recht komplex, von der echten Eisenbahn ganz zu schweigen. Entsprechend umfangreich fällt diese Dokumentation aus.

Die wenigsten Anwender werden allerdings die gesamte Bandbreite beherrschen wollen. Wer nur fahren möchte, der braucht sich außer der Einleitung maximal Kapitel 2 anzuschauen. Die Inhalte sind so gegliedert, dass alles, was zum virtuellen Fahren benötigt wird, dort untergebracht ist. Die weiteren Kapitel richten sich ausschließlich an diejenigen, die eigene Strecken, Fahrzeuge usw. erstellen möchten.

Wer sich vertieft mit Zusi befassen und eigene Werke erstellen möchte, findet weiter unten das Kapitel „Einstieg in das Erstellen von Zusi-Zubehör“. Es bietet einen Überblick über die verschiedenen Aufgabenstellungen und gibt erste Hinweise auf einen Einstieg in das jeweilige Thema.

1.1 Was ist Zusi?

Zusi ist eine stark vorbildorientierte, PC-basierte 3D-Eisenbahnfahrtsimulation, der Schwerpunkt liegt also beim virtuellen Fahren eines Zuges. Ziel der „Mission“ ist das pünktliche und sichere Fahren einer Zugleistung gemäß Fahrplan unter Beachtung der zulässigen Geschwindigkeiten. Bei Zusi werden komplett Fahrpläne mit u.U. mehreren 100 Zügen erstellt. Diese Züge sind Zusi-technisch alle gleichberechtigt und werden automatisch anhand ihrer Fahrplandaten durch das Netz geleitet. Der Benutzer kann sich einen der Züge aussuchen und diesen manuell fahren oder auch vom Autopiloten fahren lassen und aus Lokführersicht zusehen. Zugwechsel während der laufenden Simulation sind jederzeit möglich. Am Ende der Fahrt erfolgt eine grafische Auswertung und Bewertung. Die Editoren zum Erstellen eigener Strecken und Fahrzeuge gehören zum Lieferumfang.

Zusi weist eine offene und komplett dokumentierte Struktur auf und setzt bei Datenformaten soweit möglich auf übliche Standards. So werden alle Zusi-eigenen Dateien (Fahrzeug-, Führerstand-, Streckendaten usw.) im xml-Format gespeichert. Für die 3D-Objekte wird zusätzlich das x-Format (Microsoft DirectX) unterstützt. Zusi kann also .x-Dateien direkt darstellen oder auch in das eigene Zusi-Format importieren, welches erweiterte Möglichkeiten bietet. Damit können die gängigen 3D-Editoren wie 3D-StudioMax, 3DCanvas oder der sehr mächtige und trotzdem kostenlose Blender für den Objektbau zum Einsatz kommen. Texturen können in allen von DirectX unterstützten Formaten vorliegen (tga, bmp, dds, jpg, png, dib).

Programmier- oder Scriptkenntnisse braucht der Anwender nicht mitzubringen. Alles was man für den normalen Strecken- und Zubehörbau braucht, wird in windowsüblichen Oberflächen bereitgestellt. Da Zusi durchweg für authentischen Bahnbetrieb konzipiert ist, kann damit praktisch alles, was für eine gute Simulation benötigt wird, sehr komfortabel konfiguriert werden. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, über Plug-Ins eigene Funktionen zu erstellen, die noch über den serienmäßigen Zusi-Umfang hinausgehen. Dafür sind dann natürlich gewisse Programmierkenntnisse nötig.

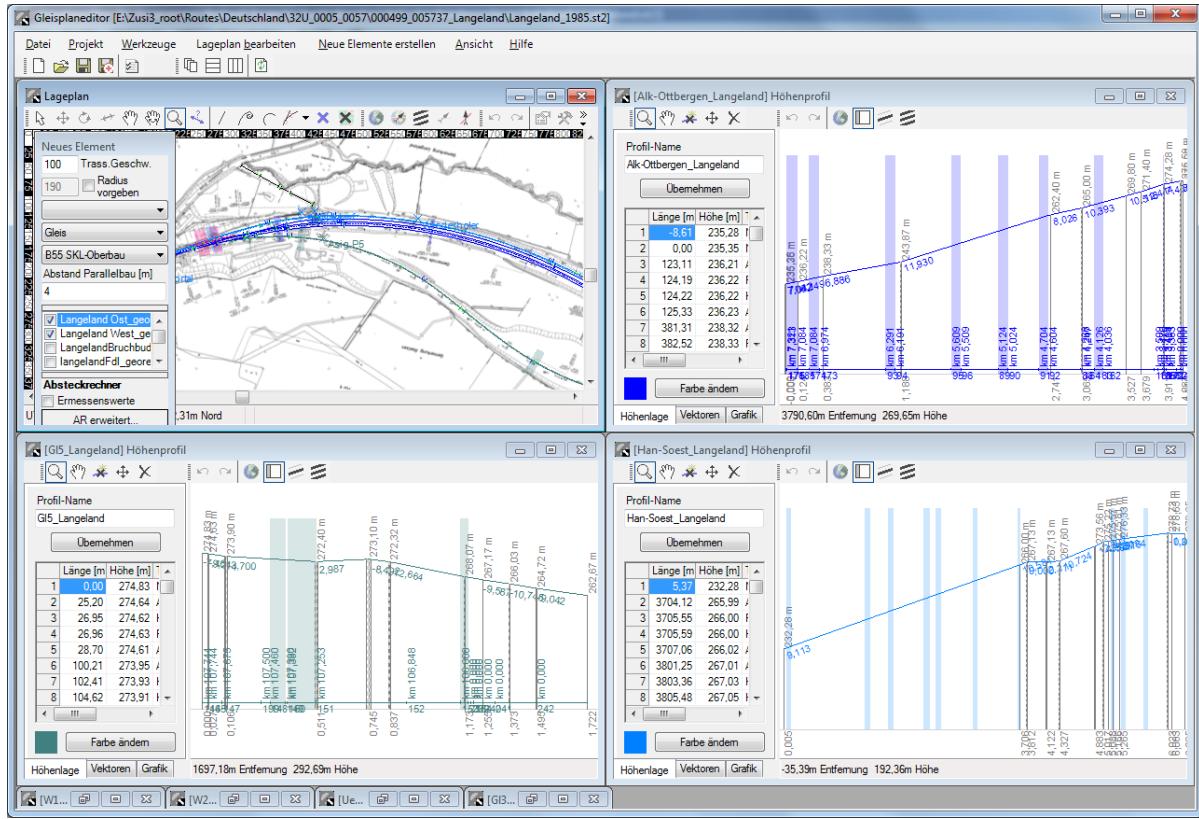
Zusi 3 ist keine Fortsetzung der Vorgängerversion 2.4, sondern eine komplett neue Software. Die letzten Versionen der Zusi 2-Editoren enthalten allerdings Export-Funktionen, die Zusi 2-Dateien ins Zusi 3-Format konvertieren können. Wer schon Zusi 2 kennt, findet im Anhang einen Abschnitt, der speziell für Anwender mit Zusi 2-Hintergrundwissen von Interesse ist. Diese Dokumentation geht sonst nicht auf Zusi 2 ein und setzt kein Zusi 2-Hintergrundwissen voraus.

Zusi besteht neben dem Fahrtsimulator aus fünf weiteren Programmen, die hier einleitend kurz vorgestellt werden sollen.

1.1.1 Gleisplaneditor

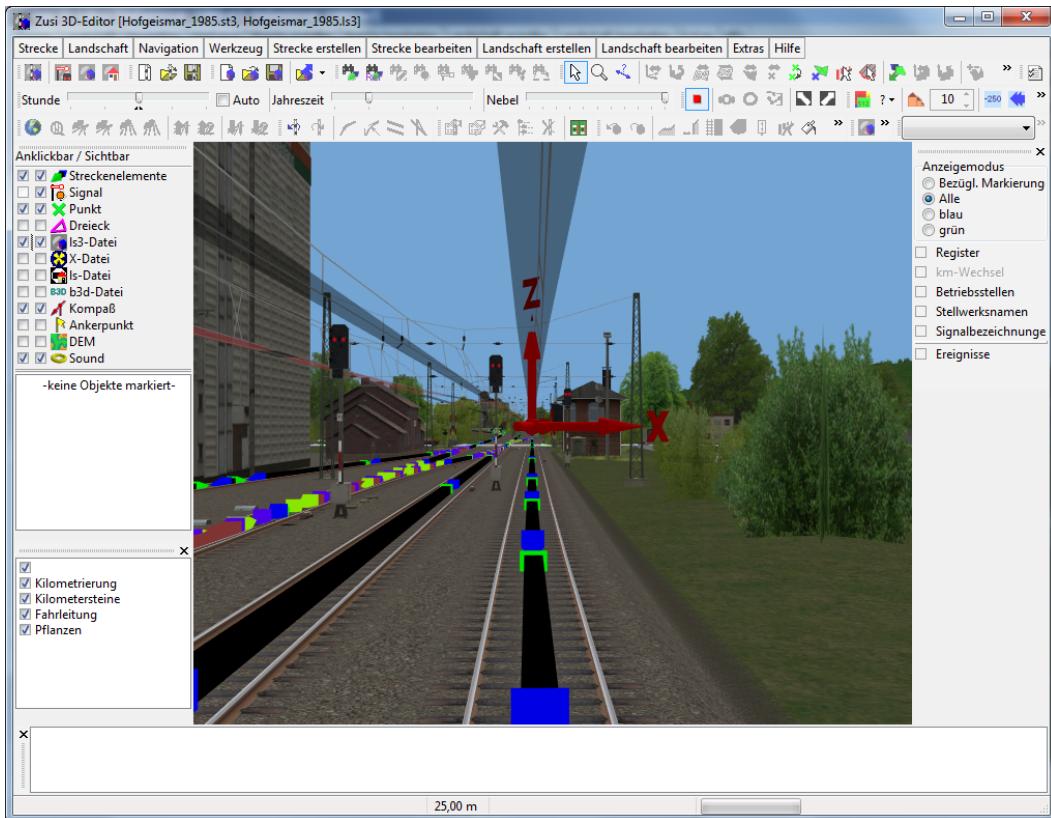
Der Gleisplaneditor dient zum Erstellen der Streckengeometrie im zweidimensionalen Raum und ist daher das erste Programm, das man beim Neubau einer Strecke bemüht. Unter Verwendung vorbildkonformer Trassierungselemente (Kreisbögen, Gerade, Klothoide, Weichenmodule) wird so eine sehr präzise und realitätsnahe Bauweise ermöglicht. Die Gleiselemente lassen sich einfach mit der Maus in ihre Position bringen und schnappen automatisch an schon vorhandene Elemente an, so dass man z.B. im Handumdrehen auch komplexe Weichenstraßen erstellen kann. Der Editor unterstützt die Verwendung von georeferenzierten Bitmaps (Gleispläne, topografische Karten o.ä.) als Hintergrundbild, so dass Strecken problemlos in originalgetreuer geografischer Lage gebaut werden.

Die Höheninformation wird für jeden Streckenast bzw. jedes separate Höhenniveau in einem eigenen Höhenprofil festgelegt.



1.1.2 3D-Editor

Am Ende des Streckenbaus im Gleisplaneditor wird die Strecke in das eigentliche 3D-Streckenformat exportiert und im 3D-Editor zu Ende gebaut. Die Strecke wird dort also landschaftlich und funktionell ausgestaltet, wobei die Landschaft dabei komplett so wie später im Fahrsimulator erscheint. Die üblichen Schritte beim Ausbau der Strecke sind: Aufstellen der Signale inkl. Stellwerksfunktionen, Erzeugung der Gleisbettung, Bau von gleisbezogenen Objekten (Bahnsteige, Stützmauern, Dämme, Einschnitte, Oberleitung usw.), Erzeugung des Terrains mit dem Geländeformer, Bestückung des Terrains mit Objekten wie Häusern und Bäumen.

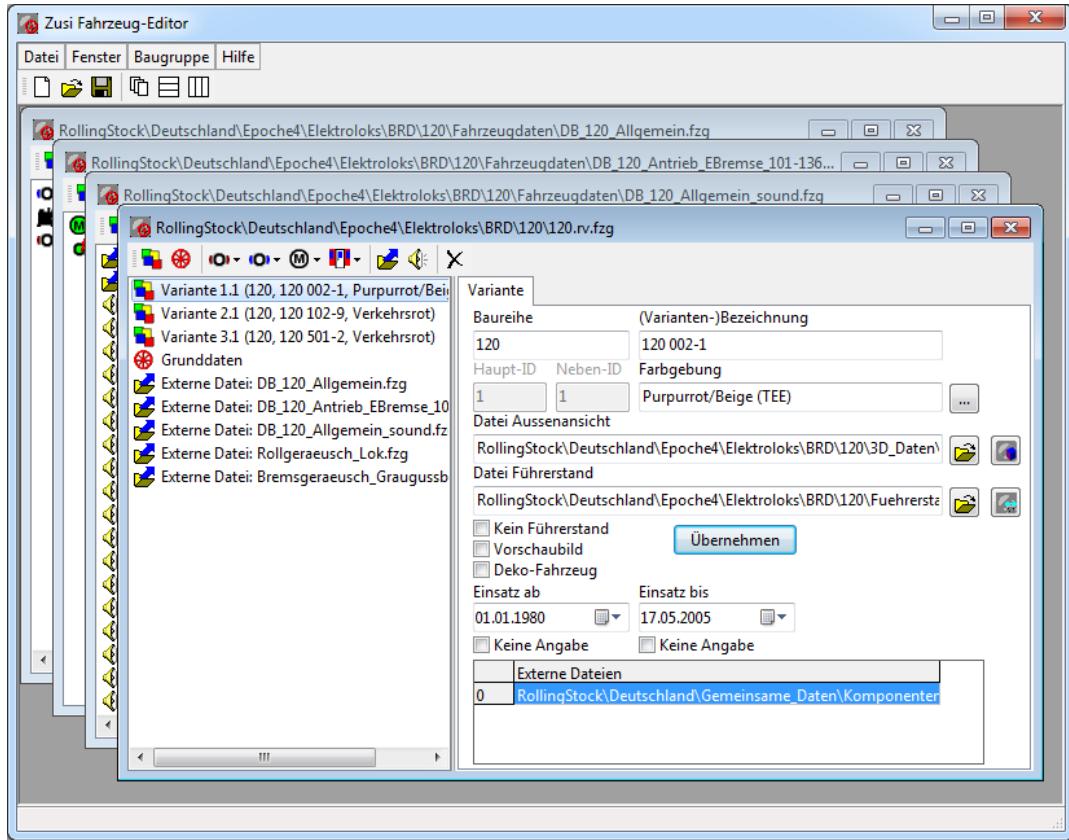


Es ist auch möglich, eine Strecke komplett im 3D zu entwerfen, also völlig ohne Gleisplaneditor zu arbeiten. Allerdings ist es dann aufwendiger, Bogenweichen einzubauen und den Kreisbögen und Klothoiden exakt die authentischen Geometrien und Höhenlagen zu geben.

Weiterhin wird der 3D-Editor für den Bau und die Konfiguration von 3D-Objekten und Bibliotheken benutzt.

1.1.3 Fahrzeugeditor

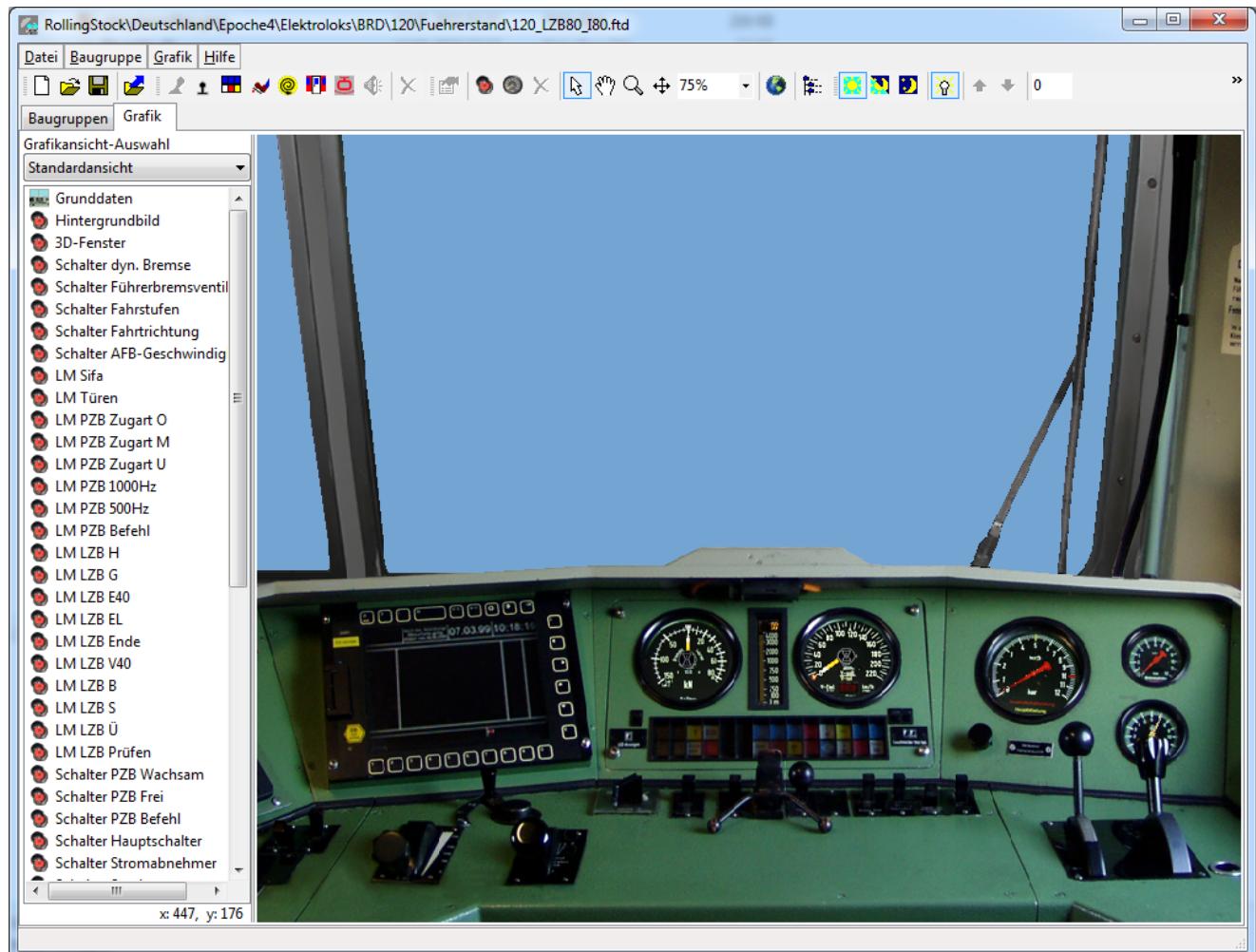
Mit dem Fahrzeugeditor werden die technischen Eigenschaften der Loks und Wagen eingerichtet. Es stehen dafür diverse Module (Fahrzeuggrunddaten, Bremse, Antrieb, Führerstand usw.) zur Verfügung, aus denen das Fahrzeug zusammengestellt wird. Aus der Auswahl der Module ergibt sich die Funktion des Fahrzeugs (Lok, Waggon, Steuerwagen...)



1.1.4 Führerstandeditor

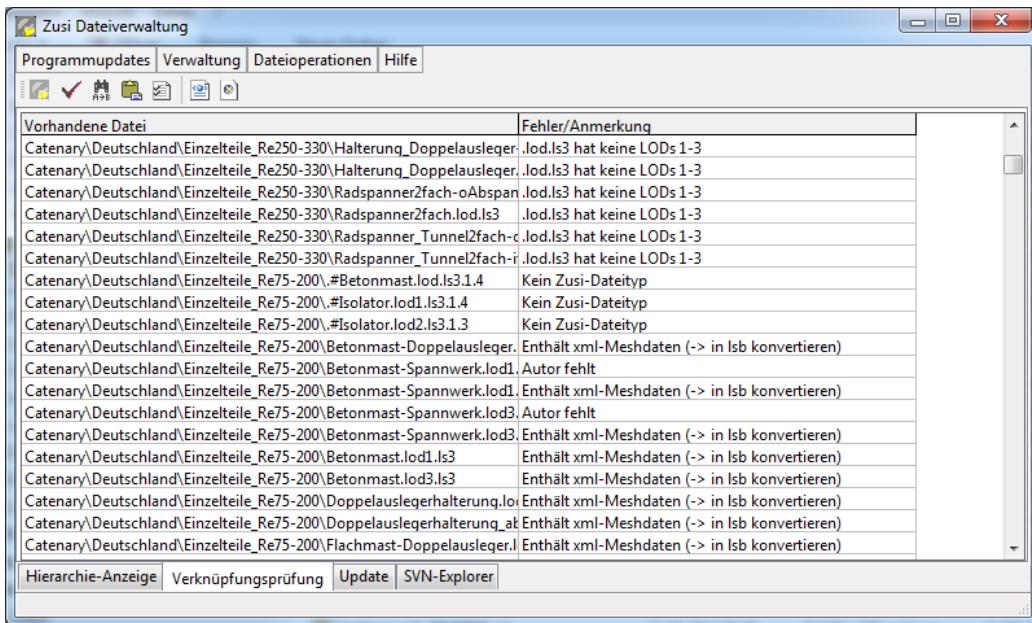
Im Führerstandeditor wird Technik und Optik des Führerstands erstellt. Die Grafik wird aus einem Hintergrundbitmap und je einem Bitmap für jede Schalterstellung zusammengesetzt. Die Bitmaps werden mit üblichen Bildbearbeitungsprogrammen erstellt und dann für den endgültigen Zuschnitt in den Führerstandeditor geladen. Dort müssen die Bitmapfolgen nur noch zugeschnitten/platziert und den Bedienfunktionen zugeordnet werden. Die gesamte Darstellung erfolgt mit den auch im Fahrsimulator benutzen DirectX-Funktionen, so dass der Führerstand bequem im Editor inklusive Nachtdarstellung durchgetestet werden kann.

Die zum Führerstand gehörenden technischen Elemente wie Zugbeeinflussungssysteme, Bauarten der Führerbremsventile usw. werden ebenfalls im Führerstandeditor definiert.



1.1.5 Verwaltung

Dieses Programm hilft bei der Verwaltung der Dateien. Es kann neue Add-Ons installieren und packen, den Datenbestand auf falsche Verknüpfungen untersuchen und weitere Hilfen bei der Datenpflege geben.



1.2 Sprachen

Alle Texte in den Fenstern, Meldungen oder sonstigen für den Endanwender sichtbaren Elementen sind standardmäßig in deutscher Sprache verfasst, können aber über eine Textdatei in andere Sprachen übersetzt werden. Im Verzeichnis %Zusi-Programm%_InstSetup\language wird für jede Sprache ein Unterverzeichnis mit dem Namen der jeweiligen Sprache angelegt, z.B. „Deutsch“, „English“ oder „Francais“. In diesem Verzeichnis befinden sich die beiden Dateien text.txt und GleisplanEditor.txt, die die Übersetzungen für den Gleisplaneditor und die restlichen Programme enthalten. In der Zusi-Dateiverwaltung ([Kapitel 8.2.8](#)) kann der Anwender das Sprachverzeichnis auswählen, welches für alle Zusi-Programme angewendet werden soll.

Für Übersetzer gibt es zusätzlich das Sprachverzeichnis „Test“, in dem eine Rohdatei als Basis für eine neue Übersetzung abgelegt ist. In dieser Rohdatei werden für alle Texte die internen Bezeichner als Klartext verwendet, so dass sich in den Fensteroberflächen einfach feststellen lässt, unter welchem Bezeichner ein bestimmter Text zu finden ist. Bevor jemand eine neue Sprache einführt, sollte Rücksprache gehalten werden (cars-tten.hoelscher@zusi.de).

1.3 Updateverfahren

1.3.1 Programm-Updates

Um die zum Programmkernel gehörenden Dateien (exe, dll, pdf) in neuere Versionen umzuwandeln, werden auf der Zusi-Internetseite zug-Dateien angeboten. Die Zusi-Dateiverwaltung wandelt die bisherige Datei mit Hilfe der zug-Datei in die neuere Version um.

Es besteht eine komfortable Downloadfunktion in der Verwaltung, die aktuelle Updates direkt vom Zusi-Server installiert, siehe [Kapitel 8.1.1](#). Einen Überblick über die aktuelle Installation bietet die Zusi-Dateiverwaltung unter „Versionsübersicht“.

Außerdem darf das jeweilige Programm gerade nicht geöffnet sein.

1.4 Verzeichnisstruktur

1.4.1 Programm-Installation

Das eigentliche Basisprogramm besteht aus den exe-Dateien, diversen dlls, Dokumentation und verschiedenen kleineren Zubehördateien. Es wird z.B. unter C:\Programme\Zusi3 installiert, wofür Administratorrechte nötig sind. Im normalen Betrieb werden im Verzeichnis der Programm-Installation keine Dateien verändert. Für Programm-Updates sind je nach Betriebssystem und Nutzerstatus Administrator-Rechte nötig.

Der Installationspfad wird in den Zusi-Programmen unter „Hilfe → Info“ zur Information angezeigt.

1.4.2 Daten-Installation

Das gesamte Zubehör (Strecken, Fahrzeuge usw.) und damit hinsichtlich des Volumens der große Teil der Zusi-Daten liegt in einem separaten Datenverzeichnis, in dem der Anwender Lese- und Schreibrechte besitzen muss. Dieses Verzeichnis wird während der Installation separat abgefragt.

Es ist grundsätzlich auch möglich, Programm und Daten in demselben Verzeichnis zu installieren, es entspricht aber nicht dem Windows-Standard und wird nicht empfohlen. Der Daten-Pfad wird in den Zusi-Programmen unter „Hilfe → Info“ zur Information angezeigt. Soll er verändert werden, so sind die generellen Zusi-Einstellungen in der Zusi-Dateiverwaltung anzupassen. Nach einer Änderung dieser Angabe werden die Zusi-Programme jeweils nach ihrem nächsten Neustart die Daten im neu angegebenen Verzeichnis suchen.

Möchte man z.B. eine „offizielle“ und eine Testinstallation vornehmen, so reichen eine Programm- und zwei Daten-Installationen. In der Zusi-Dateiverwaltung legt man fest, welche der beiden Daten-Installationen gerade benutzt werden soll.

Außerhalb des jeweiligen Basis-Datenverzeichnisses dürfen keine Daten abgespeichert werden, da dann nicht immer gewährleistet ist, dass die Verknüpfungen der Dateien untereinander korrekt interpretiert werden können.

1.4.3 Daten-Unterverzeichnisse

Um die Werke verschiedener Zubehör-Ersteller gemeinsam nutzen zu können, ist eine einheitliche und für alle Nutzer verbindliche Verzeichnisstruktur zwingend nötig. Dafür gibt es zunächst im Datenverzeichnis die folgenden Unterverzeichnisse:

_Setup:	Programmseitige Zubehördateien wie Himmelstexturen, dll-Zubehör usw.
Catenary:	Fahrleitungssysteme
PermanentWay:	Gleise, Oberbau, Weichen, Kreuzungen, Drehscheiben usw.
RailwayObjects:	Sämtliches 3D-Zubehör rund um die Gleise wie Bahnbrücken, Tunnel, Bahnsteigausstattung, Telegrafenmasten usw.
RollingStock:	Eisenbahnfahrzeuge
Routes:	Streckenmodule inkl. 3D-Modelle (Häuser usw.)
Signals:	Signalsysteme
Temp:	Temporäres Verzeichnis, wird von Zusi zum Speichern verschiedener, nur vorübergehend benötigter Dateien benutzt
Terrain:	Sämtliches 3D-Zubehör, das nicht bahnspezifisch ist wie Gewächse, Kraftfahrzeuge, Straßenzubehör inkl. Bahnübergangselemente usw.
Timetables:	Fahrpläne und Zugdateien

Verzeichnisse mit vorangestelltem Unterstrich enthalten für die normale Anwendung keine Nutzdaten.

1.4.3.1 Länderverzeichnis und Sprache

In der nächsten Ebene folgt immer ein Länderordner in der jeweiligen Sprache, also z.B. „Deutschland“ oder „Nederland“. Sind Objekte universell, wie z.B. Gewächse, kommt ein Verzeichnis „General“ zum Einsatz.

In den landesspezifischen Verzeichnissen können die Dateinamen in der Landessprache gewählt werden, in allen anderen Verzeichnissen sind englische Dateinamen zu wählen.

1.4.3.2 Fahrzeugstruktur

Besondere Sorgfalt ist bei der Erstellung der Fahrzeugstruktur nötig, da hier im Laufe der Zeit sehr große Datenmengen zu erwarten sind, deren Verwaltung und Pflege nur mit einer sinnvollen Struktur möglich sind. Durch die unterschiedlichen Entwicklungsgeschichten und historischen und politischen Entwicklungen lässt sich nicht die eine einzige wahre und rundherum perfekte Datenstruktur definieren. Die im Folgenden benannten Regeln haben allerdings den Vorteil, dass alle relevanten Daten eines Fahrzeugs übersichtlich in einem Bereich der Struktur liegen (was Grundvoraussetzung für eine vernünftige Datenpflege ist) und sie ist so einfach, dass sie sich praktisch auf jedes Fahrzeug unzweifelhaft anwenden lässt, wodurch sich der zu erwartende Standort der Dateien immer leicht ermitteln lässt.

1.4.3.2.1 Grundregel

Grundregel: Ein Fahrzeug und **alle seine abgeleiteten Modelle** werden immer dort eingesortiert, wo das Grundfahrzeug beim Vorbild zum ersten Mal in Erscheinung getreten ist.

1.4.3.2.2 Beispiel

Die Taurus-Familie von Siemens wurde zum ersten Mal bei der ÖBB in Dienst gestellt. Es gäbe also ein Verzeichnis RollingStock\Oesterreich\...\Taurus, in dem sämtliche Varianten inkl. aller Fahrzeug-, 3D-, Sound- und Führerstandsdateien untergebracht werden. Die Verzeichnisstruktur könnte also im Detail so aussehen:

```
RollingStock\Oesterreich\...\Taurus\Fahrzeugdaten\  
RollingStock\Oesterreich\...\Taurus\Fuehrerstand\  
RollingStock\Oesterreich\...\Taurus\Sound\  
RollingStock\Oesterreich\...\Taurus\OeBB1116\  
RollingStock\Oesterreich\...\Taurus\DB182\  
RollingStock\Oesterreich\...\Taurus\TX\  
RollingStock\Oesterreich\...\Taurus\<andere Unternehmen>\
```

Auch alle zukünftigen Ableitungen des Taurus werden einzig unterhalb dieses Taurus-Verzeichnisses eingesortiert. Ein Fahrzeug ist dann hinsichtlich Zusi-Anwendung als eigenständig zu betrachten, wenn es sich keine Baugruppen mehr mit dem Ursprungsfahrzeug teilt. So wäre der Taurus z.B. ein eigenes Fahrzeug, da er mit dem Eurosprinter-Prototyp (Baureihe 127) weder Führerstand, noch Lokkastenkonstruktion, noch Sound- und Antriebsdaten gemeinsam hat.

1.4.3.2.3 Schneller Zugriff

Um Fahrzeugerstellern einen schnellen Zugriff zu ermöglichen, können Links auf ein Verzeichnis in anderen Verzeichnissen untergebracht werden. So könnte man bei den deutschen E-Loks einen Link ins ... \Oesterreich\...\Taurus\DB182 -Verzeichnis setzen, um den Erstellern deutscher Fahrpläne den direkten Zugriff auf die deutschen Taurus-Derivate zu ermöglichen. Dafür wird eine Datei mit der Endung .link.txt erstellt, die eine Zeile enthält mit dem Link zum neuen Verzeichnis (z.B. Dateiname DB182.link.txt mit dem Inhalt RollingStock\Oesterreich\...\Taurus\DB182). Alle Dateiauswahldialoge haben auch für diese link.txt-Dateien einen Filter.

1.4.3.2.4 Feingliederung

Je nach Fahrzeugvielfalt des Landes sollte eine Feingliederung des Fahrzeugbestands erfolgen. Das verwendete Schema wird in der Regel landesspezifisch sein. Wegen der Möglichkeit der Modulbauweise der Fahrzeuge sollten die Varianten möglichst alle in einer Fahrzeug-Basisdatei untergebracht werden, in der für jedes Derivat eine Variante erzeugt wird. Für Deutschland gilt beispielhaft das im folgenden Kapitel beschriebene System.

1.4.3.2.4.1 Feingliederung Deutschland

Unterhalb des Deutschland-Verzeichnisses folgt zunächst die Epoche, wie sie auch bei der Modelleisenbahn bekannt ist:

- Epoche1: Länderbahnzeit 1835-1920
- Epoche2: Reichsbahnzeit 1920-1949
- Epoche3: Nachkriegszeit bis zur Einführung der EDV-Nummern 1949-1968 (DB) bzw. 1970 (DR)
- Epoche4: Geteiltes Deutschland 1968/1970-1990
- Epoche5: Vereinigung und Bahnreform 1990-2007
- Epoche6: Neue UIC-Nummern ab 2007

In der nächsten Ebene folgt der Fahrzeugtyp (Elektroloks, Dieselloks, Reisezugwagen usw.). Bei Epoche 3 und 4 folgt wegen der komplett getrennten und teilweise nicht eindeutigen Bezeichnungen eine Untergliederung in DDR und BRD.

Dann folgen die Ordner der jeweiligen Loktypen und -familien.

Die Einheitsloks (E41, E10, E40, E50) würden also beispielsweise allesamt unterhalb RollingStock\Deutschland\Epoche3\Elektroloks\BRD\Einheitsloks eingesortiert. Das gilt auch für verkehrsrote Versionen der Epoche 5. Je nach Umfang der Derivate sollte der Hauptordner entsprechend weiter untergliedert werden.

Für die E10 würde es dabei reichen, eine Basisdatei E10.rv.fzg anzulegen, die entsprechend viele Varianten für die unterschiedlichen Ausführungen in Farbe, Führerstand und Lokkasten enthält (z.B. E10, 110, 115). Auch Varianten mit anderen Antriebs- und Bremsparametern können als Variante innerhalb einer zentralen Fahrzeugdatei angelegt werden (hier könnten z.B. auch die Baureihen E10.12, 112, 113 mit in der E10.rv.fzg untergebracht werden).

1.5 Einstieg in das Erstellen von Zusi-Zubehör

Um ein Szenario mit sämtlichem Zubehör zu erstellen, sind verschiedenste Aufgaben zu bewältigen. Erfahrungsgemäß suchen sich viele Ersteller des Zubehörs jeweils gewisse Schwerpunkte. Im folgenden Abschnitt sollen kurz die typischen Aufgabenstellungen mit besonderen Anforderungen und einige Hinweise zum Einstieg in das jeweilige Thema beschrieben werden.

1.5.1 3D-Objektbau

3D-Modelle werden für verschiedene Einsatzzwecke gebraucht, so für das Außenmodell der Fahrzeuge, Objekte zur Ausgestaltung der Landschaft wie Häuser, Bäume usw. und für Signalsysteme. Auch die Streckenbauer müssen zur Landschaftsgestaltung die Grundlagen des 3D-Modellbaus beherrschen.

Zum Bau von 3D-Objekten muss der Umgang mit einem 3D-Programm wie z.B. Blender und einem Bildbearbeitungsprogramm wie z.B. Photoshop beherrscht werden. Mit den Zusi-Editoren werden lediglich im Nachgang Animationen usw. definiert. Als Einführung findet sich im Anhang ein Tutorial, in dem ein einfaches Haus komplett erstellt wird. Für weitergehende Anleitungen sollte man sich an die jeweiligen 3D- und Bildbearbeitungsprogramme halten.

Diverse technische 3D-Grundlagen sind außerdem in den ersten Abschnitten des Kapitel 5 erklärt. Diese helfen für das vertiefte Verständnis.

1.5.2 Streckenbau

Der Streckenbau findet vor allem im Zusi-Gleisplan- und 3D-Editor statt. Anforderungen an den Streckenbauer sind Kenntnisse zu Gleisbau, Trassierung, Signal- und Fahrleitungssystemen und Grundlagen des 3D-Baus. Die Dokumentation zu den Zusi-Editoren ist eher als Nachschlagewerk denn als methodische Anleitung aufgebaut, sie spiegelt also recht stark die Funktionen in der Reihenfolge der Menüpunkte wider.

Für den Streckenbau gibt es deshalb zum besseren Einstieg ein kleines Videotutorial mit grundlegenden Zusammenhängen im Verzeichnis %Zusi-Programm%_docu\tutorial. Es ist in drei Abschnitte untergliedert, wobei zum Anschauen jeweils die htm-Datei anzuklicken ist und der Browser Javascript unterstützen muss. Die Filme wurden mit Zusi-Versionen aus der Entwicklungszeit produziert, so dass manche Eingabeoberflächen und andere Details vom aktuellen Programmstand abweichen können. Dieses Tutorial ist nicht im Standardsetup enthalten, sondern muss über den Installationsmechanismus der Zusi-Dateiverwaltung manuell ausgewählt und nachinstalliert werden (tut0001_streckenbau.zao). Es wird nicht vollautomatisch installiert.

Für den vertieften Einstieg eignet sich vor allem das [Kapitel 3 „Bau einer Übungsstrecke“](#), das das methodische Vorgehen anhand zweier Streckenmodule auf Vorbildbasis zeigt.

Die wichtigste Zusatzsoftware beim Nachbau von Vorbildstrecken ist „Transdem“ von Roland Ziegler, das Geodaten für die Zusi-Editoren aufbereitet (Software und Dokumentation werden mitgeliefert).

1.5.3 Fahrplankonstruktion

Die Erstellung von Fahrplänen erfolgt mit dem Fahrplaneditor innerhalb des Fahrsimulators. Anforderungen an den Ersteller sind Kenntnisse zum Bahnbetrieb, insbesondere zu Betriebsabläufen, Bremseinstellungen, Zugbildung, Zugbeeinflussung usw.

[Kapitel 3](#) beschreibt am Ende den Bau eines einfachen Fahrplans, was sich als Einstieg anbietet.

1.5.4 Fahrzeugbau

Um ein Fahrzeug zu erstellen, müssen die folgenden Aufgaben bewältigt werden:

1.5.4.1 Fahrzeugdatei

Zur Erstellung der Fahrzeugdatei im Zusi-Fahrzeugeditor sind insbesondere Kenntnisse zur Bahntechnik (Antrieb, Bremse, usw.) nötig. [Kapitel 6](#) beschreibt alle Funktionen mit zahlreichen Hinweisen zur vorgolgerechten Dimensionierung. Ausführliche Daten zu Originalfahrzeugen sind für gute Ergebnisse aber praktisch unabdingbar.

1.5.4.2 Führerstandsbau

Zur Erstellung von Führerständen sind neben Kenntnissen zur Ausrüstung und Bedienung der Originale auch Kenntnisse in der Bedienung eines Bildbearbeitungsprogramms wie z.B. Photoshop nötig, um die Bitmaps zu erstellen. Alternativ zu Fotos können die Bitmaps auch aus einem Führerstand als 3D-Objekt (s. weiter oben) erstellt werden.

Die endgültige Ausgestaltung erfolgt im Zusi-Führerstand-Editor. [Kapitel 7](#) erläutert das Vorgehen.

1.5.4.3 3D-Objekt

Zum 3D-Objekt als Darstellung der Außenansicht des Fahrzeugs siehe weiter oben.

1.5.4.4 Sound

Für die Soundkulisse müssen Sounds aufgenommen und übliche Soundbearbeitungsprogramme wie z.B. Audacity beherrscht werden. Die endgültige Konfiguration geschieht dann im Zusi-Fahrzeugeditor. [Kapitel 6.8](#) erläutert das Vorgehen.

1.6 Eigene Dokumentation einbringen

Wer eigene Kapitel, z.B. Tutorials zu bestimmten Themen oder Dokumentationen zu Zusatzsoftware, in diese Dokumentation einbringen möchte, ist herzlich dazu eingeladen. Vorteil eines Gesamtwerks ist die gebündelte Zusammenfassung aller Themen in einem Dokument, was z.B. auch die Suche nach bestimmten Stichworten für den Anwender erleichtert. Der jeweilige Autor wird selbstverständlich unter der Überschrift vermerkt. Damit eine einfache Handhabung bei der Erstellung der Gesamtdokumentation und ein möglichst einheitliches Erscheinungsbild gewährleistet sind, sind folgende Punkte zu beachten.

1.6.1 Organisatorisches

- Das Vorhaben sollte vorher im Hinblick auf Sinnhaftigkeit, Einfügung in die Struktur der Dokumentation, Dateipfad für Bilder und Grafiken (wichtig!) und die Gliederungsebene der ersten Überschrift kurz abgesprochen werden (Zusi-Forum oder carsten.hoelscher@zusi.de).
- Überschriften können bis maximal Ebene 6 vergeben werden. Eine sinnvolle Gliederung ist anzustreben.

1.6.2 Dateiformat

- Die Zusi-Dokumentation wird mit XeLaTeX gepflegt. Dieses Textsatzsystem hat allerdings eine eigene Syntax, deren Beherrschung man von Autoren nicht unbedingt erwarten kann. Die Übertragung von zugelieferten Dokumentationsteilen in das TeX-Format erfolgt daher durch einen „Redakteur“. Wer TeX-kundig ist, kann aber natürlich gerne in TeX liefern, bitte vorher absprechen wegen der Formatierungskonventionen.
- Neueinreichungen zur Dokumentation sollten sonst im Dateiformat OpenOffice-Writer (.odt) eingeschickt werden. Das OpenOffice-Paket ist kostenlos unter <http://de.openoffice.org> erhältlich. Es kann auch MS-Office-Formate lesen und schreiben, wobei aber nicht immer alle Formatierungen korrekt erhalten bleiben.

1.6.3 Einheitliches Erscheinungsbild

- Es ist zu beachten, dass sich nach der Bearbeitung durch den Redakteur in TeX andere Seitenumbrüche ergeben werden. Der Text darf also nicht auf bestimmte Seitenumbrüche optimiert werden.

- Für die Formatierung von Überschriften in OpenOffice sollten die im Programm vorhandenen Formatvorlagen „Überschrift 1“ bis „Überschrift 6“ verwendet werden, um die gewünschte Hierarchie der Kapitel und Unterkapitel erkennbar zu machen.
- Wenn Schalter usw. in der Zusi-Bedienoberfläche beschrieben werden, sollte deren Name in Anführungsstriche gesetzt werden, z.B.: Drücken Sie „Weiter“, um fortzufahren.
- Wenn Menüfunktionen beschrieben werden, sollten diese in Anführungsstrichen und mit → zwischen den Ebenen dargestellt werden, z. B. „Navigation → Kompass → Kompass um 90° drehen“.

1.6.4 Bilder/Grafiken

- Bilder und Grafiken sind verknüpft einzufügen. Dazu in OpenOffice „Einfügen → Bild → Aus Datei“ wählen und unten den Kontrollkästchen „Verknüpfen“ aktivieren. Die Bilddateien müssen natürlich zusammen mit der odt-Datei weitergegeben werden.
- Screenshots sollten unbedingt im png-Format gespeichert werden. Dieses ist verlustfrei, was bestimmte Nachbearbeitungen vereinfacht und alle Optionen für hochwertigen Druck offen lässt. Digitale Fotos können im jpg-Format bleiben.
- Screenshots sind mit 72 dpi zu speichern
- Grafiken sollten möglichst in einem Vektorformat (gut geeignet ist .eps) erstellt werden. Dieses lässt sich z.B. mit OpenOffice-Draw erzeugen.
- Vorbildfotos sollten, wenn irgend möglich, einheitlich im Format 400x400 Pixel mit 70 dpi benutzt werden, da sie dann sehr einfach austauschbar sind.
- Um bereits in OpenOffice das ungefähre Layout des späteren Dokumentationstextes abschätzen zu können, können Grafiken, die um den Text fließen sollen, mit der Verankerung „Am Absatz“ eingefügt werden, mit Umlauf „Vor“ oder „Hinter“ und aktiviertem Kontrollkästchen „Erster Absatz“. Ggf. muss die letzte Zeile des umfließenden Textes mit einem Tabulator abgeschlossen werden, damit sich ein sauberer Textabschluss ergibt. Grafiken im Fließtext können „Als Zeichen“ verankert werden.
- Zur druckfreundlicheren Gestaltung sollte bei Screenshots im 3D-Editor der blaue Hintergrund in einem Bildbearbeitungsprogramm durch weiße Farbe ersetzt werden.
- Farben sollten nur verwendet werden, wenn Graustufen nicht die nötige Information vermitteln (Einsparung von Druckkosten).
- Bilder mit Untertitelung sind aufgrund von Eigenheiten der verwendeten TeX-Globalformatierung problematisch und sollten daher wann immer möglich vermieden werden. Die Beschreibung, was auf dem Bild zu sehen ist, sollte stattdessen ggfs. im Fließtext erfolgen.

1.7 Datei-Information

Für jeden Dateityp gibt es eine Dateiinfo mit Name des Autors und weiteren Angaben. Bei den Zusi-eigenen Dateiformaten wird diese Information als erster xml-Knoten in der Datei gespeichert. Bei anderen Dateitypen legt Zusi eine Datei mit der Endung .author.xml an (z.B. wird zu sifa.wav eine Datei sifa.wav.author.xml in demselben Verzeichnis angelegt), die diese Daten enthält. Zu Autorenangaben siehe auch noch [Kapitel 8.2.8.2](#). Jeder Editor hat ein immer gleich aufgebautes Eingabeformular, in dem diese Daten eingegeben werden können, im einzelnen:

Dateiname und -version: Der Dateiname der geöffneten Datei wird relativ zum Zusi-Arbeitsverzeichnis zur Information angezeigt.

Autoren: Die Liste der Autoren dieser Datei. Weitere Autoren können sich bei Weiterentwicklungen über das Kontextmenü mit einer weiteren Zeile eintragen.

Kategorie: Eine Texteingabe, die zur Kategorisierung der Datei ausgewertet werden kann.

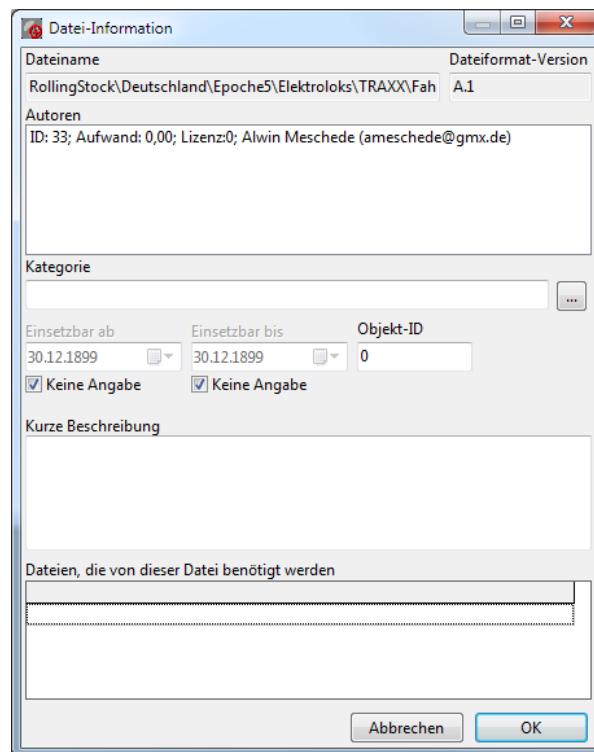
Zusi selbst wertet die Angabe nicht aus, Drittsoftware könnte aber darauf zugreifen. Um immer gleiche Begriff zu verwenden, kann über den Button eine Struktur mit Vorlagen aufgerufen und bearbeitet werden.

Einsetzbar ab/bis: Zusi selbst wertet die Angabe nicht aus, Drittsoftware könnte aber darauf zugreifen, um z.B. Objekte automatisiert für gewisse Zeiträume auszuwählen. Bei Fahrzeugen sollten diese Felder nicht benutzt werden, da Fahrzeuge über die Varianten dafür eigene Eingabefelder haben.

Objekt-ID: Zusi selbst wertet die Angabe nicht aus, Drittsoftware könnte aber darauf zugreifen.

Kurze Beschreibung: Ein beliebiger freier Text, um wenn nötig z.B. die Anwendung der Datei zu beschreiben.

Dateien, die von dieser Datei benötigt werden: Es gibt einzelne Fälle, bei denen abhängige Dateien nicht in Standardsyntax in der Zusi-xml-Datei hinterlegt werden und darum z.B. beim Export und der Verknüpfungsprüfung per Verwaltung nicht erfasst werden. Das sind Befehle, die mit fertiger html-Datei versehen sind oder Sounds, die an ein Ereignis gekoppelt sind. Da diese Dateien schnell beim Export vergessen werden, kann man sie in dieser Liste eintragen (Kontextmenü), so dass sie in der Zukunft immer automatisch als abhängige Dateien erkannt werden.



1.8 Formelzeichen

- F Kraft
- v Geschwindigkeit
- I Strom
- U Spannung
- ρ Dichte
- η Wirkungsgrad
- \ddot{u} Übersetzung
- k Bewertungsfunktion, Konstante
- p Druck
- m Masse
- g Erdbeschleunigung
- s Spurweite
- R Bogenradius (Gleisbau) bzw. Ohmscher Widerstand
- X Blindwiderstand
- P Leistung
- f Frequenz

2 Fahrimulator

Dieses Kapitel behandelt die konkrete Bedienung des Programms, gibt eine Einweisung in die Bedienung typischer Führerstände, dokumentiert den integrierten Fahrplaneditor und erklärt zusätzlich Bahntechnik und -betrieb, um das nötige Hintergrundwissen über das Vorbild zu vermitteln.

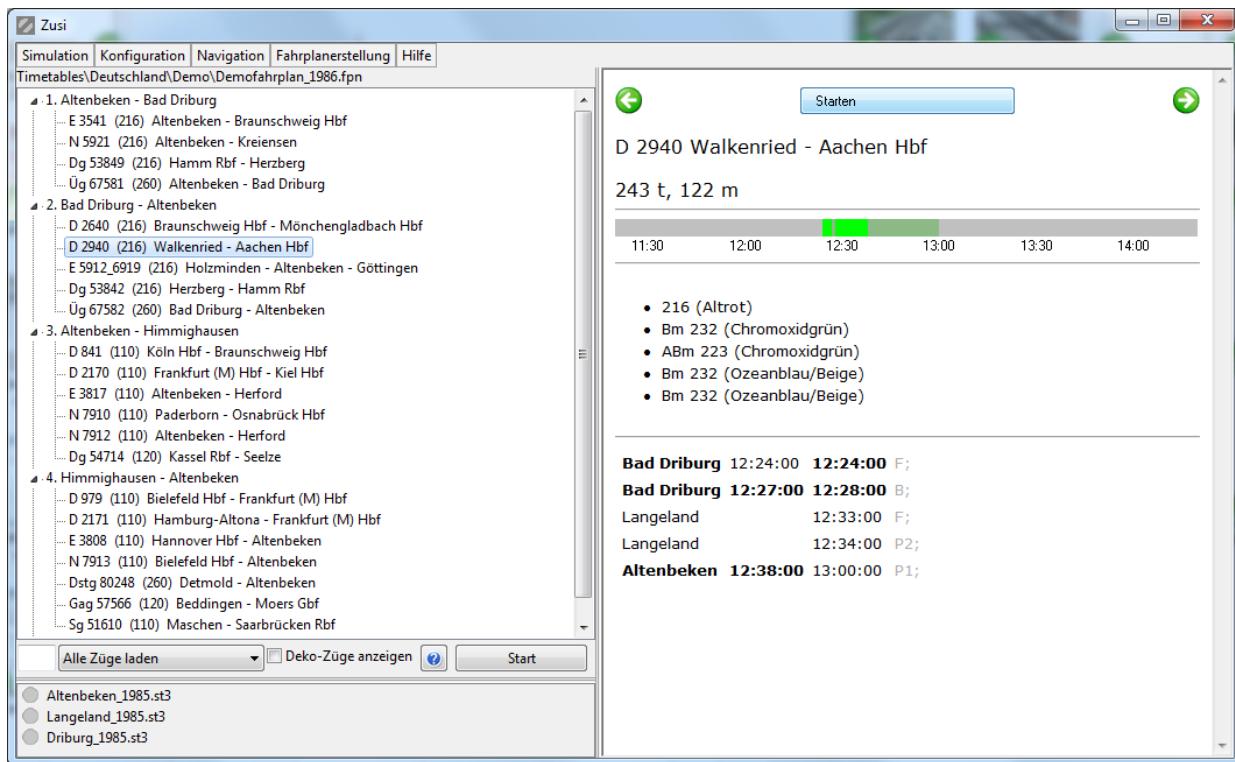
Es folgen jetzt zunächst die Kapitel für diejenigen, die nur vorhandene Fahrpläne fahren möchten, also die Simulatorfunktionen zum Starten und Konfigurieren des Simulators und die Bedienung der Fahrzeuge. Wie man Fahrpläne, Zugverbände usw. ändert und erstellt wird weiter hinten im Kapitel „Fahrplaneditor“ beschrieben.

2.1 Menü „Simulation“

2.1.1 Starten des Simulators

2.1.1.1 Start über den Simulator

Nach dem Start des Simulators muss zunächst unter „Simulation → Fahrplan öffnen“ die Fahrplandatei ausgewählt werden. Diese enthält die Information über die zu ladenden Streckenmodule und die enthaltenen Zugdateien. Die Züge werden im linken Bereich des Fensters aufgeführt, die Dateien der Streckenmodule stehen links unten. Die Züge können zur besseren Übersicht in Gruppen aufgeteilt sein. Im Bild unten sind vier Gruppen gebildet worden, um die vier Hauptfahrtrouten unterscheiden zu können. Ein Klick auf einen Zug zeigt die Details zu der Zugleistung rechts an, oben die Lage der Zugleistung im gesamten Fahrplan (hellgrün Fahrtzeiten, dunkelgrün Standzeiten), darunter die planmäßige Fahrzeugreihung und der Fahrplan. Beim Klick auf die Grafik des Zeitstrahls springt die Darstellung zum Beginn des Fahrplans, welche bei langen Zügen anfangs außerhalb des Bilds sein kann.



Zug-Suche: In dem kleinen Eingabefeld zwischen der Zugauswahlliste und der Streckenmodulliste wird eine Suche in der Zugauswahl bewirkt. Es kann ein Teil der Gattung, Zugnummer oder Baureihe angegeben werden. Es werden dann nur noch die Züge angezeigt, die den eingegebenen Text enthalten. So zeigt die Angabe „216“ z.B. alle Züge, die mit der Baureihe 216 bespannt sind oder in deren Zugnummer 216 vorkommt oder die Eingabe „ICE“ zeigt alle ICE-Züge.

Zug-Kategorien: Mit diesem Auswahlfeld lässt sich der Umfang des Fahrplans an die Leistungsfähigkeit des Rechners anpassen, wenn der Ersteller des Fahrplans die Züge in entsprechende Kategorien eingeteilt hat. Unwichtige Züge werden bei entsprechender Auswahl nicht geladen und verkehren nicht in der Simulation. Bereits in der Vorauswahl wird die angezeigte Zugliste sofort gemäß der Auswahl modifiziert.

Deko-Züge anzeigen: Diese Züge dienen vor allem der Ausschmückung. Sie legen entweder nur kurze oder gar keine Fahrstrecken zurück, oder sie werden von einem Triebfahrzeug befördert, dessen Führerstand oder Soundkulisse nicht vollständig umgesetzt wurden und werden deshalb standardmäßig bei der Zugauswahl ausgeblendet. Nach Aktivierung dieses Kontrollkästchens können allerdings auch die Deko-Züge zum Fahren ausgewählt werden.

Der Zug, der selbst gefahren werden soll, kann per „Starten“-Schalter über dem Zeitstrahl, über den Schalter „Start“ unten links oder per Doppelklick gewählt werden. Danach startet der eigentliche Ladeprozess.

Es werden zunächst die Streckenmodule geladen, was man unten links am Umschalten der vorangestellten Kreise auf Grün verfolgen kann. Im zweiten Schritt lädt die Landschaft in der Umgebung, in der in die Simulation startet. Anschließend befindet man sich im Führerstand der Lok und kann die Fahrt beginnen.

Da in Zusi ein kompletter Fahrplanablauf dargestellt wird, kann es sein, dass der eigene Zug nicht von Anfang an in der Simulation unterwegs ist. Ist er noch nicht aufgeleist,

so betrachtet man den Ort, an dem er später aufgegleist wird, aus einer etwas erhöhten Perspektive.

2.1.1.2 Start per Doppelklick

Es ist auch möglich, eine Zugdatei im Explorer per Doppelklick zu starten. Es wird dann der Simulator mit dem zugehörigen Fahrplan geladen und der entsprechende Zug sofort gestartet. Nach dem Doppelklick im Explorer lädt die Simulation also vollständig ohne weitere Bedienschritte bis man im Führerstand der Lok sitzt.

Es kann auch eine Fahrplandatei im Explorer per Doppelklick gestartet werden. Die Datei wird geladen, so dass sich das im vorherigen Abschnitt gezeigte Bild ergibt. Die Zugauswahl erfolgt dann auf die gleiche Weise wie dort beschrieben.

2.1.2 Zeitraffer

Aktiver Zeitraffer (im 3D-Fenster eingeblendetes grünes Zeitraffersymbol) lässt die Simulationszeit um den Faktor 10 schneller laufen. Die Sifa wird dabei automatisch deaktiviert. Zu beachten ist, dass es je nach Rechnerleistung und der Menge zu ladender Landschaft zu Stockungen kommen kann, da dieselben Datenmengen nun in einem Zehntel der Zeit geladen werden müssen. Abhilfe schafft dann die Aktivierung der Pause und mehrmaliges kurzes Weiterlaufen der Simulation, damit der Simulator die anstehenden Ladeaufgaben anstoßen kann, was im Pause-Dauerzustand nicht geht.

2.1.3 Pause

Pause hält die Simulation und natürlich auch die Simulationszeit an, was durch ein im 3D-Fenster eingeblendetes blaues Pause-Symbol angezeigt wird. Erneutes Drücken setzt die Simulation fort.

2.1.4 Autopilot

Beim Aktivieren des Autopiloten (im 3D-Fenster eingeblendetes Smilie) übernimmt der Simulator den Zug und fährt ihn mit den vorgesehenen Geschwindigkeiten durch das Streckennetz. Der Zug wird dann hinsichtlich des Fahrverhaltens genauso berechnet wie alle anderen automatisch gefahrenen Züge. Für den Autopiloten wird eine vereinfachte Antriebs- und Bremsberechnung herangezogen, so dass kleinere Abweichungen in der Fahrdynamik zwischen selbstgefahrem Zug und Autopilot-Zug möglich sind. Wegen der vereinfachten Rechnung werden nicht sämtliche physikalischen Größen ermittelt, so dass nicht alle Sound-Effekte im Autopilot-Modus wirksam sind.

Der Autopilot bedient nicht die Geräte im Führerstand - er ist nicht als Fahrschule zu verstehen, sondern hat eigentlich die Aufgabe, die nicht selbstgefahrenen Züge im Netz mit angenehrt korrekter Fahrdynamik zu bewegen. Als „Abfallprodukt“ kann auch der eigene Zug bewegt werden, sei es zum entspannten Genießen der Landschaft oder zum Testen beim Bau von Strecken und Fahrplänen.

Die Zugbeeinflussungssysteme sind auch beim Autopiloten aktiv, so dass hier auch die Bremskurven usw. wirksam sind.

Bei Übergabe eines Zuges vom Autopiloten in die manuelle Steuerung wird der Zug in den Grundzustand versetzt. Es sind dann alle Bremsen gelöst und alle Antriebe ausgeschaltet,

so dass der Zug rollt. Befindet man sich dabei kurz vor einem Haltsignal, sollte man bis zum Stillstand wieder an den Autopiloten übergeben, da dieser wegen seiner etwas vereinfachten Rechnung nicht mit langen Anlegezeiten der Bremsen zu kämpfen hat und sogar ggf. mit unrealistisch großen Verzögerungen bremst, um noch vor einem Haltsignal zu Stehen zu kommen. Auf diese Weise lässt sich auch ein manuell gefahrener Zug bei einem verunglückten Bremsmanöver noch vor einem Haltsignal zum Stehen bringen.

2.1.5 Zeitsprung

Der Zeitsprung berechnet nur die Simulation ohne Grafik mit größtmöglicher Rechengeschwindigkeit. Er kann aktiviert werden, wenn der eigene Zug noch nicht in der Simulation unterwegs ist oder vor einem Haltsignal steht. Der Zeitsprung wird manuell beendet, wenn er erneut aufgerufen wird. Der Simulator beendet ihn automatisch, wenn der eigene Zug aufgegelistet wird bzw. das Haltsignal auf Fahrt umgesprungen ist. Um während des laufenden Zeitsprungs etwas Reaktion der Grafik zu erhalten, gibt es in den Einstellungen die Option, die Grafik während des Zeitsprungs gelegentlich zu aktivieren.

2.1.5.1 Ende und Unterbrechung

Beenden lässt sich die Simulation über den Menüpunkt „Simulation → Simulation unterbrechen...“ oder die Taste „Esc“. Es ist dann nur die Grafik unterbrochen, während die eigentliche Simulation noch geladen ist. Eine Fortsetzung kann mit „Simulation → Simulation fortsetzen“ erfolgen. Vorher kann z.B. die Grafikeinstellung geändert werden. Um also beispielsweise von Fenster- auf Vollbildmodus umzustellen, muss die Simulation nicht komplett neu gestartet werden, sondern es reicht eine Unterbrechung und Fortsetzung der Grafikausgabe nach Änderung der Grafik-Parameter.

2.1.5.2 Fahrplan neu starten

Diese Funktion beendet die Simulation, behält die Strecke und die Fahrplandaten aber im Speicher. Somit kann der Fahrplan direkt wieder gestartet werden, ohne die gesamten Streckendaten erneut einlesen zu müssen.

2.2 Menü „Konfiguration“

2.2.1 Einstellungen

2.2.1.1 Grafik-Initialisierung

Adapter: Hier ist der Grafikadapter einzustellen. Bei einem Mehrmonitorsystem stehen hier in der Regel mehrere Adapter zur Auswahl. Je nach System steht evtl. nur auf dem ausgewählten Adapter auch die volle Grafikleistung zur Verfügung. Läuft der Simulator also auf dem gewünschten Monitor nur langsam, so kann das evtl. an der Auswahl des Adapters liegen.

Device: Hier sollte immer HAL eingestellt sein.

Im eigenen Fenster: Die Grafik wird in der Fläche des aktuellen Simulators dargestellt. Die Abmessungen können auch während der laufenden Simulation durch Ziehen mit der Maus an den Fensterrändern verändert werden.

Vollbild: Das Bild wird auf dem ausgewählten Monitor in der aktuellen Bildschirmauflösung dargestellt.

Separates Fenster: Die eigentliche Simulatoroberfläche bleibt geöffnet, zusätzlich wird ein Fenster für die Grafikausgabe gestartet.

DirectX-Vollbild: Es wird in den exklusiven DirectX-Vollbildmodus umgeschaltet. Im Normalfall ist das nicht sinnvoll zu verwenden.

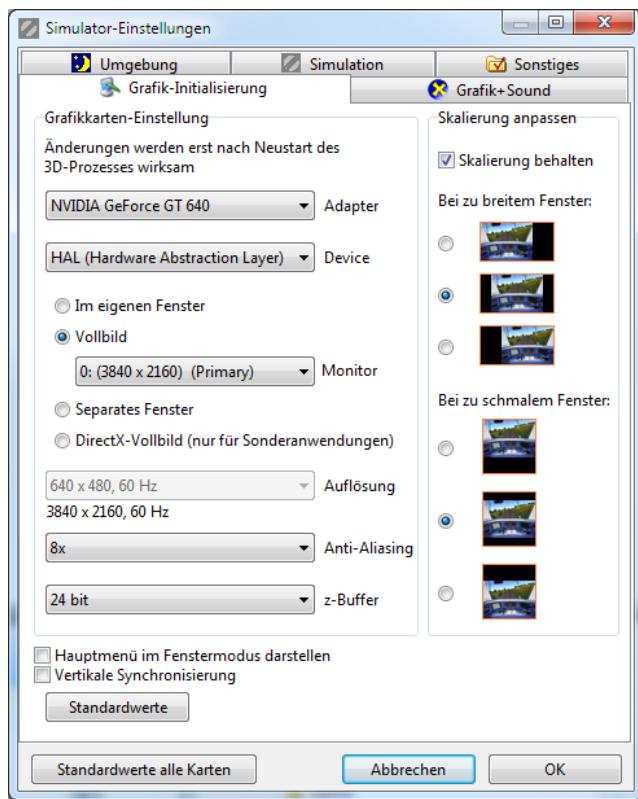
Anti-Aliasing: Anti-Aliasing (auch mit AA abgekürzt) sorgt für glattere Kanten. Je höher der Wert ist, desto stärker wird die Verbesserung. Der Ressourcenbedarf steigt allerdings ebenfalls.

Z-Buffer: Je höher aufgelöster der Z-Buffer ist, desto geringer sind grafische Artefakte bei der Überlagerung eng beieinander liegender Polygone. Typisch wäre eine Einstellung von 24 bit. Ein Stencilbuffer wird von Zusi nicht benutzt. Eine Kombination mit Stencilbuffer belegt also nur unnötig Ressourcen.

Skalierung behalten: Bei aktivem Kontrollkästchen wird die Führerstandsgrafik immer unverzerrt dargestellt, auch wenn die Seitenverhältnisse nicht zum Monitor bzw. Zusi-Fenster passen. Es wird dann der nicht benötigte Platz mit einer schwarzen Fläche ausgefüllt. Über die 6 Auswahlmöglichkeiten wird die Position der Grafik und schwarzen Fläche festgelegt. Bei nicht aktivem Kontrollkästchen wird die Führerstandsgrafik immer auf die Bildschirm-/Fenstergröße gestreckt und damit ggf. verzerrt dargestellt.

Hauptmenü im Fenstermodus darstellen: Bei aktiverter Funktion bleibt das Hauptmenü sichtbar, auch wenn die 3D-Grafik gestartet ist. Da hierdurch ein Teil der Fläche belegt wird, sollte die Funktion im Regelfall deaktiviert sein. Das Menü ist dann immer noch über das Kontextmenü erreichbar. Nach dem Ende der Simulation wird das Menü automatisch wieder eingeblendet.

Vertikale Synchronisierung: Bei aktiverter vertikaler Synchronisierung wird ein neues Bild immer nur genau dann eingespielt, wenn der Monitor mit einem neuen Bildaufbau



beginnt. Durch die sich dabei ergebenden kurzen Wartezeiten kann sich eine etwas niedrigere Framerate ergeben. Auch kann die Framerate nie höher sein als die Frequenz des Monitors. Ohne diese Option kann es hingegen zu leichten horizontalen Verwerfungen im Bild kommen, da der Bildschirm teils von alten, teils vom aktuellen Bild gefüllt wird.

2.2.1.2 Grafik + Sound

Horizont: Bis zu diesem Abstand wird die Landschaft gezeichnet.

LOD-Faktor: Je weiter rechts dieser Schieber steht, desto später wird zwischen den LODs umgeschaltet. Bei hohen Bildschirmauflösungen (und ausreichend Rechenleistung) sollte dieser Schieber etwas weiter nach rechts gestellt werden, da sonst das Umschalten zu niedrigeren Detailstufen der 3D-Modelle stärker unangenehm auffällt.

Darstellung ab LOD: Hier wird festgelegt, welche LODs überhaupt dargestellt werden. Empfohlen ist LOD 1. Bei LOD 0 werden auch hochdetaillierte Modelle dargestellt (soweit die Objekte damit ausgerüstet sind), was entsprechende Rechnerleistung erfordert.

Anisotropie-Parameter: Je höher der Wert ist, desto schärfere sind schräg betrachtete Texturen. Der maximale Wert ist grafikkartenabhängig, weshalb die Auswahl „Automatisch maximal“ empfohlen wird. Eine Einstellung des Werts ist nur möglich, wenn die Grafik der Simulation gestartet ist.

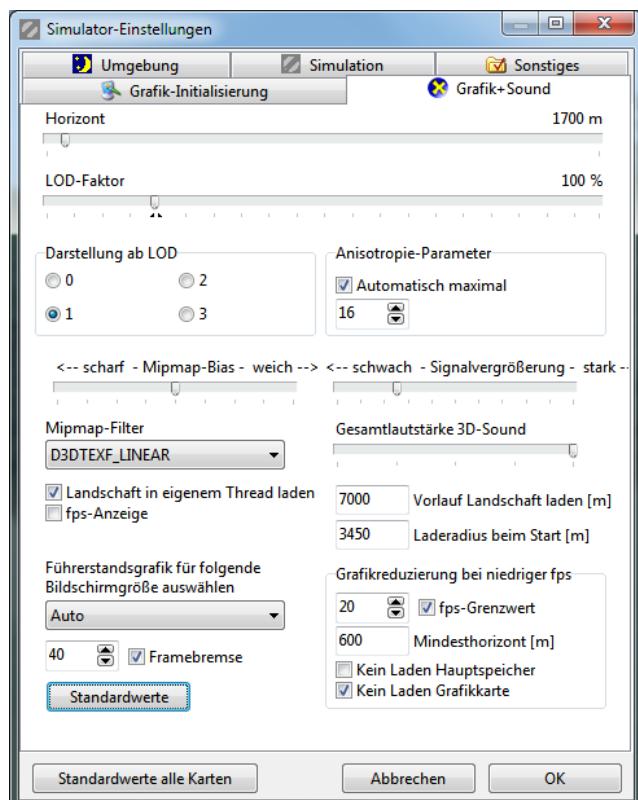
Mipmap-Bias: Der standardmäßige Übergang der Mipmaps kann über diesen Schalter zusätzlich verschoben werden. In Richtung „weich“ werden eher zu kleine Mipmaps benutzt, was zu einem geglättet bis verschwommenen Eindruck führt. In Richtung „scharf“ werden eher zu große Mipmaps benutzt, was im Stand schärfer wirkt aber bei Bewegung zu Flimmereffekten führt.

Mipmap-Filter: Der Mipmap-Filter legt fest, wie der Übergang zwischen den Mipmap-Stufen einer Textur gefiltert wird.

Signalvergrößerung: Dieser Schieber legt fest, wie stark Signallampen zur Verbesserung der Sichtbarkeit mit zunehmendem Abstand vergrößert werden.

Gesamtlautstärke: Die Lautstärke des Zusi-Gesamt sounds 2D und 3D.

UTM-Punkt aus Fahrplan festhalten: Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird der in der Fahrplandatei definierte UTM-Punkt benutzt, was dazu führt, dass bei zunehmendem Abstand (deutlich über 50 km vom UTM-Punkt) ein stärkeres Zittern und auch feine Risse in der Landschaft auftreten können. Standardmäßig sollte diese Funktion deaktiviert sein, dann wird der UTM-Bezugspunkt dynamisch in das Umfeld des Beobachters verlegt.



Landschaft in eigenem Thread laden: Sollte immer angeklickt sein, damit das Laden der Landschaft im Hintergrund mit möglichst wenig Beeinflussung des Simulators stattfinden kann. Bei aktivem Kontrollkästchen wird das Laden bei Mehrprozessor-Rechnern auf einem eigenen Kern durchgeführt.

fps-Anzeige: Bei aktivem Kontrollkästchen wird oben links im 3D-Fenster dargestellt, wie viele Bilder pro Sekunde („fps“, frames per second) der Simulator berechnet. Ggf. wird zusätzlich die Simulations-Uhrzeit angezeigt.

Grafik aktualisieren bei Zeitsprung: Um während des laufenden Zeitsprungs etwas Reaktion der Grafik zu erhalten, gibt es diese Option. Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird alle paar Sekunden ein Bild gezeichnet, was aber die Rechenzeit verlängert.

Framebremse: Bei aktivem Kontrollkästchen wird die Anzahl der Bilder pro Sekunde auf den eingestellten Wert gedeckelt. Es wird empfohlen, diesen Wert auf der Standardeinstellung zu belassen, damit die eingesparte Rechenzeit zum Nachladen der Landschaft zur Verfügung steht und weil bei sehr hohen Frameraten schon kleine Rechenzeitschwankungen zu spürbar unregelmäßigem Bildablauf führen.

Führerstandsgrafik für folgende Bildschirmgröße auswählen: Manche Führerstände stehen in mehreren Ausführungen für verschiedene Bildschirmformate zur Verfügung. Die empfohlene Einstellung ist „Auto“ (wählt selbsttätig das zur momentanen Bildschirmauflösung am besten passende Format). Andernfalls kann hier das bevorzugte Format der Führerstände ausgewählt werden.

Vorlauf Landschaft laden: Bis zu dieser Entfernung wird die Landschaft um die Position des Spielers herum im voraus geladen. Bei einem höheren Wert werden Ladevorgänge früher angestoßen, so dass dem Rechner mehr Zeit verbleibt, um die Landschaftsobjekte im Hintergrund zu laden. Allerdings steigt dann auch der Speicherbedarf entsprechend. Der Wert sollte also nur erhöht werden, wenn ohne Zeitrafferfahrten Lücken in der Landschaft auftreten.

Laderadius beim Start: Um kürzere Startzeiten zu erreichen, wird vor dem Start der Simulation die Landschaft nur bis zu der hier eingestellten Entfernung geladen. Die Differenz zum Wert „Vorlauf Landschaft laden“ muss dann in der laufenden Simulation nachgeladen werden. Falls direkt nach dem Start Landschaftselemente fehlen sollten, kann hier auf Kosten längerer Startzeiten ein höherer Wert eingestellt werden.

Grafikreduzierung bei niedriger fps: Die Grafikreduzierung hilft, den Spagat zwischen möglichst hohen Sichtweiten auf der freien Strecke und ausreichender Bildwiederholrate auch in detaillierten Knotenbahnhöfen zu entschärfen. Wenn der eingestellte fps-Grenzwert unterschritten wird, dann greifen die hier eingestellten Maßnahmen: Die Horizontentfernung wird dynamisch so reduziert, dass die Bildwiederholrate mindestens dem fps-Grenzwert entspricht. Die Horizontentfernung wird jedoch nie unter den bei „Mindesthorizont“ eingestellten Wert reduziert. Um den Rechner noch weiter zu entlasten, können Ladevorgänge so lange aufgeschoben werden, bis die Bildwiederholrate wieder über dem fps-Grenzwert liegt. Hierbei bringt das Aufschieben der Ladevorgänge in den Hauptspeicher nur sehr geringe Entlastung, da dieser Vorgang im Parallelthread weitgehend entkoppelt vom eigentlichen Programm auf einer zweiten CPU ausgeführt wird. Erreicht der Rechner über einen längeren Abschnitt (1-2 km je nach Situation) den Mindest-fps-Wert nicht und ist auch das Laden unterbunden, dann wird es zu fehlenden Grafikobjekten in der Darstellung kommen. In so einem Fall sollte das Unterbinden der Ladevorgänge deaktiviert werden.

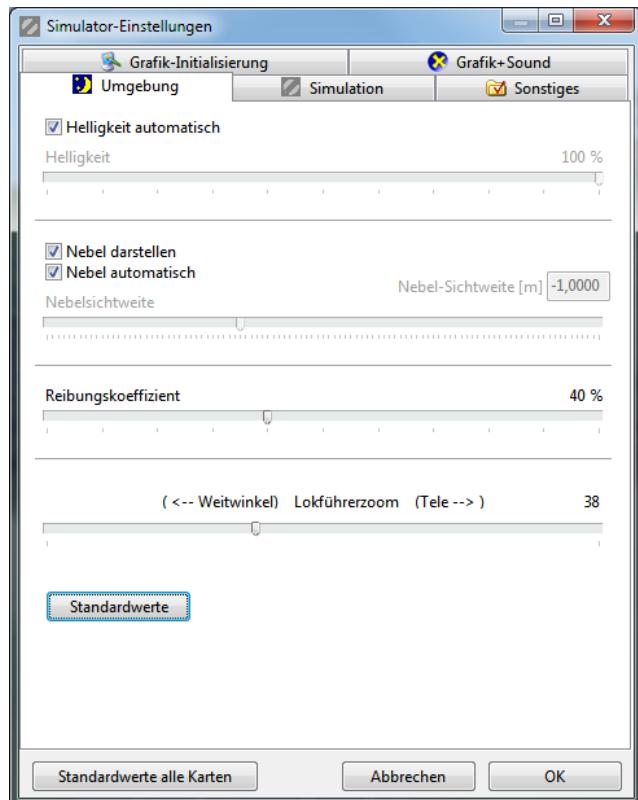
2.2.1.3 Umgebung

Helligkeit: Bei aktivem Kontrollkästchen ergibt sich die Umgebungshelligkeit aus Simulatorzeit, -datum und geografischem Ort. Bei deaktiviertem Kontrollkästchen lässt sich die Helligkeit über den Schieber vorgeben.

Nebel: Einstellung der Nebelsichtweite – bei automatisch wählt der Simulator Werte nach Zufall aus.

Reibungskoeffizient: Mit diesem Schieber kann die Reibung zwischen Rad und Schiene verändert werden. Bei guten Bedingungen ist ein Wert von ca. 40% realistisch.

Lokführerzoom: Dieser Wert legt fest, wie stark die Grafiksicht gezoomt ist.



2.2.1.4 Simulation

Chaos/Abweichungen: Je höher der Wert eingestellt wird, desto eher wird es verzögerte Fahrstellungen von Signalen und alternativ mögliche Fahrwege geben.

Im Pause-Modus starten: Der Simulator wechselt bei aktivem Kontrollkästchen nach dem Laden automatisch in den Pause-Modus.

Simulation ohne Führerstandsgrafik starten:

starten: Die Führerstandsgrafik ist bei aktivem Kontrollkästchen standardmäßig unsichtbar, kann aber jederzeit über F5 eingeblendet werden.

Sifa im Fahrpultmodus: Bei aktivem Kontrollkästchen beginnt der Prüflauf sofort nach Loslassen des Sifa-Schalters, so wie es beim Vorbild auch der Fall ist.

Türwahlschalter im Fahrpultmodus:

Die besondere Bedienung des Seitenwahl- schalters wäre nicht kompatibel zur Ansteuerung über ein externes Fahrpult. Bei aktivem Kontrollkästchen lassen sich die vier Schalterstellungen über zwei Schließer binär codiert ansteuern.

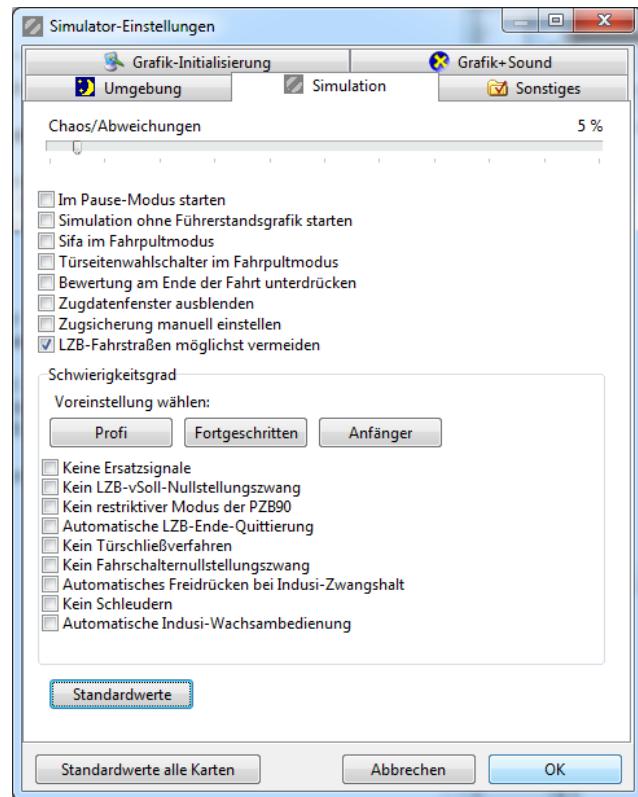
Bewertung am Ende der Fahrt unterdrücken: Bei aktivem Kontrollkästchen wird am Ende der Fahrt nichts weiter eingeblendet, sondern die Simulation endet kommentarlos.

Zugdatenfenster ausblenden: Das Zugdatenfenster mit dem Buchfahrplan ist bei aktivem Kontrollkästchen standardmäßig unsichtbar, kann aber jederzeit über F7 eingeblendet werden.

Zugbeeinflussung manuell einstellen: Normalerweise stellt Zusi die Zugbeeinflus- sung automatisch beim Start des Zuges anhand der Zugdaten bzw. Vorgaben aus dem Fahrplan ein. Bei aktivem Kontrollkästchen gehen die Systeme hingegen in den Grundzu- stand und müssen über externe Eingaben wie ZusiDisplay eingestellt werden. Zusi selbst besitzt keine Bedienoberfläche für diese Einstellungen.

LZB-Fahrstraßen vermeiden: Bei aktiviertem Kontrollkästchen wählt Zusi bevorzugt Ganzblock-Fahrstraßen für Züge im LZB-Betrieb. Teilblock-Fahrstraßen werden dann nur genutzt, wenn der Ganzblock nicht frei ist. Dies entspricht in der Regel der Vorbildsituati- on. Bei deaktiviertem Kontrollkästchen werden bevorzugt Teilblock-Fahrstraßen gewählt.

Schwierigkeitsgrad: Mit den drei Schaltern lassen sich Vorauswahlen treffen, um die aufgeführten Vereinfachungen einzustellen.



2.2.1.5 Sonstiges

Automatisch zu startende Anwendungen:

Hier können Zusatzprogramme angegeben werden, die Zusi automatisch startet und am Ende wieder schließt. Gedacht ist das z.B. für das automatische Starten einer Fahrpultumgebung. Durch Doppelklicken öffnet sich ein Einstellungsdialog. Der Parameter ist optional. Viele Programme können über den Parameter gesteuert werden; typischerweise wird eine zu öffnende Datei o.ä. damit übergeben. Das Kontrollkästchen „Passiv“ erlaubt die vorübergehende Deaktivierung dieser Anwendung, ohne die Daten aus der Tabelle löschen zu müssen.

Arbeitsverzeichnis Daten: Anzeige des Datenverzeichnisses zur Information/Prüfung.

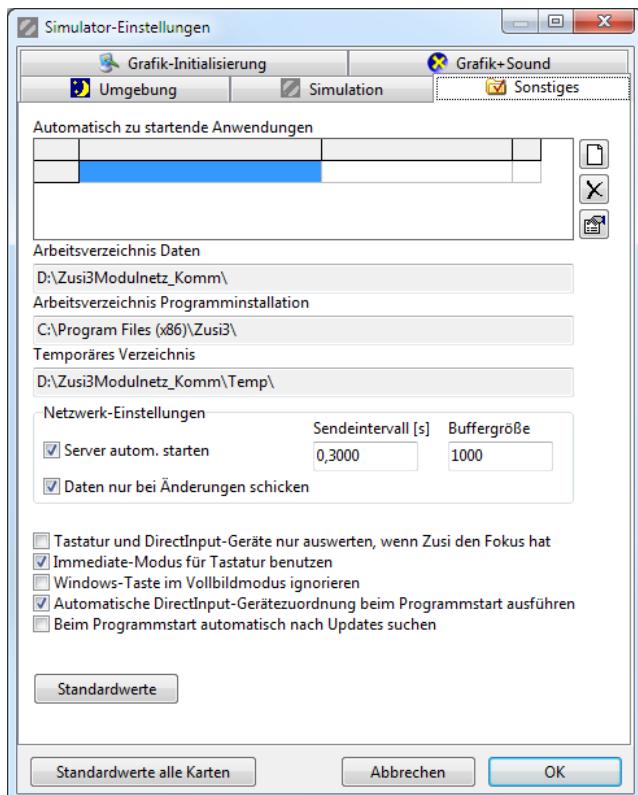
Arbeitsverzeichnis Programminstallation: Anzeige des Installationsverzeichnisses zur Information und Prüfung.

Temporäres Verzeichnis: Anzeige des temporären Verzeichnisses zur Information/Prüfung.

Netzwerkeinstellungen: Zusi kann als TCP-Server arbeiten, um beispielsweise Clients mit Fahrtaten zu versorgen. Die genauen Serverdaten finden sich unter „Konfiguration → Netzwerk“. Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird der Server beim Start automatisch aktiviert, was nur so eingestellt werden sollte, wenn man regelmäßig Clients mit Zusi verbinden möchte. Ist eine Firewall installiert, so muss diese für Zusi freigeschaltet werden, um die Netzwerkverbindung aufzubauen zu können. Zusi sendet die Datenpakete mit dem eingestellten Sendeintervall. Können die Daten nicht sofort verschickt werden, so füllt Zusi zunächst einen Buffer und versucht die Daten erneut zu schicken. Hat der Buffer eine gewisse Größe überschritten, so wertet Zusi das als Unterbrechung der Datenverbindung und bricht die TCP-Verbindung mit dem betroffenen Client ab. Wie viele Pakete im Buffer liegen dürfen, bis der Abbruch erfolgt, wird bei „Buffergröße“ eingestellt. „Daten nur bei Änderungen schicken“ bewirkt, dass über das Netzwerk nur Datenpakete geschickt werden, wenn sich der jeweilige Wert geändert hat, was das Datenvolumen deutlich reduziert.

Tastatur/DirectInput nur auswerten wenn Zusi den Fokus hat: Wenn diese Funktion aktiviert ist, werden Tastatur und DirectInput-Geräte nur ausgewertet, wenn Zusi den Eingabefokus hat. Sonst werden die Eingaben von Zusi immer ausgewertet, auch wenn es im Hintergrund läuft.

Immediate-Modus für Tastatur benutzen: Im Immediate-Modus werden die Tasten in jedem berechneten Frame einmal betrachtet und ausgewertet. Drückt man also nur ganz kurz zwischen 2 Bildaufbauten, wird die Bedienung nicht erkannt - je niedriger die fps-Rate ist, desto stärker ist der Effekt. Im anderen Fall wird eine Bedienhistorie aufgezeichnet und beim nächsten Rechenschritt ausgewertet. So werden also auch sehr schnelle Bedienungen vollständig registriert.



Windows-Taste im Vollbildmodus ignorieren: Die Windows-Taste bringt die Taskleiste in den Vordergrund, was bei Vollbildfahrten störend ist. Wegen versehentlichen Bedienens kann die Windows-Taste darum mit dieser Einstellung deaktiviert werden.

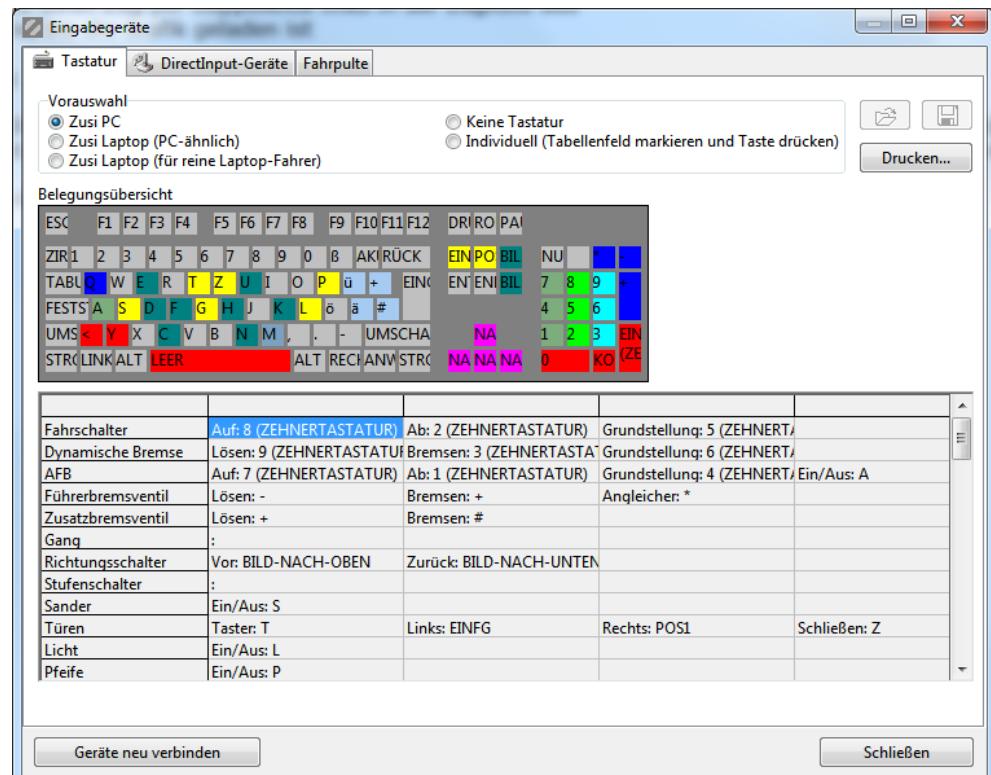
Automatische DirectX-Gerätezuordnung beim Programmstart: Bei aktivem Kontrollkästchen wird bei jedem Programmstart die gleichnamige Funktion aus dem Konfigurationsmenü aufgerufen. Weitere Beschreibung siehe dort.

Beim Programmstart automatisch nach Updates suchen: Wenn diese Funktion aktiviert ist, verbindet sich Zusi bei jedem Start des Programms mit dem Zusi-Server (www.zusi.de) und prüft, ob dort neue Programm Hauptversionen oder Add-Ons bereitstehen. Nur wenn das der Fall ist, kommt eine Meldung, bei deren Bestätigung die Installationsfunktion der Verwaltung gestartet und der Simulator beendet wird.

2.2.2 Eingabegeräte

2.2.2.1 Tastatur

In dieser Registerkarte kann die Tastaturbelegung individuell eingestellt werden. Oben lässt sich eine Vorauswahl treffen, die dann über „Individuell“ noch manuell geändert werden kann. Dafür muss das jeweilige Feld markiert und die gewünschte Taste gedrückt werden, die für diese Funktion benutzt werden soll. Wenn diese Taste zur Belegung freigegeben ist, erscheint die zugehörige Benennung. Es wird die exakte Taste zugeordnet, nicht nur die Tastenfunktion, so wird beispielsweise zwischen 1 im Tastaturlfeld und 1 im Zehnerblock oder auch rechter und linker Shift-Taste unterschieden. Soll eine Belegung gelöscht werden, so ist über die rechte Maustaste eine Auswahl aller Tasten verfügbar, wobei der erste Eintrag im Menü die Funktionsbelegung löscht.



Die Einstellungen werden in der Datei %Zusi-Daten%_Setup\input\individuell.keyboard.xml gespeichert und von dort beim nächsten Start automatisch wieder geladen. Abweichende Einstellungen können über die Schalter „Laden“ und „Speichern“ in weiteren Dateien verwaltet werden. Die symbolisch dargestellte Tastatur zeigt die aktuelle Belegung an,

wobei für jede Funktionsgruppe eine eigene Farbe benutzt wird. Ein Klick auf die Taste zeigt die Funktionsgruppe rechts neben der Tastatur an. Die aktuelle Belegung kann über „Drucken“ inklusive grafischer Übersicht ausgedruckt werden.

2.2.2.2 DirectInput-Geräte

In dieser Registerkarte werden alle Geräte verwaltet, die sich über die DirectInput-Standardschnittstelle auslesen lassen, wie z.B. Joysticks, Gamepads und diverse andere Arten von Eingabegeräten und Schnittstellenkarten. Diese Geräte müssen dann auch in der Windows-Systemsteuerung unter „Gamecontroller“ zu finden sein, was ggf. beim Testen und der Fehlersuche hilfreich ist. Im normalen Betrieb werden die Geräte aber ausschließlich über Zusi konfiguriert und auch eine mögliche Kalibrierung in der Systemsteuerung ist für Zusi irrelevant.

2.2.2.2.1 Fehlersuche

Haben manche Schalter überhaupt keinen Einfluß mehr, so ist möglicherweise ein Gerät nicht mehr im Simulator verfügbar. Als Referenz kann ein Funktionstest in der Windows-Systemsteuerung dienen. Ist das Gerät dort auch wirkungslos, sollte man den USB-Stecker ab- und wieder anstecken. Anschließend müssen im Simulator unter „Geräte neu verbinden“ die Geräte neu erkannt werden.

Ist das System nur im Simulator nicht verfügbar, so sollte das vorherige Abziehen des USB-Steckers nicht nötig sein. Eine weitere Fehlermöglichkeit bei Verwendung von mehreren Geräten ist eine Verwechslung der Geräte, so dass die Tasten den falschen Funktionen zugeordnet werden. Stecken die Geräte immer an denselben USB-Ports, sollte das eigentlich nicht geschehen. Müssen die Geräte aber neu zugeordnet werden, siehe auch die Funktionen zur automatischen Gerätezuordnung.

Arbeiten die Geräte zwar im wesentlichen korrekt, aber mit einer Verschiebung der Achsenfunktionen, so ist eine erneute Kalibrierung nötig.

2.2.2.2.2 Einstellungen laden/speichern/verwalten

Die Einstellungen werden in der Datei %Zusi-Daten%_Setup\input\individuell0.joystick.xml gespeichert und von dort beim nächsten Start automatisch wieder geladen. Die Nummer (hier die 0) richtet sich nach der Position des Geräts in den Registerkarten. Wird also ein weiteres Gerät angeschlossen, das an erster Stelle in den Registerkarten erscheint, so wird dieses beim nächsten Start diese Konfiguration übernehmen, was meistens aber nicht erwünscht ist. Deshalb sollte für jedes konfigurierte Gerät eine eigene joystick.xml-Datei abgespeichert werden, mit der man jederzeit den Zustand wieder herstellen kann. Bleiben die Geräte unverändert an denselben USB-Ports angeschlossen, so wird auch bei jedem neuen Start wieder derselbe Zustand hergestellt.

2.2.2.2.3 Geräte neu verbinden

Zusi bemerkt es nicht, wenn nach dem Starten des Programms weitere Geräte einge-steckt werden. Um diese ohne Neustart zugänglich zu machen, kann der Schalter „Geräte neu verbinden“ gedrückt werden, womit einmal alle aktuellen Geräte in die Registerkarten eingelesen und gemäß der Reihenfolge mit den gespeicherten Profilen konfiguriert werden.

2.2.2.2.4 Kalibrierung

Die Achsen der Geräte müssen in Zusi kalibriert werden, es müssen also die Zusammenhänge zwischen Hebelposition und Meßwert hergestellt werden. Über den Eigenschaften-Schalter rechts oben wird der Kalibrierungsdialog geöffnet, der für jede Achse einen senkrechten Balken anzeigt. Es muss nun zwischen linearen und nichtlinearen Kennungen unterschieden werden. Im ersten Fall werden die Werte linear zwischen Anfangs- und Endwert verteilt, wie es z.B. bei einem Joystick oder AFB-Hebel der Fall wäre. Nichtlineare Kennungen können diesen Zusammenhang über beliebige Stützpunkte frei definieren und damit auch Geräte verarbeiten, die eine ungleichmäßige Rastenanordnung haben wie z.B. viele originale Führerbremsventile.

2.2.2.2.4.1 Lineare Kennung

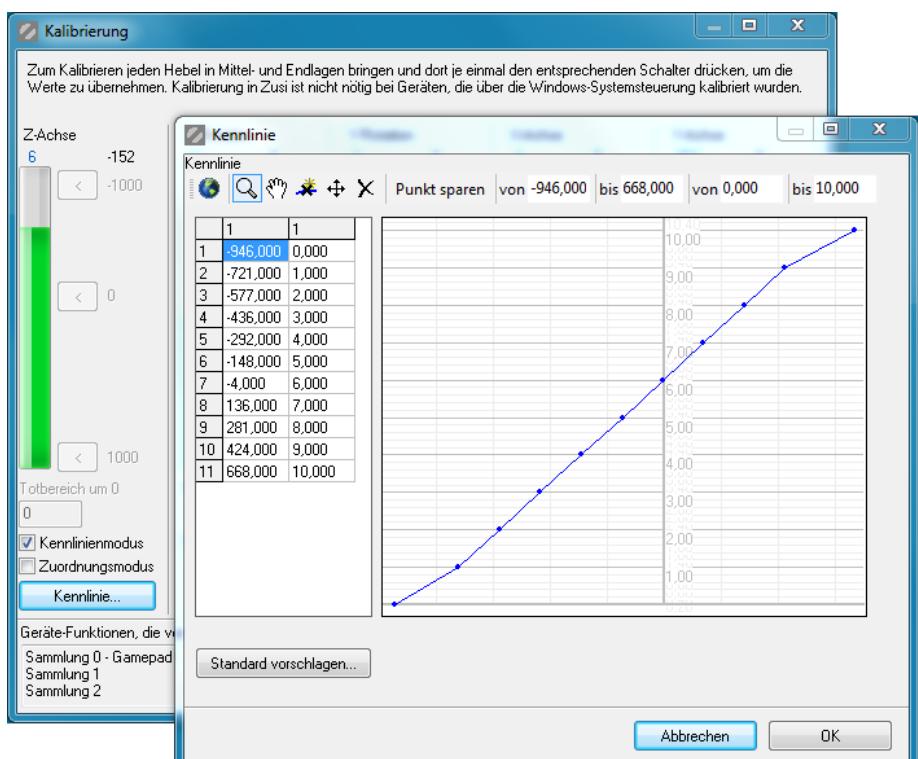
Es wird linear zwischen den Endwerten interpoliert. Das Kontrollkästchen „Kennlinienmodus“ muss dafür deaktiviert sein. Zum Kalibrieren bringt man den Hebel in die Endpositionen und drückt dann den jeweiligen Schalter rechts neben dem Balken, der den aktuellen Wert als Endanschlag übernimmt. Über den Wert in der Mitte und den Totbereich lässt sich auch ein Fahrbremsenschalter umsetzen, der eine Neutralposition (mit „Totbereich“ für etwas Toleranz rund um die Nullage) und dann je einen Bedienbereich noch oben und unten aufweist.

Ist nur ein Bedienbereich vorhanden, so sollten die Werte für „Mitte“ und „Unten“ identisch gesetzt werden.

2.2.2.2.4.2 Nichtlineare Kennung

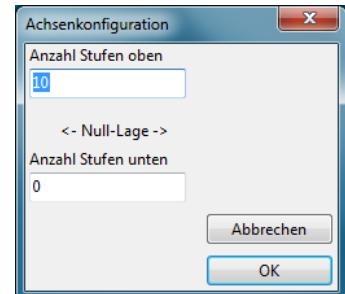
Die nichtlineare Kennung kann beliebige Zusammenhänge zwischen Hebelposition und Funktion herstellen. Dazu müssen das Kontrollkästchen „Kennlinienmodus“ aktiviert und der Schalter „Kennlinie“ gedrückt werden.

Das nebenstehende Bild zeigt das Beispiel eines Führerbremsventils, das an beiden Enden eine ungleichmäßige Rastenteilung mit insgesamt 11 Raststellungen aufweist. Um alle Stellungen korrekt zu erfassen, muss also der Kennlinienmodus benutzt werden. Zur einfachen Erstellung der Tabelle sollte man den Hebel zunächst linear kalibrieren und auch im Simulator testen, so dass der grobe Zusammenhang von Bedienrichtung



und Funktion korrekt hergestellt ist.

Anschließend kann über „Standard vorschlagen“ - hier mit den Werten 10 und 0 - eine Basistabelle erstellt werden, die auch über die vorhandenen Kalibrierungswerte schon linear vorbelegt wird. Jetzt muss das Bremsventil einmal in jede Raste gebracht und der aktuelle Wert (im Bild weiter oben z.B. -152 auf dem im Hintergrund liegenden Fenster) in die Tabelle übernommen werden. Dank der vorherigen Grobausrichtung im linearen Modus ist jetzt auch einfach erkennbar, in welche Achsenrichtung die Werte steigen, so dass die Tabellenfelder einfach den aktuellen Zahlenwerten zugeordnet werden können.



Ganz wichtig ist die aufsteigende Reihenfolge in der linken Spalte der Tabelle. Also die Rohdaten müssen immer so sortiert sein, dass der kleinste Wert oben steht. Die Schaltungsrichtung des Gerätes ergibt sich durch die rechte Spalte, hier im Beispiel von 0 bis 10. Sollte das Gerät den 11 zugehörigen Schalterrasten genau andersherum zugeordnet werden, so ist hier die Reihenfolge 10 bis 0 einzutragen.

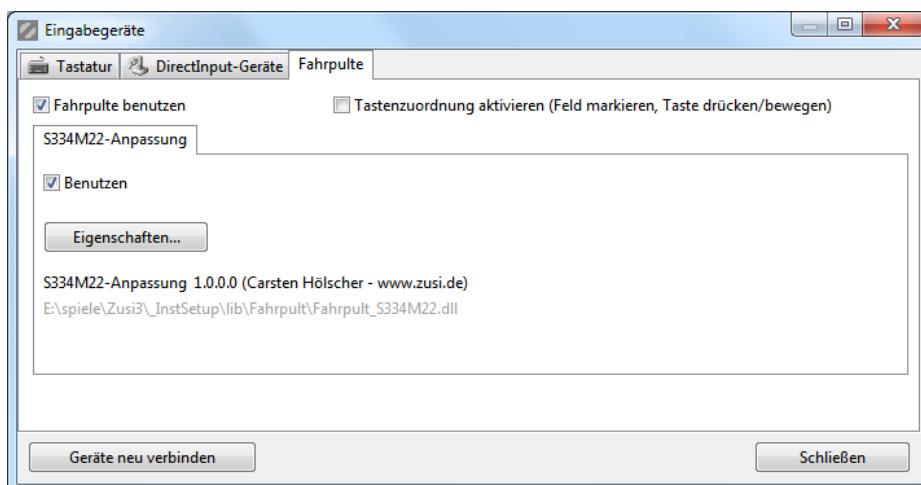
Der blaue Wert über dem Balken zeigt die vom Simulator identifizierte Raste an und kann so zusätzlich zur direkten Überprüfung herangezogen werden.

2.2.2.2.5 Anschluss mehrerer Geräte

Es lassen sich beliebig viele Geräte parallel betreiben, wobei für jedes Gerät eine eigene Registerkarte geöffnet wird. So ließe sich z.B. ein Joystick als Bremse und einer als Fahrschalter benutzen. Damit der Fahrtsimulator die einmal konfigurierten Geräte beim nächsten Start nicht verwechselt, muss sichergestellt sein, dass die Geräte in derselben Reihenfolge im System verwaltet werden, was z.B. sichergestellt ist, wenn sie immer an denselben USB-Ports hängen.

2.2.2.2.6 Fahrpulte

In der Registerkarte „Fahrpulte“ werden Fahrpulte mit besonderer Schnittstelle und dlls zur Datenmanipulation verwaltet.



2.2.2.2.6.1 DLL

Es können individuelle dlls erstellt werden, die den Datenfluss innerhalb des Simulators beeinflussen. So ist im Bild oben für die Ansteuerung eines echten Farschalters eine Dekodierung der Schalterstellungen nötig, um die für Zusi relevanten Positionen zu ermitteln. Diese Umrechnung mit Erzeugung der entsprechenden Bedienbefehle geschieht hier mit Hilfe einer dll. Die dll muss im Verzeichnis %Zusi-Programm%_InstSetup\lib\driversdesk liegen.

2.2.2.2.6.2 P.I. Raildriver

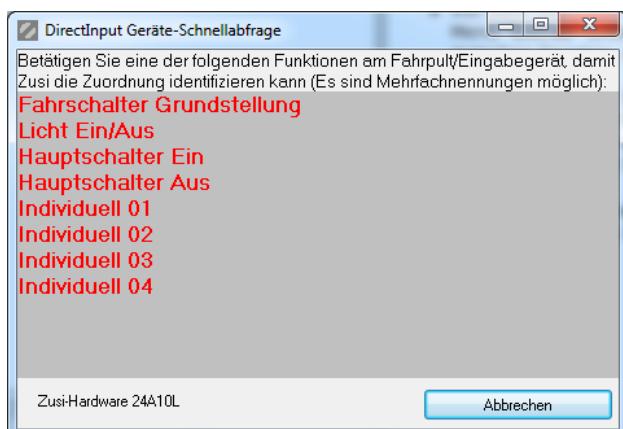
Der Raildriver von P.I. Engineering wird automatisch erkannt, wenn er mit dem PC verbunden ist und erscheint dann in einer eigenen Registerkarte. Die Handhabung innerhalb der Zusi-Geräteverwaltung entspricht der Konfiguration von DirectX-Geräten, siehe [Kapitel 2.2.2.2](#). Zusätzliche Software muss für den Raildriver nicht installiert werden, da Zusi die Funktionen direkt unterstützt.

2.2.3 Manuelle Gerätezuordnung

Sind mehrere DirectX-Geräte angeschlossen (nur dann ist diese Funktion überhaupt vorhanden), so werden die Konfigurationsdateien und damit die Hebelfunktionen des Fahrpult in der Reihenfolge geladen, in der die Geräte am USB vorgefunden werden. Wird am PC nichts verändert, so ist diese Reihenfolge normalerweise immer gleich.

Wenn die Reihenfolge mal nicht stimmt, was sich durch falsche Funktionszuordnung der Fahrpulttasten bemerkbar macht, dann kann diese Funktion aufgerufen werden. Sie erleichtert die neue Zuordnung der DirectX-Geräte zu den Konfigurationsdateien. Statt in den Einstellungen alle Layout-Dateien manuell neu zuzuordnen, muss hier lediglich für jedes Gerät eine der angezeigten Tasten betätigt werden. Es werden alle DirectX-Geräte der Reihe nach abgefragt und mit ihren Funktionen angezeigt. Zur Identifizierung muss nur irgend eine der Funktionstasten an der Hardware betätigt werden.

Es kann passieren, dass eine Funktionsgruppe mehrmals und eine andere gar nicht abgefragt wird. Der Simulator ist aber trotzdem in der Lage, die Geräte in die richtige Reihenfolge zu bringen.



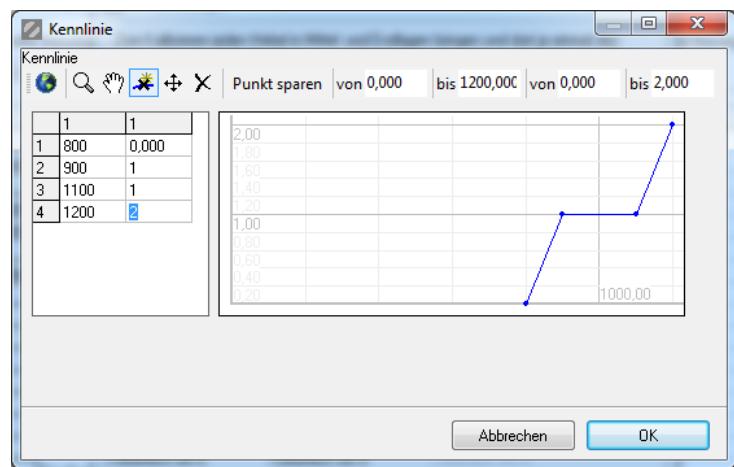
2.2.4 Automatische Gerätezuordnung

Diese Funktion erlaubt die vollautomatische Zuordnung mehrerer eingesteckter DirectX-Geräte (nur dann ist diese Funktion überhaupt vorhanden) zu den jeweiligen Funktionsbelegungen.

Als besonders komfortable Variante kann jedes Gerät über eine sonst unbenutzte Achse vollautomatisch und unabhängig von der USB-Reihenfolge identifiziert werden. Dazu

muss bei jedem der Geräte dieselbe Achse (also z.B. immer die erste Achse) durch Aktivieren des Kontrollkästchen „Zuordnungsmodus“ als Zuordnungsachse gekennzeichnet werden.

Am Gerät muss ein eindeutiger Meßwert generiert werden. Bei drei Geräten kann z.B. je einmal der Minimalwert, Maximalwert und der Mittelwert durch Anschließen entsprechender fester Widerstände erzeugt werden. Die für jede Achse hinterlegte Kennlinie muss so gestaltet sein, dass immer Rastenwert 1 erkannt wird. Das nebenstehende Bild zeigt die Kennlinie für den Fall, dass der Meßwert auf dem Zuordnungskanal bei ca. 1000 liegt.



Der Simulator sucht bei Aufruf der Funktion für jedes Gerät eine Konfiguration, bei der die gekennzeichnete Achse mit Hilfe der Kennlinie den Wert 1 liefert und sortiert die Geräte passend. Im ersten Schritt wird der aktuelle Zustand dargestellt: Rot bedeutet falsche Zuordnung, grün korrekte Zuordnung und grau werden die Geräte dargestellt, bei denen gar keine Zuordnungsachse definiert ist.



Ist alles auf Anhieb korrekt, so wird der Vorrang abgebrochen, sonst erscheinen die beiden folgenden Fenster:





Sind keine Achsen mehr frei, so kann natürlich auch eine definierte Grundstellung der Hebel benutzt werden, um die Identifikation ermöglichen. Dann müssen alle Hebel vor dem Aufruf der Funktion in die erste Raste gebracht werden und sich in ihren Wertebereichen (Meßwerte/Rohdaten) dabei aber so unterscheiden, dass eine eindeutige Zuordnung möglich ist.

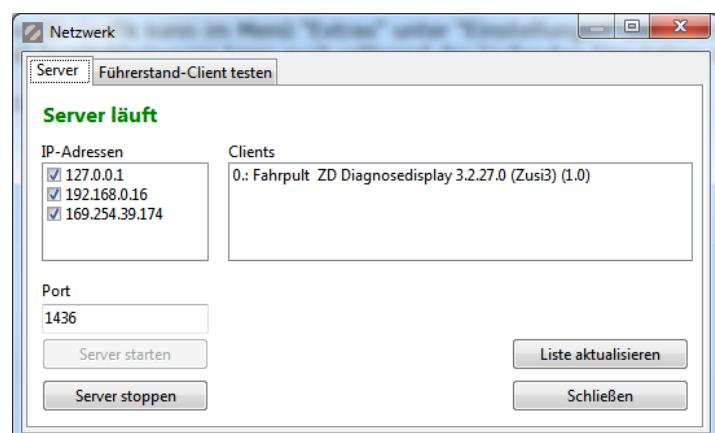
2.2.5 Netzwerk

2.2.5.1 Registerkarte „Server“

Hier wird angezeigt, ob der integrierte TCP-Server des Simulators funktionsfähig ist, und welche Anwendungen sich erfolgreich mit dem Simulator verbunden haben. Bei „IP-Adressen“ sind die Adressen des Simulator-PCs aufgeführt, unter denen sich ein Client anmelden kann.

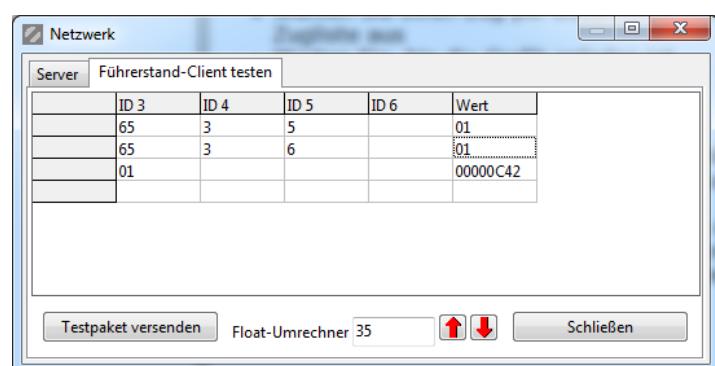
Ein Doppelklick auf einen angemeldeten Client zeigt an, welche Werte der Client vom Simulator anfordert.

Sollte einmal die Meldung „Server an gehalten“ erscheinen, ohne dass dies gezielt durch einen Klick auf den entsprechenden Knopf hervorgerufen wurde, dann blockiert eine andere Anwendung den eingestellten TCP-Port (dies kann auch ein im Hintergrund laufender weiterer Fahrtsimulator sein).



2.2.5.2 Registerkarte „Führerstand-Client testen“

Diese Registerkarte ist eine Hilfe bei der Entwicklung von Software, die über die TCP-Schnittstelle Daten mit dem Simulator austauscht. Hier lassen sich gezielt Datenpakete mit gewünschten Inhalten zusammenstellen, um das Client-Programm testen zu können, ohne die Zustände durch eine tatsächliche Zugfahrt hervorrufen zu müssen. Zunächst ist in der



Registerkarte „Server“ der Client anzuklicken, an den die Testpakete verschickt werden sollen. Mit jedem Drücken des Schalters „Testpaket versenden“ wird ein entsprechendes Paket erstellt und verschickt. Es muss dafür keine Simulation gestartet werden.

Zum Generieren des Testpakets sind die gewünschten IDs gemäß der Protokolldokumentation in [Kapitel 11.3](#) einzutragen. In der Spalte „Wert“ sind Bytes in Hexadezimal-Schreibweise einzutragen (immer zwei Ziffern pro Byte, ggf. mit führenden Nullen). Um Fließkomma-Werte in Bytes umzurechnen (oder umgekehrt), können mit den beiden Pfeil-Knöpfen Daten zwischen einer markierten Zelle der Werte-Spalte und dem Float-Umrechner unter dem Formular ausgetauscht werden. Umfangreichere Konversationen können durch Rechtsklick in die Tabelle im Textformat gespeichert und wieder geladen werden.

Im Bild wird die Zugbeeinflussung (x65) angesprochen mit den IDs x03, x05 (Melder 1000 Hz) und dem Wert 01 (Melder an) und entsprechend IDs x03, x06 mit Wert x01 (Melder Zugart U an). In der dritten Zeile wird die ID x01 (Geschwindigkeit in m/s) auf den Wert x00000C42 gesetzt, was die Floatumrechnung von 35 ist.

2.2.6 Führerstandsgrafik anzeigen

Diese Funktion schaltet zwischen eingeblendeter Führerstandsgrafik und reinem Landschaftsbild hin- und her.

2.2.7 Führerstand-Zusatzinfo anzeigen

Diese Funktion blendet in einigen Führerständen zusätzliche Anzeigen ein, die die Bedienung des Triebfahrzeugs erleichtern können. Nicht jeder Führerstand muss solche Infotexte enthalten. Die Ersteller der Führerstände können sie beispielsweise einbauen, wenn manche Anzeigen sonst nicht vernünftig abzulesen sind.

2.2.8 Zugdatenfenster anzeigen

Diese Funktion schaltet das Zugdatenfenster mit dem Buchfahrplan und weiteren Zugdaten an/aus.

2.2.9 Schummelinfo anzeigen

Diese Funktion blendet während der Fahrt zusätzliche Informationen im 3D-Fenster ein, die der echte Lokführer nicht hat. Das hilft Anfängern, mit Fahrplan und Signalen noch nicht so vertraut sind, dass sie immer die zulässigen Geschwindigkeiten ermitteln können und es hilft Streckenbauern bei der Fehlersuche und Qualitätskontrolle. Von links nach rechts:

- Aktuelle Beschleunigung des Zuges im m/s^2 (negative Werte: Zug bremst)
- Aktuell gefahrene Geschwindigkeit
- Aktuelle Streckenkilometrierung
- Aktuell zulässige Höchstgeschwindigkeit

- Nächster planmäßiger Halt inklusive Zielwegvorgabe, sobald der Halt von der Streckenanalyse erfaßt wurde
- Nächster relevanter Bremspunkt mit Abstand und zulässiger Geschwindigkeit (kritischster Fall aus Signal, Strecken und Zugbeeinflussungsdaten)
- Simulationszeit

2.2.10 Menü ausblenden

Diese Funktion schaltet das Hauptmenü unsichtbar. Es ist dann immer noch über die rechte Maustaste erreichbar, wenn ins 3D-Fenster oder in den Simulator-Grundbildschirm geklickt wird.

2.2.11 Fenstergröße auf Führerstandsgröße setzen

Mit Aufruf dieser Funktion wird das Fenster, in dem die Grafik angezeigt wird, auf exakt die Abmessungen der Führerstandsgrafik gesetzt, so dass der Führerstand ohne Skalierung und damit in optimaler Qualität dargestellt wird.

2.3 Menü „Navigation“

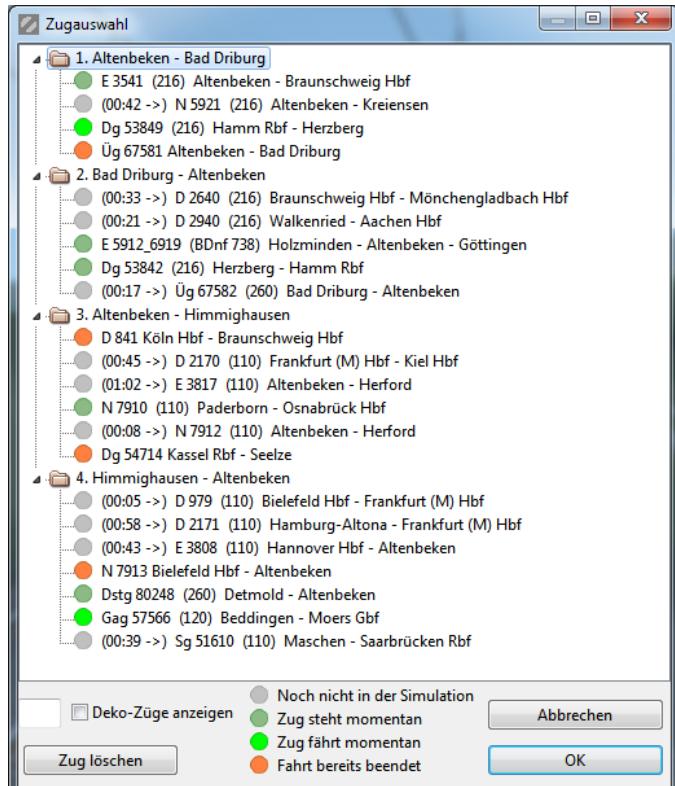
2.3.1 Anderen Zug übernehmen

Es kann jederzeit ein anderer Zug übernommen und von seinem aktuellem Standort aus manuell weitergefahren werden. Nach Aufruf der entsprechenden Menüfunktion öffnet das Fenster mit der Zugauswahl. Über die Farbkennzeichnung (siehe Legende) ist sofort ersichtlich, welche Züge aktuell überhaupt unterwegs sind. Bei Zügen, die noch auf ihren Einsatz warten, ist die Zeit bis zum planmäßigen Aufgleiszeitpunkt vor der Zugnummer angegeben (Stunden und Minute).

Züge, die bereits aus der Simulation entfernt sind, werden zwar angezeigt, können aber nicht mehr ausgewählt werden.

Suche: Das Eingabefeld unter der Tabelle ermöglicht das Filtern der angezeigten Züge nach Bestandteilen der Zugbeschreibung, z.B. Zugnummer oder Gattung.

Deko-Züge anzeigen: Deko-Züge haben zumeist nur einen sehr kurzen Laufweg oder verfügen über kein Triebfahrzeug. Diese Züge werden standardmäßig im Zugauswahl-Fenster ausgeblendet, können



aber durch Aktivierung des Kontrollkästchens in der Tabelle sichtbar gemacht werden, und können dann wie andere Züge auch vom Spieler übernommen werden.

Zug löschen: Der markierte Zug wird aus der Simulation entfernt. Die durch ihn belegten Fahrstraßen werden aufgelöst.

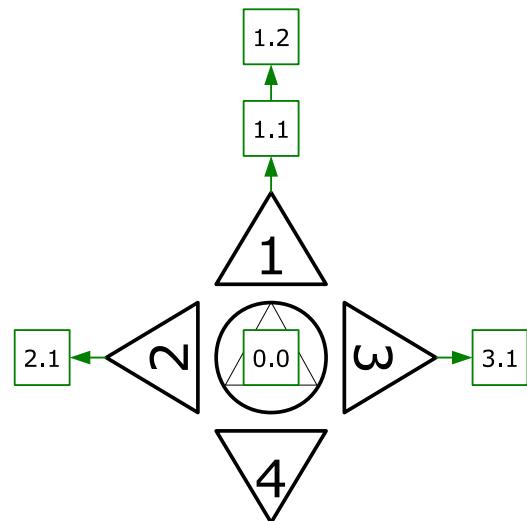
Fahrtenschreiber: Es wird der Fahrtenschreiber des markierten Zuges aufgerufen, der den Fahrtverlauf vom Start bis zum aktuellen Zeitpunkt enthält.

2.3.2 Zugstandorte

Hier geht es um die Blickpunkte rund um den selbstgefahrenen Zug. Neben dem üblichen Führerstands-Blick sind auch Außenansichten möglich.

2.3.2.1 Standort Führerstand

Der Führerstand ist die Standardsicht. Zusätzlich zur normalen Ansicht können im Führerstand beliebig viele weitere Perspektiven definiert sein. Diese sind funktional alle gleichwertig und können auch die sichtbaren Bedienelemente animiert darstellen. Zum Ansteuern der anderen Ansichten dienen standardmäßig die vier Pfeiltasten außerhalb des Zehnerblocks, mit denen man wie in einem Kreuz auf zwei Achsen von Ansicht zu Ansicht weiterschalten kann. Im Beispiel rechts gibt ausgehend von der Standardansicht 0.0 es zwei zusätzliche Ansichten (1.1 und 1.2) nach vorne, die durch 1x bzw. 2x Taste ↑ erreicht werden. Taste ↓ schaltet entsprechend wieder zurück. Links und rechts gibt es in diesem Beispiel noch die Ansichten 2.1 und 3.1, die über → und ← erreicht werden.



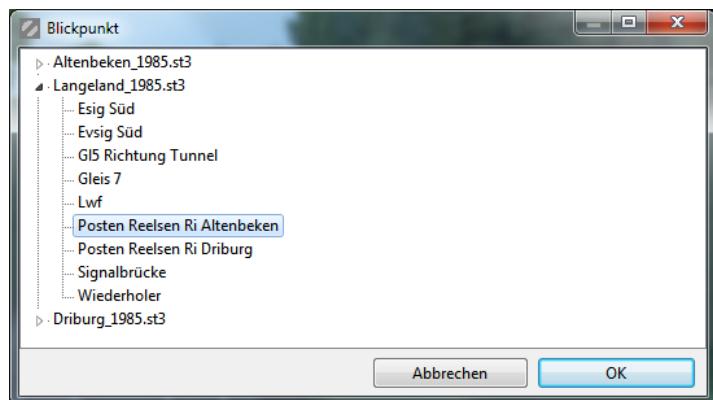
2.3.2.2 Standort Zug-Außenansicht vorne/hinten

Die Kamera wird hier in eine Außenansicht im Bereich der Zugspitze bzw. Zugende gesetzt. Bewegen der Maus bei gedrückter linken Maustaste erlaubt einen Schwenk um die Hochachse. Der Zug bleibt dabei weiter in der manuellen Steuerung.

2.3.3 Standort Streckenpunkt

In der Strecke können beliebig viele feste Standorte definiert sein, von denen sich das Geschehen beobachten lässt. Es fahren dann sämtliche Züge im Autopilot-Modus. Eine Rückkehr in den zuletzt gefahrenen Zug ist dann nur über „Anderen Zug übernehmen“ möglich.

Die Auswahl erfolgt gruppiert nach den Streckenmodulen.

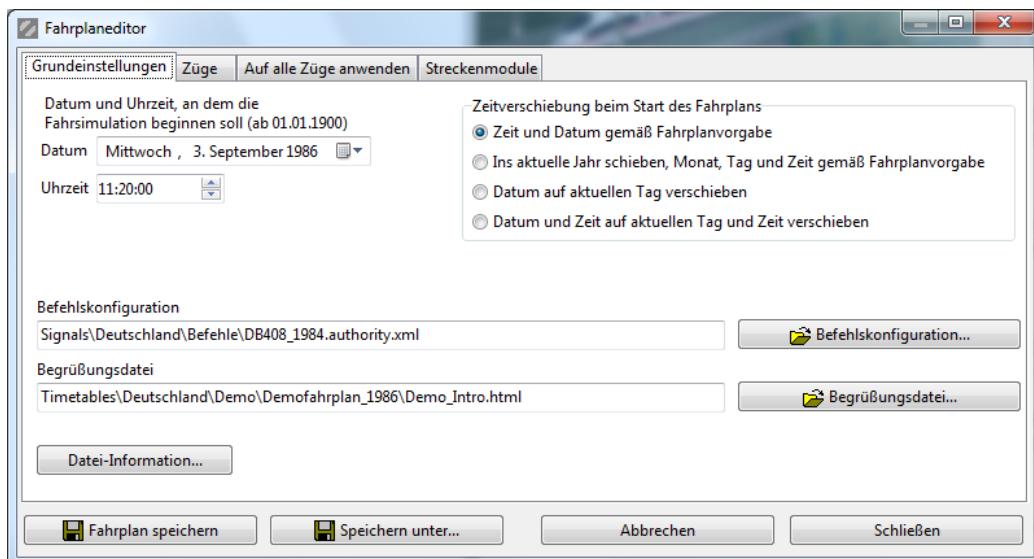


2.4 Menü „Fahrplanerstellung“

2.4.1 Fahrplandatei

Die Fahrplandatei enthält die Liste der Züge und Streckenmodule, was in den folgenden Registerkarten bearbeitet werden kann. Bei „Fahrplan speichern“ wird die ausgewählte Fahrplandatei abgelegt und zusätzlich wird für jeden Zug eine trn-Datei im Unterverzeichnis %Dateistamm% angelegt. %Dateistamm% steht dabei für den Dateinamen der Fahrplandatei ohne Dateiendung. Wird ein Fahrplan also unter neuem Namen gespeichert, so wird eine komplette Kopie aller Fahrplan- und Zugdaten erzeugt.

2.4.1.1 Registerkarte „Grundeinstellungen“



Datum/Uhrzeit: Der Simulationsbeginn

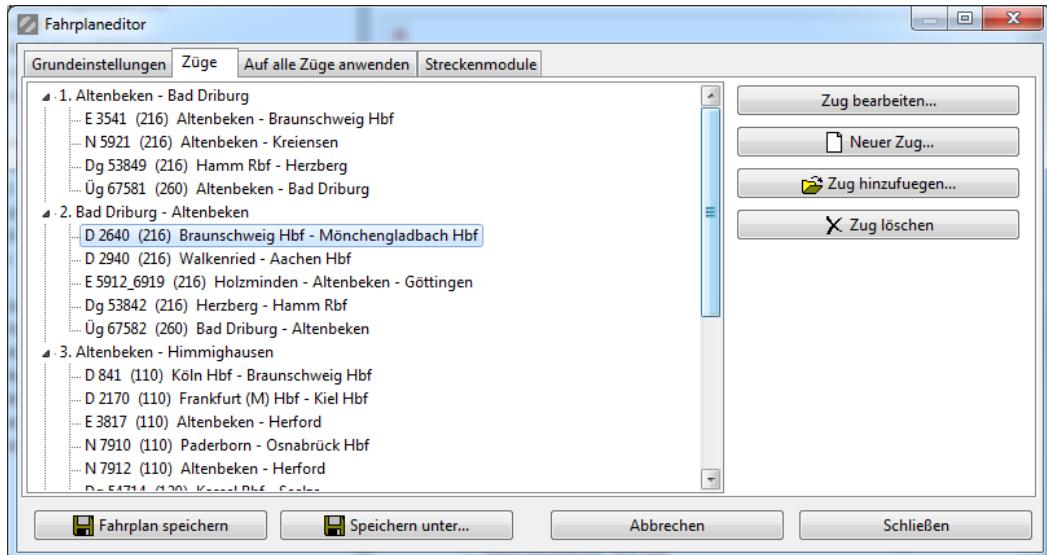
Zeitverschiebung beim Start des Fahrplans: Der Simulationsbeginn (also Datum und Zeit in den Simulationsdaten mit Auswirkungen auf Uhrzeitanzeige, Wetter, Fahrplandaten) kann auf 4 Arten beeinflusst werden. Standardmäßig läuft die Simulation immer an dem im Fahrplan definierten Datum ab. Über eine der drei anderen Optionen wird der Simulationsbeginn vor dem Aufgleisen der Züge auf das jeweils aktuelle Jahr, Datum oder die jeweils gerade aktuelle Uhrzeit verschoben.

Befehlskonfiguration: Diese Datei enthält die Einstellungen über die in diesem Fahrplan zu verwendenden Befehlsvordrucke und Zugschlußsignale. Weitere Informationen finden sich in den Abschnitten zu den Signalen im Kapitel zum 3D-Editor.

Begrüßungsdatei: Eine optionale html-Datei, die bei Wahl des Fahrplans in der rechten Hälfte des Simulatorfensters angezeigt wird und z.B. ein paar Informationen über den Fahrplan und die Strecke bereitstellt.

Datei-Information: siehe Kapitel 1.7

2.4.1.2 Registerkarte „Züge“



In der Registerkarte „Züge“ sind alle Züge des Fahrplans aufgeführt. Hier können über die Schalter rechts weitere Züge angelegt, Züge gelöscht und bearbeitet werden, wie im Kapitel „Zug-Editor“ weiter unten erklärt (Doppelklick öffnet ebenfalls den Zug-Editor). Beim Löschen eines Zuges wird der Zug nur aus dem Fahrplan entfernt. Die Zugdatei bleibt auf der Festplatte erhalten und kann über „Zug hinzufügen“ wieder in Fahrplan aufgenommen werden.

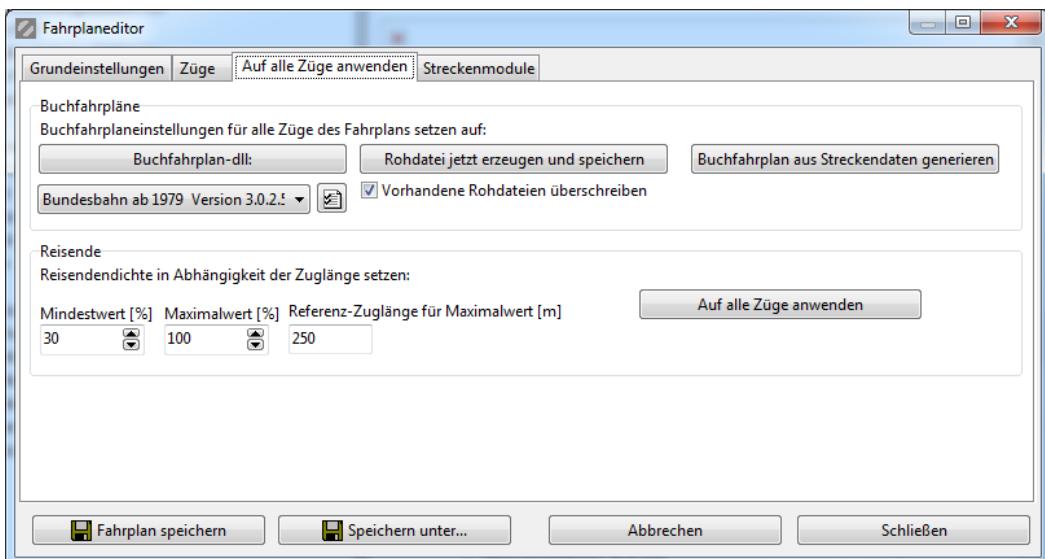
2.4.1.2.1 Neuer Zug

Diese Funktion startet den Zugassistenten, der die wesentlichen Daten abfragt, in das detaillierte Formular überträgt und einen Roh-Fahrplan erzeugt. Eine detaillierte Erläuterung folgt später.

2.4.1.2.2 Zug hinzufügen

Mit dieser Funktion wird eine bereits auf der Festplatte vorhandene Zug-Datei in den Fahrplan importiert.

2.4.1.3 Registerkarte „Auf alle Züge anwenden“



2.4.1.3.1 Buchfahrpläne

Die Buchfahrplanerstellung ist für jeden Zug einzeln geregelt und im nachfolgenden Kapitel zu den Zugeinstellungen ausführlich erklärt. Zum Verständnis der nachfolgenden Zeilen sollte erst das entsprechende Kapitel gelesen werden.

Buchfahrplan-dll: Soll ein kompletter Fahrplan auf eine andere Buchfahrplan-dll umgerüstet oder erstausrüstet werden, so kann das bei großen Fahrplänen ein enormer Aufwand sein. Über den Schalter „Buchfahrplan-dll“ reduziert sich diese Umstellung auf einen Mausklick: Allen Zügen wird die gewählte dll zugewiesen.

Rohdatei jetzt erzeugen und speichern: Soll die vollständige Erzeugung der Buchfahrpläne bei jedem Simulatorstart für diesen Fahrplan unterbunden werden, so muss man für jeden Zug die timetable.xml-Datei aus dem temp- in den Fahrplanordner verschieben und dem Zug diese Datei zuweisen. Bei großen Fahrplänen wäre das ein enormer Aufwand, den dieser Schalter auf einen Mausklick reduziert. Es wird also jeder Zug auf den Modus „Rohdatei vorgeben“ umgestellt, eine timetable.xml-Datei frisch erzeugt, im Zugverzeichnis gespeichert und diesem Zug zugewiesen. Der Vorteil dieses Verfahrens ist ein beschleunigter Simulatorstart bei großen Projekten, da nicht jedes Mal die aufwendigen Streckenanalysen für die timetable.xml-Dateien durchgerechnet werden müssen. Allerdings ist zu beachten, dass bei Änderungen an Strecke oder Zugdaten ein neuer Satz timetable.xml-Dateien erzeugt werden muss. Er ist deshalb nur sinnvoll, wenn ein stabiler Zustand erreicht ist, z.B. ein zur Veröffentlichung vorgesehener Stand.

Buchfahrplan aus Streckendaten generieren: Dieser Schalter stellt alle Züge des Fahrplans auf das Verfahren „Buchfahrplan aus Streckendaten generieren“ um und macht damit sozusagen den zuvor erläuterten Schritt wieder rückgängig.

2.4.1.3.2 Reisende

Mit dieser Funktion lässt sich die Reisendendichte auf den Bahnsteigen mit einem Mausklick auf für den Fahrplan passende Werte setzen.

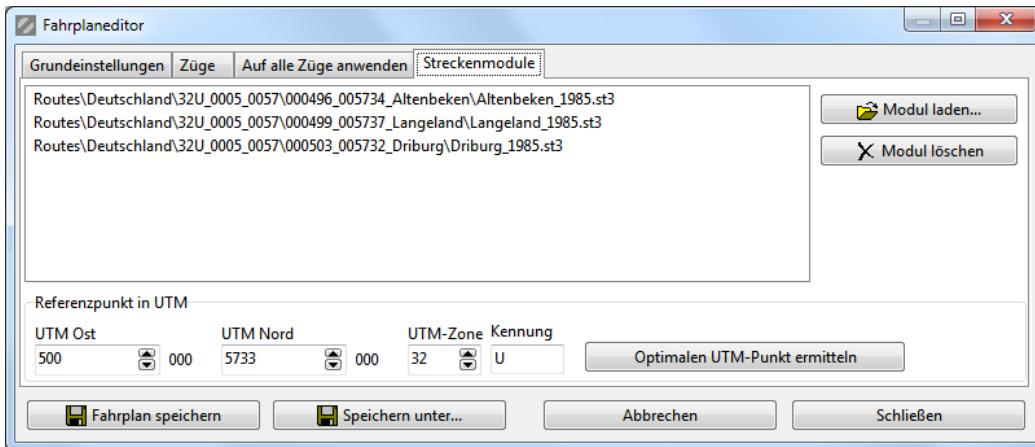
Mindestwert und Maximalwert: Das Ergebnis wird auf jeden Fall zwischen diesen beiden Werte liegen

Referenz-Zuglänge für Maximalwert: Für die Berechnung der Reisendendichte wird die Zuglänge im Verhältnis zu diesem Referenzwert betrachtet. Die Formel lautet also:

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Zuglänge}}{\text{Referenzlänge}} \times 100$$

Wenn das Ergebnis der Formel außerhalb der durch Minimal- und Maximalwert gegebenen Grenzen liegt, wird es auf den entsprechenden Grenzwert gedeckelt.

2.4.1.4 Registerkarte „Strecken-Module“



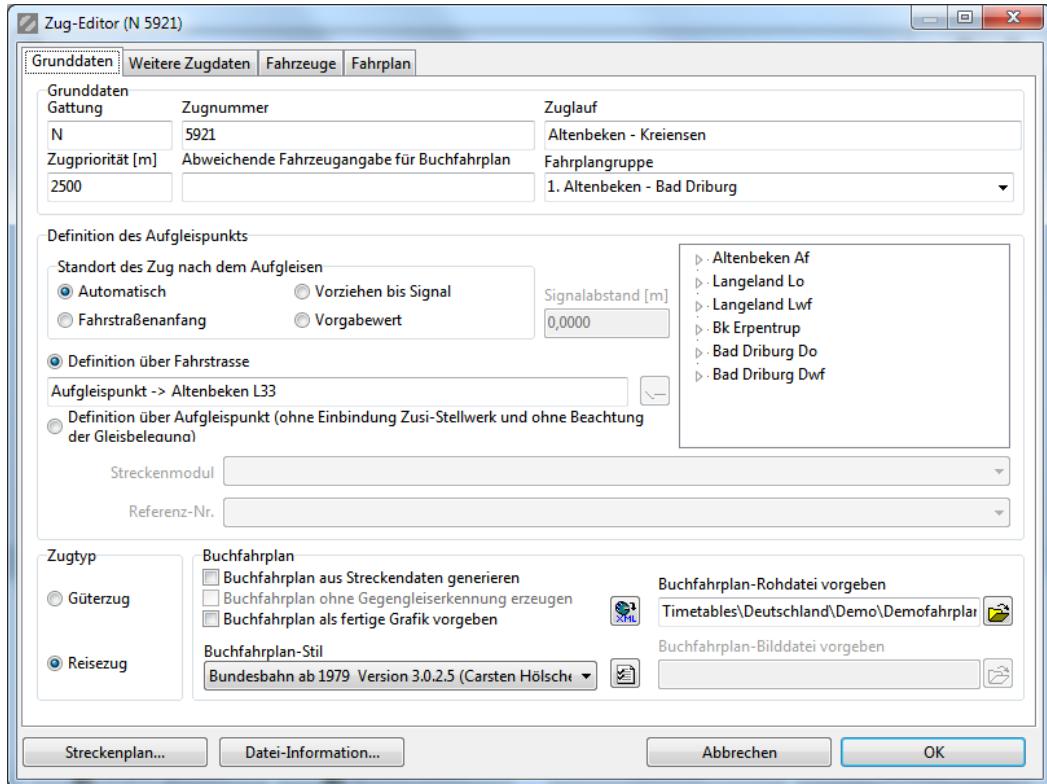
In dieser Registerkarte werden die Streckenmodule zusammengestellt, auf denen die Züge unterwegs sein sollen. Die Reihenfolge der Module spielt keine Rolle für die Funktion. Damit die gesamte Strecke in möglichst kleinen Koordinaten geladen wird, ist ein UTM-Punkt zu definieren, der möglichst genau im Zentrum der Gesamtstrecke liegt. Die einzelnen Module werden dann relativ zu diesem zentralen Punkt geladen. Der Schalter „Optimalen UTM-Punkt berechnen“ lädt temporär alle oben aufgeführten Module und bestimmt diesen Punkt automatisch. Durch den dafür notwendigen Ladevorgang der Gesamtstrecke kann dieser Vorgang etwas Zeit beanspruchen.

Nach der Zusammenstellung der Module muss der Fahrplan einmal abspeichert, der Fahrplaneditor geschlossen und der Fahrplan neu geladen werden. Erst danach sind alle Daten korrekt geladen, um die Züge erstellen zu können.

2.4.2 Zug-Editor

2.4.2.1 Registerkarte „Grunddaten“

In dieser Registerkarte werden die Grunddaten des Zuges eingestellt.



2.4.2.1.1 Zug-Grunddaten

Gattung: Ein freier Text zur Definition der Zuggattung wie z.B. ICE, E, Dg

Zug-Nummer: Ein freier Text für die Zugnummer. Jede Nummer darf in einem Fahrplan nur einmal vorkommen. Aus Zuggattung und Zugnummer wird auch der Dateiname der Zugdatei generiert, so dass es bei Doppelbelegungen zu Datenverlusten kommt.

Zuglauf: Ein freier Text für den Zuglauf, der ggf. länger sein kann als der in der Simulation dargestellte Abschnitt.

Zug-Priorität: Die Zugpriorität ist der Weg, mit dem der Zug an Betriebsstellen vorgemeldet wird, hier also 2500 Meter vor dem ersten Hauptsignal. Dadurch lässt sich in gewissem Umfang eine Priorisierung der Züge vornehmen, da ein Zug mit höherem Wert schon früher von den Stellwerksroutinen bearbeitet wird und damit vor den Zügen niedrigerer Priorität seine Fahrstraße erhält.

Abweichende Fahrzeugangabe für Buchfahrplan: Hier kann für den Kopf des Buchfahrplans eine Triebfahrzeugbaureihe angegeben werden. Wenn dieses Feld leer bleibt, wird die Angabe stattdessen dem Feld „Baureihe“ der Fahrzeugdatei des führenden Fahrzeugs entnommen.

Fahrplangruppe: Ein freier Text, der für die Gruppierung der Züge in den Auswahlialogen sorgt, um die Übersicht zu erhöhen. Für alle Züge mit derselben Fahrplangruppe wird je ein Knoten in dem Auswahlbaum erzeugt. Eine Unterteilung in Streckenläufe, Dekozüge usw. bietet sich an.

2.4.2.1.2 Definition des Aufgleispunkts

Hier wird definiert, wo der Zug in die Simulation gesetzt wird. Dazu muss eines der beiden möglichen Verfahren ausgewählt werden:

- Im Normalfall wird man den Zug über eine Fahrstraße aufgleisen. Diese wird im Fenster rechts ausgewählt und mit dem roten Pfeil in das Eingabefeld übertragen. Während der Simulation wird diese Fahrstraße für den Aufgleisvorgang ganz normal mit allen Abhängigkeiten und Bedingungen eingestellt und der Zug aufgegleist. Insbesondere müssen die Register der Fahrstraße frei, die Fahrstraße also frei von anderen Fahrzeugen sein.
- Die andere Möglichkeit besteht darin, den Zug direkt über den in der Strecke definierten Aufgleispunkt in die Simulation zu bringen. Dies passiert dann außerhalb der Fahrtstraßenlogik exakt zum im Fahrplan festgelegten Zeitpunkt. Der Zug wird also erst ab dem nachfolgenden Signal in die Stellwerksroutinen übernommen und kann daher auch in besetzte Blockabschnitte aufgegleist werden. Für normale Fahrplanabläufe mit mehreren Zügen ist diese Variante daher eher ungeeignet.

Standort des Zuges nach dem Aufgleisen: Es gibt vier Möglichkeiten, wie exakt der Zug auf der Fahrstraße platziert wird. Bei der Auswahl „Fahrstraßenanfang“ steht das Zugende am Anfangssignal der Fahrstraße, bei „Vorziehen bis Signal“ steht die Zugspitze am Ende der Fahrstraße kurz vor dem abschließenden Signal, Zwischenwerte dieser beiden Grenzzustände lassen sich über „Vorgabewert“ und eine Zahleneingabe bewirken. Im Regelfall sollte aber „Automatisch“ gewählt werden. Dann wird ein Reisezug passend am Bahnsteig aufgestellt und bzw. bei Güterzügen oder dem Fehlen von Bahnsteigen wird der Zug vor das Signal gestellt, wenn die Fahrstraße eher kurz ist und bei langen Fahrstraßen an den Anfang, so dass das Passieren eines Vorsignals sichergestellt ist und man nicht unerwartet auf ein Haltsignal trifft.

2.4.2.1.3 Zugtyp

Güterzüge beachten beim Halt die Bahnsteiglagen nicht, sondern richten sich nur nach den Signalen und durchlaufen kein Türschließ- und Abfertigungsverfahren.

2.4.2.1.4 Buchfahrplan

Es gibt die folgenden drei Varianten, um einen Buchfahrplan bereitzustellen. Hingewiesen sei noch auf die Möglichkeit, diese Einstellungen mit einem Mausklick für alle Züge eines Fahrplans vorzunehmen, weiteres siehe Kapitel 2.4.1.3 zum Fahrplaneditor auf Seite 39.

2.4.2.1.4.1 Buchfahrplan aus Streckendaten generieren

Der Buchfahrplan wird in dieser Einstellung bei jedem Start der Simulation aus den Zug- und Streckendaten generiert. Dabei wird zunächst eine timetable.xml-Datei erzeugt und im temp-Verzeichnis abgelegt.

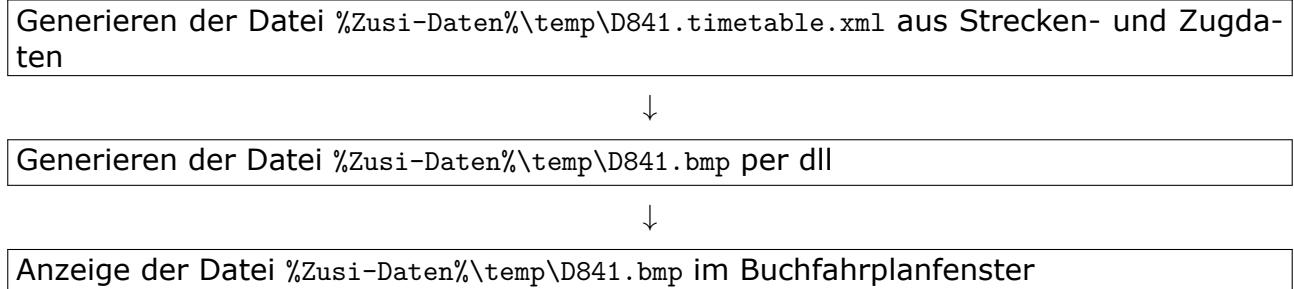


Diese Datei enthält sämtliche Daten, die für Buchfahrpläne interessant sein können, in einer allgemeingültigen Form. In einem zweiten Schritt wird aus diesen Daten eine Grafik erzeugt. Das kann über eine externe Software wie Zusi-Display geschehen, die mit der timetable.xml-Datei versorgt wird, oder über die Zusi-eigene

Buchfahrplananzeige. Für die Zusi-Umsetzung der timetable.xml-Datei in eine Bitmapgrafik sorgt dabei eine dll, die bei „Buchfahrplan-Stil“ ausgewählt werden muss. Diese dll liest also die timetable.xml-Datei ein und speichert eine bmp- oder tiff-Datei im temp-Verzeichnis ab, welche der Simulator bei Übernahme eines Zuges anzeigt.

Buchfahrplan ohne Gegengleiserkennung erzeugen: Im Normalfall werden für Gleise der freien Strecke die Informationen für Regel- und Gegengleis unabhängig vom im Fahrplan vorgesehenen Laufweg gesammelt und in der timetable.xml-Datei gespeichert, damit die Fahrplananzeige ggf. Gegengleisdarstellungen erzeugen kann. Bei Aktivierung dieses Kontrollkästchens wird nur der Standardlaufweg des Zuges untersucht und in der timetable.xml-Datei gespeichert. Im Normalfall sollte das Kontrollkästchen deaktiviert sein.

Ablauf in Zusi am Beispiel des Simulatorstarts mit dem D 841:

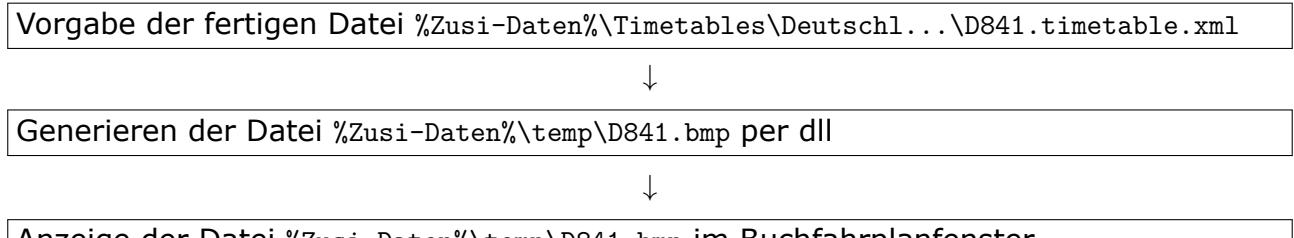


2.4.2.1.4.2 Rohdatei vorgeben

Entspricht die automatisch generierte timetable.xml-Datei nicht dem gewünschten Ergebnis, so kann eine individuelle, manuell erzeugte, timetable.xml-Datei vorgegeben werden. Es entfällt dann beim Simulatorstart der erste Schritt, und es muss nur noch per dll die Fahrplangrafik erzeugt werden. Die individuelle timetable.xml-Datei sollte im Fahrplanverzeichnis gespeichert werden.



Ablauf in Zusi am Beispiel des Simulatorstarts mit dem D 841:



Der Schalter „Rohdatei jetzt erzeugen“ erzeugt aus den derzeit aktuellen Zug- und Streckendaten die xml-Datei und speichert sie im Fahrplanverzeichnis ab.

2.4.2.1.4.3 Buchfahrplan als fertige Grafik vorgeben

lässt sich das gewünschte Ergebnis auch nicht mit einer manuell vorgegebenen timetable.xml-Datei herstellen, so kann als dritte Möglichkeit eine Bitmap-Datei

manuell erstellt und direkt benutzt werden. Das hat allerdings den erheblichen Nachteil, dass ein externes Programm wie Zusi-Display den Fahrplan nicht mehr anzeigen kann, da die benötigte allgemeingültige timetable.xml-Datei nicht vorhanden ist. Daher sollte dieses Verfahren nur im Ausnahmefall benutzt werden. Die individuelle bmp-Datei sollte im Fahrplanverzeichnis gespeichert werden.

Ablauf in Zusi am Beispiel des Simulatorstarts mit dem D 841:

Der erste Schritt entfällt



Vorgabe der fertigen Datei %Zusi-Daten%\Timetables\Deutschl...\\D841.bmp

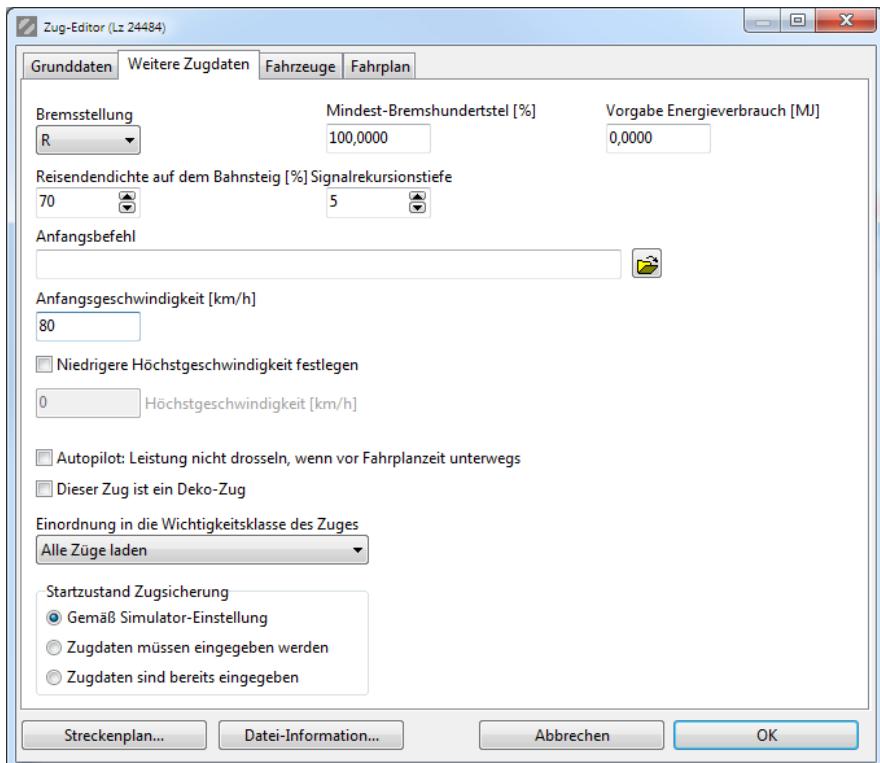


Anzeige der Datei %Zusi-Daten%\Timetables\Deuts...\\D841.bmp im Buchfahrplanfenster

2.4.2.2 Registerkarte „Weitere Zugdaten“

Bremsstellung: Die Bremsstellung für den gesamten Zug. Sollen einzelne Fahrzeuge in abweichender Bremsstellung gefahren werden, so kann die hier eingetragene Vorgabe durch die Fahrzeugeinstellungen überstimmt werden.

Mindestbremshundertstel: Hier können optional Mindestbremshundertstel angegeben werden, die dann im Kopf des Buchfahrplans erscheinen. Derzeit hat es keine Auswirkungen auf den Fahrbetrieb, wenn der Zug diese Mindestbremshundertstel unterschreitet.



Vorgabe Energieverbrauch:

brauch: Bei einem Wert größer Null fließt der Energieverbrauch in die Bewertung

am Ende der Fahrt ein. Ein Überschreiten des hier eingestellten Wertes führt dann zu Punktabzug.

Reisendendichte auf dem Bahnsteig: Ein Wert zwischen 0 und 100%, der angibt, wie viele der am Bahnsteig eingebauten Reisenden beim planmäßigen Reisezughalt aktiviert werden. Je länger bzw. frequentierter der Zug ist, desto größer sollte dieser Wert also sein.

Signalrekursionstiefe: Der Bedeutung der Signalrekursionstiefe wird bei den Fahrplangrundlagen erläutert. Der Wert sollte nicht sehr groß gewählt werden, da es dann wegen der sehr großen Zahl an zu untersuchenden Fahrstraßenvarianten zu nennenswerten Rechenzeiten und damit zu Performanceverlusten kommen kann.

Anfangsbefehl: Hier kann ein zugspezifisches Befehlsformular (im HTML-Format) definiert werden, das beim Start eingeblendet wird.

Anfangsgeschwindigkeit: Mit dieser Geschwindigkeit wird der Zug beim Start in die Simulation gesetzt. Ist der Wert nicht 0, so muss sichergestellt sein, dass der Zug nicht kurz vor einem Haltsignal aufgeglichen wird. Dieses würde sonst überfahren und damit der Zug aus der Simulationslogik fallen.

Niedrigere Höchstgeschwindigkeit festlegen: Hier kann optional die Höchstgeschwindigkeit des Zuges auf einen niedrigeren Wert begrenzt werden, als Strecke und Fahrzeuge eigentlich zulassen würden.

Autopilot: Leistung nicht drosseln, wenn vor Fahrplanzeit unterwegs: Das Standardverhalten des Autopiloten sieht vor, die Fahrzeiten laut Fahrplan möglichst einzuhalten. Wenn ein Zug vor seiner Fahrplanzeit verkehrt, wird der Autopilot dies durch abschnittsweise langsamere Fahrt auszugleichen versuchen. Durch Aktivierung des Kontrollkästchens „Leistung nicht drosseln“ wird der Autopilot stattdessen immer mit der höchstmöglichen Geschwindigkeit fahren. Bei komplexen Fahrplänen kann diese Einstellung zu Komplikationen führen, da z.B. bei einem deutlich vor Plan fahrenden Zug möglicherweise die vorgesehenen Gleise noch nicht frei sind und der Zug so anderen Zügen die Fahrstraßen blockiert.

Dieser Zug ist ein Deko-Zug: Diese Züge werden standardmäßig in der Zugauswahliste nicht angezeigt. Das ist einzustellen für Züge, die nur aus abgestellten Wagen bestehen und deshalb vom Spieler nicht gefahren werden können, oder die nur sehr kurze Strecken zurücklegen und daher dem Anwender kein großes Fahrerlebnis bieten. Auch wenn dieses Kontrollkästchen nicht gesetzt ist, kann ein Zug vom Simulator automatisch zum Deko-Zug erklärt werden. Dies ist der Fall, wenn das fahrende Fahrzeug des Zug im Fahrzeugeditor zum Deko-Fahrzeug erklärt wurde (siehe [Kapitel 6.3.9](#)).

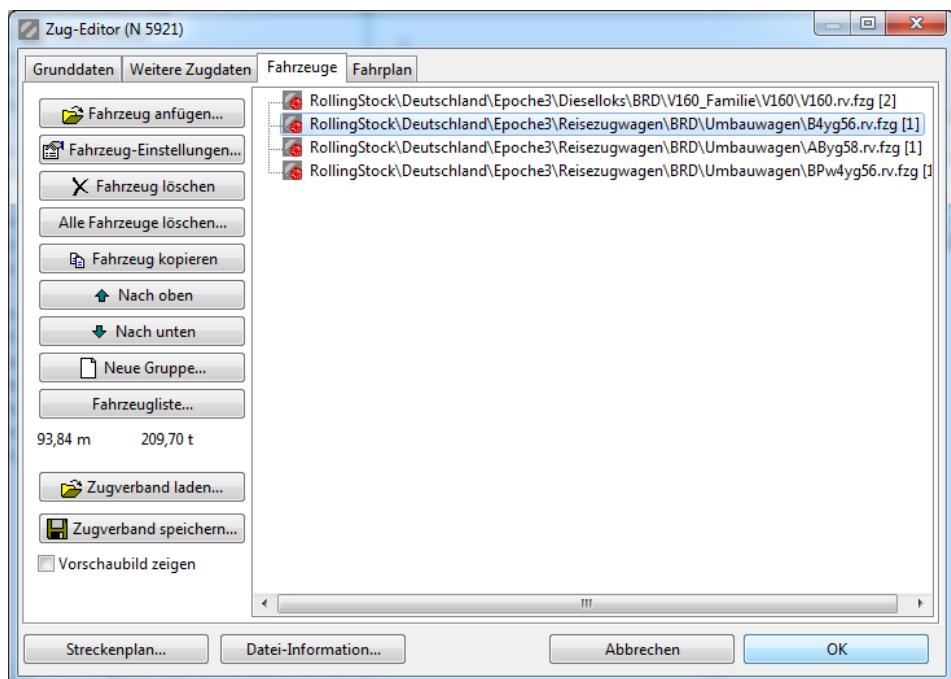
Einordnung in die Wichtigkeitsklasse des Zuges: Auf schwächeren Rechnern lässt sich der Umfang des Zugverkehrs im Simulator-Grundbildschirm vor dem Start durch den Endanwender reduzieren. Hier wird eingestellt, ab welcher Wichtigkeit der gerade bearbeitete Zug verkehrt. Ersteller größerer Fahrpläne sollte ihre Züge entsprechend einordnen, um dem Anwender diese Auswahl auch wirklich zu ermöglichen. Die Klasse „Alle Züge laden“ ist dabei die niedrigste Priorität. Sie bietet sich für Deko-Züge an. Die besonders interessanten Züge des Fahrplans sollten entsprechend als „Nur die wichtigsten Züge laden“ gekennzeichnet werden.

Startzustand Zugbeeinflussung: Hier ist eine zugspezifische Einstellung möglich, die die Grundeinstellung des Simulators Zugbeeinflussung manuell einstellen“ (siehe [Kapitel 2.2.1.4](#)) ggf. überstimmt. Für Fahrpläne, die für die Allgemeinheit bereitgestellt werden,

sollte hier „Gemäß Simulator-Einstellung“ gewählt werden, da nicht jeder Anwender die nötige Peripherie haben wird, um Zugdaten manuell einzustellen. Für eigene Fahrpläne kann aber ggf. ein zugspezifisches Verhalten bewirkt werden, ohne immer erst die Simulatoreinstellungen ändern zu müssen.

2.4.2.3 Registerkarte „Fahrzeuge“

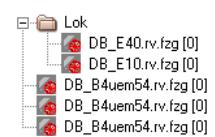
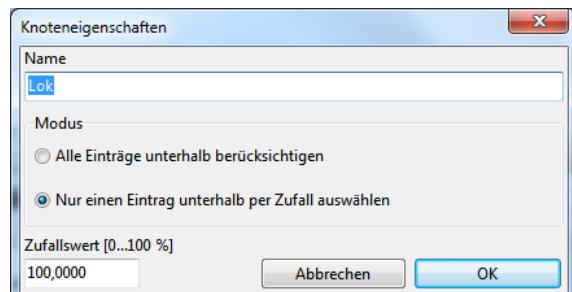
Diese Registerkarte enthält die Liste der Fahrzeuge, aus denen der Zug gebildet wird. Über die Schalter am linken Rand können Reihenfolge und Fahrzeugauswahl gesteuert werden. Außerdem können die Einträge per Drag&Drop mit der Maus innerhalb der Anzeige verschoben werden.



2.4.2.3.1 Fahrzeug-Gruppen und Zufallsauswahl

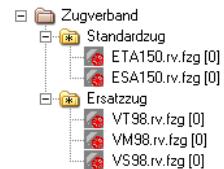
Im oben gezeigten Bild besteht der Zug aus einer festen Zusammenstellung von vier Fahrzeugen. Um die Züge etwas abwechslungsreicher gestalten zu können, lässt sich die Fahrzeugliste in eine hierarchische Struktur bringen, die sich über Zufallseinstellungen steuern lässt. Zum Aufbau der Hierarchie muss mit „Neue Gruppe“ ein Baum erstellt werden. Doppelklick oder „Eigenschaften“ öffnet das nebenstehende Bild. So kann der Gruppe ein beliebiger Name gegeben und festgelegt werden, wie die untergeordneten Objekte behandelt werden. Das Verhalten wird an zwei einfachen Beispielen erläutert. Es lassen sich selbstverständlich auch sehr komplexe Strukturen erzeugen.

Beispiel: Bei einem Zug soll die Lok per Zufall gegen eine andere ausgetauscht werden, die Wagen sollen aber immer dieselben sein: Es wird eine Gruppe „Lok“ (der Name ist beliebig) mit der Einstellung „Nur einen Eintrag unterhalb per Zufall auswählen“ erzeugt, und die beiden in Frage kommenden Loks werden der Gruppe untergeordnet. Die drei Wagen



werden auf der Basisebene eingetragen. Für die Fahrplanerstellung o.ä. wird jetzt ohne Zufall der erste Eintrag unterhalb der Gruppe „Lok“ (also E40.rv.fzg) benutzt. Beim Starten der Simulation wird aber eine der beiden Loks per Zufall ausgewählt. Wie wahrscheinlich das Abweichen von der ersten Lok ist, wird über den Eintrag „Zufallswert“ festgelegt. Bei 100% wie im Bild oben, sind beide Loks gleich wahrscheinlich. Bei einer Herabsetzung des Werts auf z.B. 20% würde in 80% der Fälle die erste Lok gewählt und nur in 20% eine Zufallsauswahl (hier also eine der beiden Fahrzeugdateien).

Beispiel: Eine Triebwagengarnitur soll zufällig durch eine andere ersetzt werden: Da sämtliche Einträge in der untersten Ebene immer berücksichtigt werden, muss zunächst ein Knoten mit Zufallseinfluss erstellt werden (Name hier: „Zugverband“). Unterhalb wird für jede der beiden in Frage kommenden Garnituren ein Knoten ohne Zufallseinfluss angelegt, der jeweils die Fahrzeuge der Garnitur enthält. Der Simulator macht jetzt folgendes: Beim Knoten „Zugverband“ wird per Zufall eines der beiden Unterobjekte ausgewählt (also entweder „Standardzug“ oder „Ersatzzug“). Der ausgewählte Knoten ist in beiden Fällen vom Typ „Alle Einträge unterhalb berücksichtigen“, so dass die zwei bzw. drei unterhalb aufgeführten Fahrzeuge komplett in den Zugverband übernommen werden.



2.4.2.3.2 Fahrzeugliste

Nach Klick auf den Schalter „Fahrzeugliste“ öffnet sich eine Darstellung ähnlich einer fahrdienstlichen Wagenliste, die einen schnellen Überblick über Höchstgeschwindigkeiten, Gewichte und Bremsgewichte in den verschiedenen Bremsstellungen der Einzelfahrzeuge und des Gesamtzuges ermöglicht. Nach dem Hinzufügen oder Löschen von Fahrzeugen wird die Fahrzeugliste allerdings erst aktualisiert, nachdem man den Zug-Editor durch Klick auf OK verlassen hat und den Zug neu aufgerufen hat.

2.4.2.3.3 Fahrzeug-Einstellungen

Per Doppelklick auf ein Fahrzeug oder den Schalter „Fahrzeug-Einstellungen“ werden die Daten des markierten Fahrzeugs zum Bearbeiten angezeigt. Es öffnet sich der nachfolgend erläuterte Dialog.

2.4.2.3.3.1 Fahrzeug-Variante

Variante: In der Auswahlliste lässt sich die Fahrzeugvariante wählen (je nach Fahrzeugdatei z.B. Farbgebung). Die laufende Nummer Variante wird in der Fahrzeugübersicht in eckigen Klammern angezeigt.

Vorschau anzeigen: Aktivieren des Kontrollkästchens erzeugt ein Vorschaubild der ausgewählten Fahrzeugvariante. Dieses Bild wird aktuell direkt aus der 3D-Datei des Fahrzeug erzeugt, was etwas Rechenzeit benötigt, weshalb die Option standardmäßig deaktiviert ist.

2.4.2.3.3.2 Mehrfachtraktionsmodus

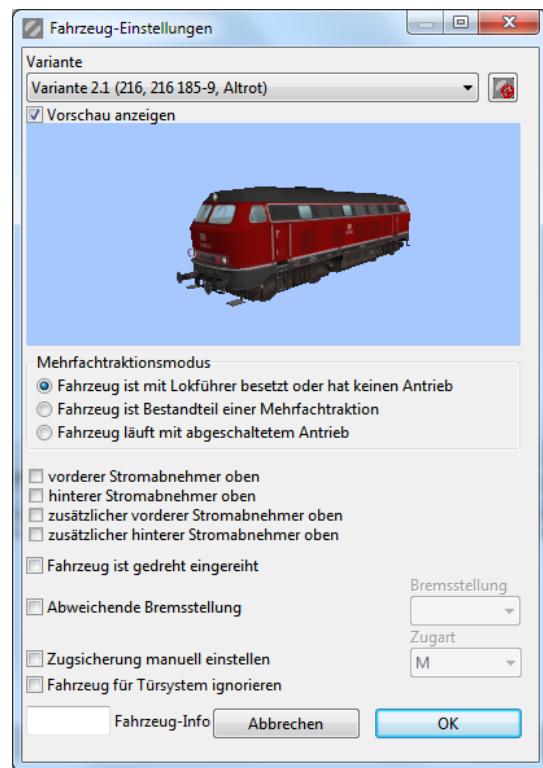
Wenn mehrere angetriebene Fahrzeuge im Zug laufen, kann hier deren Verhalten konfiguriert werden. Je nach Einstellung wird schon in der Übersicht ein anderes Symbol angezeigt, um den Status des Zugverbands schnell überblicken zu können.

Fahrzeug ist mit Lokführer besetzt oder hat keinen Antrieb: Wenn Lokomotiven mit dieser Option nicht als führendes Fahrzeug laufen, vollziehen sie das Fahrverhalten (Antrieb/Bremse) des führenden Fahrzeugs nach. Es werden allerdings keine Messwerte dieser Fahrzeuge zum führenden Fahrzeug übermittelt. Bildlich gesprochen befindet sich ein eigener (virtueller) Lokführer auf dem Fahrzeug, der die Maschine bedient. Anwendungsfälle: Waggons, Züge mit nur einem angetriebenen Fahrzeug an der Zugspitze, zweite Lok bei Vorspannbetrieb oder Schiebeloks bei schweren Zügen.

Fahrzeug ist Bestandteil einer Mehrfachtraktion: Das Fahrzeug vollzieht alle Bedienhandlungen des führenden Fahrzeugs nach, einschließlich z.B. Hauptschalter- und Stromabnehmer-Bedienungen. Das fahrende Fahrzeug und das geführte Fahrzeug müssen dazu technisch kompatibel sein, da sonst evtl. nicht alle Bedienhandlungen auf dem geführten Fahrzeug richtig umgesetzt werden können. Fahrzeuge, die in Wirklichkeit mehrfachtraktionsfähig sind, sollten auch im Simulator mehrfachtraktionsfähig sein. Ist das fahrende Fahrzeug ein Steuerwagen, so werden in diesem Modus die Messwerte des ersten angetriebenen Fahrzeugs mit dieser Einstellung im Zugverband zum fahrenden Fahrzeug gemeldet und können dort im Führerstand angezeigt werden.

Anwendungsfälle: Doppeltraktionen, Wendezüge, Triebwagen und sonstige Fälle, bei denen angetriebene Fahrzeuge nicht mit einem Lokführer besetzt sind. Hinweis: Bei Zügen, die fahrplanmäßig Führerstandswechsel ans andere Zugende ausführen, sollte auch das fahrende Fahrzeug im Mehrfachtraktionsmodus laufen, da das vorher vom Spieler-Lokführer besetzte Fahrzeug nach dem Wendemanöver unbesetzt weiter laufen muss.

Fahrzeug läuft mit abgeschaltetem Antrieb: Der Antrieb des Fahrzeugs ist ausgeschaltet und lässt sich während der laufenden Simulation auch nicht nachträglich einschalten. Diese Option ist für kalt im Zugverband mitlaufenden Lokomotiven vorgesehen.



2.4.2.3.3.3 Stromabnehmer

Hier wird eingestellt, welcher Stromabnehmer beim Betätigen des Stromabnehmer-Tasters im Führerstand angesprochen wird. Nach dem Aufgleisen des Zuges ist diese Konfiguration gehoben. Der Stromabnehmer wird nicht nur optisch gehoben, auch funktional ist eine Stromversorgung eines elektrischen Fahrzeugs nur gegeben, wenn ein Stromabnehmer gehoben ist. Wenn keines der Kontrollkästchen aktiviert wird, sind elektrische Antriebsanlagen des betreffenden Fahrzeugs dauerhaft deaktiviert und lassen sich nicht mehr nachträglich in Betrieb setzen.

Dies muss insbesondere bei bestimmten Triebwagen beachtet werden. Der Fahrzeugteil, der einen 3D-Stromabnehmer trägt, ist nicht notwendigerweise identisch mit dem Fahrzeugteil, der eine elektrische Antriebsanlage enthält. Es ist daher empfehlenswert, bei derartigen Elektrotriebwagen an allen Fahrzeugteilen wenigstens eines der Kontrollkästchen zu setzen.

Die Stromabnehmer 1 + 2 sowie 3 + 4 sind bei Zugwenden wechselweise verschaltet. Ein Fahrzeug mit gehobenem hinteren Stromabnehmer senkt diesen also beim Wendemanöver und hebt den vorderen Stromabnehmer. Entsprechendes gilt, wenn einer der zusätzlichen Stromabnehmer gehoben war. Dieser wird dann gesenkt und der andere zusätzliche Stromabnehmer gehoben.

2.4.2.3.3.4 Abweichende Einstellungen

Fahrzeug ist gedreht eingereiht: Bei aktivem Kontrollkästchen ist das Fahrzeug um 180° gedreht im Zugverband, wie es z.B. beim am Schluß laufenden Steuerwagen der Fall wäre. Die Drehung wird auch in der Fahrzeugübersicht durch einen Linkspfeil angezeigt.

Abweichende Bremsstellung: Hier kann für das Fahrzeug eine von der globalen Zug-einstellung abweichende Bremsstellung gewählt werden. Diese wird auch in der Fahrzeugübersicht in Klammern angezeigt.

Modus Zugbeeinflussung vorgeben: Eine vom Standardwert abweichende Einstellung der Zugart für dieses Fahrzeug. Diese wird auch in der Fahrzeugübersicht in Klammern angezeigt. Standardmäßig wird sonst die Zugart anhand der Bremshundertstel bestimmt.

Fahrzeug für Türsystem ignorieren: Wenn dieses Kontrollkästchen gesetzt ist, wird das Fahrzeug nicht bei der Bestimmung des kleinsten gemeinsamen Nenners für das Türschließsystem im Zug betrachtet. Somit kann zum Beispiel ein Güterwagen im Reisezug mitlaufen, ohne dass dies zur Festlegung von „Kein Türschließsystem“ für den Gesamtzug führt. Die Einstellung wird auch in der Fahrzeugübersicht durch ein „T“ angezeigt.

2.4.2.4 Registerkarte „Fahrplan“

2.4.2.4.1 Funktionsweise

Der Fahrplan des Zuges legt Fahrtroute und Fahrzeiten fest. Das Prinzip beruht auf einer Auflistung von beliebig vielen Signaleinträgen, jeweils mit einer Ankunfts- und einer Abfahrtzeit, die der Zug der Reihe nach passieren soll. Die Stellwerksfunktionen suchen zur Laufzeit der Simulation die für diese Vorgaben in Frage kommenden Fahrwege und stellen die entsprechenden Fahrstraßen ein, wenn sie nicht durch andere Züge belegt sind. Dabei können gewisse Spielräume gelassen werden, so dass zufallsgesteuert nicht bei jedem Lauf des Fahrplans immer die gleichen Fahrwege gestellt werden.

Die Fahrplaneinträge können als Halt (Ankunfts- und Abfahrtzeit vorgegeben) oder als Durchfahrt (Ankunftszeit ist 0, dargestellt als 30.12.1899, 00:00:00 Uhr) definiert werden. Durchfahrtzeiten sind sinnvoll, wenn der Zug längere Zeit nicht hält, damit der Lokführer unterwegs einen Anhaltspunkt hat, ob er pünktlich ist oder auch damit bei mehreren Fahrmöglichkeiten der gewünschte Fahrweg definiert ist. Außerdem darf es zwischen zwei Fahrplaneinträgen keine beliebig große Lücke geben. Wie groß diese Lücke sein darf, regelt die für jeden Zug einzeln einstellbare Signalrekursionstiefe: Diese legt fest, über wie viele Hauptsignale der Fahrweg ohne weitere Angeben gefunden wird. Steht der Wert beispielsweise auf 3, so wird der Fahrweg noch gefunden, wenn nur jedes 3. Signal im Fahrtverlauf als Fahrplaneintrag angegeben wird.

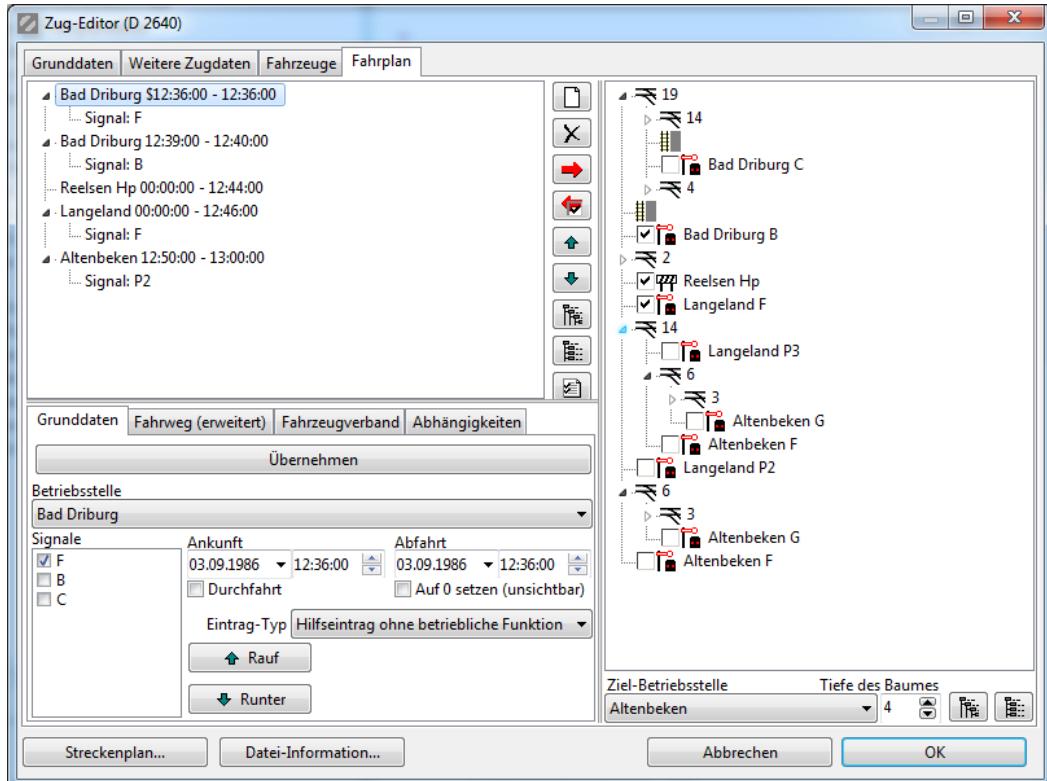
Das Stellen der nächsten vorausliegenden Signale erfolgt bei Annäherung des Zuges auf einen Abstand, der niedriger als die für jeden Zug einstellbare „Zugpriorität“ ist. Bei Planhalten wird zusätzlich das dem Halt folgende Signal frühestens 1 Minute vor der planmäßigen Abfahrtzeit gestellt. Bei Durchfahrten werden die Signale auch gestellt, wenn der Zug vor der Planzeit unterwegs ist. Unter LZB-Betrieb wird die Zugpriorität auf den maximalen LZB-Zielweg erhöht.

Der Zug wird also zu einer festgelegten Startzeit (das ist die Ankunftszeit des ersten Fahrplaneintrags) in die Simulation gesetzt, fährt die Fahrwege bis zum letzten Signal ab und wird dann wieder aus der Simulation entfernt (Die Entfernung erfolgt zur Abfahrtszeit des letzten Fahrplaneintrags).

Wird ein Fahrplan erstellt, der gleistechnisch gar nicht fahrbar ist, dann wird der Zug nur bis zum letzten Signal fahren, das noch erreichbar ist und dort dauerhaft stehen bleiben. Solche Fehler sind aber schon beim Erstellen der Buchfahrpläne zu erkennen, da dann eine entsprechende Fehlermeldung produziert wird.

2.4.2.4.2 Bedienoberfläche

Es folgt ein Überblick über die Bedienelemente:



Der Fahrplan des Zuges wird in der Tabelle oben links aufgeführt (hier die Bahnhöfe Bad Driburg, Langeland und Altenbeken). In dieser Tabelle wird immer der aktuelle, maßgebende Fahrplan des Zuges angezeigt. Die anderen Eingabemöglichkeiten dienen lediglich zur Unterstützung bei der Erstellung dieser Liste.

Der gerade in der Liste markierte Fahrplaneintrag wird in den Registern darunter zum Bearbeiten der Fahrzeit und sonstigen Einstellungen angeboten. Änderungen müssen mit „Übernehmen“ bestätigt werden.

Rechts ist der Streckenstrukturabaum zu finden. Dieser hilft bei der Orientierung in der Strecke, da er die Hauptsignale und Bahnsteige in der richtigen Reihenfolge auflistet.

Rechts unten wird der Zielbahnhof der Fahrt ausgewählt. Dieser wird aber nicht selbst in der Zugdatei gespeichert, sondern er sorgt nur dafür, dass der Strukturabaum in Richtung des gewünschten Fahrtziels aufgebaut wird.

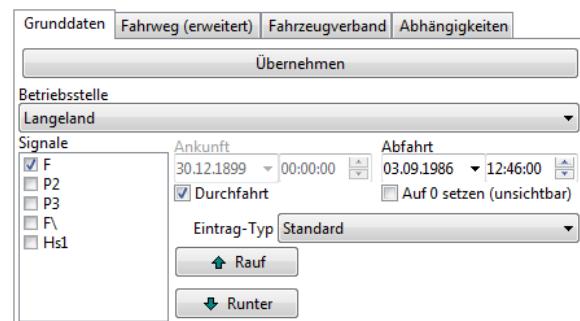
2.4.2.4.3 Registerkarte „Grunddaten“

2.4.2.4.3.1 Betriebsstelle

Der Name der Betriebsstelle, das ist typischerweise ein Bahnhof oder Bahnhofsteil, ein Haltepunkt o.ä. Der Name darf innerhalb des geladenen Streckennetzes nur einmal vorkommen.

2.4.2.4.3.2 Signale

Die Auswahl der Signale, die der Zug an diesem Fahrplaneintrag anfahren darf. Für Haltepunkte steht kein Signal zur Auswahl. Für alle anderen



Anwendungsfälle muss mindestens ein Signal definiert werden. Dieses wird dann auf jeden Fall angefahren. Wenn der Fahrweg bei Annäherung blockiert ist, wird das Stellwerk den Zug beliebig lange warten lassen, bis der Weg zu diesem Signal irgendwann frei ist. Werden weitere Signale angegeben, so können diese als alternative benutzt werden, wenn das erste Signal blockiert ist, oder auch per Zufall. Je höher das Signal in der Liste steht, desto wahrscheinlicher ist aber der Fahrweg über dieses Signal. Die Reihenfolge wird über die beiden grünen Pfeile rechts neben der Auswahl geändert.

Bei der Ergänzung von Signalen ist zu beachten, dass schlussendlich immer noch ein fahrbarer Fahrplan entsteht. So kann es z.B. sein, dass von einem 2. Signaleintrag aus zwar das Endziel des Fahrplans erreichbar ist, nicht aber das im nachfolgenden Fahrplaneintrag angegebene Signal. In diesem Fall würde ein zu diesem 2. Signal gefahrener Zug ab dem Signal keine Fahrstraße mehr bekommen und dauerhaft stehen bleiben.

2.4.2.4.3.3 Ankunft, Abfahrt

Die Ankunfts- und Abfahrtzeit an dieser Betriebsstelle, wie schon in der Einführung erläutert. Eine Durchfahrt wird durch die Ankunftszeit 0 definiert, dargestellt als 30.12.1899, 00:00:00 Uhr. Wird auch die Abfahrtzeit auf 0 gesetzt, so wird der Zug zwar über diesen Fahrplaneintrag geleitet, dieser erscheint aber nicht im Fahrplan.

Es gibt noch zwei Sonderfunktionen: Die Ankunftszeit des ersten Fahrplaneintrags definiert, wann der Zug in die Simulation gesetzt wird. Die Abfahrtszeit des letzten Fahrplaneintrags definiert, wann der Zug wieder aus der Simulation entfernt wird.

2.4.2.4.3.4 Eintrag-Typ

Der Eintrag-Typ legt bei planmäßigen Halten das gewünschte Verhalten fest:

Standard: Beim Typ „Standard“ ist grundsätzlich ein normaler Halt vorgesehen. Typischer Anwendungsfall sind Reisezüge mit Planhalt oder alle Arten von Zügen, die irgendwo halten sollen, z.B. um eine Überholung zu ermöglichen.

Hilfseintrag ohne betriebliche Funktion: Dieser Typ ist für Fälle gedacht, bei denen die Zusi-Fahrplanabwicklung zwar eine Ankunfts- und Abfahrtzeit benötigt, dort aber gleichzeitig kein Planhalt vorgesehen ist. Ein Beispiel ist das Aufgleisen an einem Aufgleispunkt auf freier Strecke, auf den als nächstes Hauptsignal ein Selbstblock- oder Einfahrtsignal folgt. Der Eintrag für das Aufgleisen erfordert eine Ankunfts- und Abfahrtzeit, obwohl hier kein Reisezughalt möglich ist. Ein weiterer Anwendungsfall liegt vor, wenn das Zielsignal am Streckenmodulende aufgrund eines davor liegenden Ereignisses „Zug entfernen“ nicht erreicht werden kann. Ein Versäumen des Haltes führt dann nicht zu Punktabzug wg. nicht erreichten Planhalts in der Bewertung am Ende der Fahrt.

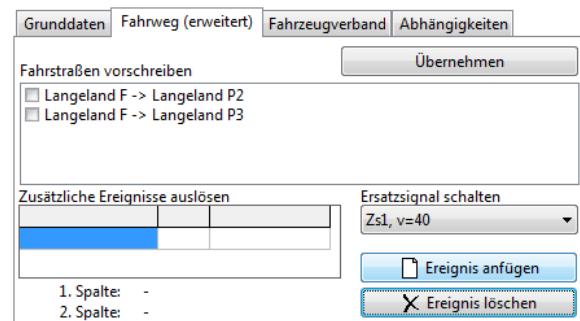
Betriebshalt: Bei einem „Betriebshalt“ braucht nicht gehalten zu werden, wenn es nicht notwendig ist. Der Simulationsablauf entspricht dem Typ „Standard“, durch diese Angabe ist es Fahrplandarstellungen aber möglich, ein „+“ anzuseigen.

Bedarfshalt: Ein „Bedarfshalt“ verhält sich derzeit im Ablauf noch wie ein Eintrag vom Typ „Standard“, kann aber in Fahrplänen schon entsprechend mit einem „x“ gekennzeichnet werden.

2.4.2.4.4 Registerkarte „Fahrweg (erweitert)“

Diese Registerkarte ermöglicht weitergehende Einflussnahme auf den zu wählenden Fahrweg.

Fahrstraßen vorschreiben: Hier kann eine Fahrstraße vorgegeben werden, die für diesen Zug am markierten Fahrplaneintrag gestellt werden soll. Im Normalfall ist das nicht nötig und sollte darum auch nicht gewählt werden, da der Fahrweg durch die Angabe von Start- und Zielsignal eindeutig definiert ist. Es kann aber Situationen geben, wo Fahrstraßen parallel angelegt sind, z.B. für kurze und lange Einfahrten in Verbindung mit Kennlichtschaltungen o.ä. In diesen Fällen sind Start- und Zielsignal nicht immer eindeutig, so dass die gewünschte Fahrstraße durch diese Fahrstraßenvorgabe eindeutig festgelegt werden kann.



Zusätzliche Ereignisse auslösen: Hier können zusätzliche, nicht in der Strecke selbst enthaltene Ereignisse ausgelöst werden (nicht alle vorhandenen Ereignisse sind sinnvoll verwendbar). Die Ereignisse werden ausgelöst, sobald der Zug das im Fahrplaneintrag auf der Registerkarte „Grunddaten“ definierte Signal passiert hat.

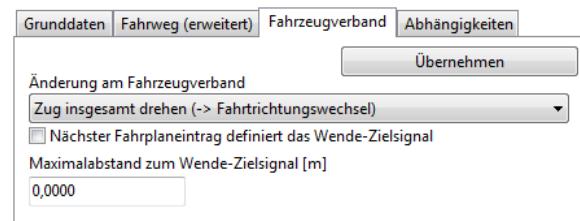
Ersatzsignal schalten: Hier kann ein Ersatzsignal vorgegeben werden, das abweichend von regulären Signalbegriff gezeigt wird. Wenn mehrere Signale für diesen Fahrplaneintrag ausgewählt sind, dann muss manuell sichergestellt werden, dass alle dieses Ersatzsignal zeigen können. Die Auswahl richtet sich nur nach dem ersten Signal in der Auswahl.

2.4.2.4.5 Registerkarte „Fahrzeugverband“

Änderung am Fahrzeugverband: Diese Funktion ermöglicht fahrplanmäßiges Wenden des Zuges. Wendemanöver sind überall dort möglich, wo sich in alter und neuer Fahrtrichtung des Zuges Hauptsignale vor dem Zug befinden. Zwei Arten von Wendungen sind möglich:

„Zug insgesamt drehen“ gleist den Zug in entgegengesetzter Richtung neu auf. Das alte führende Fahrzeug ist danach auch das neue führende Fahrzeug. Anwendungsfall: Güterzüge und andere Züge, die über keinen Führerstand am Zugschluss verfügen.

„Führerstandswechsel ans andere Zugende“ erfordert zwingend einen Führerstand im letzten Fahrzeug des Zuges. Anwendungsfall: Triebwagen, Wendezüge sowie Züge mit Triebfahrzeugen an beiden Enden des Zuges.



Nächster Fahrplaneintrag definiert das Wende-Zielsignal: Dieses Kontrollkästchen muss (und sollte auch nur dann) aktiviert werden, wenn nach dem Wenden zwischen der neuen Zugspitze und dem nächsten Hauptsignal eine spitz befahrene Weiche liegt, und das gewünschte Hauptsignal für die Weiterfahrt somit genauer definiert werden muss. Wird darauf verzichtet, dann ist die Richtung der Weiterfahrt abhängig von der vorgefundenen Lage der Weichen. Unter Umständen kann es dadurch unmöglich werden, dass ein Zug sein vorgesehenes Fahrziel erreicht.

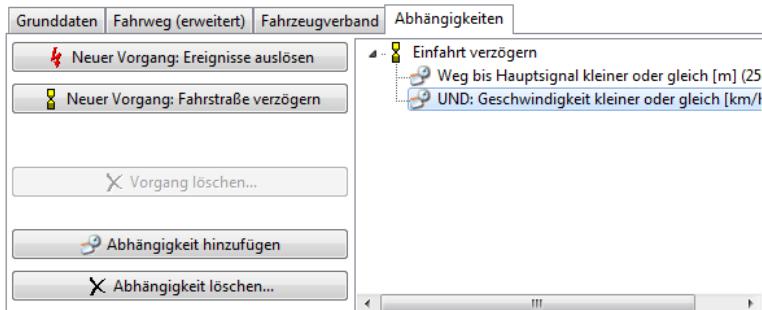
Maximalabstand zum Wende-Zielsignal: Dieses Feld muss zwingend auf einen sinnvollen Wert gesetzt werden. Prinzipiell leitet der Simulator eine vorgesehene Wendung ein, sobald der Zug stoppt und am nächsten folgenden Hauptsignal eine Wendung vorgesehen ist. Aufgrund von Zwangsbremsungen etc. ist es denkbar, dass dieser Stopp nicht am vorgesehenen Halteplatz des Zuges stattfindet. Ein unzeitiges Wendemanöver wäre die Folge, mit der Möglichkeit, dass der Zug danach nicht vor dem vorgesehenen Signal der Gegenrichtung steht. Durch den Maximalabstand wird das Wenden unterdrückt, so lange der Zug noch nicht nahe genug am Wende-Zielsignal ist. Der Wert sollte in Abhängigkeit der Zuglänge so gering gewählt werden, dass der Zug mit voller Zuglänge im vorgesehenen Wendegleis steht. Andererseits sollte der Maximalabstand auch nicht unnötig klein gewählt werden, damit auch bei nicht bis ganz nahe an das Zielsignal herangeführten Haltbremsungen das vorgesehene Wendemanöver wie geplant durchgeführt werden kann.

Fahrplanbau nach der Wende: Der Zugassistent kann Wendemanöver nicht abhandeln, sondern nur eine durchgehende Start-Ziel-Route finden. Für die Erstellung des Fahrwegs nach einer Wende gibt es zwei Möglichkeiten: Es kann ein zweiter Zug mit dem Zuglauf nach der Wende erstellt und dessen Datei per Texteditor mit der ersten Zugdatei zusammengeführt werden. Alternativ müssen die Einträge nach der Wende manuell erstellt werden. Das Verfahren wird weiter unten beim Strukturbau erläutert. Um den Strukturbau nutzen zu können, müssen vorübergehend eine Start-Fahrstraße und eine Ziel-Betriebsstelle gewählt werden, die zum Fahrtverlauf nach dem Wendemanöver passen, damit der Strukturbau mit den passenden Signalen aufgebaut wird.

2.4.2.4.6 Registerkarte „Abhängigkeiten“

Abhängigkeiten eröffnen die Möglichkeit, fahrplangesteuert gewisse Funktionen auszulösen. Zum Beispiel lässt sich einstellen, dass die nächste Fahrstraße erst gestellt wird, wenn der Zug sich dem Signal bis auf 200 m genähert hat und langsamer als 10 km/h fährt. Zunächst wird dafür der gewünschte Vorgang ausgewählt, welcher dem markierten Fahrplaneintrag hinzugefügt wird. Der Vorgang wird in der Simulation bei Vorbeifahrt an dem Fahrplaneintrag aktiviert und gilt dann im Bereich zwischen diesem und dem nachfolgenden Fahrplaneintrag. Weiterhin sind beliebig viele Abhängigkeiten zu dem Vorgang hinzuzufügen. Erst wenn die Bedingungen dieser Abhängigkeiten erfüllt sind, wird der Vorgang ausgelöst. Werden keine Abhängigkeiten hinterlegt, so wird der Vorgang sofort bei Passieren des Fahrplaneintrags ausgelöst.

Jedem Vorgang kann ein freier Text als Bezeichnung gegeben werden, der keine weitere Funktion hat, sondern lediglich die Übersicht in der Fahrplantabelle erhöhen soll.



2.4.2.4.6.1 Neuer Vorgang: Ereignisse auslösen

Unter „Zusätzliche Ereignisse auslösen“ können beliebig viele Ereignisse hinterlegt werden. Nicht alle vorhandenen Ereignisse sind sinnvoll verwendbar. Die typisch verwendeten Ereignisse sind unter „Standardereignis anfügen“ direkt einstellbar.

2.4.2.4.6.2 Neuer Vorgang: Fahrstraße verzögern

Diese Funktion hat keine weiteren Einstellungsmöglichkeiten. Sie unterbindet das Stellen der nächsten Fahrstraße, bis die zugeordneten Abhängigkeiten erfüllt sind.

2.4.2.4.6.3 Abhängigkeit hinzufügen

Über diese Funktion wird eine Abhängigkeit zum Vorgang hinzugefügt. Mehrere Abhängigkeiten werden durch UND- oder ODER-Operator verbunden. Die Liste wird vom ersten zum letzten der Reihe nach ohne Klammerung betrachtet. Erst wenn am Ende der Betrachtung ein „wahr“ herauskommt, wird der Vorgang ausgelöst. Beispiel Abhängigkeit A UND Abhängigkeit B ODER Abhängigkeit C: Im ersten Schritt wird geprüft, ob A und B erfüllt sind. Dieses Ergebnis wird dann mit logischem ODER mit C abgeglichen. Ist also das Ergebnis aus A UND B wahr, dann ist das Gesamtergebnis bereits wahr. Ist A+B nicht wahr aber C, dann ist das Gesamtergebnis auch wahr. Nur wenn A+B und auch C nicht wahr sind, ist das Gesamtergebnis negativ.

Es kann auch eine Baumstruktur erzeugt werden, um Abhängigkeiten zu verschachteln.

Die Einstellungen der Abhängigkeit wird im Dialog mit den nebenstehendem Optionen eingestellt, wobei jeweils ein Parameter angegeben werden kann, dessen Funktion und Einheit bei der jeweiligen Option angegeben ist.

Keine: Das Ergebnis ist sofort wahr.

Weg gefahren seit Fahrplaneintrag größer oder gleich [m]: Sobald der Zug mit der Zugspitze den als Parameter angegebenen Weg ab dem Fahrplaneintrag zurückgelegt hat, wird die Bedingung wahr.

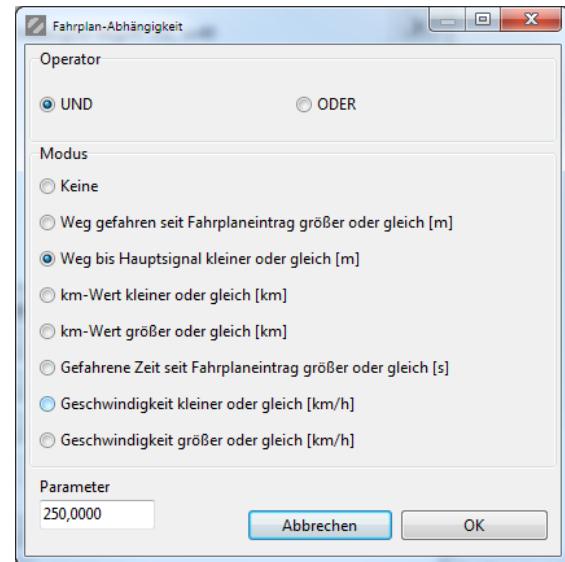
Weg bis Hauptsignal kleiner oder gleich [m]: Diese Bedingung wird wahr, sobald sich der Zug dem nachfolgenden Signal bis auf den angegebenen Wert angenähert hat.

km-Wert kleiner/größer oder gleich [km]: Diese Bedingung wird wahr, sobald die aktuelle Strecken-km an der Zugspitze kleiner bzw. größer als der angegebene Grenzwert sind.

Gefahrene Zeit seit Fahrplaneintrag größer oder gleich [s]: Die Bedingung wird wahr, sobald die angegebene Zeit nach Passieren des Fahrplaneintrags abgelaufen ist. Es wird die Simulationszeit betrachtet, nicht die real laufende Zeit (relevant bei Pausen und Zeitraffer)

Geschwindigkeit kleiner/größer oder gleich [km/h]: Die Bedingung wird wahr, sobald der Zug die angegebene Geschwindigkeit unter-/überschritten hat. Bei einem Wert von 0 wird die Bedingung im Stillstand wahr.

Zufallswert [0...100%]: Die Bedingung wird wahr, wenn ein zur Simulationszeit berechneter Zufallswert kleiner ist als der hier angegebene Parameter. Wird z.B. 25 als Parameter angegeben, so wird sich im Schnitt jedes vierte Mal das Ergebnis „wahr“ ergeben. Zu beachten ist, dass der Zufall bei Verwendung mit dem Vorgang „Fahrstraße verzögern“ so gestaltet sein muss, dass sich irgendwann das Ergebnis „wahr“ einstellt, sonst wird die Fahrstraße nie gestellt.



Anderer Zug (Abstand Zugspitzen) ist näher/weiter weg als [m]: Die Bedingung wird wahr, wenn ein anderer Zug die als Parameter angegebene Entfernung - gemessen als direkte Luftlinie von Zugspitze zu Zugspitze - zum eigenen Zug unter- bzw. überschreitet. Wenn der andere Zug nach der Aktivierung des Vorgangs einmal die Bedingung erfüllt hat, bleibt diese wahr, egal wie sich die Entfernung anschließend ändert. Die Aktivierung geschieht beim Passieren des Fahrplaneintrags, an dem der Vorgang eingetragen ist.

Diese Funktion kann z.B. zur Sicherstellung einer Überholung genutzt werden, auch wenn der überholende Zug nicht pünktlich fährt. Durch die Angabe eines Maximalabstands kann die Überholung aber auch ausgelassen werden, wenn der überholende Zug noch weit weg ist, indem je eine Abhängigkeit mit Minimal- und eine mit Maximalabstand per ODER verbunden werden.

Wird der andere Zug gelöscht oder wurde er bereits aus der Simulation entfernt, so wird die Bedingung augenblicklich wahr.

2.4.2.4.7 Schalter „Weitere Einstellungen“

Dieser Dialog ist über einen Schalter in der Mitte des Fensters zugänglich. Er bietet folgende Funktionen:

Zuglauf verschieben auf neue Startzeit:

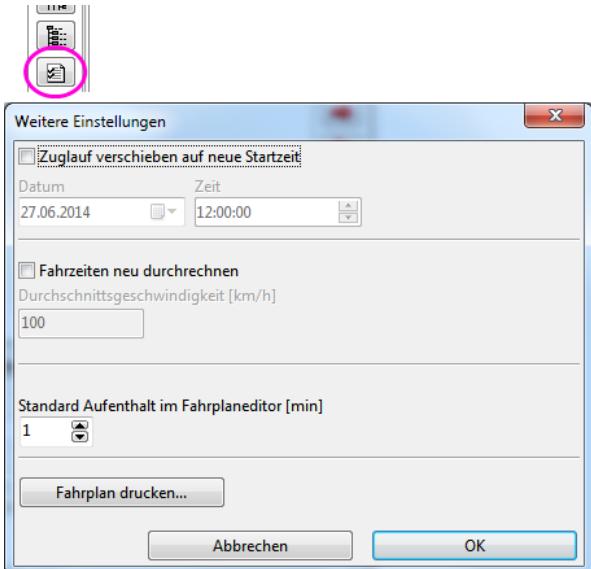
Der gesamte eingegebene Fahrplan des Zuges wird auf eine neue Startzeit verschoben. Alle Ankunfts- und Abfahrzeiten werden entsprechend angepasst.

Fahrzeiten neu berechnen: Die Fahrzeiten werden ab der ersten Betriebsstelle des Fahrplans mit der angegebenen Durchschnittsgeschwindigkeit neu berechnet. Die Länge der Aufenthaltszeiten bleiben unverändert. Das Programm stützt sich dabei auf Entfernungsangaben, die bei der Fahrstraßenerstellung durch den 3D-Editor in den Fahrstraßen hinterlegt wurden. Die tatsächlich zulässigen Geschwindigkeiten werden nicht beachtet.

Standard-Aufenthalt im Fahrplaneditor:

Die standardmäßige Aufenthaltszeit für neu hinzuzufügende Halte wird hier eingestellt. Auf bereits vorhandene Einträge hat ein veränderter Wert keinen Einfluss mehr.

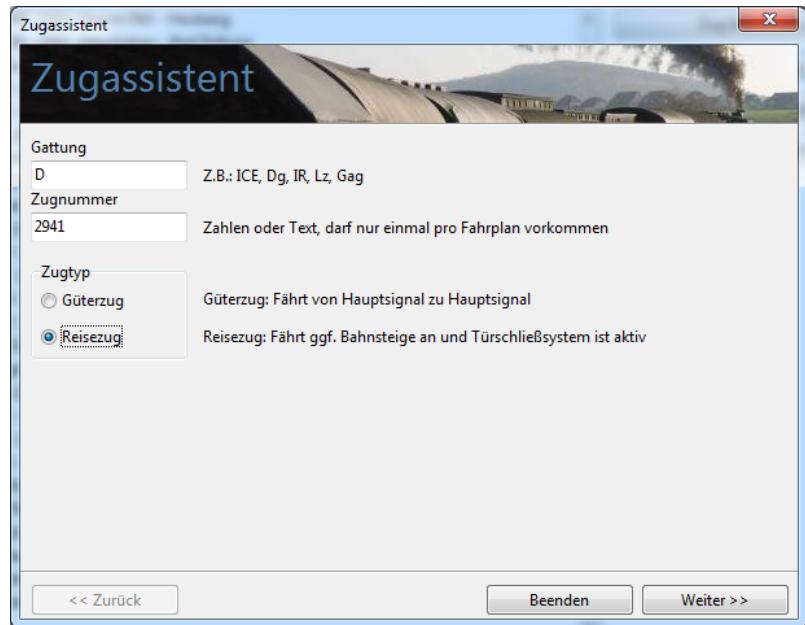
Fahrplan drucken: Der Fahrplan des Zuges wird als einfache Textdarstellung auf einem Drucker ausgegeben.



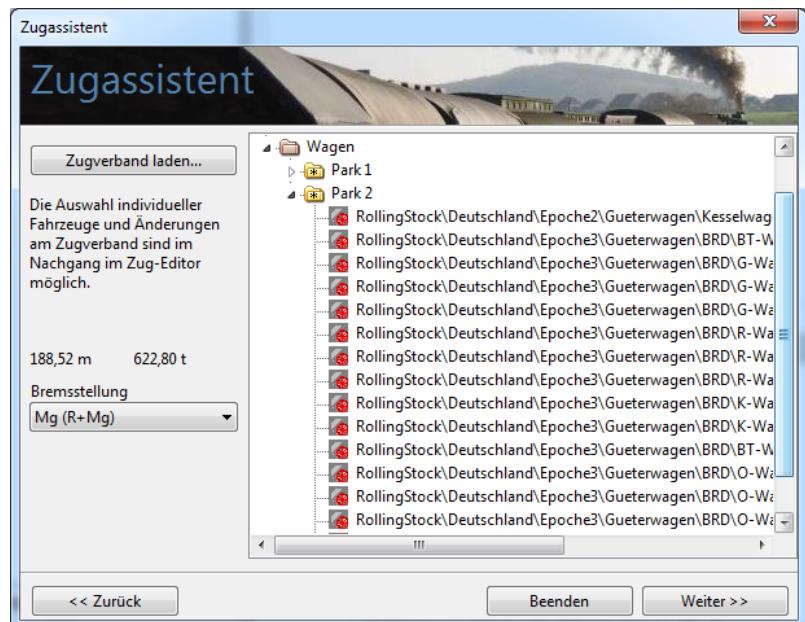
2.4.2.5 Fahrplan erstellen

Ein Fahrplan kann mit den weiter unten erläuterten Methoden komplett manuell zusammengestellt werden, indem jeder Signaleintrag manuell im Strukturaum markiert und in den Fahrplan übertragen wird.

Um diese mühselige Arbeit zu vereinfachen, gibt es den Zugassistenten, der alle wesentlichen Zugdaten abfragt und daraus einen grundsätzlich sofort fahrbaren Zug generiert. Im Regelfall wird man das Ergebnis des Assistenten aber anschließend noch nachbearbeiten. Der Assistent wird im Fahrplaneditor in der Registerkarte „Züge → Neuer Zug“ gestartet und fragt in der ersten Eingabemaske ein paar Grunddaten ab.



In der 2. Maske kann ein vorbereiteter Zugverband geladen werden. Existiert für den Zug keine entsprechende Vorlage, kann der Schritt übersprungen werden. Die Fahrzeuge müssen dann nach Abschluss des Assistenten in der Fahrzeugauswahl manuell zusammengestellt werden.



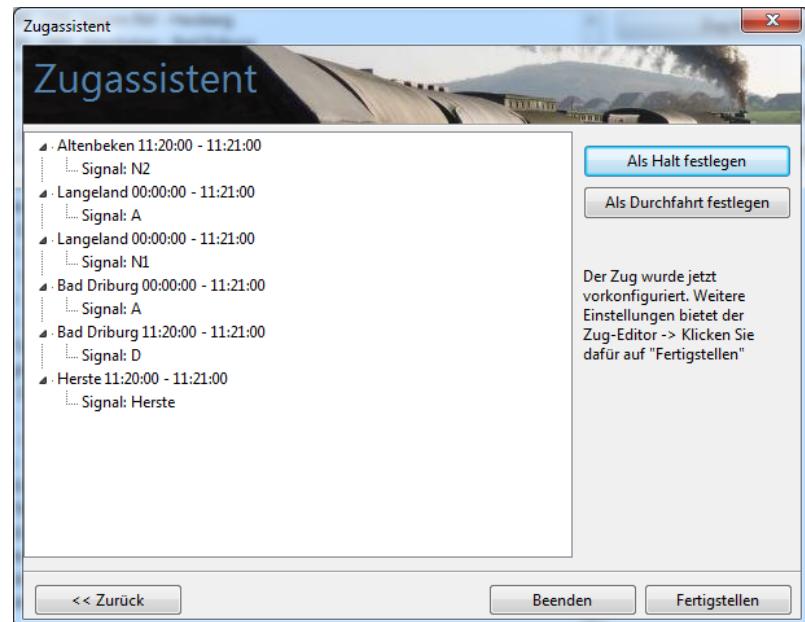
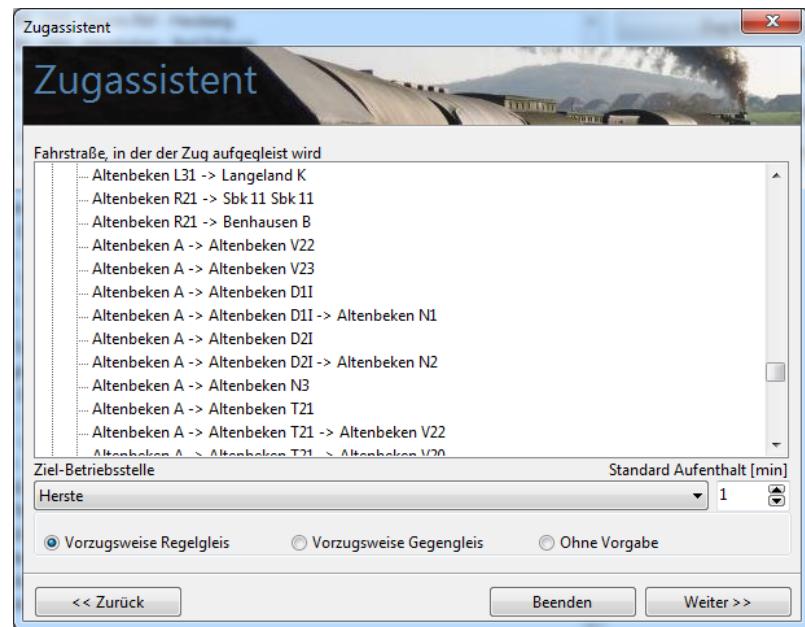
In der dritten Maske wird Start und Ziel der Fahrt festgelegt. Oben muss eine Fahrstraße ausgewählt werden, auf der der Zug aufgegleist wird. Er steht dann also zwischen dem Fahrstraßenanfang- und ende. Unter „Ziel-Betriebsstelle“ wird die Betriebsstelle ausgewählt, an der die Fahrt enden soll.

Mit Standardaufenthalt wird die Zeit zwischen Ankunfts- und Abfahrtzeit festgelegt. Diese Eingabe wirkt auch auf der nächsten Maske.

Ganz unten lässt sich festlegen, ob der Assistent bei zweigleisigen Strecken das Regel- oder das Gegengleis auswählen soll. Bei „ohne Vorgabe“ richtet sich der gefundene Fahrweg nach der Grundstellung der Weichen. Es wird der Fahrweg gefunden, der am jeweils am weitesten die Grundstellung der Weichen abfahren kann.

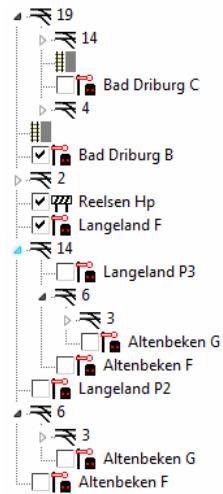
In der letzten Maske wird der gefundene Fahrweg angezeigt. Wenn ein Ziel gewählt wurde, was von der Startfahrstraße aus gar nicht erreicht werden kann, bleibt die Liste leer. Es kann jetzt durch Markieren einer Betriebsstelle und drücken des Schalters „Als Halt festlegen“ eine Ankunftszeit einge tragen werden. „Als Durchfahrt festlegen“ setzt die Ankunftszeit entsprechend auf 0.

Anschließend wird der Assistent geschlossen und alles in die entsprechenden Eingabefelder des Zugeditors eingetragen, wo es noch beliebig verändert werden kann.



2.4.2.5.1 Der Strukturbau

Im Strukturbau wird die Abfolge der Hauptsignale, Bahnsteige usw. in der richtigen logischen Strukturierung angezeigt. Abzweigende Streckenäste gehen in eine tiefere Baumebene, durchgehende Gleise bleiben in derselben Schachtelungstiefe. Dabei beginnt der Baum hinter dem gerade ausgewählten Fahrplaneintrag (hier ist Bad Driburg F markiert). Wenn es noch keinen Fahrplaneintrag gibt, dann am Aufgleis-element. Es werden nur die Gleistränge aufgeführt, die einen Fahrweg zur Ziel-Betriebsstelle bieten, welche ganz unten ausgewählt wird. Der Baum weist immer eine begrenzte Tiefe auf (also die Anzahl oder besser Schachtelungstiefe der Folgesignale). Diese Tiefe ist standardmäßig so groß wie unter „Signalrekursionstiefe“ in den Zug-Daten angegeben, kann hier aber zur übersichtlicheren Darstellung unten bei „Tiefe des Baumes“ weiter reduziert werden. Als Hilfestellung wird bei Reisezügen auch die Lage der Bahnsteige im Baum angegeben.



2.4.2.5.2 Zusammenspiel Strukturbau/Fahrplan

Das manuelle Verändern des Fahrplans ist im wesentlichen ein wechselweises Benutzen des Strukturbau und der Fahrplanliste. Der Datenaustausch geschieht dabei nicht vollautomatisch, sondern muss über die beiden rote Pfeile aufgerufen werden. Der Linkspfeil übernimmt alle im Strukturbau angeklickten Bahnhöfe/Haltepunkte in die Fahrplanliste. Diese Funktion fügt die angehakten Einträge hinzu, gelöscht wird ein bereits vorhandener Eintrag so nicht, auch wenn er im Strukturbau nicht mehr angeklickt ist. Der Rechtspfeil erstellt den Strukturbau neu. Dabei wird der Anfang des Baumes auf den gerade markierten Fahrplaneintrag (im Bild oben Bad Driburg) gesetzt und alle im Fahrplan vorhandenen Einträge erhalten im Strukturbau einen Kontrollkästchen (oben z.B. Bad Driburg B).

Um im Bild oben den Fahrplan in Richtung Altenbeken weiterzubauen, muss man also im Strukturbau die nächsten Halte/Durchfahrten anklicken, z.B. Bad Driburg Gleis B und Langeland F, dann den roten Linkspfeil betätigen und schon erscheinen Bad Driburg und Langeland neu in der Fahrplanliste. Wenn die Strecke noch weitergeht, muss man wieder den letzten Eintrag in der Fahrplanliste markieren, den Rechtspfeil drücken, der neue Baum wird erstellt, neue Einträge anklicken, Linkspfeil drücken usw.

Ein neuer Fahrplaneintrag kann auch durch den entsprechenden Schalter in der Mitte oben erzeugt werden. Dieser ist dann zunächst völlig leer und muss im Nachgang manuell mit Betriebsstelle, Signalen und Fahrzeiten versehen werden. Das Löschen eines Eintrag geschieht mit dem darunterliegenden Schalter.



2.4.2.5.3 Bahnhof und Haltepunkt

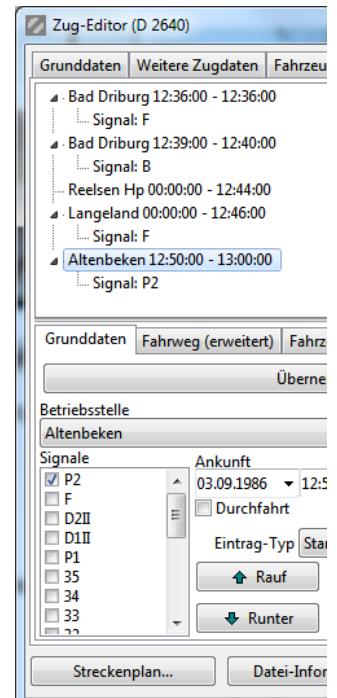
Bei Zusi werden zwei Arten von Fahrplaneintrag unterschieden. Der Normalfall ist der Bahnhof (der Fahrplan-Eintrag wird über die Betriebsstellenbezeichnung und die Bezeichnung des Hauptsignals definiert). Für Reisezüge besteht auch die Möglichkeit, einen Haltepunkt (nur Bahnsteig ohne Hauptsignal) in den Fahrplan einzufügen. Zusätzlich liegt ein Haltepunkt vor, wenn bei einem Bahnsteig ein Bahnsteigname vergeben wurde, der sich vom Namen der Betriebsstelle des nachfolgenden Hauptsignals unterscheidet. Über Haltepunkte wird auch nicht die Fahrtroute definiert, das geschieht nur über die

Signalbezeichnungen - damit ist auch für das Finden des Fahrwegs innerhalb der Signalrekursionstiefe ein Haltepunkt nicht maßgebend. Ein Haltepunkteintrag wird beim Suchen und Stellen des Fahrwegs komplett ignoriert. Ein Haltepunkt ist also nur eine Fahrplanergänzung ("halte hier mal an, wenn Du vorbeikommst") zwischen zwei vollwertigen Fahrplaneinträgen. Der Strukturbaum kennzeichnet einen Haltepunkt über die Haltepunkttafel (z.B. oben bei Reelsen), in der Fahrplanliste ist er daran zu erkennen, dass er keine Signaleinträge aufweist.

2.4.2.5.4 Signale ergänzen/löschen

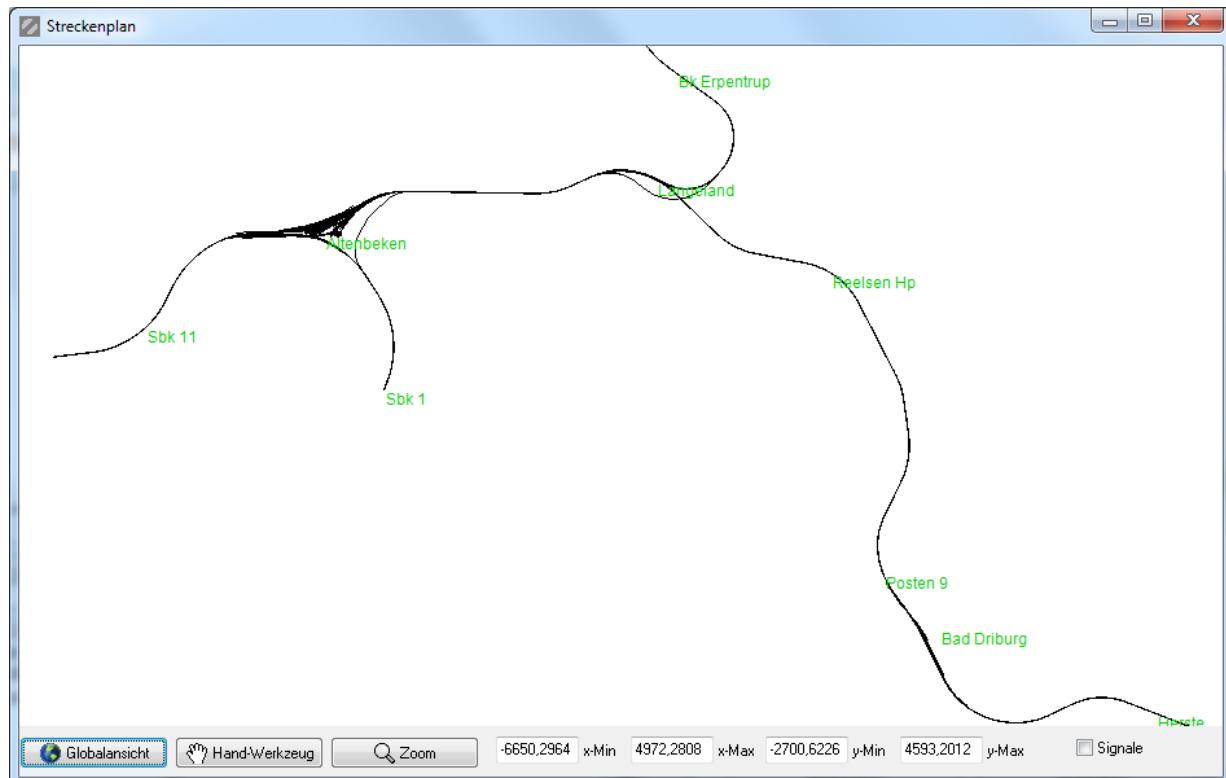
Wenn für den Zug in einem Bahnhof mehrere Signale zur Auswahl stehen sollen, dann ist es am einfachsten, den Bahnhof zunächst über das erstbeste gefundene Gleis in die Fahrplanliste aufzunehmen und dann in der Signalauswahl des Fahrplaneintrags alle gewünschten Signale anzuklicken. Im nebenstehenden Bild ist der Bahnhof Altenbeken über Signal P2 in die Liste aufgenommen worden. Signal P1 lässt sich dann im Nachgang unten links anklicken. Dieses Verfahren setzt aber Ortskenntnis über die Lage der Bahnsteige voraus. Ist diese nicht vorhanden, muss der Strukturbaum bemüht werden. (es stehen hier wieder nur Signale zur Auswahl, die auch zum gewählten Zielbahnhof führen). Signale werden durch Entfernen des Kontrollkästchens gelöscht. Anschließend sollte man gleich über den roten Rechtspfeil den Baum aktualisieren. Dort kann sich nämlich noch irgendwo ein Kontrollkästchen verstecken, der das Signal sonst beim nächsten Drücken des Linkspfeils wieder im Fahrplan eintragen würde.

Die Reihenfolge der Signale kann über die beiden Pfeile verändert werden. Das Stellwerk wird immer versuchen, zunächst das erste Signal anzufahren. Erst wenn dieses besetzt ist oder der Zufalls es gerade so will, werden die weiteren Signaleinträge in Betracht gezogen.

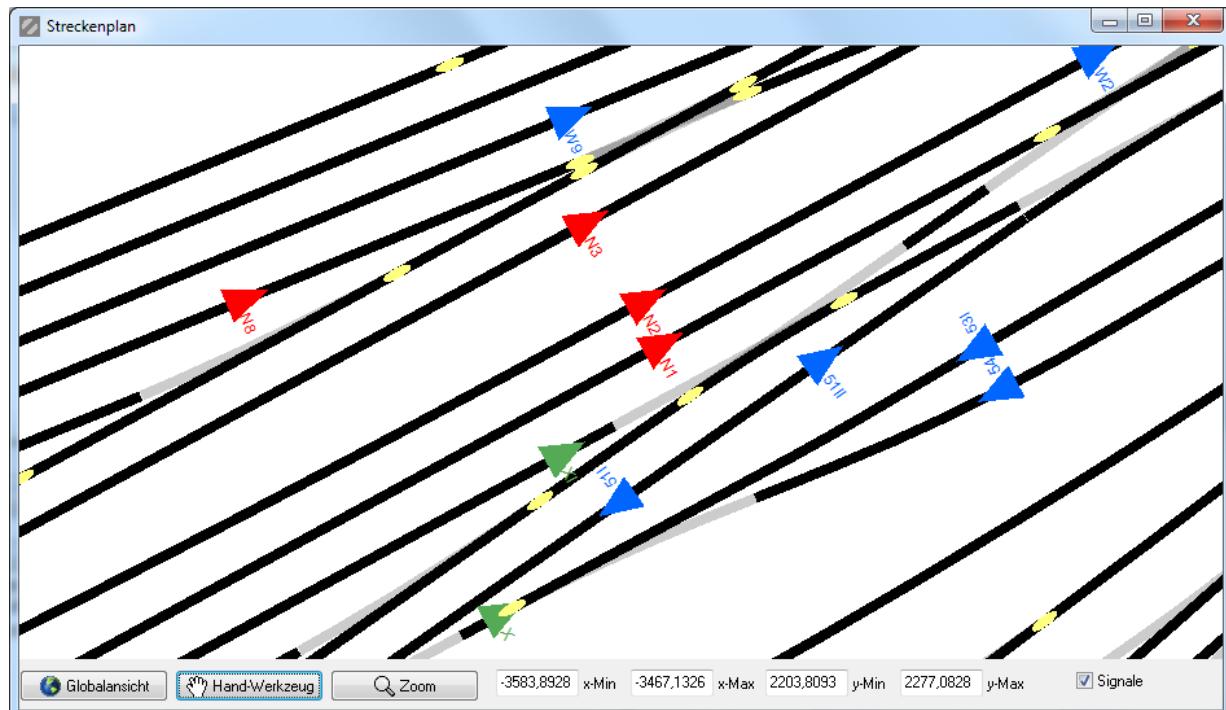


2.4.2.6 Streckenplan

Mit dem Schalter „Streckenplan“ unten links öffnet sich ein Fenster, das den Streckenverlauf gleisgenau maßstäblich in einer 2D-Karte anzeigt. Das Fenster kann geöffnet im Vordergrund bleiben und damit als Hilfe bei der Fahrplangestaltung immer im Blickfeld liegen.



Mit Mausrad oder Zoom-Werkzeug können Ausschnitte vergrößert werden. Bei aktiviertem Kontrollkästchen „Signale“ werden Hauptsignale in rot und Rangiersignale in blau zusätzlich eingeblendet, wie das folgende Bild zeigt.



Außerdem kann hier die Lage des UTM-Punkts geprüft werden. Dieser befindet sich im Schnittpunkt der beiden 0-Koordinaten, die mit den Signalen eingeblendet werden, und muss etwa in der Mitte des Streckenplans liegen.

2.4.3 Buchfahrplan testen

Dieser Menüpunkt dient vor allem dazu, von Hand angepasste timetable.xml-Dateien auf korrekte Darstellung zu überprüfen, ohne erst eine Simulation starten zu müssen. Die ausgewählte timetable.xml-Datei wird mit der im Menü eingestellten Buchfahrplan-DLL in eine Bitmap-Datei überführt, die im temp-Verzeichnis des Datenbestandes abgelegt wird und dort besichtigt werden kann.

2.5 Menü „Hilfe“

2.5.1 Fehlersuche

Dieses Menü ermöglicht Entwicklern und Addon-Autoren tiefere Einblicke in den Zustand der Simulation.

Einige der Registerkarten benötigen längere Ladezeiten, bis dort Daten angezeigt werden können.

Bericht speichern: Diese Funktion schreibt den Inhalt der meisten Registerkarten in eine Datei auf der Festplatte. Alternativ können die Daten in der Regel in jeder Registerkarte über einen entsprechenden Schalter gespeichert oder per Kontextmenü im die Zwischenablage kopiert werden.

2.5.1.1 Registerkarte „Zugstatus“

Diese Struktur listet alle Systeme des Zuges hierarchisch auf und hebt alle Systeme rot hervor, die aktuell eine Weiterfahrt verhindern und hilft so bei der Suche nach der Ursache, wenn sich der Zug nicht Bewegung setzen lässt. Der Baum wird so aufgeklappt, dass diese rot markierten Systeme sofort zu erkennen sind.

2.5.1.2 Registerkarte „Fahrzeugdateien“

Diese Liste zeigt die tatsächlich in der Simulation verkehrende Zugzusammensetzung des Spieler-Zuges an. Neben dem Dateinamen werden auch die Variantennummer in eckigen Klammern und ggf. weitere Sondereinstellungen der Fahrzeuge aufgeführt. Ein Doppelklick auf eine Datei öffnet diese in der Standardanwendung (im Regelfall der Fahrzeug-Editor).

2.5.1.3 Registerkarte „Zugdaten“

Diese Aufstellung liefert Informationen über die Eingangsdaten des Autopiloten für den Zug, in dem sich der Spieler befindet. Wenn der Autopilot einmal unerwartetes Fahrverhalten zeigt, kann die Ursache mit den Angaben dieser Registerkarte diagnostiziert werden. Die Daten stehen auch zur Verfügung, wenn der Autopilot gar nicht aktiv ist. Die Tabelle im unteren Teil zeigt an, welche aus der Strecke ausgelesenen Daten gerade für das Fahrverhalten des Autopiloten relevant sind. Einträge mit negativer Entfernung liegen hinter der aktuellen Zugspitze, sind aber noch zu beachten (z.B. die Geschwindigkeitsinformation des letzten passierten Signals). Die Vorausschau (Einträge mit positiver Entfernung) endet am nächsten haltzeigenden Signal oder in der Entfernung der Zugpriorität.

2.5.1.4 Registerkarte „Fahrdaten“

Diese Liste zeigt die aktuellen physikalischen Größen für den vom Spieler besetzten Zug, was besonders für die Entwickler von Fahrzeugmodellen interessant ist. Im oberen Abschnitt finden sich die Daten des führenden Fahrzeugs, also typischerweise der ersten Lok (ist das erste Fahrzeug ein Steuerwagen, dann werden hier die Daten des Steuerwagens angezeigt). Im mittleren Abschnitt findet man Summenwerte des gesamten Zuges. Im unteren Abschnitt werden Konstanten angezeigt, die sich während der Fahrt des Zuges nicht ändern.

2.5.1.5 Registerkarte „Sicherungssysteme“

Hier werden Informationen zum internen Zustand der Zugbeeinflussungssysteme des Spieler-Zuges angezeigt, zum Beispiel, in welchem Modus sich die LZB befindet und welches System verbaut ist.

2.5.1.6 Registerkarte „Fahrplan“

Hier wird der Zusi-interne Fahrplan des vom Spieler besetzten Zuges in Textform angezeigt.

2.5.1.7 Registerkarte „Zugübersicht“

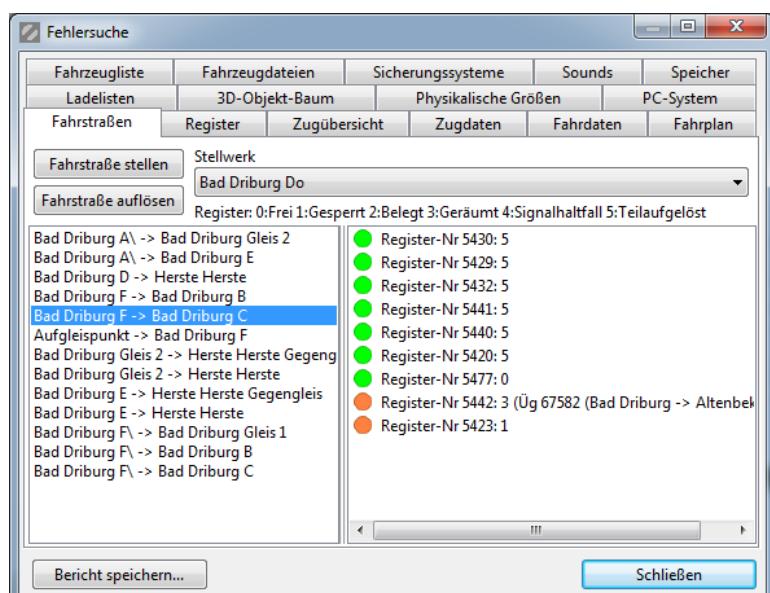
Diese Aufstellung liefert Informationen über Geschwindigkeit und Position der Züge. Züge in Klammern sind noch nicht aufgegelistet, Züge die ihre Fahrt bereits abgeschlossen haben, werden nicht aufgeführt.

2.5.1.8 Registerkarte „Fahrstraßen“

Die Funktion liefert Informationen über den Zustand der Fahrstraßenregister und ermöglicht das probeweise Schalten und Auflösen von Fahrstraßen. Nach dem Aufrufen aus der laufenden Simulation wird bereits das Stellwerk selektiert, das für den selbst gefahrenen Zug gerade zuständig ist sowie die erste Fahrstraße des nächsten folgenden Signals.

Stellwerk: Eine Liste aller Stellwerke in der geladenen Simulation. Nach Auswahl eines Stellwerks werden die verfügbaren Fahrstraßen links aufgelistet. Eine Fahrstraße kann nur gestellt werden, wenn alle Register einen grünen Status haben.

Register: Nach dem Anklicken einer Fahrstraße werden alle Register der Fahrstraße mit ihrem Status rechts aufgeführt.



Hinweis: Ein Zug, für den auf dieser Registerkarte von Hand eine Fahrstraße geschaltet wurde, oder dessen Fahrstraße von Hand aufgelöst wurde, fällt in der Regel aus der Fahrplanlogik des Simulators heraus, und bekommt im weiteren Simulationsverlauf keine Fahrstraßen mehr durch die Automatik zugewiesen.

2.5.1.9 Registerkarte „Register“

Hier werden fahrstraßenweise sämtliche Fahrstraßen-Register mit ihrem Zustand aufgelistet. Der hinter der Registernummer angegebene Status entspricht der Legende im Register „Fahrstraßen“. Beim Vergleichen der Register mit der st3-Datei im 3D-Eitor ist zu beachten, dass die Nummern der Register im Simulator beim Laden mehrerer Streckenmodule neu nummeriert werden, da jede Registernummer streckenweit nur einmal vergeben sein darf.

2.5.1.10 Registerkarte „Sounds“

Diese Liste liefert Informationen zur aktuellen Lautstärke und Abspielgeschwindigkeit der geladenen Sounds (auch 3D-Sounds aus der 3D-Welt), um Fahrzeugerstellern die Fehlersuche zu erleichtern.

2.5.1.11 Registerkarte „Speicher“

Hier wird der Speicherbedarf der Fahrplan- (ohne Fahrzeuge, Sounds usw.), der Strecken- sowie der 3D-Rohdaten (reine Geometrie und Textur-umfänge) aufgeführt. Die 3D-Dateien werden einzeln aufgeführt mit Speicherbedarf und Anzahl der aktuellen Verwendungen. Ein mehrfach verwendetes Objekt belegt seinen Speicher nur einmal.

2.5.1.12 Registerkarte „Ladelisten“

Wenn auf dieser Registerkarte Dateinamen angezeigt werden, dann befindet sich der Simulator für diese Objekte im Laderückstand. Sie fehlen in der Simulation, bis sie geladen wurden. Das Nachladen erfolgt sowohl während der laufenden Simulation als auch im Pause-Modus.

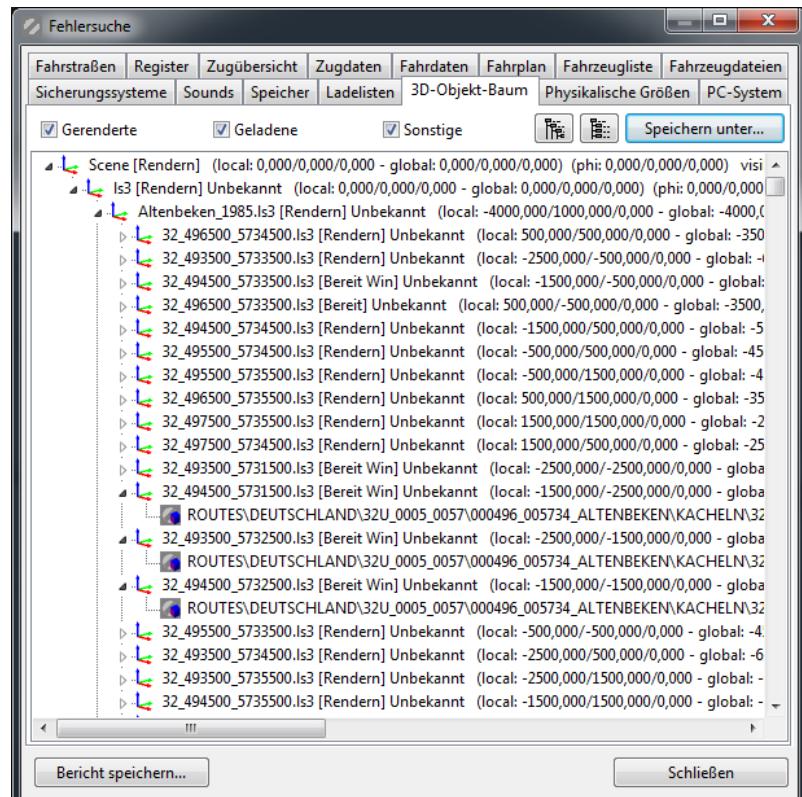
„HD:“ bedeutet, dass die Daten noch gar nicht geladen sind, während mit „DX:“ gekennzeichnete Dateien bereits im Hauptspeicher sind, aber noch auf die Grafikkarte übertragen werden müssen.

2.5.1.13 Registerkarte „Objektbaum“

Der Objektbaum stellt die 3D-Objekte in der Simulation in einer Baumansicht dar. Hier lässt sich feststellen, welche 3D-Objekte gerade geladen sind und welchen Status sie haben. Die Einträge werden in den folgenden Kapiteln im Detail erläutert. Mit den drei Kontrollkästchen oben lässt sich die Auswahl der dargestellten Objekte filtern.

2.5.1.13.1 Name

Der komplette Pfad einer ls3-Datei wird hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht angegeben. Bei Signalen wird die Bezeichnung des Signals angegeben.



2.5.1.13.2 Status (in eckigen Klammern)

Schlummern: Nur Objektdaten bekannt, Objekt ist nicht geladen.

Warten laden: Objekt soll geladen werden, wartet aber noch darauf, an die Reihe zu kommen.

Sofort laden: Objekt muss sofort und nicht im Hintergrund geladen werden.

Lädt Win: Objekt wird gerade von der Festplatte geladen.

Bereit Win: Objekt ist fertig von der Festplatte geladen.

Lädt DX: Objekt wird gerade in die Grafikkarte geladen.

Bereit: Ist fertig geladen, wird aber nicht gezeichnet (z.B. außerhalb Sichtfeld).

Rendern: Wird aktuell gezeichnet.

Löschen: Objekt soll gelöscht werden.

Ladefehler: Es ist ein Fehler aufgetreten, z.B. Datei nicht gefunden oder fehlerhaft.

2.5.1.13.3 Position

„local“ bezeichnet die Lage (x/y/z) gegenüber der übergeordneten Datei. „global“ die absolute Lage (hier unter „phi“ auch noch zusätzlich mit den Winkeln) im globalen Koordinatensystem.

2.5.1.13.4 Sichtbarkeit

„visible x to y“ zeigt an, in welchem Abstand das Objekt gezeichnet werden soll, also wenn der Abstand zum Betrachter zwischen x und y liegt.

2.5.1.13.5 Abstände

Unter „R“ wird der Boundingradius angezeigt, „distance“ ist der Abstand zum Koordinatenursprung der Datei und „netto“ ist die Differenz, also der letzten Endes maßgebende Abstand für die Entscheidung, ob das Objekt zu zeichnen ist.

2.5.1.14 Registerkarte „Physikalische Größen“

Hier werden alle von dieser Zusi-Version unterstützten physikalischen Größen aufgelistet. Diese Liste findet sich auch in der Dokumentation zum Datenformat. Sollte aber z.B. nach Versionsänderungen Unklarheit herrschen, was der Simulator wirklich verwendet, dann kann das hier überprüft werden.

2.5.1.15 Registerkarte „PC-System“

Diese Auflistung liefert Informationen zum Rechner, auf dem der Simulator läuft und die Versionen der installierten Zusi-Programmkomponenten. Bei Hilfeanfragen zu Hard- oder Softwareproblemen sollte diese Liste komplett vom Fragesteller mitgeschickt werden.

2.5.2 Meldungsfenster anzeigen

Durch Rechtsklick in das Meldungsfenster lassen sich die Meldungen auswählen, die Zusi in diesem Fenster ausgeben soll.

Rote Meldungen (Fatale Fehler) sind schwerwiegende Störungen, die ein Fortsetzen der Simulation meistens unmöglich machen.

Bei **gelben Meldungen** (Warnungen) handelt es sich um schwerwiegende Fehler mit Auswirkungen auf den Simulationsablauf, die aber nicht immer zwingend zum Abbruch der Simulation führen müssen. Häufig entstehen sie durch Fehler im Datenbestand (z.B. fehlende Dateien), die behoben werden sollten. Daher sollten rote und gelbe Meldungen immer eingeschaltet sein. Über gelbe Meldungen eines Addons sollte entweder der Addon-Autor verständigt werden, oder wenn dieser nicht bekannt ist, ersatzweise eine Meldung im Zusi-Forum (<http://forum.zusi.de>) erfolgen.

Dunkelrote Meldungen (Hilfe-Meldungen) geben in manchen Situationen Hilfestellungen für Anfänger.

Blaue Infomeldungen und **grüne Fehlersuche-Meldungen** sind normalerweise nur für Entwickler und Addon-Autoren bei der Fehlersuche interessant, und sollten im Normalbetrieb nicht aktiviert sein. Die Ausgabe der Meldungen selbst hat auch Auswirkungen auf die Performance des Systems. Auch deshalb sollten im Normalfall nur die roten und gelben Meldungen aktiv sein.

2.5.3 Letzten Befehl anzeigen

Das zuletzt produzierte Befehlsformular wird noch einmal angezeigt. Die Befehle werden bei der Erstellung als html-Datei im temp-Verzeichnis abgelegt und von dort eingelesen.

2.5.4 Updates, Add-Ons...

Es wird die Verwaltung aufgerufen und direkt das Fenster gestartet, über welches sich neue Versionen vom Zusi-Server installieren lassen.

2.6 Bewertung am Ende der Fahrt

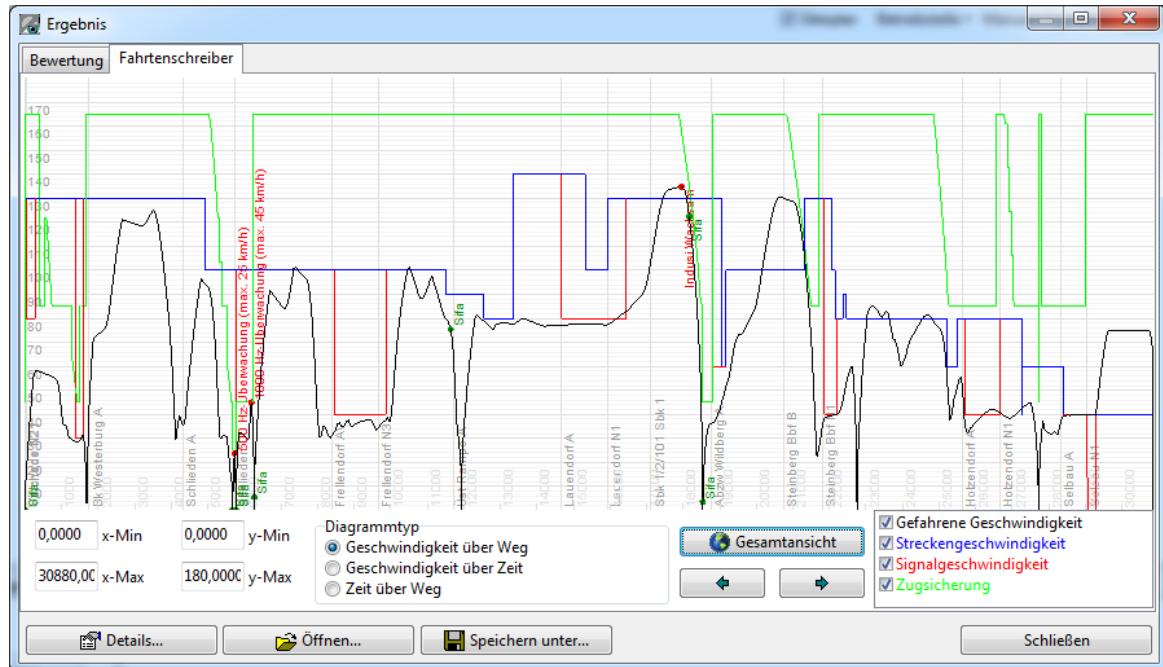
Das Bewertungsfenster erscheint am Ende der Fahrt bzw. zu folgenden Anlässen:

- In dem Moment, in dem der eigene Zug aus der Simulation entfernt wird
- Wenn Zusi komplett beendet wird
- Wenn man den eigenen Zug in der Zugauswahl löscht, während man ihn fährt

Der „Erfolg“ des virtuellen Triebfahrzeugführers hinsichtlich Sicherheit, Pünktlichkeit und Wirtschaftlichkeit wird in einer Prozentzahl ausgedrückt. Eine Bewertung von 100% ist erreichbar, wenn es während der Fahrt keine Abzüge in den aufgeführten Bewertungskategorien gegeben hat, und die End-Betriebsstelle des Zuges erreicht wurde. Darüber hinaus führt die Nutzung folgender Simulator-Funktionen zu pauschalen Abzügen von der Prozentzahl: Einblendung der zusätzlichen Fahrtinfos mit der Taste „F8“, Nutzung des Autopiloten (Taste „F3“), Reduzierung des Schwierigkeitsgrades im Menü „Einstellungen → Simulation“ oder ein Aufruf der Funktion „Fehlersuche“. Eine Entgleisung oder ein überfahrenes Haltsignal führt immer zum Ergebnis 0%. Die Energiebilanz fließt nur in die Bewertung ein, wenn Sollwerte im Fahrplan hinterlegt sind.

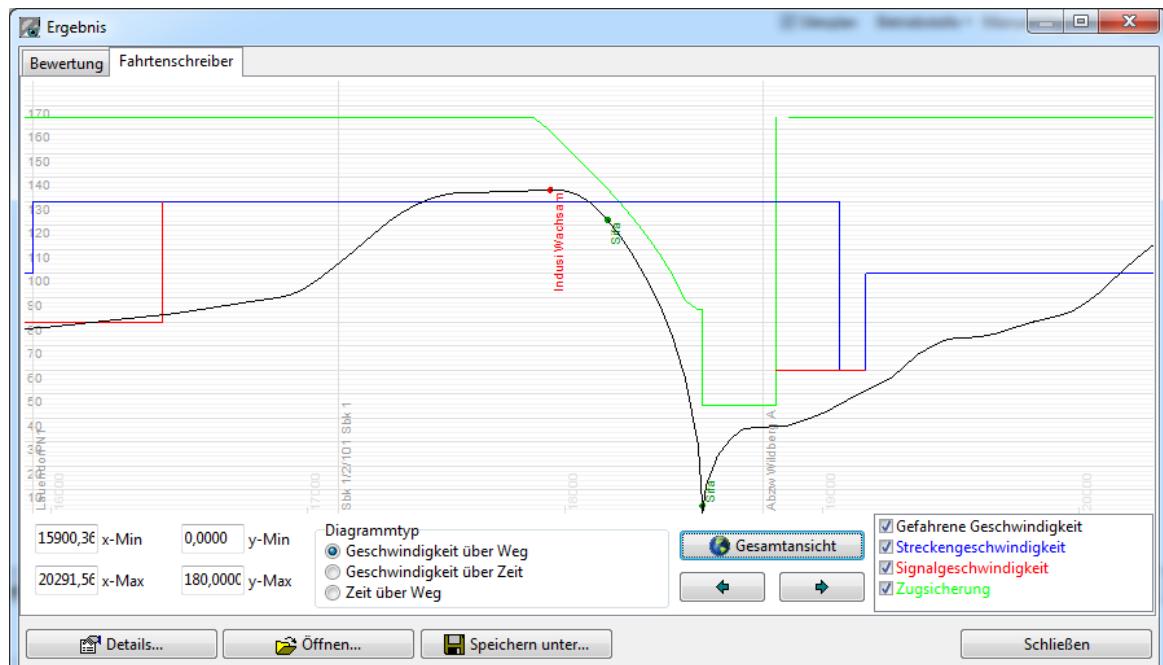
Ergebnis			
Bewertung	Fahrtenschreiber		
0 x	Unfälle/Entgleisungen	100 %	Abzug vMax-Überschreitung
0 x	Haltsignal überfahren	896,49	Energieverbrauch [MJ]
0 x	Zwangsbremssungen (Zugsicherung)	249,03	Energieäquivalent [kWh]
0 x	Zwangsbremssungen (Sifa)	29,88	Energieäquivalent [Liter Diesel]
0 x	Pfeife nicht betätigt	27,17	Energieäquivalent [kg Kohle]
0 x	Verpäßte Planhalte	0,00	Soll-Energieverbrauch [MJ]
0 x	Abfahrt ohne Auftrag	--	Abzug Energieverbrauch
0	Verspätung (Durchschnitt) [min]		Autopilot benutzt
0	Verspätung (maximal) [min]		
0 x	Schlechter Fahrstil		
0 x	Vor Bü (o.ä.) nicht angehalten		
0 x	Tüffreigabe: vergessen		
		Ergebnis	0,0 %
Details... Öffnen... Speichern unter... Schließen			

Auf der Registerkarte „Fahrtenschreiber“ wird der grafische Verlauf der Fahrt dargestellt. Es gibt drei Darstellungen: Geschwindigkeiten über Zeit und Weg sowie Zeit über Weg. Bei den beiden erstgenannten Fällen werden die in folgendem Bild zu sehenden Kurven eingeblendet:



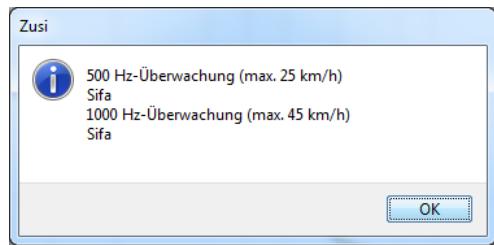
In der dritten Grafikdarstellung wird die Fahrplantrasse in magenta mit eingeblendet. „Streckengeschwindigkeit“ ist die in den Streckenelementeigenschaften hinterlegte Geschwindigkeit. Wenn die Streckengeschwindigkeit durch Signale herabgesetzt ist, erscheint die rote Linie. Grün dargestellt ist die Überwachungskurve der Zugbeeinflussung.

Über die Felder unten links lässt sich das Diagramm skalieren, Zoom ist auch durch Überstreichen der Grafik mit der gedrückten linken Maustaste möglich, so dass ein Teil der Grafik herausgezoomt wird:



Jetzt kann mit den beiden Pfeilen unter „Globalansicht“ schrittweise durch die Fahrt gescrollt werden. „Globalansicht“ zeigt dann wieder die gesamte Fahrt.

Bedienungs- und Fahrfehler werden mit entsprechendem Text in der Fahrkurve angezeigt. Liegen sie so eng beieinander, dass sie schlecht lesbar sind, so hilft ein Klick auf die Punkte. Es öffnet sich dann ein kleines Fenster, das alle Ereignisse in der Nähe auflistet.



Über den Schalter „Details“ lassen sich für Archivierungszwecke eine beliebige Tf-Nummer und Bemerkungen eingeben. Mit dem Knopf „Speichern“ kann das Fahrtenschreiber-Ergebnis als Datei abgespeichert werden.

Hinweise: Bei den alten PZB-Systemen ohne Bremskurven erscheint keine grüne PZB-Kurve, da diese Systeme schlichtweg keine haben (z.B. Indusi I54, I60).

Hinweise zur Bewertungskategorie „Pfeiftafel mißachtet“: Es wird geprüft, ob im Bereich vor oder hinter dem in der Strecke hinterlegten Pfeifen-Ereignis die Pfeife bedient wurde. Dabei wird eine gewisse räumliche und zeitliche Toleranz beachtet, um hohen und niedrigen Fahrtgeschwindigkeiten Rechnung zu tragen. Bitte beachten: Bei Streckenmodulen, die in den 1980er Jahren oder älter angesiedelt sind, kann auch ein Pfeifen bei Einfahrt in Tunnel gefordert sein. Damals war es noch üblich, bei der Einfahrt in einen Tunnel zu pfeifen, um Streckenläufer im Tunnel zu warnen.

2.7 Bedienung während der Fahrt

Für Anfänger empfiehlt sich eine Fahrt in der Demoversion mit Fahrschulassistent, dort werden während der Fahrt alle Handlungen erläutert. Sonst hilft im „Notfall“ das Einschalten des Autopiloten, der weiß immer, was zu tun ist, wenn der Zug mal gar nicht mehr will und bringt alle Systeme wieder in den Grundzustand. Die folgenden Seiten geben einen kurzen Überblick über die Bedienungsabläufe während der Fahrt.

2.7.1 Bremsen

Es stehen je nach Fahrzeugbauart mehrere Systeme zum Abbremsen des Zuges zur Verfügung.

Die wichtigste ist die indirekte Druckluftbremse, die über das Führerbremsventil betätigt wird und den gesamten Zug bremst. Diese ist standardmäßig in jedem Zug vorhanden.

Weiter hinten folgt noch ein eigenes Kapitel zur Bremstechnik, das tiefergehende Informationen zur Technik und Entwicklung darlegt.

2.7.1.1 Gleiten

Bei zu starken Bremsungen können die Räder blockieren und auf den Schienen gleiten (Verschleiß, geringe Bremswirkung). Hat die Lok einen Gleitschutz (vergleichbar mit ABS beim Auto), leuchtet der zugehörige Melder und der Tacho zeigt 0 km/h an. In dem Fall ist die Bremse wieder zu lösen und Sand zu streuen.

2.7.1.2 Indirekte Druckluftbremse

Durch den Zug läuft die Hauptluftleitung (als „HL“ oder „HII“ bezeichnet), über die sämtliche Waggons zentral gebremst werden können. Bei einem Druck von 5 bar in der HII ist die Bremse gelöst, bei 3,5 bar wird die volle Bremskraft erzeugt. Zu beachten ist, dass das System trügerisch wird, je länger der Zug ist. Der tatsächlich an der Bremse wirkende Druck folgt der Ansteuerung über die HII nur langsam. Für die Lok kann man das auf der Bremszylinderdruck-Anzeige (0 bar = keine Bremskraft) verfolgen. Weiter hinten im Zug laufende Fahrzeuge folgen zeitverzögert.

Mit Hilfe des Führerbremsventil (FbV) wird auf der Lok der gewünschte Druck in der Hauptluftleitung eingestellt, also 5 bar bei normaler Fahrt und bis zu herunter bis 3,5 bar bei einer Vollbremsung.

Die Bedienung des Führerbremsventils kann je nach Bauart recht unterschiedlich sein. Zwei Standardausführungen sollen hier näher erläutert werden, das klassische Knorr-Einheitsbremsventil und die modernere D2-/D5-Bauart (standardmäßig Tasten „+“ und „-“ im Zehnerblock):

2.7.1.2.1 Stellungsabhängiges Führerbremsventil

Zunächst (da einfacher) das modernere stellungsabhängige Führerbremsventil, typische Vertreter sind D2/D5 und seine moderneren Nachfahren: Es gibt eine Stufe „Fahrt“, die 5 bar konstant regelt. Für das Bremsen gibt es mehrere feste Druck-Stufen z.B. 4,6 bar - 4,45 bar - 4,3 bar usw. bis 3,5 bar. Zum Bremsen wird das FbV also ein paar Stufen zurück geschaltet, und je weiter zurückgestellt wird, desto niedriger wird der eingestellte Druck und damit die Bremskraft entsprechend höher. Als letzte Stufe gibt es die Schnellbremsstellung für Notfälle, bei der die HII schnell komplett entlüftet wird. Damit man nicht versehentlich bis in die Schnellbremsstufe durchschaltet, sollte diese in Zusammensetzung mit einer kleinen Sperre versehen sein: Die Taste muss ca. 0,5 s gedrückt gehalten werden, bevor es weiterschaltet. Oberhalb der „Fahrt“ gibt es noch die Füll-Stufe, mit der die HII schnell aufgefüllt wird. Übermäßige Bedienung führt zur Überladung der Bremse. Da die Bremswirkung direkt von der Stellung des Bedienhebels abhängt, wird diese Bauart „stellungsabhängiges Führerbremsventil“ genannt.

2.7.1.2.2 Zeitabhängiges Führerbremsventil

Das zeitabhängige Führerbremsventil (besonders verbreitet ist die Bauart Knorr 8) hat keine festen Druckstufen, sondern nur eine Position „Bremsen“ und eine „Abschlußstellung“. Solange man in „Bremsen“ steht, wird die HII entlüftet, der Druck in der HII sinkt also kontinuierlich womit die Bremskraft steigt. Beim Zurückstellen auf Abschluß wird der erreichte Druck konstant gehalten, also Bremsen mit konstanter Kraft. Zum Lösen der Bremse muss wieder auf „Fahrt“ gestellt werden. Mit erneutem Zurückstellen auf „Abschluß“ kann der Lösevorgang angehalten werden. Wenn man also z. B. aus normaler Fahrt heraus mit 4 bar HII-Druck verzögern möchte, stellt man das FbV von „Fahrt“ auf „Bremsen“, beobachtet den sinkenden HII-Druck im Manometer und wenn 4 bar HII-Druck erreicht ist, schaltet man zurück auf Abschluß. Die 4 bar werden dann konstant gehalten.

2.7.1.3 Zusatzbremse

Diese Bremse wirkt nur direkt auf die Bremszylinder der Lok und spricht darum sehr schnell an. Sie kann z.B. zum Festhalten des Zuges bei einem Halt im Gefälle benutzt werden. Es gibt drei Positionen: Bremsen, Mittel, Lösen. Halten der Bremsposition füllt den Zylinder mit Druck, die Bremskraft steigt. Mittel hält die aktuelle Kraft konstant, Lösen lässt den Druck entweichen, die Bremse wird vollständig gelöst (standardmäßig Tasten „#“ und „+“).

2.7.1.4 Dynamische Bremse

Die dynamische Bremse ist sehr verschleißarm und darum vor der Druckluftbremse zu benutzen. Wenn die Bremskraft nicht ausreicht, muss die Druckluftbremse zusätzlich benutzt werden.

Die dynamische Bremse wirkt nur in der Lokomotive, wobei es verschiedene Ausführungen gibt (insbesondere hydrodynamisch und elektrisch als Nutz- und Widerstandsbremse).

Die dynamische Bremse wird in der Regel über einen separaten Hebel am Führerbremsventil betätigt, der mit dem normalen FbV gekoppelt ist, aber auch ausgeklinkt werden kann.

Wenn der Hebel für die dynamische Bremse direkt betätigt wird, kann die dynamische Bremse unabhängig von der indirekten Druckluftbremse bedienen (standardmäßig Tasten „3“/„6“/„9“ im Zehnerblock - „6“ schaltet die Bremse sofort aus).

2.7.1.5 Magnetschienenbremse

Die Magnetschienenbremse (Mg-Bremse), bei der Schleifer mit Magnetkraft auf den Schienenkopf abgelassen werden, wird nicht für normale Bremsungen benutzt, sondern ist nur für Notfälle vorgesehen. Darum ist sie an den Druck in der Hauptluftleitung gekoppelt und schaltet sich bei sehr niedrigem Druck automatisch ein. Bei manchen Fahrzeugen kann sie auch manuell über einen separaten Schalter aktiviert werden (standardmäßig Taste „M“).

2.7.2 Fahren

In diesem Abschnitt geht es um das Erzeugen der Zugkraft, um den Zug in Bewegung zu setzen. Die meisten Fahrzeuge haben eine feste Anzahl Fahrstufen, in denen das Antriebssystem arbeiten kann. Je höher die Fahrstufe ist, desto mehr Zugkraft bzw. Leistung wird erzeugt. In der Regel gibt der Lokführer nur die Fahrstufe per Fahrschalter vor und die Antriebsregelung stellt dann diesen Zustand her, was durchaus mehrere Sekunden in Anspruch nehmen kann.

Wenn der Zug in Bewegung gesetzt werden soll, dann schaltet man also ein paar Fahrstufen auf (standardmäßig die Tasten ↑/↓ im Zehnerblock). Zum Anfahren ist zunächst nicht so viel Leistung nötig. Als Anhaltspunkt hilft ein Blick in die Schummelanzeige - einen Beschleunigungswert von über $0,5 \text{ m/s}^2$ sollten vermieden werden. In Fahrstufe Null rollt der Zug ohne Antriebsleistung.

2.7.2.1 Schleudern

Bei zu starken Antriebskräften drehen die Räder auf der Schiene durch. Erkennbar ist das an der auf einem höheren Niveau zitternden Tachonadel. Das führt dann schnell zum Abschleifen der Schienenköpfe und auch zu hoher Beanspruchung im Antriebssystem der Lok. Außerdem werden nur noch geringe Antriebskräfte übertragen, da jetzt der Gleitreibungskoeffizient zwischen Rad und Schiene wirksam ist, der deutlich geringer ist als der bei rollendem Rad wirksame Haftreibungskoeffizient. Besonders beim Anfahren und auf glitschigen Gleisen neigen Lokomotiven zum Schleudern, es ist dann sofort solange die Antriebsleistung zurückzunehmen bis die Räder wieder rollen. Als Hilfsmittel kann Sand gestreut werden (standardmäßig Taste „S“), der die Reibung zwischen Rad und Schiene verbessert.

2.7.2.2 Fahrschalter

Mit dem Fahrschalter wird die gewünschte Fahrstufe gewählt. Bei dieselhydraulischen Loks muss erst einen Moment in Stufe 1 verharrt werden, bis der Wandler gefüllt ist (der Leuchtmelder „Getriebe“ muss wieder erloschen sein - falls vorhanden).

Es gibt zwei grundlegende Fahrschaltertypen:

2.7.2.2.1 Stufenschalter

Beim klassischen Fahrschalter gibt es für jede Fahrstufe des Antriebs eine eigene Raste. Will man also z.B. in Stufe 8 fahren, schaltet man den Schalter von 0 aus acht Rasten weiter.

2.7.2.2.2 Auf-/Ab-Steuerung

Bei der Auf-/Ab-Steuerung gibt es nur die Stufen Ab/Fahren/Auf, ggf. auch Aus/Ab/Fahren/Auf. Will man hier auf Fahrstufe 8 schalten, so muss man den Schalter in Auf legen und warten, bis die Fahrstufen auf 8 hochgelaufen sind (in der Regel gibt es auf solchen Fahrzeugen eine Fahrstufenanzeige). Ist die 8 erreicht, legt man den Schalter auf „Fahren“. Jetzt wird die Stufe konstant gehalten. Mit „Ab“ werden nach gleichem Schema die Fahrstufen heruntergeschaltet.

„Aus“ stellt den Antrieb sofort ab.

2.7.2.3 Nullstellungszwang

Nach Zwangsbremsungen oder nach Eingriff per Führerbremsventil kann keine Leistung mehr aufgeschaltet werden, bis der Fahrschalter einmal in die Nullposition zurückgelegt worden ist. Diese Sicherheitsmaßnahme soll verhindern, dass der Zug unbeabsichtigt wieder Fahrt aufnimmt. Der Zustand wird nicht extra angezeigt, sondern macht sich nur dadurch bemerkbar, dass bei Bedienung des Fahrschalters keine Zugkraft mehr erzeugt wird.

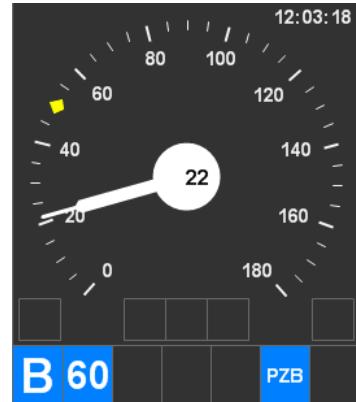
2.7.2.4 AFB

Beim klassischen Fahrschalter muss die Leistung für das Einhalten einer konstanten Geschwindigkeit häufig nachgestellt werden, z.B. bei Neigungsänderungen. Einen deutli-

chen Komfortgewinn bringt daher die AFB moderner Lokomotiven, die wie ein Tempomat im Kfz eine eingestellte Geschwindigkeit konstant hält.

Um mit AFB zu fahren, muss diese zunächst angeschaltet werden (standardmäßig Taste „A“), der Fahrschalter/Zugkraft-Steller muss dabei in Stufe 0 sein. Jetzt wird mit dem AFB-Geschwindigkeits-Steller die Wunschgeschwindigkeit die Soll-Geschwindigkeit im Tacho mit dem kleinen roten oder gelben Zeiger angezeigt, wie im nebenstehenden Bild für 50 km/h eingestellt (standardmäßig Tasten „1“/„4“/„7“ im Zehnerblock - „4“ schaltet sofort auf 0 km/h).

Nach Lösen der Bremse und Einstellen einer maximalen Zugkraft setzt sich der Zug in Bewegung und hält konstant die eingestellte Geschwindigkeit. Wenn der Zug vor einem Bahnhof ausrollen soll, dann stellt man den Fahrschalter auf null und lässt die AFB-Sollgeschwindigkeit unverändert. Wenn die Sollgeschwindigkeit nämlich niedriger als die aktuelle Fahrgeschwindigkeit ist, wird durch die AFB stark gebremst.



Die AFB kann eine automatische Haltebremse haben. Diese wirkt, sobald der Zug steht und Fahrstufe/Zugkraft null gewählt ist. Sobald Leistung aufgeschaltet wird, löst sich die Bremse automatisch und der Zug fährt an. Das Führerbremsventil bleibt dabei unberührt in Fahrtstellung.

2.7.3 Türen

Je nach Fahrzeugausrüstung muss sich der Lokführer bei Reisezügen auch um das Freigeben und Schließen der Türen kümmern. Das wirksame System ergibt sich aus den Systemen aller Fahrzeuge im Zugverband, es wird der kleinste gemeinsame Nenner gebildet und im Zugdaten-Fenster angezeigt. Folgende Systeme sind bei Zusi vorhanden:

2.7.3.1 Kein Türschließsystem

Hierbei handelt es sich um das klassische Verfahren, bei dem sich der Zugführer um die Türen kümmert und dem Lokführer den Abfahrtauftrag gibt, wenn die Türen gesichert sind und der Zug abfahren darf. Es erscheint zur Abfahrtszeit der grüne Abfahrt-Melder (in Deutschland Zp 9) unten links im 3D-Fenster. Dann darf der Lokführer sofort losfahren. Die Türen können durch das System TB5 gesichert sein, was ein Öffnen über 5 km/h verhindert. Auf den Ablauf bei der Abfertigung hat das aber keinen Einfluss. Beim Anhalten muss der Lokführer nichts weiter beachten.

2.7.3.2 SAT

Die Selbstabfertigung (SAT) wurde von der Bundesbahn in den 1980er Jahren eingeführt, als man vor allem auf schwächer frequentierten Linien zur Einsparung von Personalkosten das Fahren ohne separaten Zugführer einföhrte. Erste Fahrzeuge waren die Triebwagen-Baureihen 796 und 628.

Der Lokführer übernimmt also die Zugführeraufgaben und ist damit auch für die Türen verantwortlich. Er muss vor dem Halt am Bahnsteig über den Seitenwahlschalter die freizugebende Seite auswählen (in Zusi standardmäßig Tasten „Einfo“ und „Pos 1“) und

passend zur Abfahrtzeit die Türen wieder verriegeln, indem er den Seitenwahlschalters auf „Zu“ zurückstellt. Dabei muss er auch durch Hinsehen sicherstellen, dass an den Türen niemand gefährdet wird. Es erfolgt mangels Zugführer kein Abfahrauftrag, sondern der Lokführer fährt selbstständig zur planmäßigen Abfahrtzeit ab.

Typische Anwendung: 628, 614/624/634 (nach Modernisierung), S-Bahn-Wagenzüge, 420, Rückfallebene für TAV.

2.7.3.3 TB0

TB0 (Türblockierung ab 0 km/h) wurde 2001 eingeführt und hält die Türen verschlossen, bis der Lokführer sie mit dem TB0-Taster freigibt. Eine Seitenwahl ist nicht möglich.

Der Lokführer muss die Türen vor dem Halt am Bahnsteig freigeben, indem er den Türentaster (standardmäßig Taste „T“) drückt. Bei Unterschreitung von 20 km/h ertönt ein hoher Piepton, der an das Freigeben der Türen erinnert. Die Türen sind durch die in den Wagen eingebauten Systeme gegen ein Öffnen vor dem Stillstand gesichert, auch wenn der Lokführer schon den Taster betätigt hat. Um das Schließen kümmert sich der Zugführer. Der Abfahrauftrag erfolgt mit dem grünen Zp 9-Melder links unten im 3D-Fenster.

Typische Anwendung: IC-Züge, Regionalzüge alter, einstöckiger Bauart.

2.7.3.4 SST

Die seitenselektive Türsteuerung arbeitet wie TB0, allerdings kann über den Seitenwahlschalter die Ausstiegsseite festgelegt werden. Die Abfertigung erledigt das Zugpersonal. Anschließend müssen die Türen durch Zurückstellen den Türen-Schalters verriegelt werden.

Aus Sicht des Triebfahrzeugführers sehr ähnlich wie SST funktioniert das Türsteuerungssystem der ICEs, es kann darum für Zusi durch das SST-System dargestellt werden. Das ICE-System wurde 1991 mit der Baureihe 401 eingeführt. Bei diesem System muss der Lokführer ebenfalls bei Anfahrt an den Bahnsteig die Türseite über den Seitenwahlschalter freigeben. Der Zustand der Türen wird dabei durch den Melder T ersichtlich (Dauerlicht: Türen offen, Blinklicht: Schließvorgang). Nach der Abfahrt muss der Seitenwahlschalter wie bei SST wieder in die Verriegelungsstellung zurückgedreht werden.

2.7.3.5 TAV

Beim technikbasierten Abfertigungsverfahren (TAV) arbeiten die Türen autonom, indem Lichtschranken sicherstellen, dass sich die Türen nur schließen, wenn niemand im Weg steht. Der Lokführer gibt kurz vor dem Halten über den Seitenwahlschalter eine Zugseite frei (in Zusi standardmäßig Tasten „Einfg“ und „Pos 1“). Zusätzlich müssen bei manchen TAV-Systemen über einen Taster (in Zusi standardmäßig Taste „T“) die Türen noch einmal explizit zum Öffnen freigegeben werden. Zur Abfahrtszeit dreht der Lokführer den Wahlschalter wieder auf „Zu“. Eine einmal geschlossene Tür bleibt dann verschlossen und sobald alle Türen geschlossen sind, leuchtet ein Melder auf dem Führerstand auf, die Traktionssperre des Fahrzeugs wird gelöst und der Lokführer darf losfahren. Ein Zugführer ist hierbei nicht nötig und es erfolgt auch kein Abfahrauftrag, sondern der Lokführer fährt selbstständig zur planmäßigen Abfahrtzeit ab.

Der Lokführer kann über einen Taster (standardmäßig Taste „Z“) ein Zwangsschließen einleiten. Das wird angewendet, wenn jemand in der Tür steht und damit die Abfahrt verzögert, da sich die Tür dann nie schließen würde.

Typische Anwendung: 423-426, 612, Doppelstockwagen.

2.7.3.6 UIC-WTB

Bei diesem System wird mit einem Drehschalter kurz vor dem Halt die Ausstiegsseite gewählt. Unter 2 km/h leuchtet einer blauer Melder „T“. Sind die Türen geöffnet, so leuchtet ein gelber Melder und der blaue erlischt. Für die Abfertigung ist der Zugführer zuständig. Sind alle Türen geschlossen erlischt der gelbe Melder und der blaue wird wieder aktiviert. Der Lokführer dreht dann den Seitenwahlschalter in „Zu“ und kann nach dem Abfahrauftrag des Zugführers abfahren. Der blaue Melder erlischt nach der Anfahrt wieder.

Typische Anwendung: Lok mit ÖBB-Hintergrund wie ER20 oder TAURUS, auch bei Verwendung in Deutschland.

2.7.3.7 Bedienung des Seitenwahlschalters

Der Seitenwahlschalter in der Ausführung als Drehschalter kann endlos („Zu“ → „Rechts“ → „Beide“ → „Links“ → „Zu“ → ...) gedreht werden, was sich mit der normalen Zusischalterfunktion nicht darstellen lässt. Deshalb hat der Seitenwahlschalter eine Sonderbedienung über die entsprechenden beiden Tasten (in Zusis standardmäßig Tasten „Einfg“ und „Pos 1“). Jeder Druck auf die Taste „Türen: Rechts“ dreht den Schalter in Rechtsrichtung eine Position weiter, entsprechend umgekehrt in Linksrichtung.

Soll die Funktion über ein Fahrpult per DirectX hergestellt werden, ist diese Ansteuerung so nicht möglich. Als Abhilfe kann in den Simulator-Einstellungen beim Türsystem der Fahrpultmodus aktiviert werden.

2.7.4 Sicherungssysteme

2.7.4.1 Sifa

Die Sicherheitsfahrschaltung (Sifa) stellt sicher, dass der Lokführer bei Bewusstsein ist, indem sie alle ca. 30 Sekunden das Drücken des Sifa-Schalters (standardmäßig Leertaste) erwartet und anderenfalls eine Zwangsbremse auslöst. Die im Detail etwas unterschiedlichen Systeme sind in [Kapitel 2.12.2.1](#) erläutert.

2.7.4.2 Zugbeeinflussung

Die Zugbeeinflussung überwacht die Einhaltung der Signale und Höchstgeschwindigkeiten. Es gibt zahlreiche sehr unterschiedliche Systeme, die in [Kapitel 2.12](#) erläutert sind.

2.8 Bahnbetrieb

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Grundlagen erläutert, nach denen der Bahnbetrieb abgewickelt wird. Es geht also kurz gesagt um die Frage, wann ein Zug/Fahrzeug wo wie schnell fahren darf. Das dafür erstellte Regelwerk ist meist komplex und länderspezifisch.

2.8.1 Deutschland

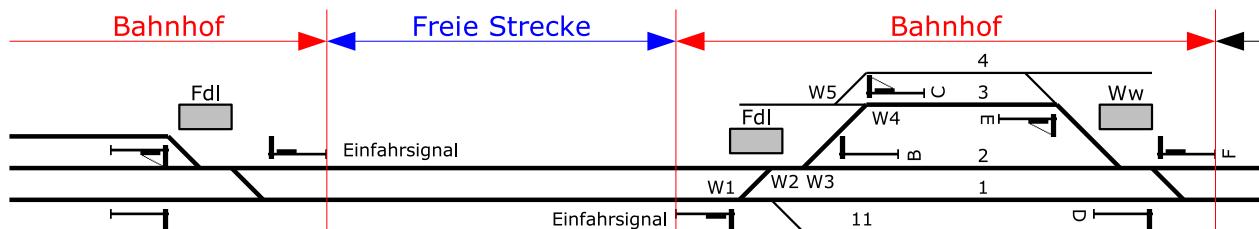
In Deutschland sind die Richtlinien 408 („Fahrdienstvorschrift“) und die Richtlinie 301 („Signalbuch“) die beiden wichtigsten Vorschriften für den Bahnbetrieb. Das Regelwerk ist ausgesprochen komplex und wird im folgenden stark verkürzt und damit auch vereinfacht wiedergegeben. Es sollen hier nur die grundlegenden Ansätze allgemeinverständlich dargelegt werden. Für eine vertiefte Beschäftigung mit dem Thema sind die genannten Vorschriften auf der Internetseite der DB Netz AG einsehbar.

2.8.1.1 Hauptsignal

Das Thema Signale wird später noch ausführlicher behandelt. Zum Verständnis der nachfolgenden Abschnitte muss aber das Hauptsignal kurz vorgestellt werden. Ein Hauptsignal gebietet im Grundzustand Halt (je nach Bauart rote Lampen oder ein waagerechter Flügel); das Signal darf dann von keinem Fahrzeug passiert werden. Wenn ein Fahrzeug in den Abschnitt hinter dem Signal einfahren darf, werden je nach Bauart gelbe/grüne Lampen oder schräg stehende Flügel angezeigt.

2.8.1.2 Bahnhof und freie Strecke

Das deutsche Betriebskonzept basiert konzeptionell auf althergebrachter Stellwerkstechnik mit örtlicher Besetzung: Für den Bereich eines Bahnhofs ist ein Fahrdienstleiter (Fdl) zuständig, der von seinem Stellwerk aus den Überblick über die Gleisanlagen hat. Ist der Bahnhof für ein Stellwerk zu groß, gibt es zusätzliche untergeordnete Weichenwärter (Ww) mit eigenen Stellwerken und Zuständigkeitsbereichen. Der von den Stellwerken aus kontrollierbare Bahnhofsgebiet wird durch Hauptsignale (Einfahrtsignale) begrenzt. Dort beginnt die freie Strecke, die bis zum Einfahrtsignal des nachfolgenden Bahnhofs reicht. Die Unterscheidung zwischen Bahnhof und freier Strecke ist fundamental und auch für das Fahrverhalten des Lokführers von großer Bedeutung.



Durch das Einfahrtsignal wird der Bahnhof gegenüber der Strecke gesichert. So lange das Signal auf Halt steht, kann der Fdl sicher sein, dass kein Fahrzeug unerwartet in den „Arbeitsbereich“ der Stellwerke eindringt.

Mit dieser grundlegenden Anordnung lassen sich zwei Arten von Fahrzeugbewegungen durchführen: Rangierfahrten und Zugfahrten. Es gilt dabei immer, dass sich kein Fahrzeug ohne Zustimmung des Fdl bewegen darf. Diese Regelung stellt sicher, dass sich keine Fahrzeuge unkoordiniert in den Gleisanlagen gefährden können. Schließlich hat nur der Fdl im Stellwerk den Überblick über alle Fahrzeugbewegungen.

2.8.1.3 Rangierfahrt

Eine Rangierfahrt findet nur innerhalb eines Bahnhofs statt und kommt grundsätzlich ohne Sicherungstechnik aus. Es wird sozusagen frei im manuellen Modus operiert. Wegen

der geringen technischen Absicherung darf nur maximal 25 km/h und auf Sicht gefahren werden. Der Lokführer muss also immer vor auftretenden Hindernissen anhalten können.

Beispiel: Ein im Bild oben in Gleis 3 eingefahrener Güterzug möchte einen Wagen in Gleis 11 abstellen. Es handelt sich um eine Bewegung innerhalb des Bahnhofs, also eine Rangierfahrt. Der Fdl klärt gemeinsam mit seinem Ww, ob keine anderen Fahrten gefährdet sind, stellt dann die Weichen und erteilt dem Lokführer per Funk die Zustimmung zur Rangierfahrt bis hinter die Weiche W1. Der Lokführer fährt daraufhin über das Halt zeigende Hauptsignal C und die Weichen W4, W3, W2 bis hinter die Weiche W1. Anschließend stellt der Fdl die Weichen in Richtung Gleis 11, erteilt dem Lokführer die Zustimmung zur Fahrt in Gleis 11 usw.

Wird in einem Bahnhof häufiger rangiert, sind in der Regel Rangiersignale vorhanden, welche gegenüber der Zustimmung per Funk etwas mehr Verwechslungssicherheit bieten und schnellere Abläufe ermöglichen. Die anfängliche Absprache zwischen Fdl und Lokführer, was überhaupt passieren soll, ist natürlich trotzdem erforderlich.

Charakteristisch für das Rangieren ist:

- Häufige Absprachen mit Fdl, aber keine weiteren übergeordneten Stellen beteiligt und keine weitergehende Vorplanung nötig
- Fahren nur innerhalb des Bahnhofs
- Fahren auf Sicht, max. 25 km/h
- Zustimmung des Fdl vor jeder Ingangsetzung der Rangierabteilung per Funk, Rangiersignal oder auch Handzeichen
- Gleise können durch andere Fahrzeuge belegt sein
- Andere Rangierabteilungen können im selben Gleis unterwegs sein
- Lok kann die Waggons ziehen oder schieben; ist die Sicht beim Schieben versperrt, muss ein Rangierbegleiter auf der Zugspitze stehen und den Lokführer per Funk oder Handzeichen verständigen
- Eine Weiche kann durch ein Versehen des Fdl oder ungenaue Absprache anders liegen als der Lokführer erwartet, weshalb die Weichen mit Weichensignalen versehen sind

2.8.1.3.1 Rangiersignale

Rangiersignale geben dem Lokführer Anweisungen zum Fahrverhalten beim Rangieren. Zum einen gibt es die Handzeichen „Wegfahren“ (Arm senkrecht schwenken), „Herkommen“ (Arm waagerecht schwenken) und „Halten“ (Arm kreisen), mit denen z.B. ein Rangierbegleiter auf der geschobenen Zugspitze Anweisungen zum Lokführer übermittelt. Weiterhin gibt es folgende Form- und Lichtsignale:

Wartezeichen: Ein Blech in W-Form, das nur für Rangierfahrten relevant ist. Diese müssen vor dem Signal warten, bis eine Zustimmung zur Weiterfahrt vom Stellwerk vorliegt. Meistens sind zwei weiße Lampen vorhanden, mit denen die Zustimmung signalisiert werden kann. Dieses Signal heißt Sh 1 (Westen) bzw. Ra 12 (Osten). Sonst ist eine mündliche Zustimmung nötig. Ist man als Zugfahrt unterwegs, kann man das Signal ignorieren.



Form-Gleissperrsignal: Ein drehbarer schwarzer Balken vor weißem Kreis. Das Signal gilt auch für Zugfahrten. Im Gegensatz zum Wartezeichen muss es daher z.B. am Standort eines Hauptsignals auch einen Fahrtbegriff anzeigen, wenn das Hauptsignal auf Fahrt steht.



Licht-Gleissperrsignal: Ein oder zwei rote Lampen bzw. zwei weiße Lampen (Sh 1/Ra 12). Am Standort von Lichthauptsignalen sind die beiden weißen Lampen meist in den Hauptsignal-Schirm integriert. Steht das Sperrsignal separat am Hauptsignal, ist es bei Fahrtstellung des Hauptsignals dunkel. Steht es alleine im Gleisfeld, zeigt es auch für Zugfahrten zwei weiße Lampen.



Rangierhalttafel: Die Rangierhalttafel Ra 10 steht in Richtung freie Strecke und kennzeichnet die Stelle, bis zu Rangierfahrten in Richtung Einfahrtsignal fahren dürfen. Da sich von der freien Strecke grundsätzlich ein Zug nähern kann, muss eine Rangierabteilung nämlich ausreichend Sicherheitsabstand zum Einfahrtsignal einhalten.



Ursprünglich galten Hauptsignale nicht für Rangierfahrten. Bei der DR wurde das zum 01.01.1962 geändert, bundesweit zum 18.12.1995. Seitdem muss also in Gesamtdeutschland eine Rangierfahrt vor einem Hauptsignal anhalten bzw. benötigt eine Zustimmung zur Vorbeifahrt.

2.8.1.4 Zugfahrt

Für eine Zugfahrt ist charakteristisch, dass sie auf die freie Strecke und mit hohen Geschwindigkeiten fährt. Wegen der damit verbundenen langen Bremswege sind im Gegensatz zur Rangierfahrt größere technische und organisatorische Maßnahmen nötig.

Die Zugfahrt findet von Hauptsignal zu Hauptsignal statt, und es muss sichergestellt sein, dass alle Weichen richtig liegen und der Fahrweg bis zum nächsten Hauptsignal frei ist, da der Lokführer aufgrund der höheren Geschwindigkeit nicht innerhalb der Sichtweite anhalten kann. Um das zu gewährleisten, sind auf dem Stellwerk technische Abhängigkeiten eingebaut. So lässt sich ein Hauptsignal nur auf Fahrt stellen, wenn alle betroffenen Weichen richtig liegen und die nachfolgende freie Strecke vom vorhergehenden Zug geräumt wurde. Sich widersprechende („feindliche“) Fahrstraßen können nicht gleichzeitig eingestellt werden usw.

Für eine Zugfahrt muss immer ein Fahrplan mit einer eindeutigen Zugnummer erstellt werden. Dieser liegt dem Lokführer und allen Stellwerken an der Strecke vor, um den korrekten Fahrtablauf sicherzustellen. Der Fahrplan enthält neben den zu befahrenden Gleisen und Fahrzeiten auch Angaben zu Höchstgeschwindigkeit, Zuglänge, Bremsvermögen usw.

Charakteristisch für eine Zugfahrt ist:

- Ein Fahrplan mit eindeutiger Zugnummer muss vorliegen und ist vorher vom Fahrplanbüro ausgearbeitet worden (auch für jeden nur einmalig fahrenden Sonderzug)
- Im Normalfall ist keine Kommunikation mit den Stellwerken nötig (die Abläufe regelt der Fahrplan)
- Fahrt erfolgt auf Hauptsignal, der Fahrtbegriff ist gleichzeitig die Zustimmung des Fdl zur Ingangsetzung des Zuges

- Fahrt beginnt im Bahnhof, geht auf die freie Strecke, endet im Bahnhof
- Der Lokführer kann sicher sein, dass sein Fahrweg frei ist und alle Weichen richtig liegen

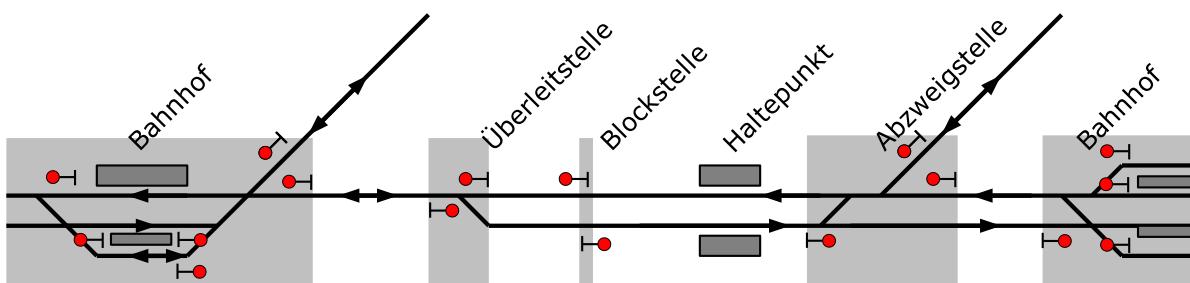
2.8.1.5 Hauptgleise/Nebengleise

Im Bahnhof wird zwischen Haupt- und Nebengleisen unterschieden. Auf Hauptgleisen können Zugfahrten durchgeführt werden (Rangierfahrten natürlich auch), wofür auch die nötigen Hauptsignale aufgestellt sind. Auf Nebengleisen kann lediglich rangiert werden. Im oben skizzierten Bahnhof sind die Nebengleise etwas dünner gezeichnet. Typische Anwendungen für Nebengleise sind Abstellgleise oder Anschlüsse von Ladestraßen und Güterschuppen.

Die Hauptgleise, die in Verlängerung der freien Strecke durch den Bahnhof führen, werden als „durchgehende Hauptgleise“ bezeichnet.

2.8.1.6 Betriebsstellen und Signalstandorte

Je nach Aufgabe werden im Bahnbetrieb verschiedene Typen von Betriebsstellen unterschieden, die das folgende Bild beispielhaft zeigt, wobei die roten Kreise typische Hauptsignalstandorte kennzeichnen.



Links und rechts sieht man je einen **Bahnhof (Bf)**, dort können Zugfahrten beginnen oder enden und es gibt mindestens eine Weiche. Bahnhöfe werden je nach Aufgabe benannt, z. B. Hauptbahnhof (Hbf), Güterbahnhof (Gbf), Rangierbahnhof (Rbf, früher Verschiebebahnhof - Vbf), Betriebsbahnhof (Bbf, wird nur für bahninterne Abläufe wie z. B. Zugkreuzungen gebraucht), um die wichtigsten zu nennen. Die meisten Bahnhöfe haben ein der freien Strecke zugewandtes Einfahrtsignal und an den für Ausfahrten vorgesehenen Gleisen Ausfahrtsignale. Diese Unterscheidung betrifft nur die Funktion der Signale, nicht unbedingt deren technische Ausführung. Bei größerer Ausdehnung kann es noch Zwischensignale geben, die zwischen Ein- und Ausfahrtsignal stehen.

In einer **Überleitstelle (Üst)** sind durch Hauptsignale gesicherte Weichen vorhanden, die z. B. wie hier das zweite Gleis ausfädeln oder bei zweigleisigen Strecken Gleiswechsel ermöglichen. Es zweigt aber keine Strecke ab. Die Signale der Überleitstelle bezeichnet man als Blocksignal.

Eine **Blockstelle (Bk)** ist ein Hauptsignal (Blocksignal) auf freier Strecke, das dazu dient, die Leistungsfähigkeit der Strecke zu erhöhen, indem es eine dichtere Zugfolge ermöglicht.

Ein **Haltepunkt (Hp)** ist ein Reisezughalt/Bahnsteig auf freier Strecke ohne Signalanlagen.

Eine **Abzweigstelle (Abzw)** ist die durch Hauptsignale gesicherte Ein-/Ausfädelung einer Strecke außerhalb eines Bahnhofs. Die Signale der Abzweigstelle bezeichnet man als Blocksignal.

2.8.1.7 Fahrtrichtung

In Deutschland herrscht im Gegensatz zu vielen anderen europäischen Bahnen der Rechtsfahrbetrieb. Bei zweigleisigen Strecken wird also immer auf dem rechten Gleis gefahren. Das nennt sich Richtungsbetrieb, weil ein Gleis signaltechnisch nur in eine Richtung befahren werden kann. Betrieblich gesehen gibt es nur ein- und zweigleisige Strecken. Liegen mehr als zwei Gleise, handelt es sich formal um mehrere eigenständige Strecken. Man spricht bei zweigleisigen Strecken seit der Harmonisierung West/Ost vom Regelgleis (das in Fahrtrichtung rechte) und vom Gegengleis. Bei der Bundesbahn war für das Gegengleis die Bezeichnung „falsches Gleis“ und bei der DDR-Reichsbahn „linkes Gleis“ üblich. Die Unterscheidung zwischen Regel- und Gegengleis gibt es nur auf der freien Strecke, nicht aber im Bahnhof.

2.8.1.7.1 Behelfsmäßiges Befahren des Gegengleises

Ein Problem ergibt sich an Strecken mit Richtungsbetrieb, wenn z. B. bei Bauarbeiten nur ein Gleis zur Verfügung steht. Wie weiter oben erwähnt, lässt die Stellwerkstechnik nur Fahrstraßen von Hauptsignal zu Hauptsignal zu. Der Zug kann also nicht mit Fahrtzeigendem Signal auf das Gegengleis geschickt werden, das gar nicht mit Signalen ausgerüstet ist. Um trotzdem Zugfahrten stattfinden lassen zu können, gibt es verschiedene Formen des behelfsmäßigen Betriebs, bei dem das Gegengleis auch ohne Hauptsignal befahren werden darf.

2.8.1.7.2 Gleiswechselbetrieb

Bereits in den 50er Jahren führte man an der Nord-Süd-Strecke nördlich von Bebra zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit den Gleiswechselbetrieb ein. Das bedeutet, dass beide Streckengleise regulär in beide Richtungen befahren werden können. Es sind also zusätzliche Signale an der Strecke notwendig, insbesondere auch Einfahrtsignale am Gegengleis. Dadurch lässt sich der Betrieb wesentlich flexibler gestalten, da ein langsamer Zug fliegend überholt werden kann, wenn gerade kein Gegenzug unterwegs ist. Heute sind viele wichtige Hauptstrecken mit Gleiswechselbetrieb ausgerüstet.

Insbesondere Störungen und Baustellen sind mit Gleiswechselbetrieb deutlich einfacher und sicherer zu handhaben.

2.8.1.8 Haupt- und Nebenbahnen

Im deutschen Eisenbahnwesen wird zwischen Haupt- und Nebenbahnen unterschieden. Nebenbahnen werden mit vereinfachten Mitteln betrieben, so sind auf Nebenbahnen technisch ungesicherte Bahnübergänge erlaubt, Bahnhöfe müssen nicht unbedingt durch Hauptsignale gesichert sein, Vorsignale können entfallen usw. Daher ist auf Nebenbahnen auch im Regelfall maximal 80 km/h erlaubt.

Auch wenn wichtige Strecken normalerweise gut ausgebauten Hauptbahnen sind und für geringen Bedarf einfache Nebenbahnen gebaut wurden, muss eine Nebenbahn nicht

zwangsläufig unbedeutend sein. Es gibt stark befahrene (sogar zweigleisige und elektrifizierte) Nebenbahnen genauso wie eingleisige schwach frequentierte Hauptbahnen. Die Unterscheidung betrifft nur den Standard der Sicherungstechnik.

2.8.1.9 Geschwindigkeiten

Der Lokführer muss sich stets streng an die zulässige Höchstgeschwindigkeit halten. Sind 60 km/h vorgeschrieben, so fährt man auch nur maximal 60 km/h und nicht etwa 62 km/h. Insbesondere seit die Fahrdaten elektronisch erfasst und automatisiert ausgewertet werden können, muss ein Lokführer mit Konsequenzen rechnen, wenn er bewusst zu schnell fährt. Eine kurzzeitige Überschreitung wird aber toleriert.

Oftmals erhält der Lokführer mehrere Informationen zur Höchstgeschwindigkeit. In diesem Fall gilt selbstverständlich immer die niedrigste aller Geschwindigkeiten.

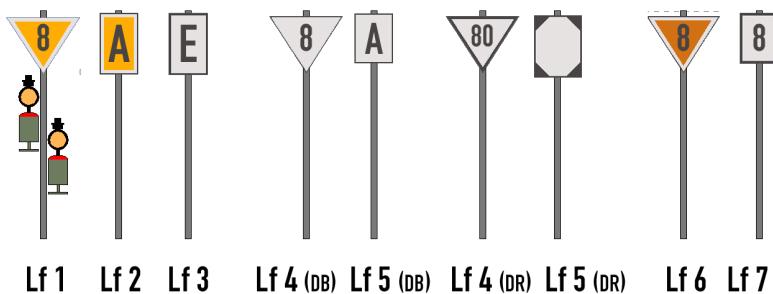
Die folgenden Geschwindigkeitsangaben sind typischerweise zu beachten:

2.8.1.9.1 Fahrzeuggeschwindigkeit

Jedes Fahrzeug hat eine zulässige Höchstgeschwindigkeit, die bei Waggons außen und bei Loks im Führerstand angeschrieben ist. Das Fahrzeug im Zug mit der niedrigsten Höchstgeschwindigkeit bestimmt die Höchstgeschwindigkeit des gesamten Zuges. Im Fahrplan des Zuges ist die vorgesehene Höchstgeschwindigkeit festgelegt. Bei der Zusammenstellung des Zuges muss beachtet werden, dass auch alle eingereihten Fahrzeuge diese Geschwindigkeit fahren dürfen. Bei Geschwindigkeitswechseln muss der Lokführer stets die Zuglänge beachten. Wird also eine höhere Geschwindigkeit gültig, so muss erst der gesamte Zug diese Stelle passiert haben, bevor beschleunigt werden darf. Die Zuglänge erfährt der Lokführer aus dem Bremszettel, der bei der Zusammenstellung des Zuges angefertigt wird, und den zurückgelegten Weg kann er anhand der an der Strecke stehenden Kilometersteine oder Hektometertafeln erkennen.

2.8.1.9.2 Strecken-Höchstgeschwindigkeit

Jede Strecke hat eine eigene Höchstgeschwindigkeit, die sich unter anderem aus den Kurvenradien und dem Oberbau ergibt. Die Streckengeschwindigkeit findet der Lokführer im Buchfahrplan. Der für den Zug vorgesehene Buchfahrplan berücksichtigt bereits die Höchstgeschwindigkeit des Zuges. So wird bei einem für 80 km/h vorgesehenen Zug auch dann nur 80 km/h im Buchfahrplan stehen, wenn die Strecke eigentlich auch höhere Geschwindigkeiten zuläßt. Änderungen der Streckengeschwindigkeit werden durch Signaltafeln an der Strecke gekennzeichnet. Benutzt werden die Signale Lf 4, Lf 5, Lf 6 und Lf 7. Bei der Bundesbahn wurden nur Herabsetzungen der Geschwindigkeit signalisiert, Heraufsetzungen musste der Lokführer dem Buchfahrplan entnehmen. Bei der DDR-Reichsbahn wurden auch Geschwindigkeits-Heraufsetzungen signalisiert, was inzwischen im gesamten Bundesgebiet angewendet wird. Die dreieckige Tafel kennzeichnet jeweils die Ankündigung und die rechteckige den Ort, an dem neue Geschwindigkeit gilt, hier jeweils für die neue Geschwindigkeit von 80 km/h.



2.8.1.9.3 Vorübergehende Langsamfahrstellen

Bei Bauarbeiten, akuten Oberbaumängeln usw. kann die Streckengeschwindigkeit zusätzlich durch vorübergehende Langsamfahrstellen herabgesetzt werden. Diese werden mit den Signaltafeln Lf 1, Lf 2 und Lf 3 gekennzeichnet und außerdem in der „La“ aufgeführt. Dieses Heftchen, welches wöchentlich aktualisiert wird und alle Unregelmäßigkeiten der Strecke enthält, muss sich ergänzend zum Buchfahrplan auf dem Führerstand befinden.

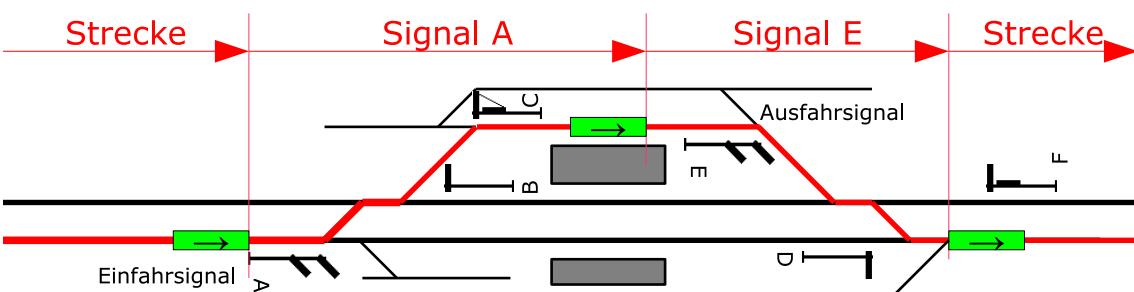
2.8.1.9.4 Signalgeschwindigkeiten

Soll der Zug abzweigende Weichen befahren, so ist meistens eine niedrigere Geschwindigkeit als die Streckengeschwindigkeit vorgesehen. Diese Geschwindigkeiten werden durch unterschiedliche Signalbegriffe an Hauptsignalen vorgegeben. So kann z.B. bei gerade Fahrt über die Weichen uneingeschränkte Streckengeschwindigkeit und bei abzweigender Fahrt Langsamfahrt mit 40 km/h signalisiert werden.

Die Signalgeschwindigkeiten gelten bei Einfahr- und Zwischensignalen bis zum nächsten Hauptsignal. An Abzweigstellen und für Ausfahrtsignale gilt die Signalgeschwindigkeit bis hinter die letzte Weiche (Ende des „anschließenden Weichenbereichs“). Ab dort gilt dann wieder die Streckengeschwindigkeit gemäß Buchfahrplan. Die Lage der letzten Weiche im Fahrweg musste der Lokführer früher aufgrund seiner Streckenkunde kennen. Inzwischen wird diese sicherheitsrelevante Information durch das Yen-Zeichen (¥) im Buchfahrplan dargestellt. Eine Ausnahme muss noch erwähnt werden: Hält ein Zug planmäßig am Bahnsteig, so gilt ab der Wiederanfahrt nicht mehr die vom Einfahrtsignal angezeigte Geschwindigkeit, sondern bereits die des Ausfahrtsignals.

Die folgenden Bilder zeigen einige Beispiele für die gültigen Signalgeschwindigkeiten.

2.8.1.9.5 Einfahrt, Planhalt und Ausfahrt

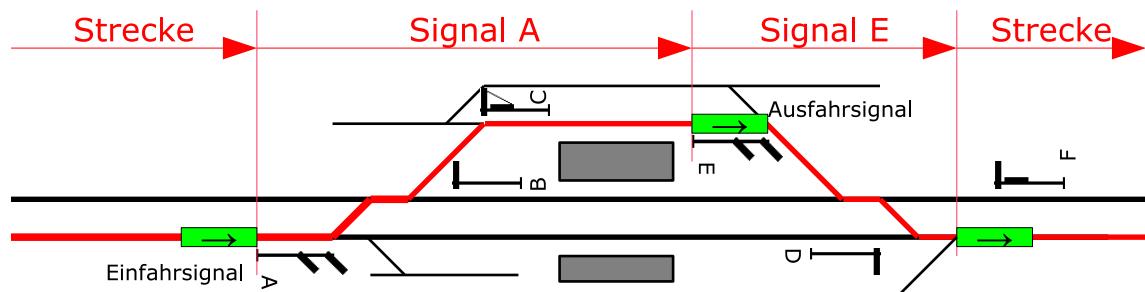


Bei der Einfahrt in den Bahnhof gilt ab dem Einfahrtsignal A die am Signal angezeigte Geschwindigkeit (1. Zugposition in der Skizze) bis zum Erreichen des Halteplatzes am Bahnsteig.

Ab dort gilt bei der Weiterfahrt sofort unabhängig von der Zuglänge die am Ausfahrtsignal E angezeigte Geschwindigkeit, auch wenn diese höher ist als die des Signals A.

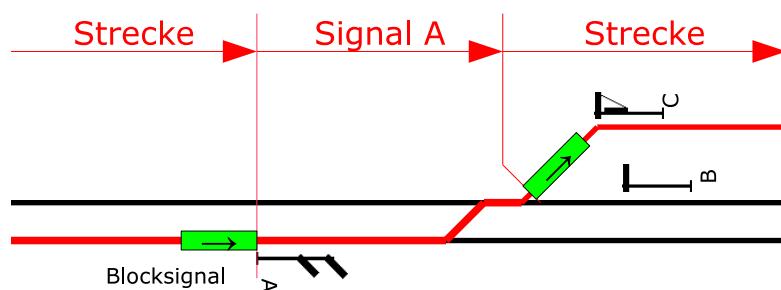
Hat der Zug die letzte Weiche im Fahrweg mit der gesamten Zuglänge überfahren (3. Zugposition in der Skizze), so darf wieder auf die im Buchfahrplan angegebene Geschwindigkeit beschleunigt werden.

2.8.1.9.6 Durchfahrt durch einen Bahnhof



Die gleiche Situation wie im vorhergegangen Bild führt bei einer Durchfahrt des Zuges zu folgender Änderung: Der Wechsel auf die Geschwindigkeit des Ausfahrtsignals E erfolgt nicht bereits am Bahnsteig, sondern erst bei Passieren des Signals E. Ist die zulässige Geschwindigkeit höher als die vom Signal A signalisierte, so muss erst der gesamte Zug am Signal E vorbei gefahren sein (2. Zugposition in der Skizze), bevor auf die vom Signal E angezeigte Geschwindigkeit beschleunigt werden darf. Trotz identischer Signale und identischen Fahrwegs gilt hier also die höhere Geschwindigkeit bei der Durchfahrt im Vergleich zum Planhalt erst wesentlich später.

2.8.1.9.7 Durchfahrt an Abzweig- oder Überleitstelle



Beim Befahren einer Abzweig- oder Überleitstelle gilt die vom Blocksignal angezeigte Geschwindigkeit bis hinter die letzte Weiche (Ende des „anschließenden Weichenbereichs“). Anschließend darf unter Beachtung der Zuglänge (2. Zugposition in der Skizze) wieder auf die Streckengeschwindigkeit beschleunigt werden.

2.8.1.10 Fahrpläne

Bei der Eisenbahn gibt es eine Menge unterschiedliche Arten von Fahrplänen, z. B. Kursbuch, Bildfahrplan, Umlaufplan für Triebfahrzeuge, und viele mehr. Für den Lokführer gibt es den Buchfahrplan, wie er beispielhaft für die Strecke Wolfsburg-Braunschweig unten

abgebildet ist. Auf den Führerständen der Lokomotiven finden sich Regale mit Fahrplänen für die von diesem Loktyp bedienten Zugleistungen, aus der sich der Lokführer vor Fahrtantritt seinen Buchfahrplan heraussuchen muss. Er erhält in diesem Fahrplan alle Informationen, die er zum planmäßigen Fahren des Zuges braucht. Das hier gezeigte Beispiel entspricht der Darstellung der Bundesbahn Ende der 1980er Jahre. Inzwischen werden u.a. als Konsequenz aus dem Zugunglück in Brühl alle Hauptsignalstandorte und das Ende des anschließenden Weichenbereichs zusätzlich dargestellt.

2.8.1.10.1 Aufbau Buchfahrplan

Oben links steht die Zugnummer (E 6034) für die dieser Fahrplan gilt. Das planmäßige Triebfahrzeug (**Tfz**) ist die Baureihe **634**, die Zugmasse beträgt bis **90 t**.

Es folgen die Spalten 1 bis 5 mit den Informationen zur Strecke: Spalte 1 gibt die Kilometrierung für Geschwindigkeitsänderungen an, Spalte 2 zeigt die zulässige Höchstgeschwindigkeit, Spalte 3 die Namen der durchfahrenen Betriebsstellen (3a) und deren Lage (3b), in Spalte 4 und 5 findet man die planmäßigen Ankunfts- und Abfahrtzeiten.

Nun zur Chronologie der Fahrt des E 6034:

		E 6034 Wolfsburg-Paderborn				
		Tfz 634+634	90t			
		140 km/h				
1	2	3a	3b	4	5	
	140	Wolfsburg	E60	181.0		18.15
			A60			
		Fallersleben		185.8	18.19	18.20
				186.5		
				24.0		
23.9						
	80	Ehmen		20.0		18.25
				13.6		
				13.4		
12.9		VZ ▽				
	40	Lehre		12.3	18.34	18.35
12.2		Zsig		12.2		
	60	Asig	A60	11.5		
2.8						
	50	Braunschweig Ost		2.7		18.45
				1.2		
				7.3		
		Bs-Gliesmarode		7.2	18.51	18.52
6.8		Asig	A50	6.8		
	60					
6.6		▽				
		Abzw Lünischteich		6.2		
				5.2		
				1.8		
0.5						
	100	Braunschweig Hbf		0.1	18.59	19.01

Die Fahrt beginnt in **Wolfsburg** (dieser Bahnhof liegt bei Kilometer 181,0) um 18:15 Uhr mit einer Höchstgeschwindigkeit von **140 km/h**. Es folgt eine Angabe zum Ausfahrtsignal, **A60** bedeutet, dass bei Hp 2 (Signalbegriff zeigt 40 km/h) abweichend mit 60 km/h ausgefahren werden darf.

Der nächste Bahnhof ist **Fallersleben** bei km **185,8**, Ankunft ist **18:19**, Abfahrt **18:20** Uhr.

140	Wolfsburg	E60	181.0		18.15
		A60		185.8	18.19

Hinter Fallersleben wird auf eine andere Strecke abgebogen, denn die Kilometrierung macht einen Sprung von **186,5** auf **24,0** (Spalte 3b, waagerechter Strich). Ab km **23,9** gilt eine neue Höchstgeschwindigkeit von **80 km/h** (Spalte 1 und 2). Es folgt bei km **20,0** der Bahnhof **Ehmen**, der planmäßig um **18:25 Uhr** erreicht wird. Da keine Ankunftszeit angegeben ist, fährt der Zug hier durch.

	Fallersleben	185.8	18.19	18.20
23.9		186.5		
		24.0		
	80 Ehmen		20.0	
				18.25

Nach einem weiteren Wechsel in der Kilometrierung bei km 13,6/13,4 folgt der Bahnhof **Lehre**. Wegen der etwas ungewöhnlichen Anordnung sind hier zusätzlich die Standorte einiger Signale im Buchfahrplan zu finden:

VZ steht für das Vorsignal des Zwischensignals **Zsig** bei km **12,2** - das Vorsignal steht hier nämlich in verkürztem Bremswegabstand (Dreieck) bei km **12,9** - zwischen Vor- und Hauptsignal liegen also nur 700 m. Da das ungewöhnlich kurz ist, wird es hier extra im Buchfahrplan vermerkt und der Streckenkilometer auch in Spalte 1 nochmals angegeben. Außerdem gilt ab km **12,9** eine Höchstgeschwindigkeit von **40 km/h**. In Lehre ist planmäßiger Halt von 18:34 Uhr bis 18:35. Ab dem Zwischenignal bei km **12,2** gilt eine Höchstgeschwindigkeit von **60 km/h**. Für das Ausfahrtsignal gilt wieder das gleiche wie in Wolfsburg, es sind auch bei Hp 2 60 km/h erlaubt (**A60**).

12.9	VZ ▽	12.3	18.34	18.35
12.2	Zsig	12.2		
	60 Asig	A60	11.5	

Nach dem schweren Unglück in Brühl im Jahr 2000 ging man dazu über, sämtliche Signalstandorte im Fahrplan einzutragen, was zwar die Fahrpläne entsprechend länger werden lässt, dem Lokführer aber immer eindeutig die Erkennung der Signalfunktion ermöglicht.

Im weiteren Verlauf folgen keine neuen Funktionen mehr, so dass auf eine eingehende Beschreibung verzichtet werden kann. Eine zweite Stelle mit verkürztem Bremsweg sei noch erwähnt: Das Vorsignal des **Abzw.** **Lünischteich** bei km 6,6 steht ebenfalls verkürzt, erkennbar am Dreieck bei km **6,6**.

6.6	60 ▽	6.2	
	Abzw Lünischteich		

2.8.1.10.2 Geschwindigkeitsheft und Fahrzeitenheft

Da bei dem oben abgebildeten Buchfahrplan die ja immer gleichen Informationen zur Strecke für alle Züge mitgeschleppt werden, wird hier viel mehr Papier verdruckt als eigentlich nötig. Daher entschloss sich die Bundesbahnen in den 1980er Jahren zur Aufsplitzung der Informationen in ein streckenseitiges Heft (Geschwindigkeitsheft), das man nur einmal benötigt und eines für die Daten des jeweiligen Zuges (Fahrzeitenheft).

2.8.1.10.3 Elektronischer Buchfahrplan

Seit 2002 läuft auf den Triebfahrzeugen der DB flächendeckend „EBuLa“ (Elektronischer Buchfahrplan und Langsamfahrstellen), nachdem das Projekt schon Jahre vorher begonnen worden war und nur schleppend in Gang kam. EBuLa ist ein im Führerstand eingebauter PC, der die Fahrplandaten darstellt und so die früher großen Mengen an gedruckten Unterlagen überflüssig macht. Das ursprüngliche Vorhaben, auch die Daten der La darzustellen zu können, wurde 2014 aufgegeben.

2.8.2 Abfahrauftrag

Grundsätzlich darf der Lokführer bei einem Fahrt zeigenden Signal seinen Halt-Bahnhof nicht einfach verlassen, sondern muss auf den Abfahrauftrag warten. Auf dem Bahnsteig steht der Zugführer, schließt die Türen und gibt dem Lokführer per grüner-weißer Zp 9-Scheibe den Abfahrauftrag. Erst dann darf der Lokführer losfahren. Ausnahme sind Züge mit Selbstabfertigung bzw. vollautomatisch arbeitenden Türen, bei denen der Lokführer auch die Aufgabe des Zugführers übernimmt.

2.9 Antriebstechnik

2.9.1 Elektrischer Reihenschlussantrieb

Der elektrische Reihenschlussantrieb arbeitet mit Wechselstrom, der über einen Stromabnehmer der Fahrleitung entnommen wird. Der Fahrschalter im Führerstand wirkt auf ein Schaltwerk am Transformator der Lokomotive, mit dem niedrige oder hohe Spannungen am Transformator abgegriffen werden können, um die Elektromotoren in ihrer Leistung regeln zu können. Es gibt im Betrieb zwei wesentliche Grenzwerte, die nicht überschritten werden dürfen: Zum einen die der Fahrleitung entnommene Stromstärke (Oberstrom), zum anderen die Stromstärke an den Elektromotoren (Motorstrom). Bei älteren Fahrzeugen muss der Triebfahrzeugführer durch sachgemäße Bedienung des Fahrschalters die Einhaltung dieser Grenzwerte selbst sicherstellen, da ansonsten aus Sicherheitsgründen die Motoren (über die Motortrennschütze) oder das gesamte Fahrzeug (über den Hauptschalter) vom Strom getrennt werden. Neuere Fahrzeuge haben Grenzwertüberwachungsgeräte, die den Schaltwerkshochlauf so begrenzen, dass die Grenzwerte in der Regel selbsttätig eingehalten werden. Ein weiterer Grund für die Abschaltung des Hauptschalters während der Fahrt kann die versehentliche Einfahrt in einen Gleisabschnitt ohne spannungsführende Fahrleitung sein. Bei schleudernden Rädern muss der Triebfahrzeugführer selbst eingreifen und den Fahrschalter zurückschalten, da der Schleuderschutz von Reihenschluss-Fahrzeugen sich meist auf eine Schleuderschutzbremse beschränkt.

2.9.2 Elektrischer Drehstromantrieb

Dieser Antrieb hat bei neu gebauten Fahrzeugen seit Anfang der 1990er Jahre den Reihenschlussantrieb vollständig ersetzt. Der Wechselstrom aus der Fahrleitung wird bei diesem Antrieb zunächst im Fahrzeug in Drehstrom umgeformt. Drehstrommotoren sind bei hoher Leistung verhältnismäßig leicht und wartungsarm. Die grundsätzlichen Überlegungen zu Motorstrom und Oberstrom gelten auch hier, allerdings verfügen die meisten Drehstromfahrzeuge über selbsttätige Grenzwertüberwachungen. Zusätzlich haben diese Fahrzeuge meist eine automatische Kraftschlussregelung. Sie unterbindet durch ständige Regelungseingriffe das Schleudern der Räder (genauer gesagt wird zum Erreichen der bestmöglichen Zugkraft meist ein geringer Schlupf zugelassen). Die Tätigkeit des Triebfahrzeugführers beschränkt sich dann darauf, die gewünschte maximale Zugkraft mit dem Fahrschalter vorzugeben. Sollte diese Zugkraft nicht auf die Schienen gebracht werden können, so tastet sich die Kraftschlussregelung an den höchstmöglichen Wert heran.

2.9.3 Dieselhydraulischer Antrieb

Hier überträgt ein Dieselmotor seine Kraft an ein Strömungsgetriebe. Das Getriebe besteht aus Drehmomentwandlern und Kupplungen, in denen Öl durch ein Pumpenrad mit hoher Geschwindigkeit gegen ein Turbinenrad geschleudert wird. Vor dem Anfahren des Fahrzeugs aus dem Stillstand muss der Wandler zunächst mit Öl gefüllt werden, was ca. ein bis zwei Sekunden dauert. Einige Fahrzeuge zeigen den Abschluss des Füllvorgangs durch Erlöschen eines Leuchtmelders an. Wo der Leuchtmelder nicht vorhanden ist, sollte man aus Fahrstufe 0 zunächst nicht höher als Fahrstufe 2 schalten, ca. zwei Sekunden warten, und erst dann in höhere Fahrstufen weiterschalten. Da die Strömungsgetriebe immer Automatikgetriebe sind, erfolgen weitere Gangwechsel nach dem Anfahren selbsttätig in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Motorlast. Dabei wird jeweils das Öl aus dem alten Wandler abgelassen und gleichzeitig der neue Wandler oder die Kupplung gefüllt, so dass der Gang ohne Zugkraftunterbrechung gewechselt wird. Bei schleudernden Rädern muss der Triebfahrzeugführer am Fahrschalter zurückschalten, da zwar als Sofortmaßnahme meistens eine Motordrosselung greift, deren Wirkung allerdings bald nachlässt, so dass das Schleudern wieder erneut beginnen würde.

2.10 Bremstechnik

2.10.1 Einleitung

In der Anfangszeit der Eisenbahn entwickelten sich sehr unterschiedliche Bremssysteme, wobei zunächst alle paar Waggons ein Bremser in einem erhöhten Häuschen saß und auf Pfeifsignale des Lokführers hin die Bremsen anlegte oder löste.

Der große Durchbruch hinsichtlich Sicherheit und Rationalisierung war 1869 die Erfindung der Druckluftbremse durch Westinghouse. Mit diesem System kann der Lokführer über eine durch den Zug gehende Luftleitung sämtliche Waggons vom Führerstand aus bremsen. Die Druckluftbremse ist heute die Standardbremse im Eisenbahnenwesen. Es gab aber auch interessante Nischenentwicklungen, z. B. mit mechanischen wirkenden Seilzügen durch den ganzen Zug. Auf vielen Kleinbahnen kamen Saugluftbremsen (wie Druckluftbremse nur mit Vakuum) zum Einsatz.

Zusi basiert auf der in Europa üblichen Druckluftbremse.

2.10.2 Bremswirkung

Das Bremsvermögen von Fahrzeugen und Zügen wird in Bremshundertstel angegeben, die sich nach folgender Formel berechnen:

$$\text{Bremshunderstel} = \frac{\text{Bremsmasse}}{\text{Zugmasse}} \times 100$$

Die Zugmasse ist die Gesamtmasse aller Fahrzeuge im Zugverband, die Bremsmasse ist ein etwas „imaginärer“ Wert, der sich nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Bremsmasse} = \frac{k \times \sum \text{Bremskräfte}}{g_{\text{Erde}}}$$

Dabei ist k ein Faktor, der das Ansprechverhalten usw. der jeweiligen Bremsbauart berücksichtigt, die Summe der Bremskräfte sind alle zwischen Zug und Gleis wirksamen Bremskräfte, g ist die Erdbeschleunigung.

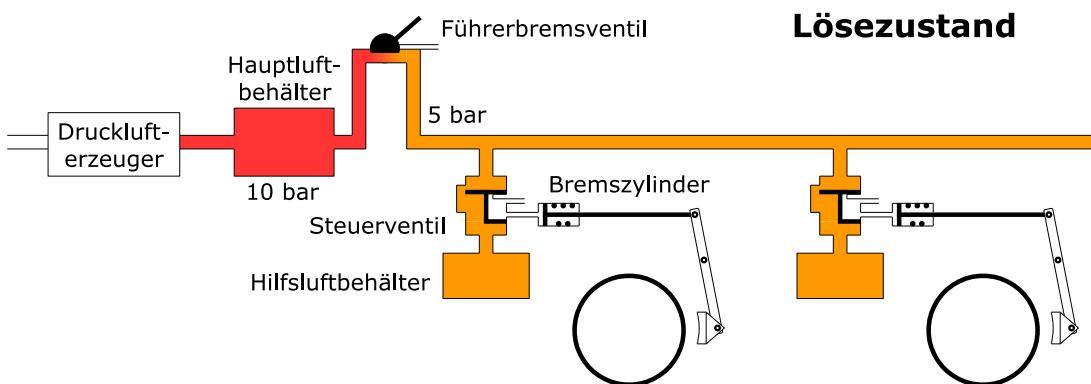
Mit der Angabe in Bremshundertsteln wird also letztlich das Verhältnis von Zuggewicht und aufbringbaren Bremskräften ins Verhältnis gesetzt, so dass ein Wert entsteht, der die Bremswirkung unabhängig von Bremsbauarten oder Zugmassen angibt.

Für einen bestimmten Fahrplan auf einer Strecke ist eine bestimmte Bremswirkung notwendig, um bei den vorkommenden Gefällen und Vorsignalabständen noch in den vorgesehenen Bremswegen zum Stehen zu kommen. Dieser mindestens zu erreichende Wert wird als Mindestbremshundertstel bezeichnet. Wenn ein Zug die vorgesehenen Mindestbremshundertstel nicht erreicht (weil z. B. Waggons mit zu schwacher Bremse im Zug sind), muss die Höchstgeschwindigkeit so verringert werden, dass die Bremswege eingehalten werden können.

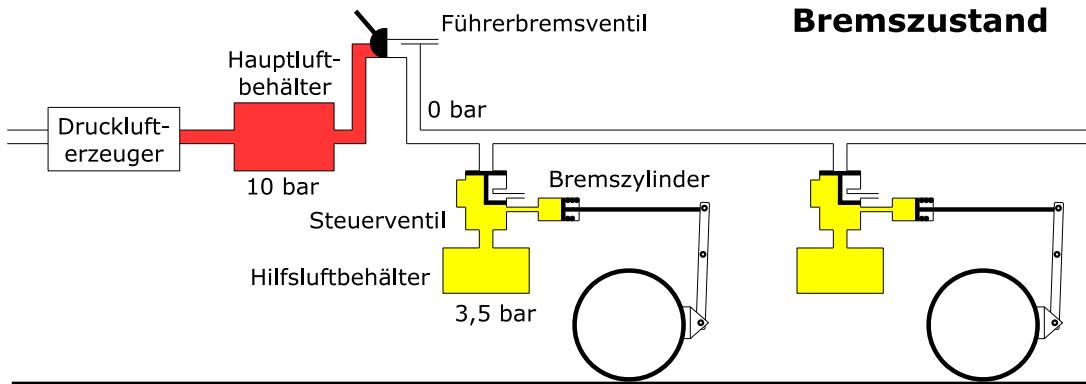
2.10.3 Druckluftbremse

Jedes reguläre Eisenbahn-Fahrzeug in Mitteleuropa verfügt über eine Druckluftbremse. Die wesentlichen Elemente dieses Systems sind der Drucklufterzeuger auf der Lok, der den Hauptluftbehälter auf einem Druckniveau von ca. 10 bar hält. Durch den gesamten Zug geht die Hauptluftleitung, die über das Führerbremsventil an den Hauptluftbehälter angeschlossen ist. Über das Führerbremsventil bedient der Lokführer die Bremse. Die folgenden beiden Bilder verdeutlichen das System in einer stark vereinfachten Prinzipdarstellung:

In der Fahrtstellung (Lösezustand) regelt das Führerbremsventil den Druck auf 5 bar. Dadurch werden auch die Hilfsluftbehälter, die sich auf jedem Waggon befinden aus der Hauptluftleitung auf 5 bar gefüllt. Die Bremszylinder sind mit der Umgebungsluft verbunden, die Bremsen dadurch gelöst.



Das folgende Bild zeigt die Vollbremsstellung: Über das Führerbremsventil ist die Hauptluftleitung entlüftet worden. Das Steuerventil schaltet durch den von unten anliegenden Druck um und beaufschlagt die Bremszylinder mit dem Druckvorrat aus dem Hilfsluftbehälter, wobei sich ein Druck von ca. 3,5 bar einstellt.



Wenn sich ein Waggon oder ein Zugteil losreißt, wird dabei die Hauptluftleitung durchtrennt und durch den Druckabfall automatisch eine Schnellbremsung eingeleitet. Das gleiche geschieht beim Ziehen der Notbremse.

Bei den Standardbremsen beträgt der Druck im Hauptluftbehälter 10 bar, der Druck in der Hauptluftleitung wird in der Fahrtstellung auf 5 bar gehalten und bei 3,5 bar wird die volle Bremsleistung erreicht. Unter 3,5 bar sinkt der Druck in der Hauptluftleitung nur im Falle einer Not- oder Zwangsbremsung, wobei die Leitung über besonders große Querschnitte in kurzer Zeit komplett entlüftet wird.

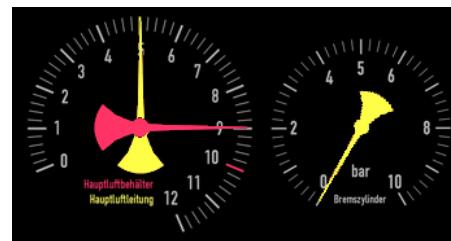
Über eine Entlüftung der Hauptluftleitung zwischen 5 und 3,5 bar lässt sich die Bremskraft auch in Zwischenstufen einstellen.

2.10.3.1 Bedienung Druckluftbremse

Für den Lokführer gibt es zwei Schnittstellen zum Bremssystem, zum einen das bereits erwähnte Führerbremsventil, zum anderen einen Druckmesser auf dem Führerstand zur Kontrolle der Bremskraft.

Mit dem Führerbremsventil wird der Druck in der Hauptluftleitung eingestellt. Es gibt verschiedene Bauarten, die im [Kapitel 2.7.1.2](#) erläutert werden. Wenn der Lokführer eine Bremsung einleiten möchte, stellt er mit dem Führerbremsventil den gewünschten Druck zwischen 5 und 3,5 bar in der Hauptluftleitung ein.

Auch die beste Druckluftbremse oder dynamische Bremse kann den Zug nicht stärker bremsen, als es der Reibkoeffizient zwischen Rad und Schiene erlaubt. Eine Erhöhung der Bremskraft führt dann nur noch zum Gleiten, also dem Rutschen des stehenden Rades auf der Schiene, was in kürzester Zeit Flachstellen auf dem Rad erzeugt.



2.10.3.2 Einlösige Bremse

Die einlösige Bremse ist das ältere und einfache System, das mittlerweile in Deutschland fast ausgestorben sein sollte. Das Besondere an dem System ist, dass die Bremsen zwar schrittweise angezogen werden können, ein schrittweises Lösen ist aber nicht möglich. Sobald sich der Druck in der Hauptluftleitung etwas erhöht, löst die Bremse komplett aus. Nach mehrmaligen Bremsen und Füllen kann sich der Vorrat in den Hilfsluftbehältern erschöpfen, der Zug ist dann nicht mehr zu bremsen. Die einlösige Bremse erfordert darum ein besonders vorausschauendes Fahr- oder besser Bremsverhalten.

2.10.3.3 Mehrlösige Bremse

Die mehrlösige Bremse lässt sich im Gegensatz zur einlösigen Bremse auch schrittweise lösen und ist praktisch nicht erschöpfbar. Besonders das Befahren von Gefällestellen und auch das zielgenaue Heranfahren an den Bahnsteig ist damit wesentlich einfacher zu handhaben. Alle neu gebauten Fahrzeuge in Deutschland werden mit mehrlösigen Bremsen ausgerüstet.

2.10.3.4 Bremsstellung

Ein schnelles Anlegen der Bremsen nach einem Druckabfall in der Hauptluftleitung kann bei langen Zügen problematisch sein. Die vorderen Wagen sprechen früher an als die Waggons am Zugende, da die Druckabsenkung das Zugende später erreicht. Um zu verhindern, dass das in so einem Fall kräftig nachschiebende Zugende vordere Waggons z.B. in Kurven aus dem Gleis drückt, muss es eine Möglichkeit geben die „Trägheit“ der Bremse an den jeweiligen Zugverband anzupassen.

Das geschieht durch die Einstellung der Bremsart an den Steuerventilen jedes Waggons, was bei der Zusammenstellung des Zuges vom Personal durchgeführt werden muss. Es gibt dafür die Bremsstellungen G (Güterzug, sehr langsames Anziehen und Lösen der Bremszylinder), P (Personenzug) und R (Rapid) sowie R+Mg (Magnetschienenbremse aktivierbar). Güterzüge werden häufig auch in Stellung P gefahren, wenn der Zugverband es erlaubt.

2.10.3.5 Überladen

Wenn der Lokführer die Hauptluftleitung durch zu langes Halten des Führerbremsventils in der Stellung „Füllen“ auf Drücke deutlich über 5 bar auffüllt, kann die Bremse in einen Zustand geraten, in dem sie nicht mehr gelöst werden kann. Dieses nennt man Überladung. Wenn dem Lokführer dieses Missgeschick passiert, muss er den gesamten Zug abgehen und bei jedem Waggon die Bremse manuell entlüften.

2.10.4 Verschleißfreie Bremsen

Es empfiehlt sich, zuerst die verschleißfreien Bremsen einzusetzen und erst auf die Druckluftbremse zuzugreifen, wenn die Bremswirkung der verschleißfreien Bremsen nicht ausreicht.

2.10.4.1 Elektrische Bremse

Bei Triebfahrzeugen mit elektrischem Antrieb bietet es sich an, zusätzlich die Elektromotoren zum Bremsen heranzuziehen, denn bekanntlich kann ein Elektromotor - wenn er angetrieben wird - auch als Generator arbeiten. Die dabei erzeugte Bremsleistung muss dann nur noch abgeführt werden, z. B. über große Widerstände auf dem (gut belüfteten) Dach der Lok. Typische Vertreter dieser Bauart sind die Baureihen 110 oder 139 der DB. Der Vorteil dieser Methode ist der im Vergleich zur Klotzbremse sehr geringe Verschleiß.

Mit Einführung der Drehstromtechnik in der Baureihe 120 wurde es auch möglich, die bei der E-Bremsung erzeugte Leistung wieder in die Oberleitung zurückzuspeisen, was sich positiv im Gesamt-Stromverbrauch niederschlägt.

2.10.4.2 Hydrodynamische Bremsen

Vorzugsweise bei Dieselloks mit hydrodynamischem Antrieb gibt es auch hydrodynamische Bremsen (auch als Retarder bezeichnet), bei denen die Bremsleistung in Wärme umgewandelt wird.

2.10.4.3 Wirbelstrombremse

Mit der Wirbelstrombremse ist es möglich, die Bremskräfte auch über den Reibwert hinaus zu erhöhen. Dabei werden von Elektromagneten am Fahrzeug Wirbelströme in der Schiene induziert, die das Fahrzeug bremsen. Der große Vorteil ist dabei, dass diese Bauart unabhängig vom Reibkoeffizienten ist, also auch bei glitschigen Schienen die gleiche Bremskraft erzeugt wird.

2.10.5 Magnetschienenbremse

Eine weitere Bremsbauart, die über die normale Reibgrenze hinaus verzögern kann, ist die Magnetschienenbremse (Mg-Bremse), bei der Elektromagnete auf den Schienenkopf abgelassen werden dort mechanische Bremsarbeit verrichten. Wegen des hohen Verschleißes wird die Mg-Bremse allerdings nur bei Schnellbremsungen angewendet, die Betriebsbremsungen werden über die anderen Systeme durchgeführt. Sie wird automatisch ausgelöst, wenn der Druck in der Hauptluftleitung unter 3 bar fällt. Unterhalb von ca. 50 km/h löst sich die Mg-Bremse automatisch wieder. Triebwagen erlauben teilweise auch eine manuelle Auslösung der Mg-Bremse über einen eigenen Schalter im Führerstand.

2.11 Signale

Signale übertragen Informationen optisch (einige auch akustisch) an den Lokführer. Es gibt dabei zahllose Varianten in Bedeutung und Ausführung, je nach Land, Epoche und Einsatzzweck. Die Erklärung der Signale soll hier auf eine für Zusi relevante Auswahl beschränkt werden.

Zur Sicherung der Zugfahrten dienen Hauptsignale, die dem Lokführer mitteilen, ob und mit welcher Geschwindigkeit er den vor ihm liegenden Streckenabschnitt befahren darf. Hauptsignale stehen in Grundstellung auf Halt und werden nur für eine Zugfahrt auf Fahrt gestellt. Eine Ausnahme sind Selbstblocksignale, die standardmäßig Fahrt zeigen und nur nach dem Passieren eines Zuges auf Halt gehen, bis der Blockabschnitt wieder frei ist.

Da die Bremswege der Züge zu lang sind, um beim Erkennen des Hauptsignals noch zum Stehen zu kommen, wird die Stellung des Hauptsignals durch ein Vorsignal im Bremswegabstand (meistens ca. 1000m) angekündigt.

Für diverse andere Informationen gibt es einfache Blechtafeln, zum Teil auch beleuchtet, die z. B. einen Haltepunkt oder eine Geschwindigkeitsbeschränkung ankündigen. Für alle Signalbilder gibt es Kürzel, die im folgenden **türkis** angegeben sind.

2.11.1 Deutschland

Ein einheitliches Signalsystem wurde in Deutschland am Ende des 19. Jahrhunderts eingeführt, nach dessen Grundsätzen funktionieren auch heute noch die meisten Signalanlagen.

Vor diesem einheitlichen System hatten die meisten Länderbahnen in Deutschland ihr eigenes Signalsystem. Diese sind bisher noch nicht Bestandteil der Dokumentation. Durch die Entstehung zweier deutscher Staaten nach dem 2. Weltkrieg entwickelte sich das Signalsystem wieder etwas auseinander. Seit der Wiedervereinigung versucht man, allmählich wieder eine Vereinheitlichung zu erreichen, was aber noch lange dauern dürfte.

Signale stehen bis auf wenige Ausnahmen rechts neben oder über dem zugehörigen Gleis. Wer sich mit dem Thema vertieft beschäftigen möchte, der kann z. B. bei <http://www.sh1.org> (englischsprachig) weiterlesen.

2.11.1.1 Länderbahn-Bauformen

Diese Epoche ist bislang in Zusi noch nicht vertreten.

2.11.1.2 Formsignale Deutsche Reichsbahn

Nach Verschmelzung der Länderbahnen zur Deutschen Reichsbahn wurden die hier vorgestellten Formsignale ab den 1920er Jahren flächendeckend zum Einsatz gebracht. Sie sind die auch heute noch weit verbreitet. Der Signalbegriff wird durch ein oder zwei Signalflügel angezeigt, nachts werden ein oder zwei Lampen angezeigt. Es wird dabei zwischen drei Signalbegriffen unterschieden: Halt (**Hp 0**, waagerechter Flügel, Nachtbegriff: rotes Licht), Fahrt ohne Geschwindigkeitsbeschränkung (**Hp 1**, ein schräger Flügel bzw. grünes Licht), Fahrt mit Geschwindigkeitsbeschränkung auf 40 km/h (**Hp 2**, zwei schräge Flügel bzw. grünes und gelbes Licht). Die 40 km/h-Grenze ergibt sich aus der Standardweichenbauart, die auf dem abzweigenden Ast 40 km/h zulässt, der gerade Ast ist ohne Beschränkung zu befahren. Der Lokführer kann so also am Signal gleich erkennen, ob er über abzweigende Weichen geschickt wird. Bei Signalen, die nur für Fahrwege ohne Geschwindigkeitsbeschränkung gelten, entfällt der zweite Flügel und beim zugehörigen Vorsignal der Zusatzflügel.



Das Vorsignal besteht aus einer runden Scheibe, die dem Lokführer in Warnstellung (**Vr 0**, **Vr 2**) die Kreisfläche zeigt und bei Ankündigung freier Fahrt (**Vr 1**) um 90° hochgeklappt wird und dadurch fast unsichtbar ist. Das zugehörige Nachtsignal sind zwei orange bzw. zwei grüne Lampen.

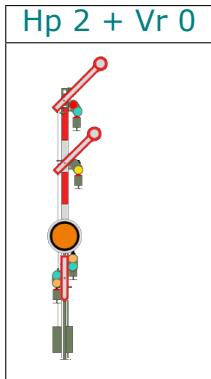
Zweiflügelige Hauptsignale haben i.d.R. ein Vorsignal mit Zusatzflügel - ein Hauptsignal mit 40 km/h-Begrenzung wird durch Warnscheibe plus schrägen Zusatzflügel angekündigt.

Es gibt natürlich auch Situationen, wo am Hauptsignal andere Geschwindigkeiten als 40 km/h gelten. Dieses wird über Zusatzsignale angezeigt, mehr dazu unter Geschwindigkeitsanzeiger in [Kapitel 2.11.1.7](#).

Das Vorsignal mit Zusatzflügel wurde erst recht spät in den 1930er Jahren eingeführt. Bis dahin wurde auch [Hp 2](#) immer mit einem Vorsignal ohne Zusatzflügel angekündigt. Der Lokführer hat sich also auch bei [Vr 1](#) am Vorsignal auf [Hp 2](#) am Hauptsignal einzustellen. Evtl. gibt es auch Regelungen, dass ein planmäßig auf dem durchgehenden Hauptgleis durchfahrender Zug bei abweichender Fahrt über abzweigende Weichen am Vorsignal [Vr 0](#) erhalten muss. Insgesamt ist diese Regelung unter Sicherheitsaspekten fragwürdig und hemmt auch den flüssigen Betrieb. Die fortschrittlicheren Vorsignale mit Zusatzflügel wurden daher noch zusätzlich mit einer speziellen Vorsignaltafel gekennzeichnet. Bei dieser Tafel kann der Lokführer also davon ausgehen, bei [Vr 1](#) auch [Hp 1](#) erwarten zu können.

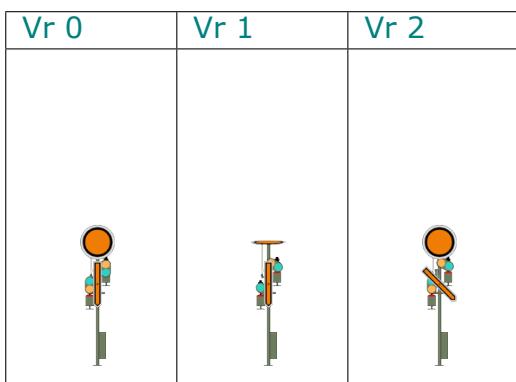
	Tagzeichen			Nachtzeichen	
	Vorsignal	Hauptsignal		Vorsignal	Hauptsignal
Halt (Vr 0/Hp 0)					
Fahrt (Vr 1/Hp 1)					
Fahrt mit 40 km/h (Vr 2/Hp 2)					

Wenn vom Standort eines Hauptsignals bereits im Bremswegabstand das nächste Hauptsignal folgt, dann wird das Vorsignal des zweiten Signals an den Standort des ersten gestellt. Die folgende Signalkombination heißt also: Ab dieser Stelle 40 km/h, das nächste Hauptsignal zeigt Halt.



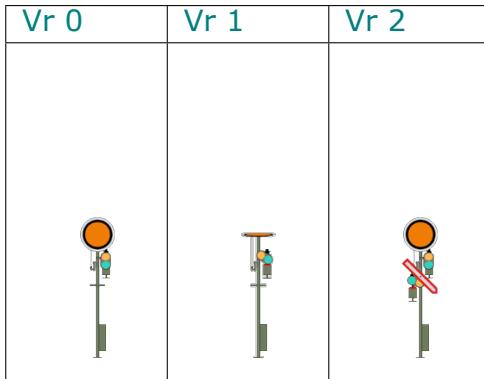
2.11.1.2.1 Abweichungen Deutsche Bundesbahn

Bei der Bundesbahn wurde in der Nachkriegszeit der rot-weiße Zusatzflügel am Vorsignal gegen einen orangen getauscht, siehe nachfolgende Bilder. Außerdem wurden (im Gegensatz zur DDR-Reichsbahn) die unter Sicherheitsgesichtspunkten etwas fragwürdigen Konstellationen umgebaut, bei denen Hp 2 mit einem nur zweibegrifflichen Vorsignal angekündigt werden kann. Auf Bundesbahngebiet hat man also am Hauptsignal keine niedrigeren Geschwindigkeiten als am Vorsignal angekündigt zu erwarten. Da eine besondere Vorsignaltafel für die dreibegrifflichen Vorsignale damit überflüssig wurde, steht vor jedem Vorsignal der Bundesbahn die normale Vorsignaltafel.



2.11.1.2.2 Abweichungen Deutsche Reichsbahn (DDR)

Bei der DDR-Reichsbahn hätte es mit der ursprünglichen Anordnung für Vr 2 eine Verwechslungsgefahr mit dem Begriff HI 3a des HI-Lichtsignalsystems gegeben (Kapitel 2.11.1.4). Daher wurden die dreibegrifflichen Vorsignale in ihrer Blendenmechanik geändert (grünes Licht unten, gelbes Licht oben). Aus demselben Grund wurden bei alleinstehendem Signal nur eine grüne/eine gelbe Lampe für Fahrt und Halt erwartet eingesetzt.



Nach der Gründung der DB AG wurde der orange Zusatzflügel der Bundesbahnvariante auch im ehem. DDR-Gebiet erlaubt und ersetzt seit ca. 2010 nach und nach die Ursprungsvariante.

2.11.1.3 Lichtsignale H/V-System (Bundesbahn)

Die ersten Lichtsignale im H/V-System wurden bereits von der Reichsbahn ab 1927 erprobt. Für die Lichtsignale übernahm man die Nachtbegiffe der H/V-Formsignale. Nennenswerte Verbreitung fanden Lichtsignale aber erst nach dem 2. Weltkrieg.



	Vorsignal	Hauptsignal
Halt (Vr 0 / Hp 0)		
Fahrt (Vr 1 / Hp 1)		
Fahrt mit 40 km/h (Vr 2 / Hp 2)		

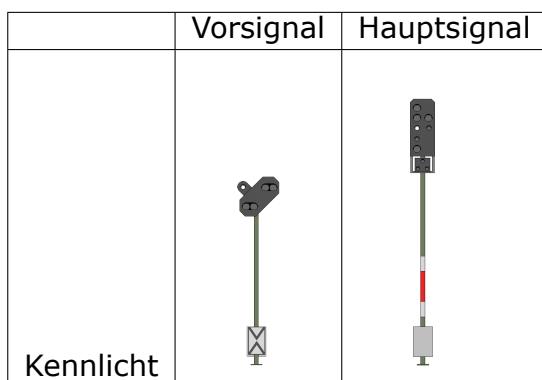
Das Aussehen der Signalschirme variiert. Es existieren die Bauformen 1951, 1969, und als jüngste Bauform sogenannte Kompaktsignale. Zusätzlich werden verschiedene Signalschirme je nach Funktion des Signals verwendet. Für Triebfahrzeugführer ist das Aussehen des Signalschirms allerdings nicht relevant. Die Funktion des Signals (Blocksignal, Einfahrtsignal, Zwischensignal, Ausfahrtsignal) muss aus der Streckenkenntnis erschlossen werden. Erst in neuerer Zeit kann man sich dabei auch durchgängig auf die Angaben im Buchfahrplan stützen.

Von 40 km/h abweichende Geschwindigkeiten werden durch Geschwindigkeitsanzeiger **Zs 3** ([Kapitel 2.11.1.7](#)) signalisiert und bei Bedarf durch **Zs 3v** vorangekündigt.

Bei Ausfahr- und Zwischensignalen muss am Signal auch eine Zustimmung zur Rangierfahrt gegeben werden können. Bei frühen Signalen der Bauform 1951 waren das H/V-Hauptsignal und das Sperrsignal für die Rangierfahrten noch getrennt am selben Standort ausgeführt. Später integrierte man das Sperrsignal in den Signalschirm des Hauptsignals. Da nach damaligem Regelwerk das Signal **Hp 0** nur für Zugfahrten galt, signalisierte ein zweites rotes Licht Halt für Rangierfahrten. Beide roten Lichter gemeinsam bildeten das Signalbild **Hp 00**. Inzwischen gilt auch **Hp 0** für Rangierfahrten, womit das **Hp 00** keine weitergehende Bedeutung mehr hat. Auf den Rückbau der zweiten Roten Signaloptik wurde allerdings verzichtet.

Hp 00 (heute: Hp 0) - Halt für Zug- und Rangierfahrten	
Hp 0 + Sh 1 - Halt für Zugfahrten, Fahrverbot für Rangierfahrten aufgehoben	

Wenn ein Lichtsignal für einen bestimmten Fahrweg nicht gebraucht wird, wird es betrieblich abgeschaltet. Um das abgeschaltete Lichtsignal von einem defekten Signal unterscheiden zu können, wird ein weißes Kennlicht angezeigt. Kennlicht zeigende Signale gelten als nicht existent.

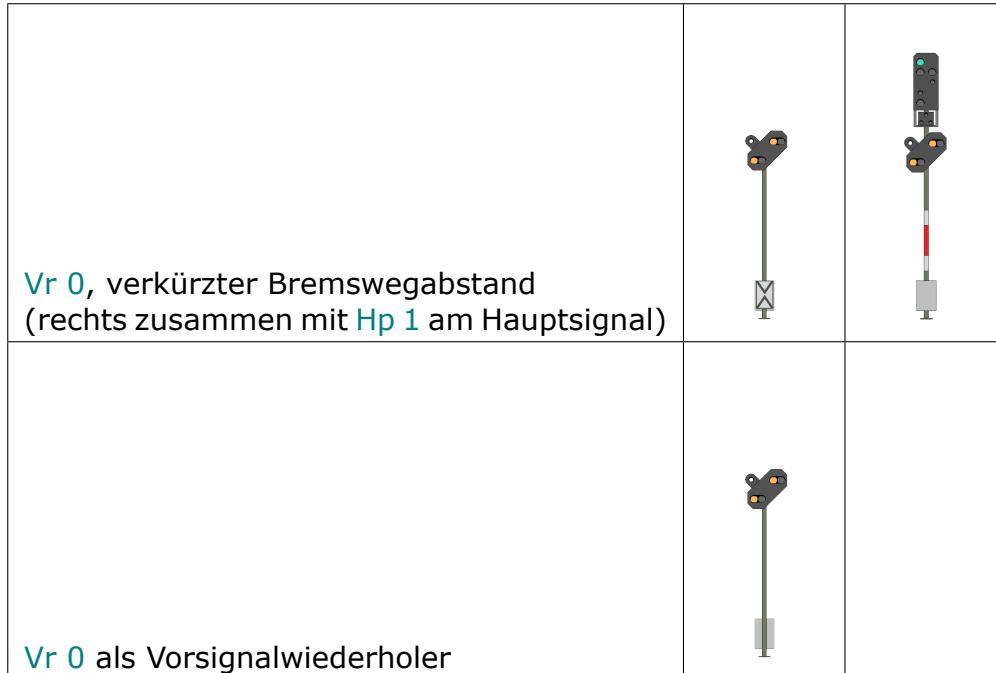


Bei geringem Abstand zum nächsten Hauptsignal kann das Vorsignal am Mast des vorhergehenden Hauptsignals montiert sein. Dabei gilt die Besonderheit, dass das Vorsignal dunkelgeschaltet wird, solange das Hauptsignal **Hp 0** zeigt.



Bei um mehr als 5% verkürztem Bremsweg zeigen H/V-Vorsignale ein weißes Zusatzlicht. Dasselbe weiße Zusatzlicht wird bei Vorsignalwiederholern gezeigt. Eine Unterscheidung,

welcher Fall vorliegt, ist anhand der Vorsignaltafel **Ne 2** möglich. Bei vorhandener Vorsignaltafel (oder im Fall eines am Hauptsignal angebauten Vorsignals) ist der Bremsweg verkürzt. Wiederholer haben dagegen keine Vorsignaltafel.



Zur Bedeutung der Mastschilder an H/V-Lichthauptsignalen siehe das gesonderte Kapitel [2.11.1.6](#).

2.11.1.4 Lichtsignale HI-System (DDR-Reichsbahn)

Das HI-Signalsystem ist eine Gemeinschaftsentwicklung verschiedener Eisenbahnen des ehemaligen Ostblocks und wurde von der Deutschen Reichsbahn der DDR ab 1959 eingeführt.

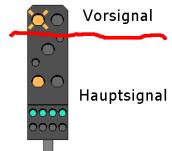
Bei HI-Signalen sind die Haupt- und Vorsignalfunktion in einem Signalschirm vereinigt. Durch Kombinationen der Lichter für Haupt- und Vorsignalfunktion sowie Lichtstreifen, die den Hauptsignalbegriff auf eine höhere Geschwindigkeit aufwerten können, ergeben sich insgesamt 17 denkbare Signalbegriffe. Deshalb sollte man als Anfänger nicht versuchen, sich die Signalbilder zu merken, sondern sich die dahinterliegende Systematik merken, um sich die Signalbegriffe erschließen zu können.

Auf dem Signalschirm werden bis zu zwei Lampen gezeigt. Die untere Hälfte des Signalschirms steht dabei für die Hauptsignalfunktion des Signals und zeigt die ab diesem Signal geltende Geschwindigkeit, die obere Hälfte übernimmt die Vorsignalfunktion für das nächste Signal. Ist im unteren Teil keine gelbe Lampe zu sehen, dann ist an diesem Signal die Vorbeifahrt mit Streckenhöchstgeschwindigkeit erlaubt. Wird im unteren Teil eine gelbe Lampe zusammen mit einem gelben Lichtstreifen gezeigt,



dann sind am Signal 60 km/h erlaubt, ohne gelben Lichtstreifen nur 40 km/h. Ein grüner Lichtstreifen mit gelber Lampe erlaubt die Vorbeifahrt mit 100 km/h.

Im oberen Teil des Signalschirms bedeutet grünes Standlicht, dass das nächste Signal die Fahrt mit Streckenhöchstgeschwindigkeit erlaubt. Grünes Blinklicht bedeutet, dass das nächste Signal Fahrt mit 100 km/h erlaubt. Eine gelbe Lampe im oberen Teil bedeutet bei Standlicht, dass das nächste Signal Halt zeigt. Gelbes Blinklicht im oberen Teil zeigt an, dass das nächstfolgende Signal entweder 40 oder 60 km/h signalisiert. Welche der beiden Geschwindigkeiten genau gefordert ist, lässt sich nur per Streckenkenntnis erschließen. Im Zweifelsfall muss defensiv gefahren werden und 40 km/h angenommen werden.

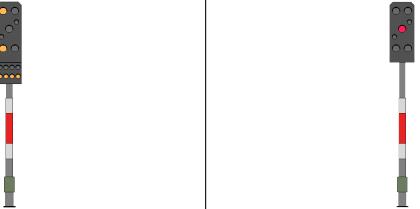


HI 1 Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit, Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit erwarten	HI 2 Fahrt mit 100 km/h, Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit erwarten	HI 3a Fahrt mit 40 km/h, Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit erwarten	
Vorsignal	Hauptsignal	Hauptsignal	Hauptsignal

HI 3b Fahrt mit 60 km/h, Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit erwarten	HI 4 Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit, Fahrt mit 100 km/h erwarten	HI 5 Fahrt mit 100 km/h, Fahrt mit 100 km/h erwarten	
Hauptsignal	Vorsignal	Hauptsignal	Hauptsignal

HI 6a Fahrt mit 40 km/h, Fahrt mit 100 km/h erwarten	HI 6b Fahrt mit 60 km/h, Fahrt mit 100 km/h erwarten	HI 7 Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit, Fahrt mit 40 oder 60 km/h erwarten
Hauptsignal	Hauptsignal	Vorsignal
HI 8 Fahrt mit 100 km/h, Fahrt mit 40 oder 60 km/h erwarten	HI 9a Fahrt mit 40 km/h, Fahrt mit 40 oder 60 km/h erwarten	HI 9b Fahrt mit 60 km/h, Fahrt mit 40 oder 60 km/h erwarten
Hauptsignal	Hauptsignal	Hauptsignal
HI 10 Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit, Halt erwarten	HI 11 Fahrt mit 100 km/h, Halt erwarten	HI 12a Fahrt mit 40 km/h, Halt erwarten
Vorsignal	Hauptsignal	Hauptsignal

HI 12b Fahrt mit 60 km/h, Halt erwarten	HI 13 (heute: Hp 0) Halt
Hauptsignal	Hauptsignal



HI Signale können ausschließlich die Geschwindigkeiten 40, 60, 100 und unbegrenzt anzeigen, was eine deutliche Einschränkung gegenüber den anderen Signalsystemen und wohl als das größte Defizit des HI-Systems darstellt.

Zur Bedeutung der Mastschilder an HI-Signalen siehe das gesonderte [Kapitel 2.11.1.6](#).

2.11.1.5 Lichtsignale Ks-System (Gesamtdeutsch)

Nach der Deutschen Wiedervereinigung wurde ein gemeinsames Signalsystem für die neuen und alten Bundesländer entwickelt, das Ks-Signalsystem. Es wird ausschließlich zusammen mit elektronischen Stellwerken eingesetzt. Die ersten Ks-Signale gingen 1993 in Betrieb.

Hauptmerkmal des Ks-Systems ist, dass am Signalschirm immer nur eine Lampe leuchtet. Der Fahrtbegriff **Ks 1** wird sowohl bei Vorsignalen als auch bei Hauptsignalen verwendet. Reine Vorsignale haben kein Mastschild, aber eine Vorsignaltafel **Ne 2**. Hauptsignale sind mit einem Mastschild gekennzeichnet.

Geschwindigkeiten werden ausschließlich durch Geschwindigkeitsanzeiger **Zs 3** signalisiert [Kapitel 2.11.1.7](#)) und bei Bedarf durch **Zs 3v** vorangekündigt.



	Vorsignal	Hauptsignal
Halt (Ks 2 / Hp 0)		
Fahrt (Ks 1 / Ks 1)		

Eine Besonderheit gilt beim Signal [Ks 1](#): Wenn am Signal zusätzlich ein Geschwindigkeitsvoranzeiger [Zs 3v](#) gezeigt wird, dann blinkt das grüne Licht des [Ks 1](#).

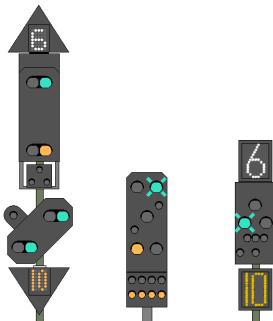
Haupt- und Vorsignalfunktion können im selben Signalschirm vereinigt sein. Solche Signale sind mit einem zusätzlichen Mastschild gekennzeichnet, das ein auf der Spitze stehendes gelbes Dreieck zeigt:

Halt (Hp 0)	Fahrt, Fahrt erwarten (Ks 1)	Fahrt, Halt erwarten (Ks 2)

Bei um mehr als 5% verkürztem Bremsweg zeigen Ks-Signale ein weißes Zusatzlicht über dem Signallicht. Ein weißes Zusatzlicht unter dem Signallicht ist dagegen ein Vorsignalwiederholer.

		
Halt erwarten (Ks 2), verkürzter Bremsweg		

Zum Abschluss noch ein Vergleich derselben Signalbedeutung im H/V-, HI- und Ks-System (60 km/h erlaubt, 100 km/h erwarten):



2.11.1.6 Mastschilder

Bei zweifelhaften oder fehlenden Nachtzeichen der Formsignale ist es möglich, behelfsmäßig das Tagzeichen auszuwerten und so auf die Stellung des Signals zu schließen. Bei allen Arten von Lichtsignalen scheidet diese Art der Rückfallebene aus. Der Triebfahrzeugführer benötigt also eine Information, wie er sich an einem erloschenen oder gestörten Lichtsignal verhalten muss. Ferner ist auch der Fall abzudecken, dass ein Signal „ewig“ Halt zeigt, aber vor Ort keine Kommunikation mit dem zuständigen Fahrdienstleiter möglich ist. Wenn das Signal keinen Gefahrpunkt absichert (insbesondere einmündende Gleise), dann kann das Mastschild in so einem Fall die Vorbeifahrt am Halt zeigenden Signal erlauben.

Wird ein Lichtsignal, das ein Mastschild besitzt, erloschen oder gestört angetroffen, so ist zunächst zu halten. Das weitere Verhalten ist dann je nach Mastschild unterschiedlich:

Weiß-rot-weißes Mastschild: Vorbeifahrt nur mit Befehl, Ersatzsignal, Vorsichtssignal, Gegengleisfahrt-Ersatzsignal oder mündlichem Auftrag zusammen mit M-Tafel. Rangierfahrten benötigen eine Zustimmung zur Vorbeifahrt.	
Weiß-gelb-weiß-gelb-weißes Mastschild: Vorbeifahrt bis zum nächsten Hauptsignal auf Sicht erlaubt, wenn keine Verständigung mit Fdl möglich ist.	

Hinweis zur derzeitigen Umsetzung in Zusi: Von einer Vorbeifahrt an einem haltzeigenden Signal mit weiß-gelb-weiß-gelb-weißem Mastschild wird abgeraten, weil dies nicht auf eine simulierte Störung, sondern auf eine tatsächlich nicht verfügbare Fahrstraße zurückzuführen ist. Wird dennoch am Signal vorbeigefahren, so fällt der Zug aus der Stellwerkslogik heraus und bekommt im weiteren Verlauf überhaupt keine regulären Fahrstraßen mehr gestellt.

Auch H/V-Formsignale tragen zwar rot und weiß lackierte Mastbleche. Diese dienen jedoch nur der besseren Erkennbarkeit und sind keine Mastschilder mit betrieblicher Bedeutung.

2.11.1.7 Geschwindigkeitsanzeiger

Geschwindigkeitsanzeiger ([Zs 3](#)) und Geschwindigkeitsvoranzeiger ([Zs 3v](#)) werden zusammen mit H/V-Form- und Lichtsignalen sowie Ks-Signalen verwendet. Sie sind entweder als Blechschild (wenn für alle vom Signal ausgehenden Fahrstraßen die selbe Geschwindigkeit gilt) oder als umschaltbarer Lichtanzeiger (wenn verschiedene Geschwindigkeiten signalisiert werden müssen) ausgeführt. Sie zeigen eine Kennziffer zwischen 1 und 15, die als 1/10 der ab dem Signal im anschließenden Weichenbereich zugelassenen Geschwindigkeit zu lesen ist. Die Ziffern des Geschwindigkeitsanzeigers [Zs 3](#) sind weiß. Im Bremswegabstand vor dem [Zs 3](#) (typischerweise am Vorsignal) kann sich als Vorankündigung ein Geschwindigkeitsvoranzeiger [Zs 3v](#) befinden, der die selbe Ziffer wie das nachfolgende [Zs 3](#) in gelber Farbe zeigt.

<p>Geschwindigkeitsanzeiger und -voranzeiger als Blechschilder: Oben ein Zs 3 mit Kennziffer 6, unten ein Zs 3v mit Kennziffer 3. Wenn das Signal Fahrt zeigt, sind am Signal 60 km/h erlaubt, ab dem nächsten Signal 30 km/h.</p>	
<p>Geschwindigkeitsanzeiger und -voranzeiger als Lichtsignal: Oben ein Zs 3 mit Kennziffer 6, unten ein Zs 3v mit Kennziffer 3. Am Signal sind hier 60 km/h erlaubt, ab dem nächsten Signal 30 km/h.</p>	

Geschwindigkeitsanzeiger kommen einzeln am Gleis vor, oder am Standort eines Hauptsignals. Durch sie wird dann die ab dem Signal geltende Höchstgeschwindigkeit abgeändert. Insbesondere gelten die bei Signal **Hp 2** standardmäßigen 40 km/h nicht mehr, wenn ein **Zs 3** eine andere Geschwindigkeit anzeigt. Bei H/V-Form- und Lichtsignalen wird bis einschließlich **Zs 3** Kennziffer 6 das Signalbild **Hp 2** gezeigt, ab Kennziffer 7 und aufwärts **Hp 1**.

2.12 Zugbeeinflussung

Zugbeeinflussungssysteme haben unter anderem die Aufgabe, Dienstunfähigkeit des Lokführers oder Fehlhandlungen wie Geschwindigkeitsüberschreitungen und Signalverfehlungen zu erkennen und ggf. den Zug zu bremsen. Es haben sich im Laufe der Jahrzehnte zahlreiche landesspezifische Systeme entwickelt. Bei den Zugbeeinflussungssystemen lassen sich grundsätzlich zwei Typen unterscheiden: Punktformige Zugbeeinflussung (PZB) ist der Oberbegriff für alle Sicherungssysteme, bei denen nur an bestimmten Punkten Informationen zwischen Fahrzeug und Strecke ausgetauscht werden. Kontinuierliche Zugüberwachung hingegen hat ständigen Kontakt zwischen Lok und Strecke/Stellwerk. Das erste entsprechende System in Deutschland war die Linienzugbeeinflussung (LZB). Mangels weiterer Systeme gibt es im Bahndeutsch noch keinen entsprechenden Oberbegriff als Pendant zur PZB. Beim Sicherungstechnik-Hersteller Siemens wird die Abkürzung CTC (Continuous train control) verwendet.

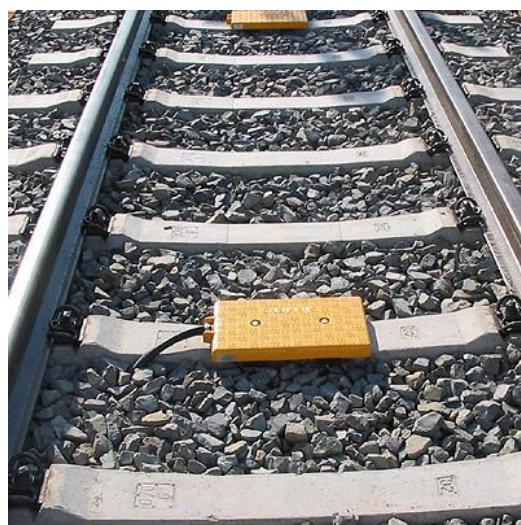
2.12.1 Europaweite Systeme

2.12.1.1 ETCS

Um die zahlreichen unterschiedlichen europäischen Zugbeeinflussungssysteme zu vereinheitlichen, wird seit den 1990er Jahren an einem einheitlichen, europaweiten Nachfolgesystem der bisherigen Technik gearbeitet. Das European Train Control System (ETCS) soll zukünftig den grenzüberschreitenden Verkehr deutlich vereinfachen. Es wurden drei

unterschiedliche Ausprägungen (Level) des ETCS entwickelt. Als besonders zukunftsweisend müssen die Level 2 und 3 betrachtet werden. Erste Testeinsätze des Level 2 gibt es ca. seit der Jahrtausendwende, wobei hier insbesondere das Testprogramm der SBB zwischen Olten und Luzern als erster großer Praxistest zu erwähnen ist. Level 3 wurde bisher (Stand 2014) noch nicht in der Praxis eingesetzt und eine Einsatz ist in der näheren Zukunft nicht absehbar. Für die Kommunikation stehen Funk und Balisen zur Verfügung.

Euroradio gewährleistet eine kontinuierliche Verbindung zwischen Zug und Stellwerk über Funk. Die Eurobalise überträgt punktuell Daten an den vorbeifahrenden Zug. Das kann eine statische Information wie z.B. ein Geschwindigkeitsprofil oder auch eine schaltbare Information im Zusammenhang mit Signalen sein.



Eurobalise

2.12.1.1.1 ETCS Level 1

Beim einfachsten Level 1 werden Eurobalisen im Zusammenhang mit Signalen aufgestellt. Die Balisen übertragen dabei die Signalbegriffe auf das Fahrzeugsystem, welches den Fahrtverlauf überwacht. Außerdem wird das Geschwindigkeitsprofil der Strecke übertragen, so dass eine kontinuierliche Geschwindigkeitsüberwachung gewährleistet ist. Da die Information aber nur punktuell an Balisen übertragen wird, gehört Level 1 zu den punktförmigen Zugbeeinflussungssystemen.

2.12.1.1.2 ETCS Level 2

Bei Level 2 besteht ständig Kontakt zwischen Zug und Stellwerk über Euroradio, womit Level 2 ein Vertreter der kontinuierlichen Zugbeeinflussungssysteme ist. Der Zug ermittelt seine Position über Wegmessungen und teilt das Ergebnis dem Stellwerk über Euroradio mit. Um Fehlersummierung zu vermeiden, wird regelmäßig ein Abgleich mit Hilfe von Eurobalisen durchgeführt. Die Balisen dienen aber nur der Ortsbestimmung und übertragen keine Fahrtinformationen. Diese erhält der Zug über Euroradio vom Stellwerk, womit die kontinuierliche Fahrtüberwachung gewährleistet ist.

Streckenseitig sind aber weiterhin Achszähler bzw. Gleisfreimeldung nötig, um z.B. Zugtrennungen erkennen zu können. Die Strecke ist also in Blockabschnitte unterteilt, in denen sich nur jeweils ein Zug befinden darf. Signale sind an der Strecke nicht mehr nötig.

In Deutschland wurde Ende 2005 der planmäßige Betrieb mit ETCS Level 2 auf einem kurzen Streckenstück bei Dessau aufgenommen und eine erste kleine Anzahl E-Loks mit dem System ausgerüstet. Für die weitere Zukunft ist zunächst die Ausrüstung eines Nord-Süd-Korridors und eines Ost-West-Korridors geplant, um den Transit zu erleichtern.

2.12.1.1.3 ETCS Level 3

Bei Level 3 wird nicht mehr mit festen Blockabschnitten gearbeitet, sondern die Züge können ständig im Bremswegabstand hintereinander fahren. Zusätzlich zu Level 2 ist dafür aber ein System notwendig, mit dem der Zug selbst seine Vollständigkeit überprüfen kann, damit ein nachfolgender Zug bei Zugtrennungen angehalten werden kann. Damit können die aufwendigen Achszähler entfallen, wodurch sich die streckenseitige Infrastruktur deutlich preiswerter gestalten ließe.

2.12.2 Deutschland

2.12.2.1 Sicherheitsfahrschaltung (Sifa)

Um sicherzustellen, dass der Lokführer noch fahrtüchtig ist, muss er regelmäßig die Sifa bedienen. Auf den meisten Triebfahrzeugen gibt es dafür ein Fußpedal unter dem Bedientisch und an beiden Seitenfenstern noch je einen Handtaster für die Abfahrt am Bahnsteig, wenn der Lokführer Türen und Bahnsteig beobachtet. Oft ist auch ein Sifa-Schalter in den Fahrschalter integriert (Herunterdrücken des Fahrschalterknaufs).

Wenn der Lokführer zu lange keine der Tasten betätigt hat, geht zunächst die Sifa-Warnlampe auf dem Führerstand an. Erfolgt darauf keine Reaktion, ertönt die Sifa-Hupe auf dem Führerstand. Erfolgt dann immer noch keine Reaktion, wird eine Zwangsbremseingeleitet, die durch Betätigen der Sifa sofort wieder aufgehoben wird.

Der Lokführer muss das Fußpedal oder einen der alternativen Handtaster ständig herunterdrücken und in regelmäßigen Abständen kurz loslassen. Wenn der Lokführer das Fußpedal/den Handtaster loslässt, springt sofort der Prüflauf der Sifa an (Lampe, Hupe, Zwangsbremse).

Anwendung in Zusi: Da ein ständiges Herunterdrücken des Sifa-Schalters bei Tastaturbedienung nicht sinnvoll zu handhaben ist, akzeptiert die Sifa in Zusi es auch, wenn man keine Taste drückt und nur alle z.B. 30 Sekunden (je nach Bauart) die Sifa-Taste kurz betätigt. Für Anwender mit echter Fahrpulthardware lässt sich das authentische Verhalten in den Simulator-Einstellungen aktivieren. Neben der standardmäßigen Sifa-Taste wird auch das Herunterdrücken des Mausrades als Sifa-Betätigung interpretiert.

Es gibt in Deutschland verschiedene Systeme, die sich in ihrem Prüfablauf etwas unterscheiden, wie die folgenden Abschnitte darlegen:

2.12.2.1.1 R.Z.M.-Sifa

R.Z.M. steht für Reichsbahn-Zentral-Maschinenamt, das diese Sifa entwickelt hat. Sie arbeitet analog mit gewissen Toleranzen (so wird z.B. die Zeitmessung über das Entlüften eines Behälters durch eine Drossel durchgeführt). Die Sifa ist erst ab 15 km/h wirksam und arbeitet rein zeitabhängig. Nach 40-60 Sekunden leuchtet der Melder, nach weiteren 3 Sekunden ertönt die Sifa-Hupe auf dem Führerstand und nach weiteren 3 bis 6 Sekunden wird eine Zwangsbremsung eingeleitet. Auch frühe Bundesbahn-Fahrzeuge wie VT08/VT12, V80, V200-Prototypen wurden noch mit R.Z.M.-Sifa ausgeliefert.

2.12.2.1.2 Zeit-Weg-Sifa

Typischer Vertreter der Zeit-Weg-Sifa ist die mechanische BBC-Sifa, die in Bundesbahn-Loks ab Mitte der 1950er Jahre verbaut wurde. Als elektronische Bauart gibt es die BBC L45a oder Deuta ES66)

Wenn der Lokführer 30 Sekunden lang keine der Sifa-Tasten betätigt hat, leuchtet der Sifa-Leuchtmelder auf.

Nach weiteren 75 Metern zurückgelegtem Weg ohne Betätigung ertönt auf dem Führerstand die Sifa-Hupe und nach weiteren 75 Metern erfolgt eine Zwangsbremsung. Die Zwangsbremsung kann jederzeit durch Drücken der Sifa-Taste wieder aufgehoben werden. Bei der Bundesbahn wurden u.a. folgende Fahrzeuge mit dieser Sifa ausgerüstet: 110, 140, 141, 150, 211, 212, 213, 216, 217, 219, 220, 221, V36, V60, VT11, 624, 634.

2.12.2.1.3 Zeit-Zeit-Sifa

Diese Bauart ist seit Ende der 1960er Jahre die Standard-Sifa der Bundesbahn. Wenn der Lokführer 30 Sekunden lang keine der Sifa-Tasten betätigt hat, leuchtet der Sifa-Leuchtmelder auf. Nach weiteren 2,5 Sekunden ohne Betätigung ertönt auf dem Führerstand die Sifa-Hupe und nach weiteren 2,5 Sekunden erfolgt eine Zwangsbremsung. Die Zwangsbremsung kann jederzeit durch Drücken der Sifa-Taste wieder aufgehoben werden. Ausgeführte Bauarten auf der Basis von Mikroprozessortechnik nach diesem Funktionsprinzip sind L44s (BBC), STG205 (Schaltbau) und ES70 (Deuta). Auch ältere Loks wurden ggf. bei anstehenden Instandsetzungen auf Zeit-Zeit-Sifa umgerüstet.

Bei der Bundesbahn wurden u.a. folgende Fahrzeuge mit dieser Sifa ausgerüstet: 111, 210, 215, 218, V90, 602, 614, 627, 628, 701, 702

2.12.2.1.4 Sifa 66

Der Prüfablauf der Sifa 66 entspricht dem der zuvor erläuterten Zeit-Zeit-Sifa, allerdings handelt es sich um eine Aufforderungssifa, das bedeutet, dass Tastendrücke vor dem Aufleuchten der Lampe ignoriert werden. Mit dem Prinzip der Aufforderungssifa versuchte man, die Konzentration des Lokführers zu steigern. Die Sifa 66 wurde von der DDR-Reichsbahn entwickelt.

2.12.2.1.5 Sifa 86

Bei dieser Sifa gibt es zwei Modi - 400 m oder 800 m. Der 400 m-Modus ist für Fahrzeuge mit Höchstgeschwindigkeit unter 100 km/h. Der Lokführer muss alle 400/800 Meter oder nach 40 bis 50 Sekunden - je nachdem was eher erreicht wird - die Sifa-Taste drücken.

Die Zeitspanne im Bereich von 40 bis 50 Sekunden wird über einen Zufallsgenerator bestimmt. Die Sifa 86 ist eine Aufforderungssifa, was bedeutet, dass Tastendrücke vor dem Aufleuchten der Lampe ignoriert werden.

Nach Ablauf der 40 bis 50 s bzw. 400/800m leuchtet der Sifa-Leuchtmelder. Auf dieses Aufleuchten hin ist die Taste zu betätigen.

Nach weiteren 4 Sekunden geht die Hupe an und nach weiteren 2 Sekunden erfolgt eine Zwangsbremse. Die Zwangsbremse kann jederzeit durch Drücken der Sifa-Taste wieder aufgehoben werden.

Die Sifa 86 ist eine Entwicklung der DDR-Reichsbahn und wurde in zahlreichen Reichsbahnloks eingebaut.

2.12.2.2 Induktive Zugsicherung (Indusi)

Die Notwendigkeit eines Zugbeeinflussungssystems ergab sich mit den steigenden Fahrgeschwindigkeiten der Züge ab den 1920er Jahren, als mit immer leistungsfähigeren Schnellzugdampfloks und den sich abzeichnenden Schnelltriebwagen die bisher üblichen 100 km/h deutlich überschritten wurden. Ziel des Systems war, das Überfahren eines Haltsignals und die Fahrt über abzweigende Weichen mit überhöhter Geschwindigkeit zu verhindern.

2.12.2.2.1 Entwicklung und Einsatz

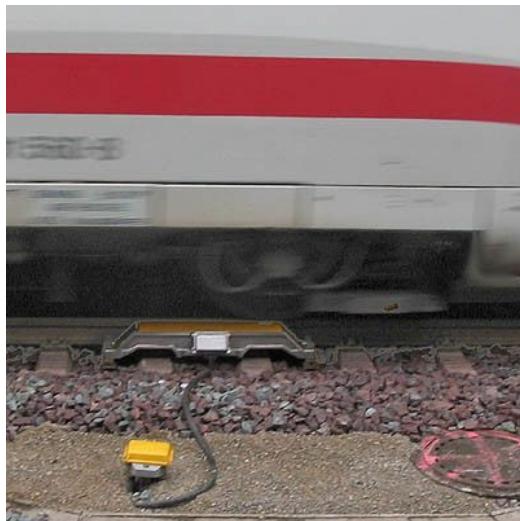
Nach verschiedenen Versuchen, u.a. mit optischer Informationsübertragung, entschied sich die Reichsbahn in den 1930er Jahren für die Einführung der induktiven Zugsicherung (Indusi), welche zu den punktförmigen Zugbeeinflussungssystemen zählt. Indusi war zunächst für die schnellfahrenden Fahrzeuge vorgesehen, kam aber durch den 2. Weltkrieg nicht mehr zu großer Verbreitung. Die Entscheidung für das induktive Prinzip muss man als sehr weitblickend einschätzen, wurde doch somit ein System eingeführt, das so einfach und zugleich zuverlässig ist, dass es auch nach fast 100 Jahren mit recht geringen Modifikationen noch praktisch alle Anforderungen erfüllt.

Bundesbahn und DDR-Reichsbahn übernahmen die induktive Zugbeeinflussung fast unverändert und führten die Ausrüstung von Netz und Fahrzeugen fort. Ende der 50er Jahre waren im Westen Deutschlands die großen Hauptstrecken (entspricht etwa heute dem IC/ICE-Netz) ausgerüstet. Nach einigen schweren Zugunglücken wegen überhöhter Geschwindigkeit in den 1970er Jahren wurden bei der Bundesbahn auch konsequent alle Geschwindigkeitswechsel mit mit mehr als 20% Geschwindigkeitsherabsetzung mit Indusi gesichert. Seit den 1970er Jahren ist das westdeutsche Netz praktisch flächendeckend mit Indusi ausgerüstet. Bei der DDR-Reichsbahn wurden viele Strecken – auch wichtige Hauptstrecken - nicht ausgerüstet und waren es auch oft Anfang des 21. Jahrhunderts noch nicht. Erst das schwere Zugunglück von Hordorf 2011 führte zu einer vollständigen Nachrüstung.

PZB-Systeme sind in Deutschland bis zu Geschwindigkeiten von 160 km/h zugelassen. Schnellere Züge benötigen eine Ausrüstung mit kontinuierlichen Überwachungssystemen.

2.12.2.2.2 Funktionsprinzip

Am Triebfahrzeug befindet sich ein elektrischer Schwingkreis, am Gleis ein passiver Schwingkreis mit gleicher Resonanzfrequenz, der ohne Energieversorgung auskommt. Wenn die Lok den sogenannten Gleismagneten (physikalisch ist dieser Begriff nicht ganz korrekt, handelt es sich doch nur um einen elektrischen Schwingkreis) passiert, bricht durch die Resonanz der beiden Kreise die Spannung am Oszillator der Lok ein, eine Übertragung der Information hat damit stattgefunden und kann vom System der Lok entsprechend verarbeitet werden.



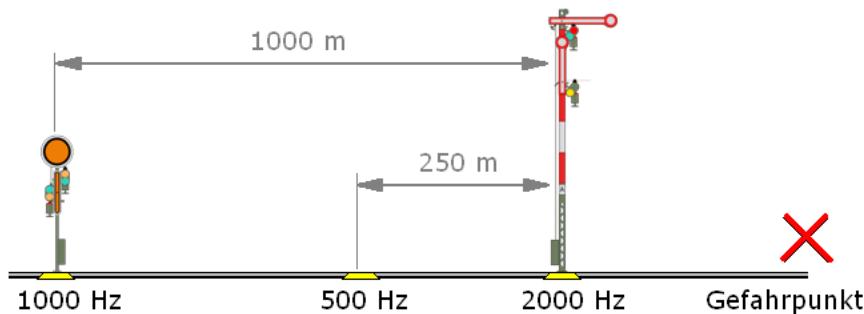
Fahrzeugmagnet überfährt Gleismagnet

Wenn keine Beeinflussung notwendig ist, z. B. weil das Signal freie Fahrt zeigt, wird der gleisseitige Schwingkreis kurzgeschlossen und ist damit unwirksam. So ein System kann natürlich nur den Zustand Ein-/Aus übertragen. Da das für die hier vorgesehenen Aufgaben zu wenig Information wäre, gibt es drei Beeinflussungsfrequenzen (1000, 500 und 2000 Hz - „Dreifrequenzbauart“), die jeweils auf der Lok spezielle Prüfabläufe auslösen.

2.12.2.2.3 Betriebsprogramm

Im folgenden wird der Prüfablauf der Indusi I54, Zugart O beschrieben. Die Indusi I54 ist die älteste Bauart der Bundesbahn und eignet sich gut als einführendes Beispiel. Die neueren Bauarten haben dann bei gleicher streckenseitiger Ausrüstung noch weitere Funktionen - doch dazu später. Im Grundzustand leuchtet auf dem Führerstand ein blauer Melder und zeigt die Betriebsbereitschaft des Systems an.

Das folgende Bild zeigt die typische Anordnung der Magnete:

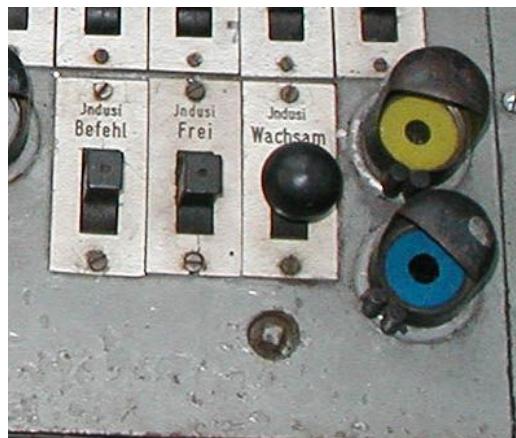


Wenn sich der Zug einem Halt zeigenden Signal nähert, sind alle drei Magnete scharf geschaltet. Das Sicherungssystem muss jetzt mit hoher Wahrscheinlichkeit verhindern, dass der Zug bis in die Gefahrenzone vordringen kann.

Dazu werden an den Beeinflussungsstellen die folgenden Prüfabläufe durchgeführt:

2.12.2.2.3.1 1000 Hz-Beeinflussung

Ca. 1000 Meter vor dem Hauptsignal kündigt das Vorsignal die Haltstellung an, der Zug erhält eine 1000 Hz-Beeinflussung. Der Lokführer muss jetzt innerhalb von 4 Sekunden die Wachsamkeitstaste betätigen, um dem System zu zeigen, dass er das Vorsignal wahrgenommen hat - es ertönt dann die Hupe auf dem Führerstand, und der gelbe 1000 Hz-Leuchtmelder leuchtet auf.



Indusi I54-Einrichtung mit Befehl-, Frei-, Wachsamtaster und den beiden Leuchtmeldern

Bestätigt der Lokführer nicht, erhält der Zug ohne Vorwarnung eine Zwangsbremsung bis zum Stillstand. Um sicherzustellen, dass nach dem Drücken der Wachsamkeitstaste auch tatsächlich eine Bremsung eingeleitet wird, startet bei der 1000 Hz-Beeinflussung die „angehängte Geschwindigkeitsprüfung“ mit 20 Sekunden Laufzeit. Nach Ablauf der 20 Sekunden wird punktuell die aktuelle Geschwindigkeit überprüft. Ist sie höher als 95 km/h, gibt es sofort eine Zwangsbremsung. Der gelbe Leuchtmelder erlischt nach dem Ablauf der 20 Sekunden wieder, und das System ist im Grundzustand.

2.12.2.2.3.2 2000 Hz-Beeinflussung

Nun zunächst zur 2000 Hz-Beeinflussung. Diese bewirkt eine sofortige Zwangsbremsung und ist darum am Halt-zeigendem Hauptsignal aktiv.

2.12.2.3.3 500 Hz-Beeinflussung

Durch die 1000 Hz-Beeinflussung wird zunächst nur verhindert, dass der Zug nach dem Vorsignal mit unvermindert hoher Geschwindigkeit bis zum Hauptsignal weiterfährt. Allerdings wären die abgeprüften 95 km/h noch so hoch, dass der Zug nach der 2000 Hz-Zwangsbremse am Hauptsignal weit über das Hauptsignal hinausrutschen würde. In vielen Situationen liegt der Gefahrpunkt aber schon recht dicht hinter dem Signal.

Darum wird bei kritischen Signalen ca. 200-250 m vor dem Hauptsignal ein 500 Hz-Magnet gesetzt, dessen Schaltung mit dem Hauptsignal gekoppelt ist. Beim Passieren des Magneten darf die Geschwindigkeit maximal 65 km/h betragen, sonst gibt es wiederum eine Zwangsbremse. Der 500 Hz Magnet ist auch dann scharf, wenn das Hauptsignal eine Höchstgeschwindigkeit von weniger als 40 km/h zuläßt.

Durch diese drei Beeinflussungsstellen ist mit recht hoher Sicherheit gewährleistet, dass ein herannahender Zug rechtzeitig zum Stehen gebracht wird, falls der Lokführer das Vorsignal nicht oder falsch erkannt hat oder aus irgendwelchen Gründen eine nicht ausreichende Bremsung einleitet. Es wird natürlich immer vorausgesetzt, dass der Lokführer nicht vorsätzlich Signale falsch beachtet.

Das gleiche Verfahren wird auch angewendet, wenn der Hauptsignalbegriff oder die neue Streckengeschwindigkeit unter 100 km/h liegt. Bei 40 km/h und mehr wird der 500 Hz-Magnet allerdings nicht mehr aktiviert, da er dann eine unnötig starke Bremsung erzwingen würde.

2.12.2.3.4 Geschwindigkeitsprüfabschnitte

Mit dem beschriebenen Verfahren lassen sich Geschwindigkeiten ab 100 km/h aufwärts nicht sinnvoll überwachen, da die Indusi eine unnötig starke Bremsung erfordern würde.

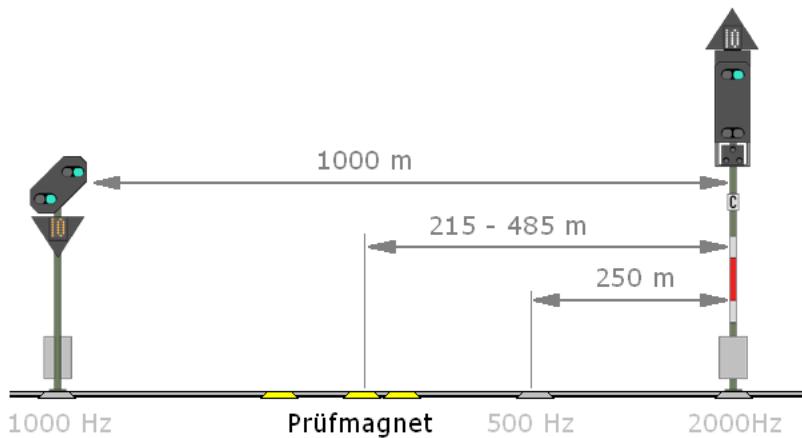
Für diese Fälle gibt es den Geschwindigkeitsprüfabschnitt, der aus einer Einschaltstelle, einem dahinter liegendem 2000 Hz-Magneten und einer Ausschaltstelle besteht. An der Einschaltstelle schaltet der Zug den 2000 Hz-Magneten scharf. Per Zeitschaltung wird der 2000 Hz-Magnet wieder so passend deaktiviert, dass ein Zug mit erlaubter Geschwindigkeit den 2000er erst im deaktivierten Zustand überfährt, während ein Zug mit überhöhter Geschwindigkeit den 2000er bereits im noch scharf geschalteten Zustand erreicht und damit eine sofortige Zwangsbremse erhält. Durch diese Schaltung lässt sich auch mit der recht einfachen Dreifrequenz-PZB jede beliebige Geschwindigkeit überwachen.

Nach demselben Prinzip wird bei Ankündigungen von 80 und 90 km/h auf die 1000Hz-Beeinflussung verzichtet, wenn der Zug schon langsam genug ist.

Das folgende Bild zeigt die Anordnung für Geschwindigkeitsbeschränkungen ab 100 km/h. An der Ankündigung ist der 1000 Hz-Magnet nicht aktiv. Je nach Prüfgeschwindigkeit erfolgt zwischen 215 und 485 m vor dem Zielpunkt eine punktuelle Geschwindigkeitsprüfung mit einem 2000 Hz-Prüfabschnitt. Die dort geprüfte Geschwindigkeit liegt oberhalb des Zielwertes, schließlich legt der Zug noch etwas Weg bis zum Zielpunkt zurück. 500- und 2000 Hz-Magnet sind nicht aktiv.



Prüfabschnitt mit Einschalt-, Prüf- und Ausschaltmagnet



2.12.2.3.5 Befreiung aus der Zwangsbremsung

Wenn eine Zwangsbremsung erfolgt, wird die Hauptluftleitung komplett entlüftet, der blaue Bereitschaftsmelder erlischt, der gelbe Melder blinkt und die Hupe auf dem Führerstand ertönt. Erst wenn der Zug zum Stillstand gekommen ist, darf man sich durch Drücken der Frei-Taste aus der Zwangsbremsung befreien, die Hauptluftleitung wieder befüllen und dann die Fahrt fortsetzen. Bei der Deutschen Bahn AG gilt seit Anfang des 21. Jahrhunderts, dass der Lokführer bei jeder PZB-Zwangsbremsung mit dem Fahrdienstleiter des zuständigen Stellwerks Kontakt aufnehmen muss, nachdem es vorgekommen war, dass Lokführer nach der Zwangsbremsung am Haltsignal die Fahrt fortgesetzt haben, da sie einen unkritischen Grund für die Zwangsbremsung vermutet hatten.

2.12.2.3.6 Funktion der Befehlstaste

Durch gedrückt Halten der Befehlstaste kann die durch eine 2000 Hz-Beeinflussung verursachte Zwangsbremsung überbrückt werden. Das wird bei erlaubtem Überfahren eines 2000 Hz-Magneten angewendet, etwa bei Rangierfahrten oder Fahrten auf Befehl oder

Ersatzsignal. Der Zug darf dabei maximal 40 km/h schnell sein. Während die Taste gedrückt ist, ertönt die Hupe auf dem Führerstand.

2.12.2.2.3.7 Überblick über die Scharfschaltung der PZB-Magnete

Unter folgenden Bedingungen sind die PZB-Magnete scharf geschaltet.

1000 Hz (Wachsam drücken):

- Ankündigung einer Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h oder weniger
- Ankündigung von 80 km/h und der Zug passiert mit 95 km/h oder mehr
- Ankündigung von 90 km/h und Zug passiert mit 105 km/h oder mehr
- Alleinstehende Vorsignaltafel
- Bahnübergangs-Überwachungssignal zeigt defekten Übergang an

500 Hz (Prüfgeschwindigkeit unterfahren):

- Hauptsignal zeigt Halt oder Höchstgeschwindigkeit kleiner 40 km/h
- Herabsetzung der Streckengeschwindigkeit auf unter 40 km/h
- Absicherung der Einfahrt in einen Bahnhof bei Fahrt auf dem Gegengleis

2000 Hz (sofortige Zwangsbremsung):

- Hauptsignal zeigt Halt
- Geschwindigkeitsprüfabschnitt wird zu schnell überfahren
- Ne 1-Tafel am Gegengleis

2.12.2.2.3.8 Bedienung durch den Lokführer

Der Lokführer muss also folgende Bedienhandlungen durchführen:

- Beim Passieren eines Vorsignals oder einer Geschwindigkeitstafel mit einer Ankündigung von 0 bis 90 km/h innerhalb von 4 Sekunden die Wachsamkeitstaste drücken und anschließend innerhalb der Prüfzeit den Zug unter die zulässige Maximalgeschwindigkeit (95 km/h) bremsen. Diese Bremsung muss auf jeden Fall ausgeführt werden, auch wenn das Hauptsignal direkt nach der 1000 Hz-Beeinflussung auf Freie Fahrt springt (schließlich weiß das Indusi-System das mangels weiterer Informationskanäle nicht und muss daher vom roten Signal ausgehen). Während der Prüfzeit leuchtet der gelbe 1000 Hz-Leuchtmelder.
- Bei Annäherung an ein Hauptsignal oder einen Wechsel der Streckengeschwindigkeit mit zulässiger Maximalgeschwindigkeit unter 40 km/h am 500 Hz-Magneten die dort zulässige Maximalgeschwindigkeit (65 km/h) einhalten.
- Bei Geschwindigkeitsbeschränkungen ab 100 km/h den vor dem Wechsel liegenden Prüfabschnitt bei der Bremsung berücksichtigen
- Vor einem Halt-zeigenden Hauptsignal anhalten
- Wenn ein Haltsignal überfahren werden darf, vor Überfahren des 2000 Hz-Magneten die Befehlstaste drücken und erst nach Überfahrt wieder loslassen.

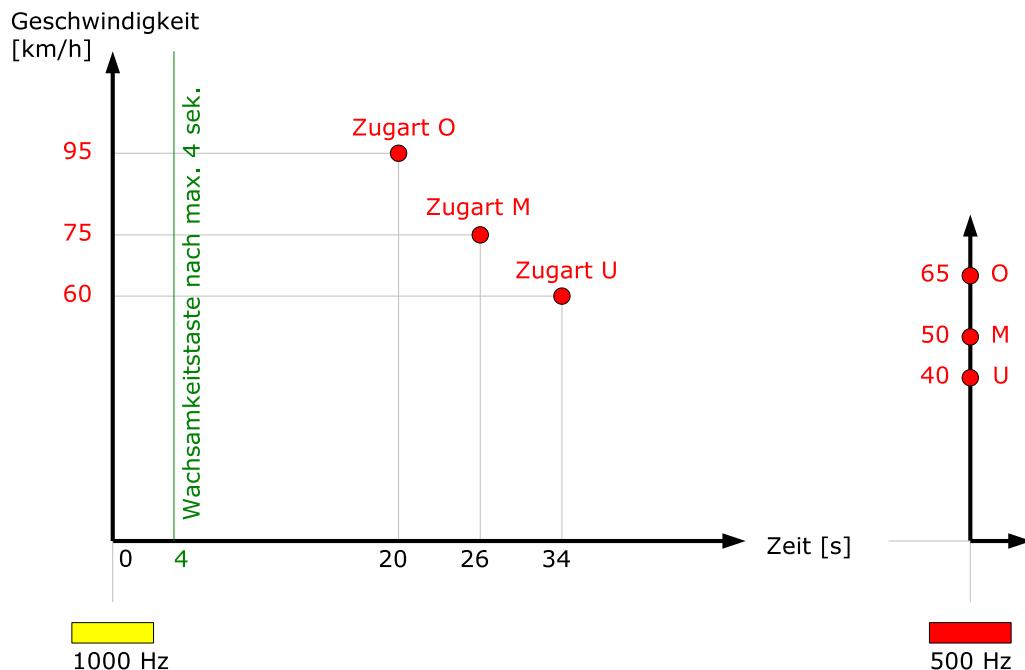
2.12.2.2.4 Indusi I36

Informationen zum Betriebsprogramm dieser Bauart aus den 1930er Jahren sind willkommen.

2.12.2.2.5 Indusi I54

Die im vorangegangenen Kapitel erläuterten Funktionen haben die Funktionsweise der Indusi I54 bereits weitgehend erklärt. Hinzuzufügen wären noch zwei andere Betriebsmodi für Züge mit geringerer Bremsleistung. Neben der oben erläuterten Zugart O gibt es dafür die Zugarten M und U mit niedrigeren Grenzwerten. Das I54-Gerät kann aber nur fest auf einen Modus eingestellt werden. So sind z.B. typische Güterzugloks fest in M eingestellt.

Überwachungsfunktion Indusi I54/I60



Bei der Indusi I54 wird das tatsächliche Anhalten im Falle einer Zwangsbremsung nicht überprüft. Die Zwangsbremsung lässt sich aufheben, sobald die Hauptluftleitung entleert ist. Ein Lokführer kann also technisch gesehen bei rascher Reaktion eine Zwangsbremung entgegen der Vorschrift abbrechen und das Anhalten verhindern.

2.12.2.2.6 Indusi I60

Die Indusi I60 unterscheidet sich von der I54 vor allem dadurch, dass die Zugart auf der Lok eingestellt werden kann. So lässt sich das Betriebsprogramm an die Bremsleistung des jeweiligen Zuges anpassen. Welche Zugart eingestellt ist, erkennt der Lokführer am Aufleuchten des entsprechenden blauen Melders 95/75/60. Die Prüfwerte sind mit denen der I54 identisch. Die Indusi I60 ist die Standard-Indusi der Bundesbahn und kam in zahlreichen Fahrzeugen zum Einsatz.



2.12.2.7 Indusi I60DR

Variante der DDR-Reichsbahn mit gegenüber der Indusi I60 etwas geänderten Prüfgeschwindigkeiten. Es gilt für Zugart O 90 km/h, für M 65 km/h und für U 50 km/h. Zum Einsatz kam die Indusi I60DR auf diversen Schnellzugloks.

2.12.2.8 Indusi I60M

Für die Umstellung der Rangierloks auf das Sicherheitsniveau der PZB90 (siehe folgende Kapitel) wurde aus der Indusi I60 die Indusi I60M abgeleitet. Diese unterscheidet sich nur durch die Prüfparameter von der I60, so dass die Umrüstung auf teure PZB90-Hardware vermieden wird. Die neuen Prüfgeschwindigkeiten betragen 25 km/h nach 45 Sekunden bei 1000 Hz-Beeinflussung und 10 km/h am 500 Hz-Magnet.

Zum Einsatz kommt die Indusi I60M seit 2006 auf den Loks der Bundesbahn-V60, welche sowieso nur die Zugart U haben.



Leuchtmelder der Indusi I60M (Foto: Timo Albert)

2.12.2.2.9 Indusi I60R/Indusi I80

Bei der Indusi I60 gibt es gewisse Sicherheitslücken. Wenn der Lokführer zwar die Wachsamkeitstaste betätigt, dann aber keine Bremsung einleitet, könnte z. B. ein Zug mit 140 km/h in der 20 Sekunden dauernden Prüfzeit bereits ca. 770 Meter zurücklegen, bis die angehängte Geschwindigkeitsprüfung per Zwangsbremsung eingreift. Das reicht meist nicht mehr aus, um ein Rutschen in den Gefahrenbereich zu verhindern. Eine weitere Lücke ist die fehlende Wegabhängigkeit: Wenn der 1000 Hz-Magneten sehr langsam passiert wird, dann wird in der Prüfzeit nur ein geringer Weg zurückgelegt. Anschließend könnte der Lokführer, z.B. weil er das Umspringen eines anderen Signals versehentlich auf sein Gleis bezieht, bis zum 500 Hz-Magneten auf hohe Geschwindigkeit beschleunigen, ohne dass die Indusi I60 einschreiten würde.

Die Indusi I60R schließt derartige Lücken, indem sie eine kontinuierliche Überwachung durchführt. Die Bundesbahn führte das auf Mikroprozessortechnik basierende System 1985 (in Kombination mit LZB80) und 1990 (auch eigenständig ohne LZB-Funktion) als neue Standard-PZB für alle Fahrzeug-Neuanschaffungen und zum Nachrüsten der Baureihen 111, 112 und 181.2 ein. Mit der Indusi I60R wurde es möglich, 160 km/h schnelle Züge ohne Beimann zu fahren, was mit Indusi I60 nur bis 140 km/h erlaubt war. Bei Integration in die LZB80 wird das System als Indusi I80 bezeichnet (und kann dann auch mit einer Sprachausgabe arbeiten). Das Betriebsprogramm entspricht aber der Indusi I60R, weshalb hier auf die Indusi I80 nicht weiter eingegangen wird.

2.12.2.9.1 1000 Hz-Beeinflussung

Zusätzlich zum Programm der I54 wird der Bremsverlauf des Zuges nach der 1000 Hz-Beeinflussung durch eine vorgegebene Bremskurve kontinuierlich überwacht. Wird diese Bremskurve irgendwann während des Bremsvorganges überschritten, wird sofort ohne Vorwarnung eine Zwangsbremsung eingeleitet.

Weiterhin wird die angehängte Geschwindigkeitsprüfung nicht nur durch die Prüfzeit vorgegeben, sondern zusätzlich durch einen Prüfweg von 700 m.

Erfolgt bei laufender angehängter Geschwindigkeitsprüfung eine weitere Beeinflussung, so wird die wegabhängige Prüfung verlängert, so dass sie bis 700 m ab der zweiten Beeinflussung andauert.

2.12.2.9.2 500 Hz-Beeinflussung

Auch am 500 Hz-Magneten wird bei der Indusi I60R eine Bremskurve gestartet, die rein wegabhängig funktioniert und so sicherstellt, dass ein Zug mit maximal 45 km/h über ein Haltzeigendes Hauptsignal fahren kann, wodurch er noch vor dem Gefahrenbereich zum Stehen kommen soll. Während die Prüfkurve aktiviert ist, leuchtet der rote 500 Hz-Leuchtmelder auf dem Führerstand, welcher neu mit der Indusi I60R eingeführt wurde.

2.12.2.9.3 Zwangsbremsung

Bei der Indusi I60R wird im Gegensatz zur Indusi I60 tatsächlich nach einer Zwangsbremsung die Geschwindigkeit beim Freidrücken kontrolliert, allerdings nicht bis zum Stillstand, denn das Auffüllen der leeren Hauptluftleitung kann ziemlich lange dauern. Um ein schnelleres Wiederanfahren des zwangsgebremsten Zuges zu ermöglichen, kann bei der Indusi I60R die Zwangsbremsung unter 30 km/h per Freitaste aufgehoben und



Leuchtmelder der Indusi I60R (hier ohne Zugart U), Ausführung und Anordnung kann von Baureihe zu Baureihe unterschiedlich sein (retuschiertes Bild)

das Auffüllen der Hauptluftleitung eingeleitet werden. Der Zug muss dann aber nach spätestens 15 Sekunden zum Stillstand kommen, sonst gibt es eine erneute Zwangsbremsung.

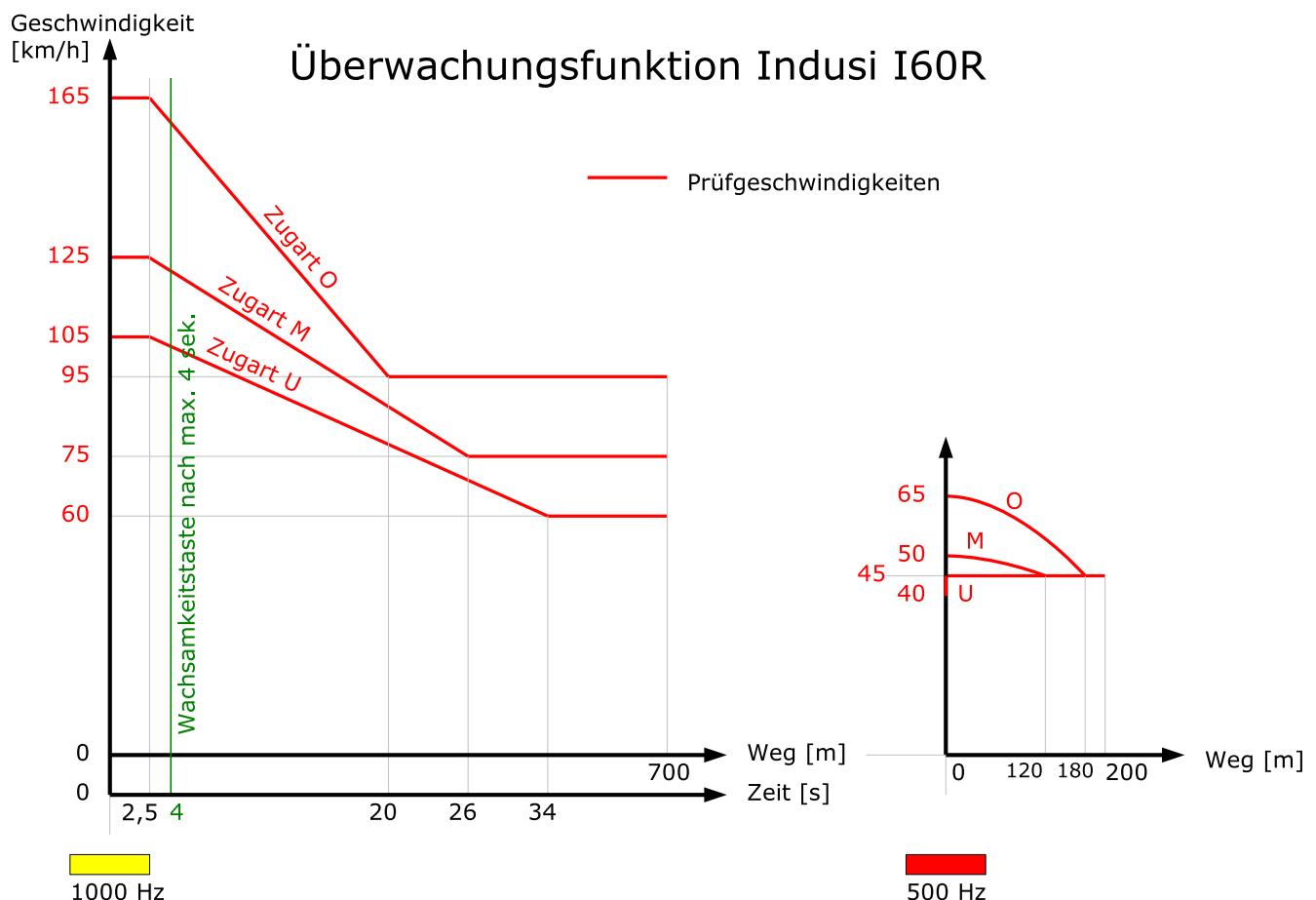
2.12.2.9.4 Kontrolle der Höchstgeschwindigkeit

Eine weitere Neuerung der Indusi I60R ist die permanente Überwachung der Höchstgeschwindigkeit des Zuges bzw. der Lok. Je nach Zugart wird ab 165/125/105 km/h eine Hupe auf dem Führerstand eingeschaltet. Ab 169/134/119 km/h wird eine Zwangsbremsung eingeleitet. Diese Bremsung erfolgt aber nicht bis zum Stillstand, sondern die Hauptluftleitung wird automatisch wiederbefüllt, sobald die Höchstgeschwindigkeit wieder unterschritten ist.

2.12.2.9.5 Befehlstaste

Die Befehlstaste wirkt bei der Indusi I60R nur unterhalb von 45 km/h, so dass ein 2000 Hz-Magnet nicht mehr schneller als erlaubt überfahren werden kann. Beim Passieren des 2000 Hz-Magneten leuchtet der neu mit der Indusi I60R eingeführte weiße Melder auf und zeigt dem Lokführer an, dass er den Befehlstaster wieder zurücknehmen kann.

2.12.2.9.6 Prüfkurven als Diagramm



Hinweis zur Darstellung der Kurven sämtlicher Indusi-Derivate: In den meisten offiziellen Unterlagen werden die Prüfkurven nicht korrekt dargestellt. Korrekt ist ein über der Zeit linear und über dem Weg parabelförmig abfallender Verlauf wie er in diesem Dokument zu finden ist.

2.12.2.9.7 Zugdaten und Ersatzzugdaten

Bei der Indusi I60R wird die Zugart nicht direkt eingestellt, sondern es werden am Rechner die Bremshundertstel und die Bremsart eingegeben. Daraus ermittelt die Indusi I60R die passende Zugart. Die Bremshundertstel entnimmt der Lokführer dem Bremszettel und gibt sie als BRH-Wert am Zugdatensteller ein. Die Bremsart wird als BRA-Wert eingegeben und ist fahrzeugspezifisch und in den Unterlagen des jeweiligen Fahrzeugtyps aufgelistet.

Bei Indusi I60R (ohne LZB) werden nur die Bremsarten 1 (bei Bremsstellung G) und 8 (bei Bremsstellung P und R) benutzt. Im frisch gestarteten Zustand werden zunächst die fest im Indusi-I60R-Gerät hinterlegten Ersatzzugdaten wirksam, irgendeinen Wert muss das System schließlich benutzen. Die Ersatzzugdaten sind für den typischen Einsatzbereich des Fahrzeugs aber eher zur sicheren Seite ausgelegt, also eher restriktiv. Ein Zugart-Melder blinkt und fordert damit den Lokführer zur Eingabe der Zugdaten auf. Kann der Lokführer die Zugdaten nicht eingeben, z.B. weil es irgendeine Störung am Eingabegerät gibt, so kann hilfsweise mit Ersatzzugdaten gefahren werden. Sie werden automatisch

wirksam, wenn das Fahrzeug ohne eingegebene Zugdaten losfährt. Die Eingabe von Zugdaten ist bei Zusi nur über externe Software wie Zusi-Display möglich. Dann muss in den Simulatoreinstellungen die manuelle Einstellung der Zugbeeinflussung aktiviert werden.

2.12.2.10 PZB90

Das schwere S-Bahn-Unglück in Rüsselsheim offenbarte 1990 eine weitere Lücke im vorhandenen Sicherungssystem, nämlich die versehentliche Anfahrt gegen ein Halt zeigendes Signal, was mit der Indusi I60 praktisch gar nicht und mit der Indusi I60R erst ab 45 km/h unterbunden wird. Bei knapp bemessenen Durchrutschwegen, wie sie in Bahnhofsausfahrten anzutreffen sind, kommt der Zug dann trotz 2000 Hz-Zwangsbremsung u.U. erst nach dem Gefahrpunkt zum Stehen. Deswegen ergänzt PZB90 die Indusi I60R um weitere Funktionen, insbesondere den restriktiven Modus, der nach dem Anhalten sehr niedrige Prüfgeschwindigkeiten vorgibt.

PZB90 wurde Mitte der 1990er Jahre eingeführt, ist seit ca. 2002 flächendeckend im Einsatz und bis auf wenige Sonderfälle zwingende Voraussetzung für das Befahren des Netzes der Deutschen Bahn AG. Im Zuge der PZB90-Einführung wurden die Positionen sämtlicher 500 Hz-Magnete auf das neue Prüfprogramm abgestimmt, und es wurden auch etliche neue Magnete eingebaut.

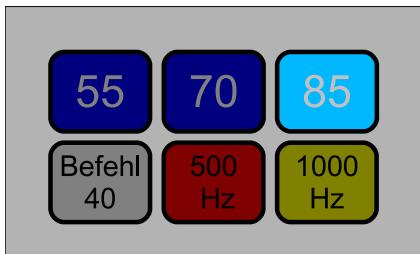


Melderblock der PZB90, z.T. werden aber auch Melder von I60 und I60R weiterbenutzt/ergänzt

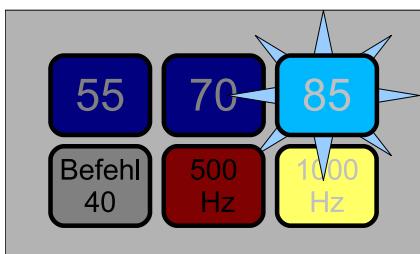
2.12.2.10.1 1000 Hz-Beeinflussung

Die 1000 Hz-Beeinflussung ist bei der PZB90 mit einer 1250 m langen Prüfung verbunden. Nach 700 m kann sich der Lokführer mit der Freitaste aus dieser Beeinflussung befreien, was er aber erst darf, wenn er eindeutig das Umspringen des Hauptsignals erkannt hat und ihn die PZB90 sonst zu einer niedrigeren als der zulässigen Geschwindigkeit zwingen würde. Gegenüber der Indusi I60R gelten etwas schärfere Prüfgeschwindigkeiten - allerdings steht auch etwas mehr Zeit zur Verfügung, um diese zu erreichen. Es gelten 85 km/h für Zugart O, 70 km/h für Zugart M und 55 km/h für Zugart U.

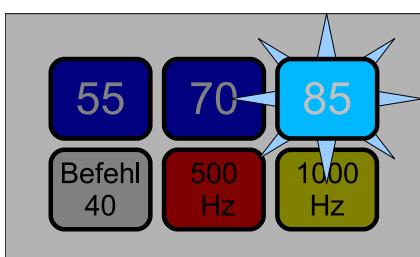
Vor der 1000 Hz-Beeinflussung zeigen die Leuchtmelder das von der Indusi I60R gewohnte Bild:



Nach dem Drücken der Wachsamkeitstaste leuchtet der gelbe Melder konstant und die Zugartlampe blinkt (hier Zugart O):



Nach 700 m erlischt die gelbe Lampe und die blinkende Zugartlampe zeigt, dass die Überwachung weiterläuft. Befreiung ist möglich:



Bei Betätigen der Freitaste leuchtet die Zugartlampe wieder konstant und es ist keine Prüfkurve mehr wirksam. Die 1250 m-Überwachung läuft aber im Hintergrund weiter kann wieder aktiv werden. Die Befreiung ist nur erlaubt, wenn der Lokführer schneller fahren darf, als es die PZB90 vorgibt, also wenn z.B. das angekündigte Hauptsignal inzwischen umgesprungen ist.

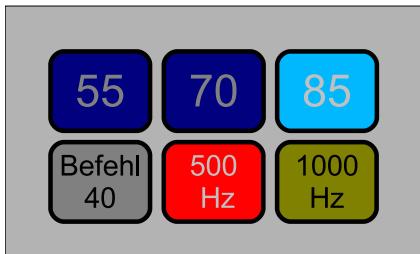
Erfolgt bei laufender angehängerter Geschwindigkeitsprüfung eine weitere Beeinflussung (überlagerte Beeinflussung), so wird die wegabhängige Prüfung verlängert, so dass sie bis 1250 ab der zweiten Beeinflussung andauert. Befreit sich der Lokführer aus der ersten Beeinflussung, bevor die zweite Beeinflussung erfolgt, so wird bei der zweiten Beeinflussung sofort die noch im Hintergrund laufende erste Bremskurve wieder aktiv! Es gilt also sofort der Zielwert 85/70/55 km/h. Das Prinzip der PZB90 ist: Es werden alle Beeinflussungen verfolgt und es gilt immer der kritischere Fall. Nur dieser wird auch im Anzeigegerät dargestellt.

2.12.2.10.2 500 Hz-Beeinflussung

Erfolgt nach der Befreiung aus der 1000 Hz-Beeinflussung innerhalb der 1250 m-Distanz eine 500 Hz-Beeinflussung, führt das zu einer sofortigen Zwangsbremse, da sich das

Signal noch nicht in Fahrtstellung befindet und sich der Lokführer damit offensichtlich unberechtigt freigedrückt hat. Besonders aufpassen muss der Lokführer bei Fahrtbegriffen unter 40 km/h, da dann auch der 500 Hz-Magnet aktiv ist.

Sonst werden am 500 Hz-Magneten die in weiter unten stehenden Diagramm zu sehenden wegabhängigen Prüfkurven aktiviert. Überschreiten der Geschwindigkeit führt zur sofortigen Zwangsbremsung. Während die 500 Hz-Prüfkurve aktiv ist, leuchtet der rote Leuchtmelder, wie es von der Indusi I60R bekannt ist:

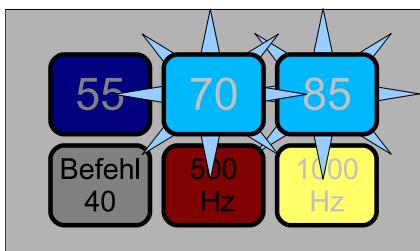


Nach dem Ende der 500 Hz-Prüfkurve wird ggf. wieder die über 1250 m laufende 1000 Hz-Überwachung aktiv.

2.12.2.2.10.3 Restriktive Überwachung

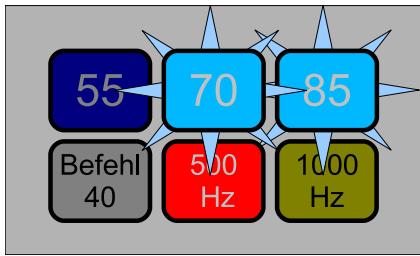
Sobald der Zug in dem 1250 m-Intervall nach der 1000 Hz-Beeinflussung 15 Sekunden lang weniger als 10 km/h fährt, wird der restriktive Modus aktiviert und die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt 45 km/h. Eine Überschreitung der 45 km/h führt sofort zur Zwangsbremsung. Dieser Fall soll den Halt am Bahnsteig erkennen. Dass man nicht beim Halt in den restiktiven Modus schaltet, liegt zum einen daran, dass ein Halt meßtechnisch schwer von sehr langsamer Fahrt zu unterscheiden ist und zum anderen soll auch verhindert werden, dass ein Lokführer bei Zufahrt auf ein Haltsignal versucht, den restiktiven Modus durch eine Schleichfahrt zu umgehen.

Die restiktive Überwachung wird durch Wechselblitzen der 70er und 85er-Zugartlampen angezeigt.



Auch hier ist wieder ab 700 m nach der 1000 Hz-Beeinflussung (gelbe Lampe erlischt) eine Befreiung mit der Freitaste möglich. Natürlich darf auch das wieder nur geschehen, wenn eine höhere Geschwindigkeit zulässig ist.

Im Bereich der 500 Hz-Prüfkurve gilt für die restiktive Überwachung eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h.



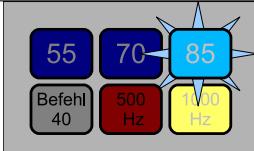
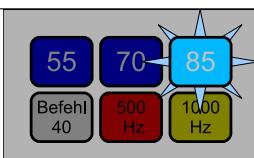
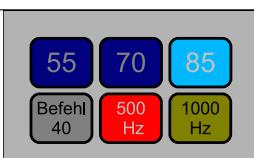
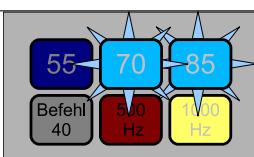
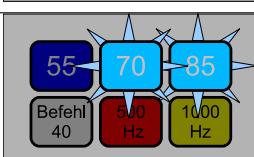
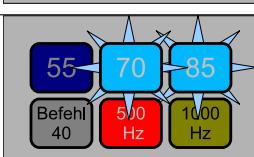
Um sehr lange Schleichfahrten zu verhindern, ist die restriktive 500 Hz-Überwachung nur auf 200 m wirksam, wenn bei Auslösung der 500 Hz-Beeinflussung bereits der restriktive Modus aktiv ist oder wenn der Zug spätestens 100 m nach der 500 Hz-Beeinflussung in den restriktiven Modus wechselt. Sonst wird auf 250 m überwacht.

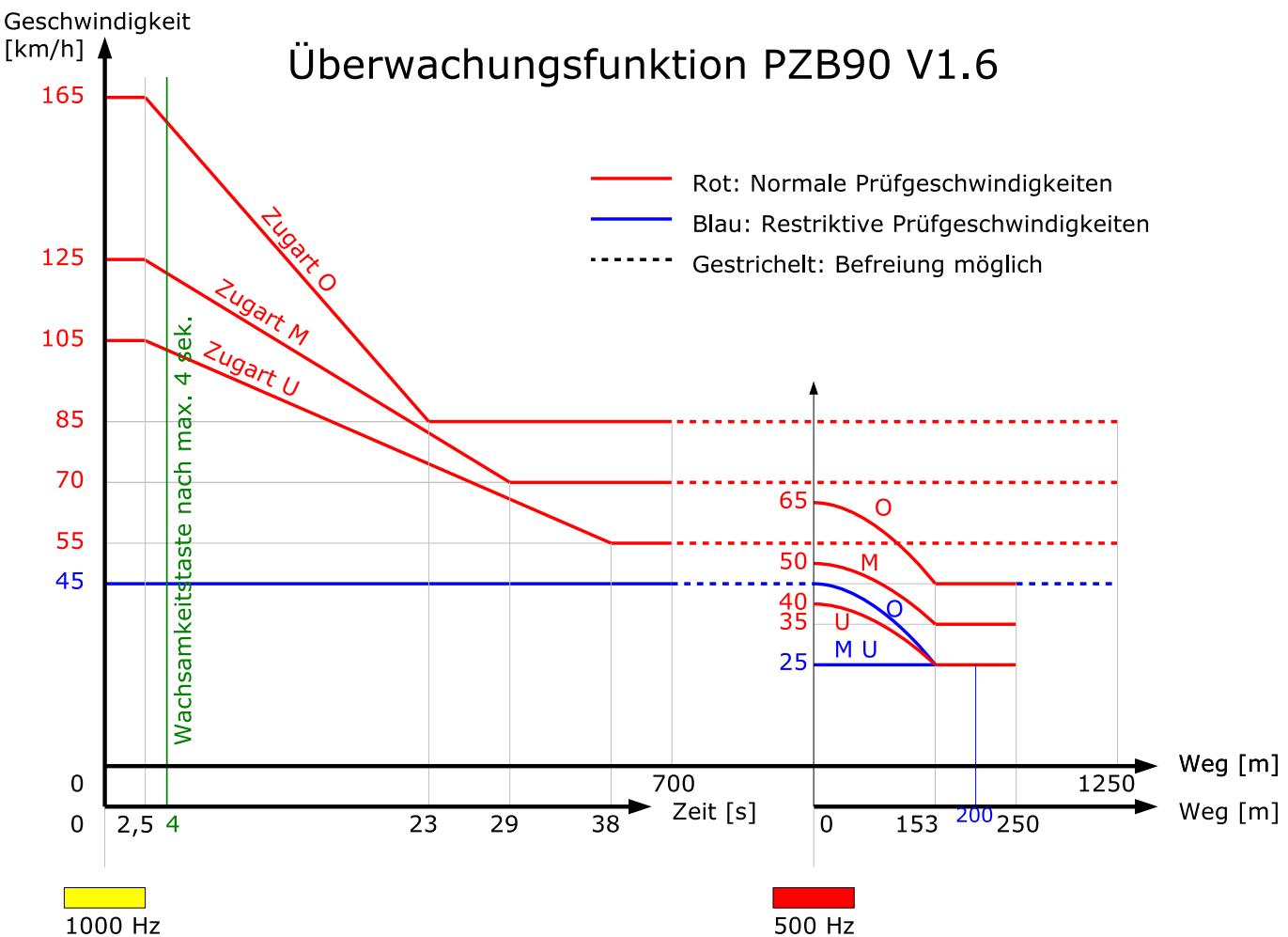
2.12.2.2.10.4 Versionen 1.5, 1.6 und 2.0

Bei der Serien-Einführung der PZB90 wurde zunächst Software-Version 1.5 verwendet. Diese hatte noch dieselben 1000 Hz-Prüfkurven wie die Indusi I60R (Prüfgeschwindigkeit 95/75/60 km/h). Während der Ausrüstung kam der Sprung auf die hier vorgestellte Version 1.6. Die bereits auf Version 1.5 umgerüsteten Fahrzeuge wurden in der Folgezeit per Software-Update und Austausch der Leuchtmelder-Blendscheiben auf Version 1.6 umgestellt. Weitere Neuerungen der Version 1.6 waren eine kurze Hupe beim Ende der restriktiven 500 Hz-Beeinflussung und ein kurzes Erlöschen des 1000 Hz-Melder nach Quittierung einer überlagerten 1000 Hz-Beeinflussung.

Mit der Version 2.0 erfolgte eine weitere Änderung: Das System merkt sich seitdem die laufenden Prüfprogramme auch dann, wenn der Richtungsschalter in Neutral verlegt wurde. Bis Version 1.6 konnte der Lokführer mit diesem Handgriff die unliebsamen Überwachungskurven beim Halt am Bahnsteig löschen, was natürlich nicht erlaubt ist, aber durchaus praktiziert wurde.

2.12.2.2.10.5 Prüfkurven als Übersichtstabelle und Diagramm

	Prüfgeschwindigkeit PZB90 V1.6 und 2.0			
	Zugart O	Zugart M	Zugart U	Befreiung möglich
	165→85 km/h	125→70 km/h	105→55 km/h	nein
	85 km/h	70 km/h	55 km/h	ja
	65→45 km/h	50→35 km/h	40→25 km/h	nein
	45 km/h	45 km/h	45 km/h	nein
	45 km/h	45 km/h	45 km/h	ja
	45→25 km/h	25 km/h	25 km/h	nein



2.12.2.2.11 PZ80R

Die Fahrzeuge mit der im nächsten Abschnitt erläuterten PZ80 werden auch nachträglich auf die PZB90-Funktionalität umgerüstet, erhielten dabei aber ein Anzeigegerät gemäß PZ80-Aufbau. Die betriebliche Funktionalität entspricht also durchgängig der PZB90 Version 1.6, deshalb ist die PZ80R im folgenden nicht extra aufgeführt, sondern gleichrangig mit PZB90 V1.6 zu sehen.

- Der ehemalige PZ80-Melder „LM“ bedeutet jetzt „Befehl“, Funktionalität wie „Befehl“ bei klassischer PZB90
- Der ehemalige PZ80-Melder „40“ heißt jetzt „500 Hz“, Funktionalität wie „500 Hz“ bei klassischer PZB90
- Der ehemalige PZ80-Melder „60“ heißt jetzt „1000 Hz“, Funktionalität wie „1000 Hz“ bei klassischer PZB90
- Der ehemalige PZ80-Melder „PZB ein“ übernimmt die Funktion der drei Zugartmelder. Er leuchtet also bei Betriebsbereitschaft der PZB, erlischt bei Zwangsbremsung und blinkt während der 1000 Hz-Bremskurve. Die gewählte Zugart zeigt er nicht, diese ergibt sich aus folgendem Instrument:

- Die Prüfgeschwindigkeit wird während der laufenden Beeinflussung über einen Digitalmelder deutlich. Dieser zeigt dann 85/70/55/45/35/25 an, je nachdem, welche Zugart gewählt ist und ob der restriktive Modus aktiv ist. Ein Wechselblitzen gibt es also bei der PZ80R nicht.
- Die aktuelle Fahrgeschwindigkeit wird wie von der PZ80 gewohnt als zentrale Digtalanzeige dargestellt.



Anzeigegerät der PZ80R

2.12.2.12 PZB90 S-Bahn

Bei der Hamburger S-Bahn kommt eine PZB90 mit veränderten Prüfkurven zum Einsatz, um eine für die speziellen S-Bahn-Verhältnisse zweckmäßige Funktionalität bereitzustellen. Eingeführt wurde sie mit der Indienststellung der BR 474 Mitte der 1990er Jahre. Diese waren die ersten Fahrzeuge im S-Bahnnetz mit I60R-Anlagen, deren normales Betriebsprogramm nicht mit den kurzen Signalabständen der S-Bahn harmoniert hätte. Mit der Einführung der PZB90 wurde die S-Bahn-PZB auch auf den älteren Fahrzeugen mit ER24-Hardware eingeführt. Die Mehrsystemfahrzeuge, die auch auf dem normalen Bahnhnetz außerhalb des Stromschienebereichs fahren können, sind mit einer zwischen Standard- und S-Bahn-PZB90 umschaltbaren Anlage ausgerüstet. Es gibt folgende Abweichungen gegenüber der normalen PZB90:

2.12.2.12.1 1000 Hz-Beeinflussung

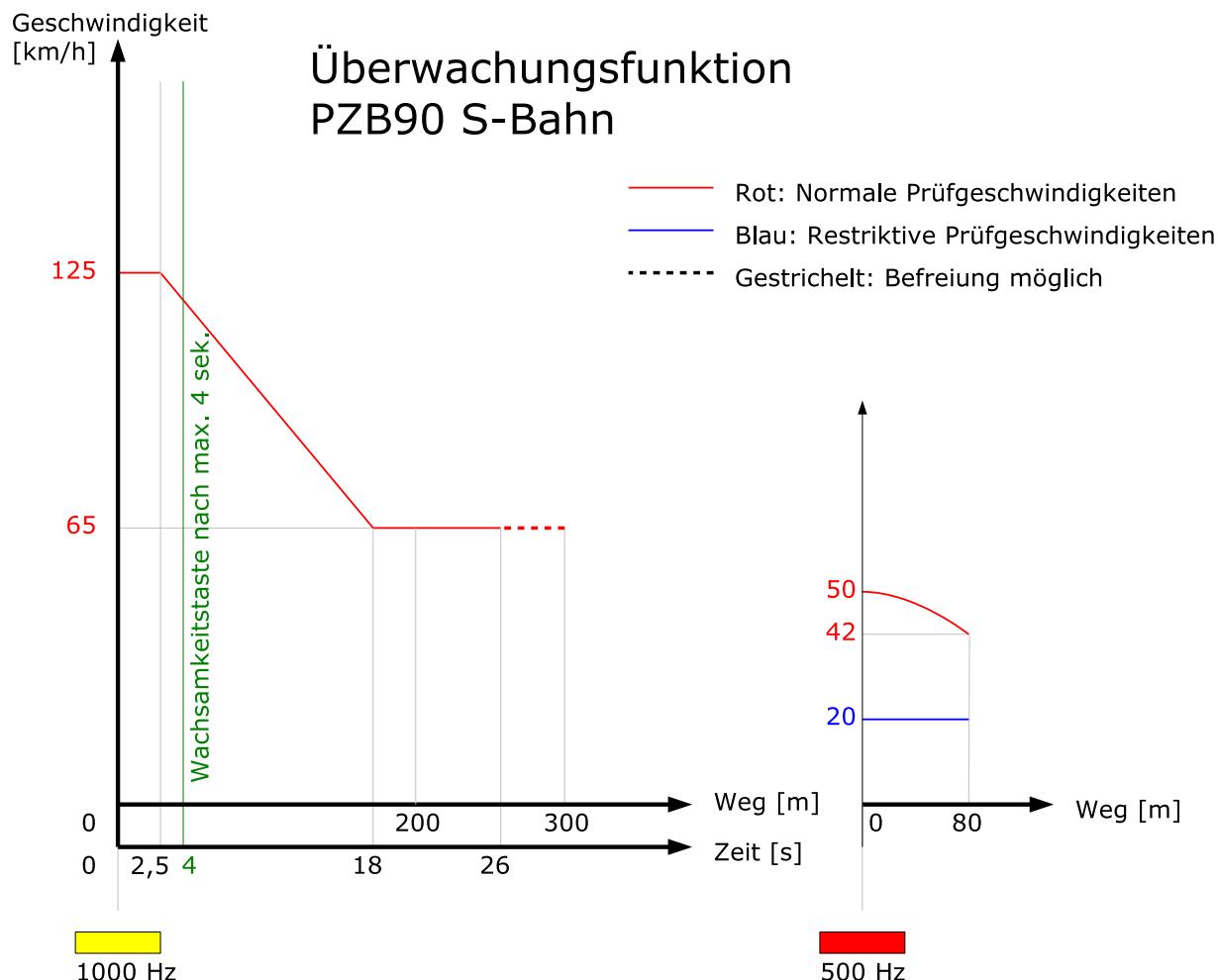
Es gibt nur eine fest eingestellte Zugart mit einer Prüfkurve auf 65 km/h innerhalb von 18 s nach der 1000 Hz-Beeinflussung. Wenn 200 m und mindestens 26 s ab der 1000 Hz-Beeinflussung abgefahren sind, erlischt der gelbe Melder. Bereits 300 m nach der 1000 Hz-Beeinflussung ist der 1000 Hz-Prüflauf beendet. Es gibt keinen restriktiven Modus.

2.12.2.12.2 500 Hz-Beeinflussung

Die Prüfkurve läuft auf 80 m von 50 auf 42 km/h ab. Der restriktive Modus wirkt auf 80 m mit einer Prüfgeschwindigkeit von 20 km/h. Er wird aktiv, wenn bis zu 90 m nach einem Halt eine 500 Hz-Beeinflussung erfolgt. 500 Hz-Magnete liegen zwischen 5 und 400 m vor dem Hauptsignal.



Melderblock der S-Bahn-PZB90 in der Mehrsystemausführung mit Betriebsartumschalter



2.12.2.2.13 PZ80

Die PZ80 wurde in den 1980er Jahren von der DDR und der CSSR entwickelt und in zahlreichen Fahrzeugen zum Einsatz gebracht. Der Betriebszustand wird über das folgende Gerät im Führerstand angezeigt:

2.12.2.2.13.1 Programm 04

Programm „04“ ist zum Rangieren gedacht. Beeinflussungen werden ignoriert, und die Fahrzeuggeschwindigkeit wird auf 40 km/h überwacht.

2.12.2.2.13.2 Programm 06 bis 16

Diese Programme für den regulären Betrieb legen die Prüfgeschwindigkeiten je nach Höchstgeschwindigkeit des Zuges fest. Dazu wird ein Zehntel der zulässigen Höchstgeschwindigkeit eingestellt (z.B. 120 km/h = „12“). Die Programme bestimmen die Abläufe der Bremskurven und überwachen permanent die Höchstgeschwindigkeit. Zur Erläuterung sei der Ablauf im Programm 12 beschrieben: Steigt die Geschwindigkeit in den Bereich 124-127 km/h, ertönt rhythmisch die Hupe und der rote Melder „PZB ein“ beginnt zu blinken. Erfolgt eine weitere Geschwindigkeitserhöhung erfolgt eine Zwangsbremsung. Die Zwangsbremsung kann bei 120 km/h wieder mit Hilfe der Freitaste gelöst werden.



PZ80-Gerät (Foto: Peter Buchholz)

Für die anderen Fahrprogramme verändern sich die Prüfgeschwindigkeiten entsprechend.

2.12.2.2.13.3 1000 Hz-Beeinflussung

Die Wachsamkeitstaste muss innerhalb von 4 Sekunden bedient werden, sonst erfolgt eine Zwangsbremse bis zum Stillstand. Nach dem Loslassen der Wachsamkeitstaste beginnt der gelbe Melder „60“ zu blinken. Er zeigt an, dass eine (rein wegabhängige) Geschwindigkeitsüberwachungskurve mit einer Zielgeschwindigkeit von 60 km/h abläuft. Die Zielgeschwindigkeit ist unabhängig vom eingestellten Programm immer 60 km/h. Die Überwachungskurve läuft bei Programm „12“ innerhalb ca. 750 m Wegstrecke auf 60 km/h ab. Nach dem Ablauf der Kurve geht der gelbe Melder „60“ in Dauerlicht über. Die Geschwindigkeit von 60 km/h wird überwacht, bis die Gesamtstrecke von 1400 m (ab 1000 Hz-Beeinflussung) abgefahren ist.

2.12.2.2.13.4 Löschen der 1000 Hz-Beeinflussung

500 m nach Überfahren des 1000 Hz-Magneten leuchtet der gelbe Melder „LM“ (Löschermelder) auf. Von dieser Stelle an kann die Überwachungskurve mit der Freitaste gelöscht werden. Die Überwachungskurve läuft aber im Hintergrund über 1400 m Gesamtstrecke weiter. Erfolgt nach dem Löschen eine erneute 1000 Hz-Beeinflussung, wird die alte Geschwindigkeitsüberwachungskurve wieder aktiviert. Das bedeutet, wenn z.B. nach dem Löschen wieder beschleunigt wird und nach 1000 m bei 70 km/h eine neue 1000 Hz-Beeinflussung erfolgt, löst die PZ80 sofort eine Zwangsbremse aus.

2.12.2.2.13.5 500 Hz-Beeinflussung

Bei einer 500 Hz-Beeinflussung beginnt der gelbe Melder „40“ zu blinken. Es wird eine neue Überwachungskurve aktiviert, die auf 250 m mit Zielgeschwindigkeit 40 km/h abläuft. Wurde die Kurve abgefahren oder kommt die Lok zum Stehen, wird die 500 Hz-Beeinflussung gelöscht.

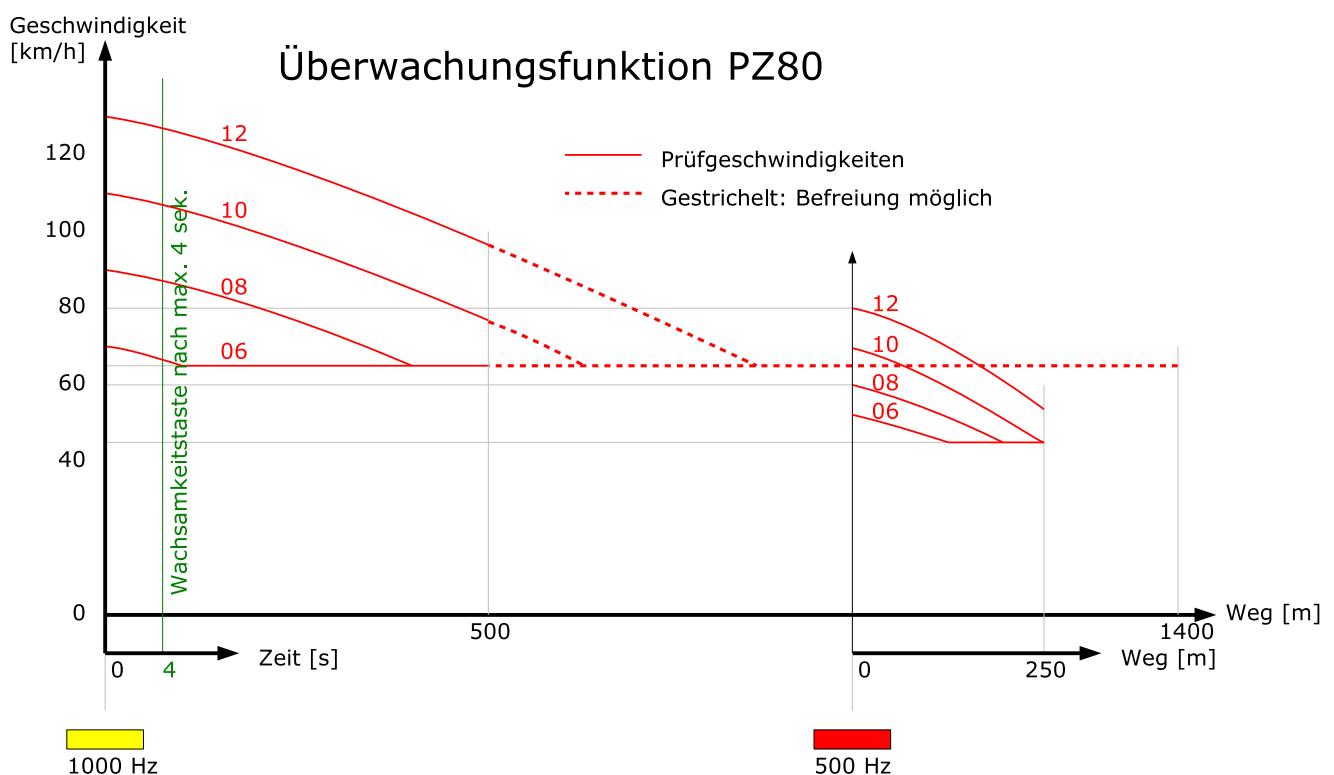
2.12.2.2.13.6 2000 Hz-Beeinflussung

Die 2000 Hz-Beeinflussung führt zu einer Zwangsbremsung. Drücken des Befehlsschalters ermöglicht die Vorbeifahrt am Haltsignal. Der gelbe Melder „40“ leuchtet mit Dauerlicht und zeigt an, dass die Geschwindigkeit von 40 km/h überwacht wird. Ist der Befehlsschalter 15 s lang eingeschaltet, ertönt die Hupe.

2.12.2.2.13.7 Zwangsbremsung

Bei einer Zwangsbremsung erlischt der rote Melder „PZB ein“ und die Hupe gibt einen Dauerton ab. Die Zwangsbremsung kann im Stillstand mit der Freitaste gelöst werden.

Im folgenden Diagramm sind beispielhaft die Kurven 06, 08, 10 und 12 dargestellt. Die anderen Kurven verkaufen entsprechend, wobei Kurven über 12 eher theoretischer Natur sind, da im Netz der DDR maximal 120 km/h gefahren wurde.



Die PZ80 wurde von der DB AG auch auf PZB90-Logik umgerüstet und nennt sich dann PZ80R ([Kapitel 2.12.2.2.11](#)).

2.12.2.3 Geschwindigkeitsüberwachung für Neigetechnik (GNT)

Zum Einbau von GNT in Zusi-Strecken siehe [Kapitel 5.3.1.17](#)

2.12.2.3.1 Entwicklung und Einsatz

Um auch auf Altbaustrecken die Fahrzeiten zu verkürzen, wurden bei der Bundesbahn 1991 Neigetechnik-Züge eingeführt, die sich aktiv in die Kurve legen und dadurch für die Fahrgäste die erhöhten Fliehkräfte wieder ausgleichen. Das Neigen erfolgt also im

wesentlichen aus Komfortgründen, die Gleisbeanspruchung wird dadurch fast überhaupt nicht verringert. Erster Einsatzbereich war das Netz zwischen Nürnberg und Bayreuth/Hof/Weiden/Furth im Wald mit der Baureihe 610. Aufgrund der positiven Erfahrungen wurden dann auch die Nachfolgebaureihen 611 und 612 sowie die ICE-T-Baureihen 411, 415 und 605 mit Neigetechnik beschafft.

Um den Neigetechnik-Zügen (um bis zu 50 km/h) höhere Streckengeschwindigkeiten als konventionellen Zügen zu ermöglichen, muss die Strecke mit einem zweiten Geschwindigkeitsprofil versehen werden. Zur Absicherung dieses höheren Profils wird ein weiteres Zugbeeinflussungssystem an der Strecke und in den Fahrzeugen verbaut. Das System wird unter dem Oberbegriff GNT geführt, wobei es die Ausführungen ZUB122 (arbeitet mit Gleiskoppelspulen, diese sehen den Indusi-Magneten ähnlich) und ZUB262 (arbeitet mit Eurobalisen) gibt.

Nachdem es im Laufe der Zeit häufig zu Störungen im GNT-Betrieb kam und da die Technik insgesamt recht viel Aufwand mit sich bringt, sind weitere Fahrzeugeentwicklungen mit GNT in Deutschland bis auf weiteres eher nicht zu erwarten. Auf einigen Strecken (z.B. Vienenburg - Hildesheim) ist GNT inzwischen gar nicht mehr in Betrieb.

2.12.2.3.2 Funktionsprinzip

Die GNT-Züge fahren grundsätzlich auch signalgeführt wie konventionelle Züge, dürfen aber eine höhere Streckengeschwindigkeit fahren, die im Buchfahrplan in einer zusätzlichen Spalte ausgewiesen wird. Das Signalsystem der Strecke muss für den Mischbetrieb mit konventionellen und GNT-Zügen geeignet sein. Daraus folgt, dass der GNT-Zug Haupt- und Vorsignale genauso beachten muss wie der konventionelle Zug, die Lf 6/7-Tafeln hingegen gelten für ihn nicht. Um nicht überall an der Strecke doppelte oder verwirrende Signale aufstellen zu müssen, werden die GNT-Geschwindigkeiten gar nicht an der Strecke angezeigt, sondern müssen ausschließlich dem Buchfahrplan entnommen werden.

Die Geschwindigkeitsüberwachung wird durch ein vollständiges, statisches Geschwindigkeitsprofil der Strecke hergestellt, welches dem Zug von der Strecke in regelmäßigen Abständen (einige km) über Gleiskoppelspulen (ZUB122) oder Balisen (ZUB262) als Datentelegramm übermittelt wird. Dem Fahrzeuggerät ist somit im Gegensatz zur Indusi immer exakt die gerade zulässige Geschwindigkeit bekannt, welche inklusive passend ausgerechneter Bremskurven entsprechend genau überwacht werden kann. Nicht bekannt sind hingegen die Stellungen der Vor- und Hauptsignale, die deswegen über die konventionelle Indusi abgesichert werden.

Wenn die Geschwindigkeitswechsel des konventionellen Geschwindigkeitsprofils mit Indusi-Einrichtungen gesichert sind, müssen diese Beeinflussungen im GNT-Betrieb gezielt unterdrückt werden, um dem GNT-Zug die Fahrt im erhöhten Geschwindigkeitsprofil zu erlauben. Dazu wird kurz vor der Beeinflussung eine Gleiskoppelspule/Balise gesetzt, die dem Zug mitteilt, dass die in den nächsten 150 m liegenden Indusi-Magnete zu ignorieren sind. Wenn in diesen 150 m z.B. auch ein Vorsignal steht, dann würde dessen Indusi-Beeinflussung auch unterdrückt, obwohl sie für GNT-Züge relevant wäre. Deswegen wurden bei der Ausrüstung mit GNT ursprünglich gemeinsame Standorte von Lf 6-Tafeln und Vorsignalen in zwei getrennte Standorte aufgeteilt.

2.12.2.3.3 Fahrzeuggeräte

ZUB122 wurde in den BR 610, 611 und 470 (Cisalpino) verbaut. Das modernere ZUB262 arbeitet mit Eurobalisen und wurde ab 1999 in allen ICE-T und der BR 612 verbaut. Die BR 611 wurde nachträglich auf ZUB262 umgerüstet. Beide ZUB-Systeme sind nur in Verbindung mit I60R- oder LZB80-Anlagen möglich. In der Anzeige und Bedienung durch den Lokführer unterscheiden sich die beiden Systeme kaum.



GNT-Melder im MFA20 der BR 605

2.12.2.3.4 Führerstandsanzeigen

Es gibt bis zu 7 Leuchtmelder, die den Status des Systems anzeigen:

GNT	Dauerlicht: GNT betriebsbereit; Blinklicht: Störung (nur ZUB122). In Zusi ohne Funktion.
Ü	Dauerlicht: GNT aktiv; Blinklicht: Störung
G	Dauerlicht: Ankündigung Geschwindigkeitslimit; Blinklicht: Bremskurve läuft ab
S	Dauerlicht: 10 km/h zu schnell; Blinklicht: 6 km/h zu schnell
Prüfen	Drucktaster zum Auslösen der Funktionsüberprüfung. In Zusi ohne Funktion.
GSt Ein	Dauerlicht: Neigetechnik betriebsbereit. In Zusi ohne Funktion.
GSt Störung	Dauerlicht: Neigetechnik gestört. In Zusi ohne Funktion.

Die ICE-Fahrzeuge sind nur mit den Leuchtmeldern Ü, G und S ausgerüstet. Die anderen Informationen werden über Displaytexte dargestellt.

2.12.2.3.5 Aufnahme/Entlassung GNT

Aufnahme und Entlassung aus dem GNT-Betrieb laufen automatisch ab, ohne dass der Lokführer etwas bedienen muß. Während des GNT-Betriebs leuchtet der Melder Ü im Führerstand.

2.12.2.3.6 Fahren unter GNT

Der Lokführer bedient den Zug genauso wie er auch einen konventionellen Zug bedient. Einige Ausnahme: Er ermittelt die zulässige Streckengeschwindigkeit ausschließlich aus dem Buchfahrplan, der dafür um die Spalte 1b und 2b erweitert wird, was bedeutet, dass er die Lf 6/7-Signale an der Strecke ignoriert.

1a	2a	1b	2b	3a	3b	4	5
	120			- ZBF A 73 - Benhausen GNT-Anfang	123,0 120,6		8.01
118,9		120,6		120 Sbk 16	119,9		8.01
	110	118,9		110 Sbk 14	117,4		8.01
		117,4		160 Sbk 12	114,9 113,8		8.01
112,3		112,3		Esig	113,6 112,3		
	80		80	GNT-Ende Altenbeken	111,2 110,8	8.01	

Haupt- und Vorsignale gelten ausnahmslos für alle Züge. Die GNT-Technik erhöht also nur die Strecken- nicht die Signalgeschwindigkeiten und auch die Zs3-Anzeiger an Vor- und Hauptsignalen haben also volle Gültigkeit. Daher ist auch die Indusi wie gewohnt zu bedienen und arbeitet wie im konventionellen Betrieb. Es gilt natürlich wieder die Ignorierung der Lf 6/7-Tafeln, welche auch nicht mit Wachsam zu bestätigen sind.

Wegen der schon über das normale Maß ausgereizten Bogengeschwindigkeiten muss die gefahrene Geschwindigkeit genau überwacht werden. Bei Überschreiten der aktuell zulässigen Geschwindigkeit um 3 km/h ertönt zunächst intermittierend die Schnarre, bei einer Überschreitung von 6 km/h wird eine Bremsung eingeleitet und der rote Melder S blinkt. Die Bremsung löst sich selbstständig wieder bei Unterschreiten der Sollgeschwindigkeit. Die aktuell überwachte Geschwindigkeit wird dem Lokführer nicht angezeigt.

2.12.2.3.7 Geschwindigkeitswechsel

Geschwindigkeitserhöhungen der Geschwindigkeit werden nicht angezeigt. Diese muß der Lokführer dem Buchfahrplan entnehmen. Bei der Überwachung wird die Zuglänge automatisch berücksichtigt. Das Fahrzeuggerät ermittelt sie auch bei Mehrfachtraktion automatisch.

Bei Geschwindigkeitsherabsetzungen ertönt 200 Meter vor einem Bremseinsatzpunkt eine Schnarre und der Melders G leuchtet auf. Während die Bremskurve abläuft, blinkt der Melder G.

2.12.2.4 Linienzugbeeinflussung (LZB)

Zum Einbau von LZB in Zusi-Strecken siehe [Kapitel 5.3.1.13](#)

2.12.2.4.1 Entwicklung und Einsatz

In den 1960er Jahren wurde bei der Deutschen Bundesbahn die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten vorangetrieben. Da das konventionelle Signalsystem wegen der Abstände zwischen Vor- und Hauptsignal nur bis 160 km/h anwendbar ist, musste eine Lösung gefunden werden, die Züge auch bei höheren Geschwindigkeiten sicher vor Haltzeigenden Signalen zum Stehen zu bekommen. Dazu gab es zwei Ansätze: Zum einen könnten die Vorsignalabstände über mehrere Blocklängen vergrößert werden und der

Lokführer so in mehreren Stufen auf das Haltsignal hin herabgebremst werden, zum anderen könnte man die Stellung der Signale auf den Führerstand übertragen.

Die Deutsche Bundesbahn entschied sich für die zweite Variante und entwickelte die Linienzugbeeinflussung (LZB) zur Serienreife, bei der dem Zugbeeinflussungssystem über Antennen im Gleis permanent die Signalstellungen und zulässigen Höchstgeschwindigkeiten der voraus liegenden Strecke mitgeteilt werden. LZB gehört damit zu den kontinuierlichen Zugbeeinflussungssystemen.

Nach einem ersten Probetrieb ab 1963 zwischen Bamberg und Forchheim wurde die Strecke München-Augsburg zur Verkehrssausstellung 1965 ausgerüstet und bei regelmäßigen Demonstrationsfahrten mit Publikum mit 200 km/h befahren. Es folgte eine intensive Erprobung zwischen Hamburg und Bremen ab 1974. Ab 1977 erfolgte der Betrieb mit der endgültigen, als LZB72 bezeichneten Streckenausrüstung.

Eine Erweiterung der Streckenausrüstung erfolgte ab 1999 auf der Strecke Offenburg-Basel, wo CIR-ELKE zur Steigerung der Streckenleistungsfähigkeit eingeführt wurde. Dieses System wird als LZB72-CE bezeichnet und wurde später auch auf anderen Strecken zum Einsatz gebracht. Der entscheidende Unterschied ist die Möglichkeit, LZB-Blöcke auch innerhalb des Bahnhofs einzurichten. So können Züge aus Ausweichgleisen nach der Überholung sofort anfahren und dem überholenden Zug dicht hinterherfahren. Bei gut ausgelegter, enger Blockteilung nach dem Überholgleis im Bereich der Beschleunigungsphase kann so der Abstand auf den schnell durchgefahrenen Zug klein gehalten und somit die Leistungsfähigkeit der Strecke gesteigert werden.

Auf der Schnellfahrstrecke Köln-Frankfurt wurde 2002 eine weitere Version (LZB72-CE II) eingeführt, die seitdem standardmäßig bei Neubauten zum Einbau kommt.

Der technische Aufwand für LZB ist erheblich größer als für klassische Signalisierung und lohnt sich daher nur auf den wichtigsten Strecken. In Spanien auf den Hochgeschwindigkeitsstrecken und bei der ÖBB ab 2001 auf der Westbahn wurde ebenfalls LZB nach deutscher Bauart zum Einsatz gebracht. Langfristig wird ETCS Level 2 die LZB ersetzen.

2.12.2.4.2 Funktionsprinzip

Streckenseitig müssen alle Signale der Strecke an LZB-Zentralen angeschlossen sein, so dass die Stellung der Signale durch die LZB ausgewertet werden kann. Die Daten werden über die Antennen im Gleis auf den LZB-Rechner im Zug übertragen und dem Lokführer im Führerstand angezeigt. Dem Lokführer wird allerdings nicht das gesamte Streckenprofil, sondern nur der nächste relevante Bremspunkt mit dort zulässiger Geschwindigkeit und dem aktuellen Abstand bis zu diesem Punkt dargestellt. In Abhängigkeit der Neigungsverhältnisse und des Bremsvermögen des Zuges wird eine Bremskurve ausgewählt, die den Zug kontinuierlich auf eine neue, niedrigere Geschwindigkeit herabführt.

Die Vor- und Hauptsignale an der Strecke gelten bei aktiver LZB nicht, sondern ausschließlich die sogenannten Führungsgrößen auf dem Führerstand. In den meisten Fällen passen aber auch die angezeigten Signalbegriffe zur Darstellung der LZB. Gleissperrsignale werden nicht an den LZB-Rechner angeschlossen und gelten daher auch unter LZB-Führung, wobei sie nur bei Störungen einen Haltbegriff zeigen.

Da auch die Streckengeschwindigkeit durch die LZB angezeigt wird, gelten die Lf-Tafeln unter LZB-Führung ebenfalls nicht.

2.12.2.4.3 Fahrzeuggeräte

In den folgenden Abschnitten wird die LZB anhand der LZB80 erklärt, die man als die deutsche Standard-LZB betrachten kann. Die zunächst eingeführte LZB100 erlangte durch die recht kurze Nutzungsdauer und das seinerzeit noch recht überschaubare Hochgeschwindigkeitsnetz nur eine deutlich geringere Bedeutung.

2.12.2.4.3.1 LZB100



LZB100-Gerät (Foto: Tobias Zwirnemann)

Passend zur Einführung der Streckenausrüstung LZB72 wurde als Fahrzeugausrüstung die LZB100 in Betrieb genommen. Der Einbau erfolgte in den Baureihen 103, 403 und 420. Das grundlegende Verhalten ähnelt dem der LZB80, allerdings galten die Hauptsignale auch unter LZB-Führung. Die LZB100 ist für Zusi noch nicht umgesetzt.

2.12.2.4.3.2 LZB80/I80

In den 1980ern wurde im Hinblick auf die entstehenden Neubaustrecken eine auf Mikroprozessortechnik basierende Nachfolgegeneration entwickelt, die LZB und Indusi in einem integrierten System vereint, eine Schnittstelle zur AFB bietet und auf eine Höchstgeschwindigkeit von 280 km/h ausgelegt ist. Sofort erkennbar ist die LZB80 am neu entwickelten modularen Anzeigegerät (MFA) auf dem Führerstand.

Die LZB-Funktion wird als LZB80, die Indusi-Funktion als Indusi I80 bezeichnet. Das Betriebsprogramm der I80 entspricht der auch als reines Indusi-System entwickelten Indusi I60R. Die Bezeichnung der Fahrzeugausrüstung ist LZB80/I80.

LZB80 wurde erstmals auf 103 224 sowie auf der BR 410, 120.0 und einer weiteren 103 erprobt und ab 1987 auf der neu angelieferten BR 120.1 serienmäßig verbaut. Anschließend wurden auch die mit LZB100 ausgerüsteten Fahrzeuge auf LZB80 umgerüstet. Im Hinblick auf den Güterverkehr auf den Neubaustrecken wurden teils auch Loks der BR 151, 140 und auch 110 mit LZB80 ausgerüstet. Für die CIR-ELKE-Strecke Offenburg-Basel wurde die LZB80 zur LZB80 CE erweitert. Für diese Strecke erhielten sogar Rangierloks LZB80 CE, da auf dieser Strecke ausschließlich Fahrzeuge mit LZB CE zum Einsatz kommen sollen.

Mit der LZB80E wurde eine neue, kleinere bauende Hardwaregeneration auf aktuellerer Halbleitertechnik entwickelt. Anlass waren die knappen Platzverhältnisse im ICE-T ohne separaten Maschinenraum.



MFA8 mit den Anzeigen der LZB80 im ICE 1



MFA20 mit den Anzeigen der LZB80 im ICE 3

Die Bedeutung der Melder und Anzeigen wird in den folgenden Kapiteln erläutert.

2.12.2.4.4 Führerstandanzeigen

Das nebenstehende Bild zeigt die Anzeigen der LZB80:

Zielweg links als Leuchtbalken von 4000 bis 0 und darüber mit Digitalziffer zur Anzeige von Werten über 4000 m (hier 6900m). Der Zielweg zeigt den Abstand zur nächsten Geschwindigkeitsänderung an.

Geschwindigkeitsanzeige im Rundinstrument (gelber Zeiger), zeigt die aktuelle Geschwindigkeit des Zuges an.

LZB-Sollgeschwindigkeit mit kleinem, roten Pfeil im Rahmen des Rundinstruments. Diese Geschwindigkeit kann aktuell maximal gefahren werden (hier 100 km/h).

LZB-Zielgeschwindigkeit als rote Digitalanzeige unten im Rundinstrument. Diese Geschwindigkeit gilt neu nach Ablauf des Zielwegs (hier 60 km/h).

Indusi-Leuchtmelder (55, 70, 85, Befehl, 500 Hz, 1000 Hz). Diese sind unter LZB-Führung dunkel.

LZB-Leuchtmelder (H, E40, Ende, B, Ü, G, EL, V40, S, Stör)



2.12.2.4.5 Kurzübersicht der Leuchtmelder

H: Blinklicht: LZB-Nothalt durch anderen Zug; Dauerlicht: Nothalt aufgehoben oder auch: LZB-Halt überfahren

G: Dauerlicht: v-Ist ist größer als v-Ziel; Blinklicht: v-Ist ist größer als v-Soll

E40: Dauerlicht: LZB-Ersatzauftrag; Blinklicht: LZB-Falschfahrauftrag bzw. ab 2003 LZB-Gegengleisfahrauftrag

El: Dauerlicht: Hauptschalter ausschalten; Blinklicht: Stromabnehmer senken

Ende: Blinklicht: LZB-Ende-Verfahren eingeleitet; Dauerlicht: Ende-Verfahren quittiert

V40: Blinklicht: LZB-Vorsichtauftrag; Dauerlicht: LZB-Vorsichtauftrag quittiert

B: Dauerlicht: LZB-Fahrzeuggerät betriebsbereit

S: Dauerlicht: LZB-/Indusi-Zwangsbremsung

Ü: Dauerlicht: LZB-Führung aktiv; Blinklicht: Übertragungsausfall

Störung: Dauerlicht: Störung; Blinklicht: Zugdaten einstellen

2.12.2.4.6 Aufnahme in die LZB-Führung

Die Betriebsbereitschaft der LZB wird durch den Leuchtmelder „B“ angezeigt. Die Züge werden beim Einfahren in die LZB-Strecke automatisch in die LZB aufgenommen, sobald der Zug komplett im LZB-Bereich ist. Während des LZB-Betriebs leuchtet der Melder „Ü“ (Übertragung), und die PZB-Melder sind erloschen.

Die LZB-Anfangspunkte (LZB-Bereichskennzeichen) sind auch im Buchfahrplan verzeichnet.

2.12.2.4.7 Fahren mit LZB

LZB-geführte Züge (Melder „Ü“ leuchtet) richten ihre Geschwindigkeit ausschließlich nach den Führungsgrößen der LZB. Die am Gleis aufgestellten Vor-, Haupt-, und Lf-Signale gelten nicht. Auch die Indusi ist nicht zu bedienen. Das Fahrzeuggerät nimmt die Beeinflussungen zwar auf, unterdrückt aber unter LZB-Führung jegliche Auswirkung. Der LZB-Rechner errechnet ständig anhand der Zug- und Streckendaten die aktuelle Sollgeschwindigkeit und die Bremskurven für vorausliegende Geschwindigkeitsherabsetzungen. Die jeweils kritischste Bremskurve ist maßgebend. Folgende Anzeigen teilen dem Lokführer die sich daraus ergebenden zulässigen Geschwindigkeiten mit:

LZB-Sollgeschwindigkeit: Diese Geschwindigkeit sollte der Zug im Moment (maximal) haben, angezeigt durch einen kleinen roten Zeiger am Außenrand des Tachometers (im Bild bei 100 km/h).

LZB-Zielweg: Nach Ablauf dieses Weges gilt eine neue Geschwindigkeit. Der Weg wird mit dem Leuchtbalken zwischen Tacho und Zugkraftanzeiger dargestellt. Der Balken läuft von 4000 Meter bis auf 0 runter (hier ca. 500 m). Wenn der Zielweg länger als 4000 m ist, wird oben der Zielweg als Zahl angezeigt. Der maximale Zielweg hängt von den Zugdaten ab und kann bis zu 9900 m betragen.

LZB-Zielgeschwindigkeit: Die Geschwindigkeit, die nach Ablauf des Zielweges gilt; sie wird unten im Tacho mit roter Digitalanzeige dargestellt, hier 40 km/h.



Wenn der Zug schneller fährt als mit der Sollgeschwindigkeit vorgegeben, ertönt zunächst eine intermittierende Schnarre und der rote Melder „G“ (Geschwindigkeitsanpassung) blinkt, bei höherer Überschreitung wird eine Bremsung eingeleitet, die sich selbstständig bei Unterschreiten der Sollgeschwindigkeit wieder löst.

Wenn das Fahrzeug mit AFB ausgerüstet ist, dann kann die AFB auf volle Geschwindigkeit gestellt werden. Die LZB greift direkt in die AFB ein und zwingt dieser die LZB-Sollgeschwindigkeit auf, wenn die AFB-Vorgabe größer ist. Eine niedrigere Geschwindigkeit lässt sich aber mit der AFB vorgeben, das kann sinnvoll sein, wenn man einem langsameren Zug hinterherfährt, denn die LZB ersetzt nicht die wirtschaftliche Fahrweise. In der Kombination LZB + AFB fährt der Zug also komplett automatisch, der Lokführer muss nur noch die Sifa bedienen. Der rote Zeiger zeigt immer die LZB-Sollgeschwindigkeit an. Drücken des Melders „G“ (mit der Maus) schaltet auf Anzeige der AFB-Sollgeschwindigkeit um.

Bei Zwangsbremsungen durch LZB oder PZB leuchtet der rote Melder „S“.

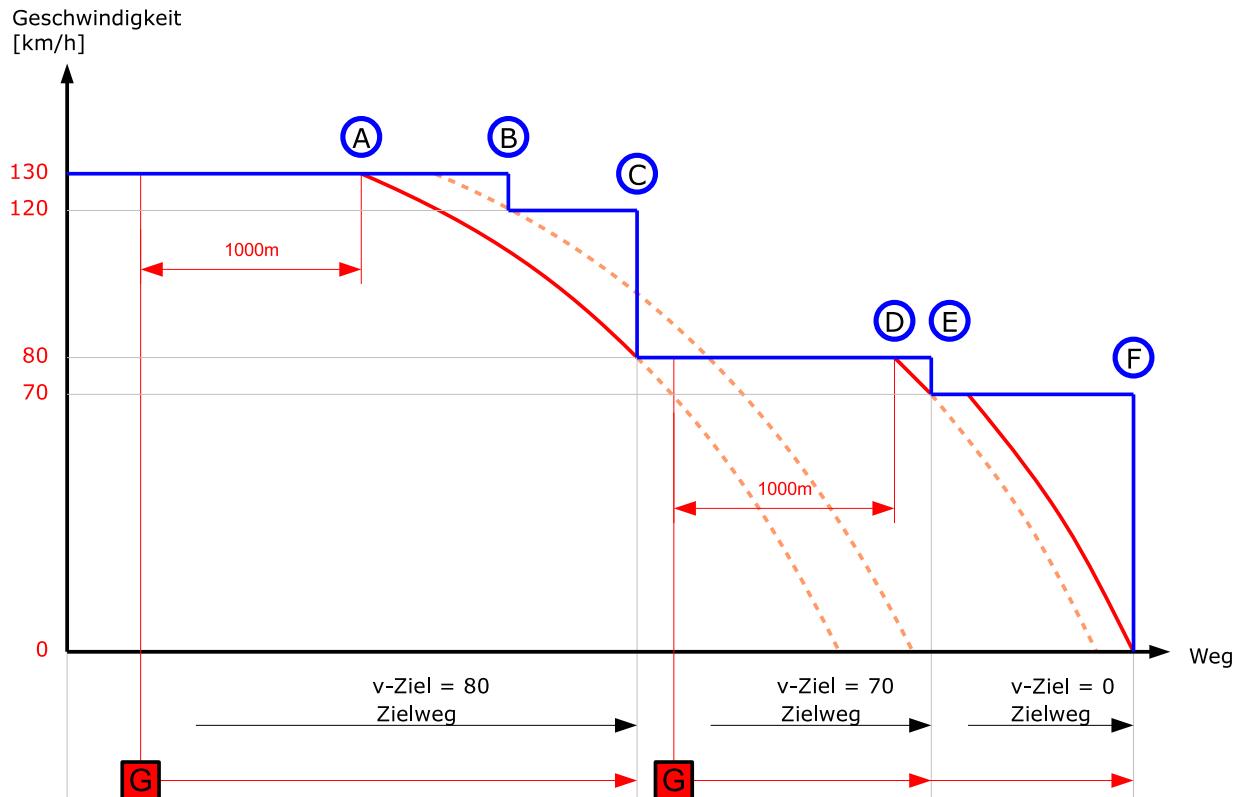
2.12.2.4.8 Geschwindigkeitswechsel

Geschwindigkeitswechsel zu höherer Geschwindigkeit werden mit der LZB-Zielweg-Anzeige angekündigt und wenn sie gültig sind durch die neue Sollgeschwindigkeit angezeigt, nachdem die Zuglänge in 100 m-Schritten in der Zielweganzeige abgezählt worden ist.

Geschwindigkeitsherabsetzungen erfolgen in mehreren Stufen:

- Wenn die niedrigere Geschwindigkeit neu in der Anzeige der LZB-Zielgeschwindigkeit erscheint, ertönt die Schnarre
- 1000m vor dem Bremseinsatzpunkt ertönt erneut die Schnarre, und der Leuchtmelder „G“ zeigt Dauerlicht
- Am Bremseinsatzpunkt ertönt erneut die Schnarre und die LZB-Sollgeschwindigkeit beginnt sich gemäß Bremskurve auf den neuen Zielwert abzusenken. Die Überschreitung der Geschwindigkeit wird auch während der Bremskurve überwacht wie oben erläutert.
- Wenn die neue Geschwindigkeit erreicht ist, erlischt der Melder G wieder.

Das folgende Bild verdeutlicht die Arbeitsweise der LZB:



Die vier folgenden Bilder zeigen jeweils die Anzeigen des MFA zum Fahrtverlauf:

Das erste Bild entspricht dem Zustand ganz links am Anfang des Diagramms. Es sind 130 km/h erlaubt, was der kleine rote Zeiger anzeigt (v-Soll). Die nächste Geschwindigkeitsreduzierung folgt am Punkt B auf 120 km/h und kurz danach auf 80 km/h am Punkt C. Die hilfsweise gestrichelt im Diagramm eingezeichneten Bremskurven zeigen, dass der Bremsvorgang für den Punkt C hier den kritischeren Fall darstellt. Somit wird für den Lokführer der Sprung bei B überhaupt nicht sichtbar und direkt der Punkt C mit v-Ziel=80 km/h und dem Zielweg angezeigt (hier ca. 2800 m als aktueller Abstand von der Zugspitze zum Punkt C). Bei einem Zug mit leistungsfähigerer Bremse und somit steileren Bremskurven könnte der Punkt B sichtbar werden und eine zweistufige Herabsetzung auf die 80 km/h erfolgen.

Das zweite Bild zeigt grundsätzlich den gleichen Zustand, allerdings hat sich der Zug dem Punkt C soweit genähert, dass er sich weniger als 1000 m vor dem Bremseinsatzpunkt A befindet. Um den Lokführer auf den anstehenden Bremsvorgang hinzuweisen, leuchtet der Melder „G“ (Geschwindigkeitsanpassung) auf und die Schnarre ertönt. Der Melder wird nicht aktiv, wenn der Zug bereits langsamer als 30 km/h



unter v-Soll fährt oder auch bereits v-Ziel unterschritten ist.

Das dritte Bild zeigt den Zustand zwischen den Punkten A und C. Die LZB führt die Sollgeschwindigkeit gemäß der Bremskurve kontinuierlich von 130 km/h herunter, bis sie genau mit Ablauf des Zielwegs den Zielwert von 80 km/h erreicht.



Das vierte Bild zeigt den Zustand unmittelbar nach dem Punkt C. Es werden die Werte des nächsten Bremspunktes aktiv. Anhand der im Diagramm dargestellten Bremskurven lässt sich ablesen, dass es sich hierbei um den Geschwindigkeitswechsel von 80 auf 70 km/h am Punkt E handelt. Es wird also v-Ziel=70 km/h mit dem zugehörigen Zielweg angezeigt. Der Melder „G“ ist noch dunkel, bis sich der Zug dem Bremseinsatzpunkt D auf 1000 m genähert hat.

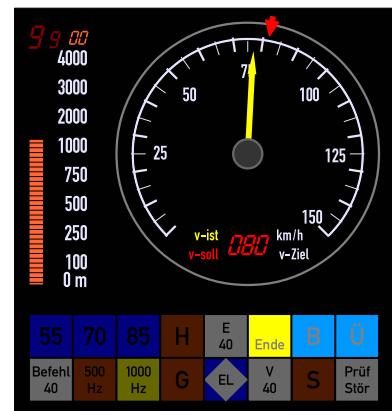


2.12.2.4.9 Halten am Bahnsteig

Die LZB beachtet nicht das korrekte Heranfahren an den Haltplatz am Bahnsteig. Hier muss der Lokführer selbst Hand anlegen, indem er den Zug rechtzeitig mit dem Führerbremsventil anhält. Bei AFB-Betrieb ist dann der (auch ohne LZB-Betrieb vorhandene) Nullstellungzwang für den Fahrschalter zu beachten.

2.12.2.4.10 LZB-Ende-Verfahren

LZB-Betrieb endet i.d.R. kurz vor einem Hauptsignal um einen nahtlosen Übergang in den signalgeführten Betrieb sicherzustellen. Bei nahendem LZB-Ende fängt der LZB-Ende-Melder an zu blinken. Der Lokführer hat 10 Sekunden Zeit, mit der PZB-Freitaste zu quittieren, sonst läuft v-Soll bis auf 0 km/h ab. Nach der Quittierung geht der Melder in Dauerlicht über. Es sind jetzt wieder die Signale am Fahrweg zu beachten.



Das LZB-Ende-Verfahren wird nur eingeleitet, wenn das abschließende Hauptsignal einen Fahrtbegriff zeigt, frühestens aber 1700 m vor dem LZB-Ende. Es kann also passieren, dass der Zug vor dem Halt zeigenden Signal zum Stehen kommt, ohne dass der Lokführer etwas vom bevorstehenden LZB-Ende merkt. Bei Umspringen des Signals auf Fahrt wird dann das Ende-Verfahren eingeleitet, also erst wenige Meter vor dem LZB-Ende.

Beim Übergang in den signalgeführten Betrieb erlöschen die Melder „Ü“ und „LZB-Ende“ und die PZB-Melder leuchten wieder auf. Bei Loks mit AFB ist ein Nullstellungszwang für den AFB-Geschwindigkeitssteller zu beachten (da dieser i.d.R. beim LZB-Betrieb auf Höchstgeschwindigkeit stand und jetzt evtl. eine niedrigerer Geschwindigkeit gilt), sonst wird keine Zugkraft erzeugt. Besonders mit der PZB90 ist beim LZB-Ende zu beachten, dass die Indusi auch unter LZB-Betrieb alle Beeinflussungen aufnimmt und verarbeitet, aber lediglich nichts anzeigt und keine Zwangsbremsungen einleitet. Das Indusi-System wird beim LZB-Ende mit dem bislang verdeckten Zustand augenblicklich aktiv. Wurde also vorher beispielsweise eine 1000 Hz-Beeinflussung aufgenommen, so wirkt sofort die entsprechende Bremskurve, evtl. nach Halt sogar im restriktiven Modus, und bewirkt mit LZB-Ende sofort eine Indusi-Zwangsbremse. Der Lokführer muss also mit bei Einleitung des Ende-Verfahrens anhand des Fahrtverlaufs erkennen, in welchem Zustand die Indusi aktiv wird und entsprechend langsam fahren.

2.12.2.4.11 LZB-Ersatzauftag

Der LZB-Ersatzauftag ist an das Zs 1 am Hauptsignal gekoppelt und regelt den entsprechenden Vorgang unter LZB-Führung. Bei Annäherung an das Zs 1-zeigende Signal leuchtet der Leuchtmelder E40 auf, und die Zielgeschwindigkeit zeigt 40 km/h. Der Zug wird wie im normalen LZB-Betrieb bedient. Es wird also nach Führungsgrößen gefahren und die Befehlstaste muss nicht betätigt werden.

2.12.2.4.12 LZB-Vorsichtauftag

Der LZB-Vorsichtauftag ist an das Zs 7 am Hauptsignal gekoppelt und regelt den entsprechenden Vorgang unter LZB-Führung. Bei Annäherung an das Zs 7-zeigende Signal blinkt der Leuchtmelder V40. Die Zielgeschwindigkeit zeigt 0 km/h ablaufend auf das Signal. Nach Quittierung mit der Frei-Taste geht der Melder V40 in Dauerlicht und die Soll-Geschwindigkeit zeigt 40 km/h.

Der Zug wird weiter im normalen LZB-Betrieb bedient, die Befehlstaste muss nicht betätigt werden. Bis zum nächsten Hauptsignal muss auf Sicht gefahren werden.

2.12.2.4.13 LZB-Gegengleisfahrauftrag

Der LZB-Gegengleisfahrauftrag (ursprüngliche Bezeichnung: Falschfahrauftrag) ist an das Zs 8 am Hauptsignal gekoppelt und regelt den entsprechenden Vorgang unter LZB-Führung. Bei Annäherung an das Zs 8-zeigende Signal blinkt der Leuchtmelder E40. Die Zielgeschwindigkeit zeigt 0 km/h ablaufend auf das Signal. Nach Quittierung mit der Wachsam-Taste zeigt die Soll-Geschwindigkeit 40 km/h.

Der Zug wird weiter im normalen LZB-Betrieb bedient. Es wird also nach Führungsgrößen gefahren und die Befehlstaste muss nicht betätigt werden.

2.12.2.4.14 LZB-Übertragungsausfall

Der Übertragungsausfall regelt den Übergang in den signalgeführten Betrieb, wenn die LZB-Kommunikation abbricht und somit keine korrekten Führungsgrößen mehr ermittelt werden können. Bei Strecken mit Teilblockbetrieb sind die LZB-Blöcke kürzer geteilt als die signalisierten Blöcke. Der Zug könnte sich also bei einem Rückfall in den signalgeführten Betrieb mit anderen Zügen in demselben Signal-Blockabschnitt befinden. Um Unfälle zu verhindern, darf ein Zug in diesem Fall nur nach Erhalt eines Befehls weiterfahren, man spricht vom Übertragungsausfall unter Mitwirkung des Fdl.

Im Ganzblockmodus, bei dem es keine zusätzlichen LZB-Blockstellen zwischen den Hauptsignalen gibt, kann direkt ohne Halt in den signalgeführten Betrieb übergegangen werden.

Der Übertragungsausfall wird eingeleitet durch Aufleuchten des Störmelders und Blinken des Melders Ü. Die Zielgeschwindigkeit zeigt jetzt 0 (mit Fdl) oder 40 (ohne Fdl) an. Dieser Zustand muss innerhalb von 10 s mit der Freitaste quittiert werden (als Bestätigung, dass der Übertragungsausfall erkannt wurde).

Anschließend hängt das weitere Verfahren vom Typ des Übertragungsausfalls ab, wie in den beiden nächsten Abschnitten erläutert wird.

2.12.2.4.14.1 LZB-Übertragungsausfall ohne Mitwirkung des Fdl

Wenn die Geschwindigkeit unter die eingestellte 1000 Hz-Prüfgeschwindigkeit (z.B. 85 km/h) gefallen ist, blinkt der entsprechende Zugartmelder. Jetzt muss erneut mit der Freitaste quittiert werden (Bestätigung, dass wieder die Signale beachtet werden), woraufhin die PZB aktiv wird und auf den nächsten knapp 2000 m das Melderbild 1000 Hz-Melder (Dauerlicht) und Zugartmelder (Dauerlicht) zeigt. Die zur Zugart passende Geschwindigkeit wird so lange permanent überwacht.

2.12.2.4.14.2 LZB-Übertragungsausfall unter Mitwirkung des Fdl

Es muss zunächst angehalten werden, woraufhin der Befehlsmelder blinkt. Nach Erhalt eines passenden Befehls (Zug fährt signalgeführt weiter) darf die Befehlstaste 10 Sekunden lang gedrückt werden, woraufhin der Melder in Dauerlicht übergeht und die LZB-Führungsgrößen vollständig erloschen. Auf den nächsten 50 m ertönt eine Intervallhupe zur Erinnerung an den Übergang in den signalgeführten Betrieb.

2.12.2.4.15 Grunddaten, Ersatzzugdaten, Zugdaten

Auch bei der LZB gibt es analog zur bereits erläuterten Indusi I60R Standardzugdaten, die wirksam werden, wenn die richtigen Zugdaten nicht eingegeben werden können. Das System startet zunächst mit den Grunddaten. Diese sind sehr restriktiv und weisen so niedrige Bremshundertstel auf, dass eine Aufnahme in die LZB nicht möglich ist. Sie werden wie die Ersatzzugdaten der I60R wirksam, wenn man ohne Dateneingaben losfährt.

Die Ersatzzugdaten der LZB hingegen sind etwas weniger restriktiv ausgelegt und an den typischen Einsatzbereich des Fahrzeugs angepaßt. Ist eine Zugdateneingabe nicht möglich und erreicht der Zug die Werte der Ersatzzugdaten, so darf der Lokführer sie aktivieren. Dazu muss der Richtungsschalter 15 Sekunden in R verlegt werden. Anschließend leuchten alle drei Zugartmelder, um auf die wirksamen Ersatzzugdaten hinzuweisen. Läuft ein Prüfprogramm der PZB, so wird dieses aber wie gewohnt angezeigt. Anschließend leuchten wieder alle drei Zugartmelder.

Bei der LZB gibt es weitere Bremsarten (BRA), deren Verwendung für jedes Fahrzeug in den fahrzeugspezifischen Vorschriften festgelegt wird. Ein paar Beispiele:

- 1: PZB90: G
- 2: LZB80: G + Klotzbremsen
- 3: LZB80: G + Scheibenbremsen
- 4: Güterzug in P
- 5:
- 6: LZB80: P/R + Klotzbremsen
- 7: wie 9 jedoch seitenwindempfindliches Fahrzeug
- 8: PZB90: P/R
- 9: LZB80: P/R + Scheibenbremsen

BRA 6 findet in der Regel Anwendung für die hinterlegten Grunddaten, auch bei scheinbremsten Fahrzeugen.

2.12.3 Österreich

2.12.3.1 Induktive Zugsicherung (Indusi)

2.12.3.1.1 PZB 60

Die PZB 60 entspricht der deutschen Indusi I60, allerdings ist Zugart U nicht vorhanden und es gelten die Prüfgeschwindigkeiten 90 km/h für Zugart O und 70 km/h für M. Die bei der ÖBB auch vorkommenden Varianten auf den Loks 1044, 1042/1142, 1043 und ET 4030.2 lassen sich durch Verwendung der deutschen Indusi I60 und I60DR nachbilden.

3 Bau einer Übungsstrecke

Von Dr. Michael Poschmann

Der Nachbau einer Bahnstrecke für den Simulator Zusi ist eine anspruchsvolle und vielfältige Aufgabe. Das Ergebnis hängt stark von einem strukturierten Ansatz bei der Erstellung ab, will man in absehbarer Zeit zu vorzeigbaren Ergebnissen kommen. Dieses Tutorium soll helfen, die Scheu vor dem Umgang mit den Editoren des Simulators zu überwinden und aktiv in den Streckenbau einzusteigen.

Für einen ganz grundlegenden Einstieg sei zunächst auch noch auf [Kapitel 1.5.2](#) verwiesen.

Um einen Eindruck zu vermitteln, mit welcher Vorgehensweise man am besten eine realitätsnahe Strecke baut, wird in diesem Kapitel eine kleine Strecke Schritt für Schritt erstellt, vom Bau des ersten Streckenelements bis zur Fahrt im Simulator. Es ist der gesamte Umfang „ungeschönt“ dargestellt, so wie er beim Bauen der Strecke entstanden ist. Wenn also irgendwo einmal eine Funktion nicht den gewünschten Erfolg gebracht hat, ist auch das inklusive Lösung des Problems aufgezeigt. Phantasiestrecken können nach demselben Prinzip gebaut werden, so dass dieses Kapitel auch für die Ersteller von Phantasiestrecken von Interesse ist.

Die Schritte lassen sich grob unterteilen in:

- Gleisplan erstellen (Trasse, Gleisanlagen und Höhenprofil)
- Streckennetz ausmodellieren (einschließlich Signale setzen, Signallogik verknüpfen,...)
- Landschaft erstellen
- Strecke in den Fahrimulator laden, Fahrplan erstellen und Fahren

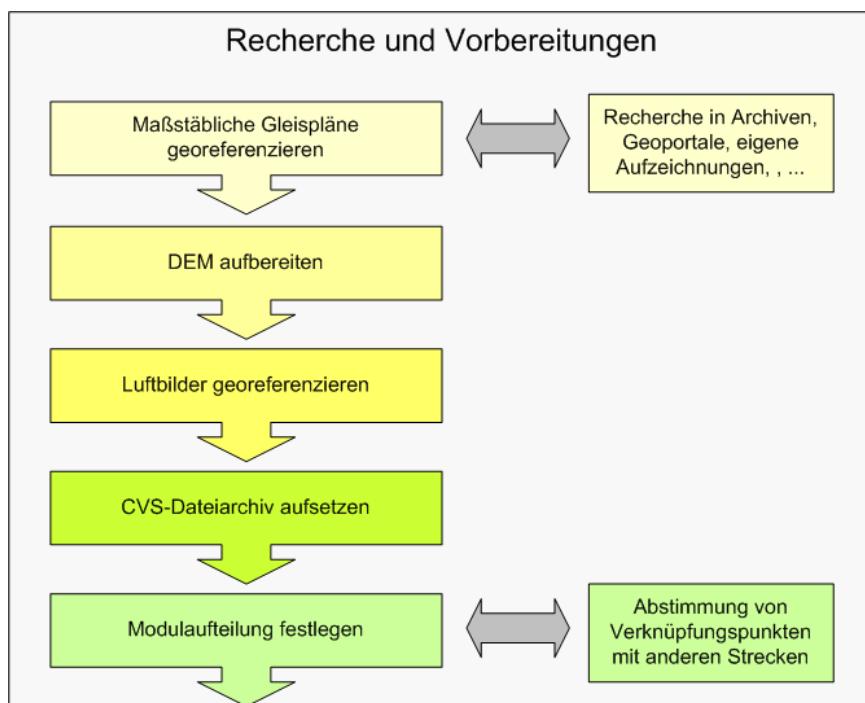
Der erste Schritt erfolgt im Gleisplaneditor, danach wird für die Schritte zwei und drei der 3D-Editor verwendet, und für den letzten Schritt ist der Fahrimulator zuständig.

Zur Aufbereitung der Planungsunterlagen für die Verwendung mit Zusi-Werkzeugen stehen eine Reihe praktischer „Helperlein“ zur Verfügung. Deren Anwendung wird in diesem Tutorial jedoch nur kurz angesprochen. Für die weitergehende Beschäftigung sei auf die jeweils mitgelieferte Dokumentation verwiesen.

Zum Nachvollziehen des Projekts sind die benötigten Dateien im Verzeichnis `Routes_Docu\Kap3_Uebungsstrecke` abgelegt. Dort finden sich auch mehrere Zwischenstände des im folgenden beschriebenen Bauablaufs.

3.1 Grundlagen

Um den am Vorbild orientierten Streckenbau beginnen zu können, sind Informationen zum Streckenverlauf, zu den vorhandenen Gleisanlagen sowie zur Höhenlage der Strecke und den vorhandenen Längsneigungen erforderlich. Nachfolgend werden verschiedene Datenquellen vorgestellt. Diese lassen sich durch umfassende Recherchen z.B. bei örtlichen Eisenbahnfreunde-Vereinigungen, im Internet oder auch in öffentlich zugänglichen Archiven erschließen.



Einen Überblick über die vorbereitenden Arbeitsschritte, die vor dem Aufbau der eigentlichen Module erforderlich sind, gibt die nebenstehende Abbildung. Die Inhalte werden im folgenden detailliert erläutert.

Wichtiger Hinweis:

Wenn ein größeres Projekt gestartet werden soll, ist es dringend zu empfehlen, jeden Bahnhof mit den umliegenden Streckenabschnitten als eigene Datei zu erzeugen und die so entstandenen Module erst am Ende zusammenzuführen. Dieses Vorgehen hat sich als performant erwiesen und erleichtert im Zweifelsfall die Fehlersuche erheblich. Obgleich unsere Übungsstrecke eine überschaubare Komplexität aufweist und die Vorteile der Modularisierung nicht allzu stark ins Gewicht fallen, wird im Tutorium dennoch dieses Verfahren angewendet, um das Grundprinzip zu erläutern.

Zudem sollten die Koordinaten in den Dateien nicht zu große Werte annehmen, da es andernfalls zu numerischen Problemen bei manchen Editorfunktionen kommen kann. Auch hier schafft das Arbeiten in Einzelmodulen die erforderliche Grundlage. Die Lage der Modulübergänge kann man im Prinzip beliebig wählen. Es ist aber sehr zu empfehlen, den Übergang auf die freie Strecke und wenn möglich in eine Gerade zu legen.

3.1.1 Datenbasis

Der vorbildgerechte Eindruck des Streckennachbaus hängt in erheblichem Maß von den zur Verfügung stehenden Grunddaten ab. Die Zusi-Editoren erlauben eine fast beliebig genaue Abbildung der Vitalsituation. Häufig stellt aber gerade die Datenbeschaffung eine Herausforderung für den Streckenbauer dar, insbesondere dann, wenn historische

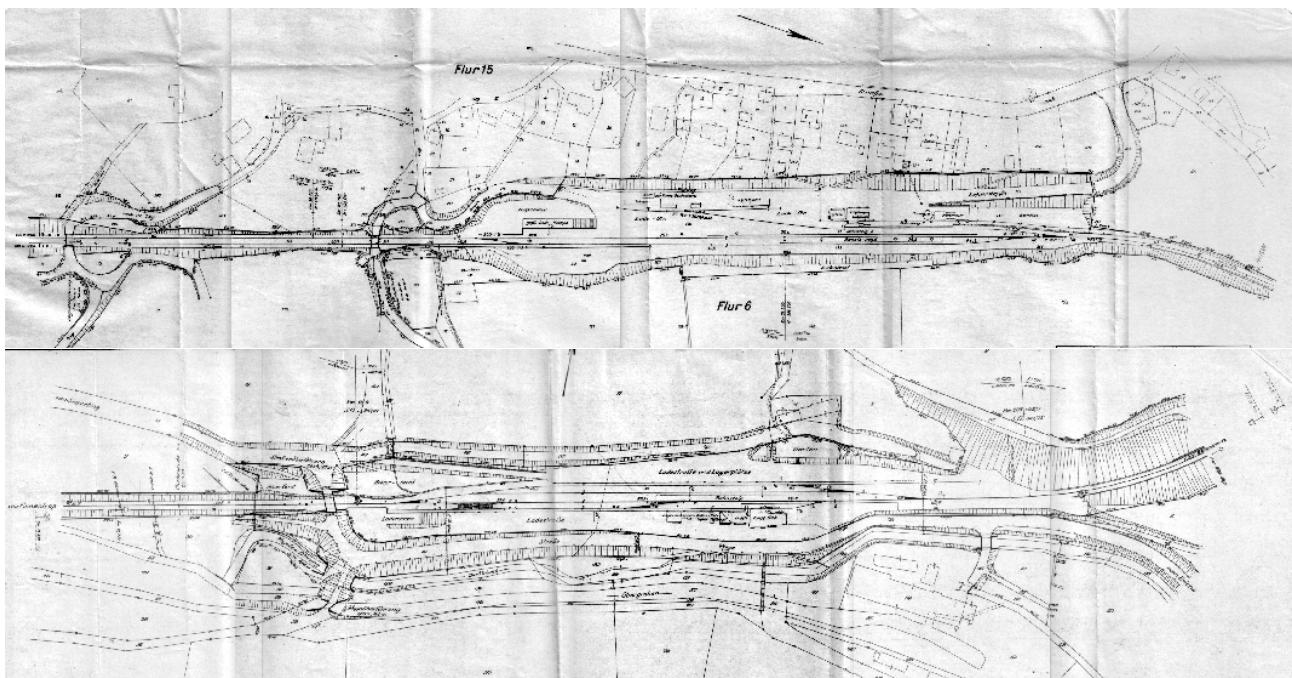
Betriebszustände nachgestellt werden sollen. In der Regel wird es notwendig sein, auf der Grundlage der vorhandenen Quellen geeignete Abschätzungen vorzunehmen. Die Zusi-Editoren unterstützen durch die Vorgabe sinnvoller Defaultwerte, ferner ist ein Blick in das Kapitel „Bauhinweise Vorbild/Simulation“ ([Kapitel 10](#)) empfehlenswert.

3.1.1.1 Gleispläne

Ideal für den Streckennachbau sind vorhandene originalgetreue Gleispläne. Alternativ können hochauflösendes Kartenmaterial oder Luftbilder ausgewertet werden.

3.1.1.2 Maßstäblicher Gleisplan

Sehr gut geeignet für die Nachbildung der Gleistrassen sind maßstäbliche und unverzerrte Gleispläne. Diese müssen vor der Verwendung digitalisiert und georeferenziert werden. Diese Pläne enthalten üblicherweise exakte Angaben zu den Gleisanlagen, Bogenhalbmessern, Übergangsbögen sowie den verwendeten Weichenbauformen. Zwei Beispiele, die wir in diesem Tutorium verwenden werden, zeigen die nachstehenden Abbildungen.

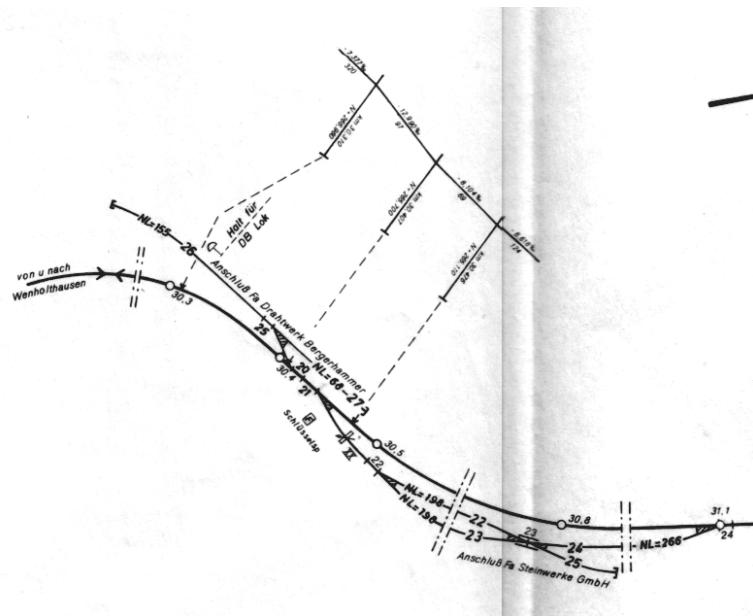


Historische Gleispläne

Die Georeferenzierung derartiger maßstabsgerechter Unterlagen erlaubt das Anlegen der Strecke mit Hilfe des Gleisplaneditors durch „Durchpausen“ und somit die höchstmögliche Vorbildtreue. Als komfortables Werkzeug für die Georeferenzierung von Bitmaps dient das Ziegler-Tool „TransDEM“, das im Lieferumfang des Simulators enthalten ist. Die Dokumentation dieser ausgesprochen nützlichen Software enthält einige Fallbeispiele, die auf die relevanten Anwendungsfälle maßgeschneidert sind und sich leicht auf unsere Anforderungen übertragen lassen.

3.1.1.3 Nicht maßstäblicher oder verzerrter Gleisplan

Stehen keine unverzerrten Gleispläne zur Verfügung, können alternativ nicht maßstäbliche bzw. verzerrte Gleispläne Verwendung finden. Liegt die Achse der Gleisanlagen in einer Geraden und sind markante Punkte wie z.B. Gebäude, Brücken oder Weichen im Plan vermerkt, so kann ggf. eine Georeferenzierung mit den entsprechenden Tools unter Stauchen des Plans erfolgen. In verzerrten Gleisplänen sind zudem in der Regel die exakten Standorte und Arten von Signalen, Hinweise zu Signalbezeichnungen sowie Höhenangaben als wertvolle Informationen enthalten. Nebenstehend findet sich ein Ausschnitt aus einem verzerrten Plan der Anschlussstelle Bergerhammer.



3.1.1.4 Luftbilder

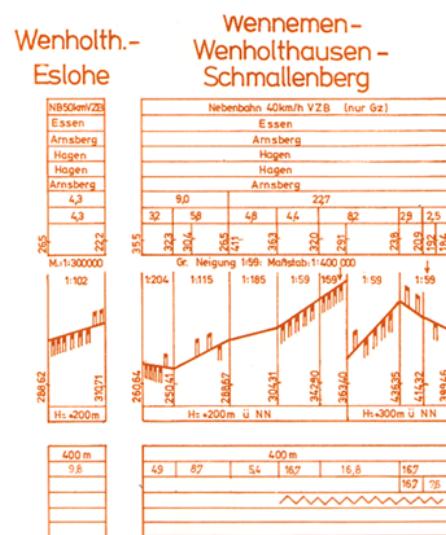
Neben Gleisplänen stellen Luftbilder eine weitere Datenquelle für den Streckenbau dar. Zu unterscheiden sind senkrecht aufgenommene Luftbilder (Orthofotos), welche nach Georeferenzierung mit dem Ziegler-Tool „TransDEM“ analog zu den maßstäblichen Gleisplänen für das Anlegen der Strecke im Gleisplaneditor eignen.

Zusätzlich existieren für weite Bereiche bereits hochauflösende Schrägbilder. Diese sind aufgrund der plastischen Darstellung und der Vielzahl erkennbarer Details insbesondere für den späteren Endausbau der Strecke im 3D-Editor geeignet. Eine Georeferenzierung von Schrägbildern ist jedoch nicht sinnvoll, vielmehr werden diese Datenquellen - wie andere Fotos - während der Streckenausgestaltung eingesetzt.

3.1.1.5 Höhenprofil

Neben der zweidimensionalen Information zur Lage der Gleiselemente in einer Ebene werden zusätzlich Angaben zur Höhenlage dieser Elemente benötigt. Erst mit Hilfe dieser Informationen lässt sich die Strecke im dreidimensionalen Raum abbilden.

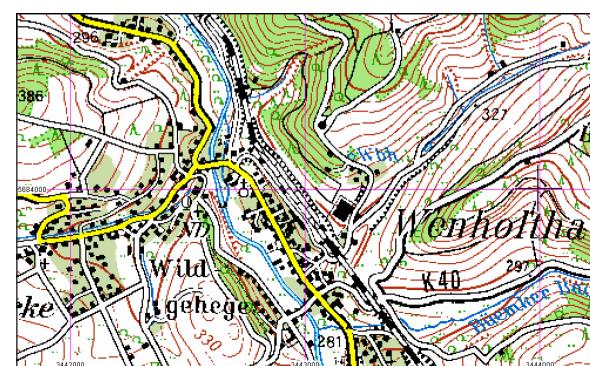
Die Höheninformationen werden separat vom Spurplan der Gleisanlagen in sogenannten Höhenprofilen definiert. Diese stellen einen Längsschnitt durch die Gleistrasse dar und tragen über der kilometerbezogenen Streckenachse die Höhenangabe auf. In den meisten Gleisplänen sind Angaben zum Höhenprofil der Strecke oder sogar einzelner Gleise enthalten. Für die freie Strecke zwischen den Bahnhöfen müssen jedoch zusätzliche Quellen herangezogen werden. So lassen sich beispielsweise aus den Kopfblättern von historischen Bildfahrplänen die maßgeblichen Streckenneigungen zwischen den Betriebsstellen ablesen. Als grobe Anhaltswerte können auch Höhenangaben verwendet werden, die in alten Kursbuchtabellen zu finden sind. Diese werden jeweils auf die Höhenlage des Bahnhofs am Standort des Empfangsgebäudes bezogen. Unter der vereinfachten Annahme, dass der Bahnhofsbereich in der Ebene trassiert ist, kann die Streckenneigung zwischen benachbarten Bahnhöfen abgeschätzt werden. Eine weitere Möglichkeit stellt das Befahren von Strecken und die Aufnahme von Höhenmesspunkten mit Hilfe eines GPS-Empfängers dar. Hierbei ist auf die korrekte Zuordnung des Logfiles zu den Streckenabschnitten zu achten, wobei markante Punkte in der Landschaft oder im Streckenverlauf die Zuordnung erleichtern.



Aus einem Führerstandsvideo lassen sich ebenfalls Höhendaten abschätzen, wenn das DEM (nächstes Kapitel) ausreichend genau ist. An den Übergängen zwischen Bahndamm und Einschnitt wird gerade die Höhenlage des DEM durchfahren. Dieser Übergang ist aus Führerstandsperspektive in der Regel recht gut zu erkennen und über Hektometertafeln oder andere markante Bezugspunkte örtlich zu bestimmen. Die Übernahme dieses Punktes in das Höhenprofil mit einem Mausklick wird vom Gleisplaneditor unterstützt.

3.1.1.6 Topographische Karte (TK50)

Gedruckte oder digitale Topografische Karten im Maßstab 1:50.000 (TK50) oder höher auflösend stellen ein wertvolles Hilfsmittel für den Nachbau der Streckentrassierung außerhalb der Bahnhöfe dar. Des Weiteren können aus dieser Unterlage die Verläufe von Straßen sowie Bächen und Flüssen abgeschätzt werden. Siedlungsstrukturen sowie die Lage markanter Gebäude wie Kirchen oder Fabrikanlagen sind erkennbar.



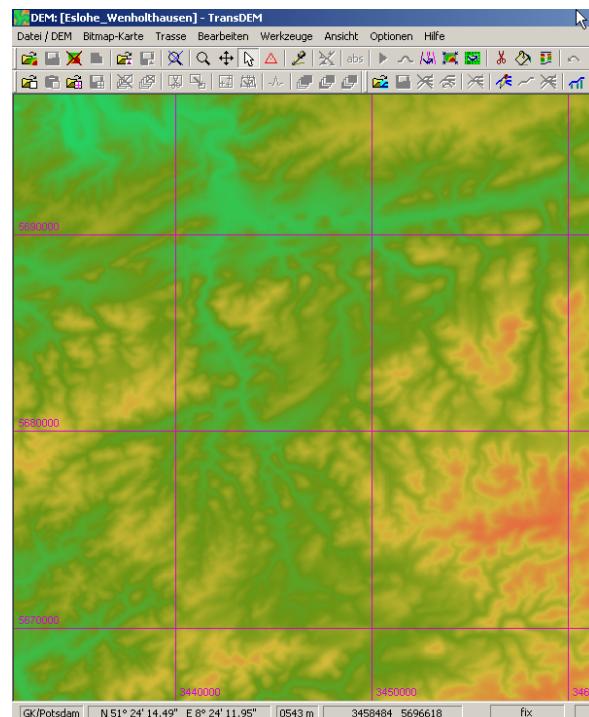
Topografische Karte, Quelle: LVA NRW

3.1.1.7 Digitales Höhenmodell (DEM)

Zur Nachbildung der Landschaft in der Umgebung der Gleisanlagen werden Höhenangaben benötigt.

Diese können einem Digitalen Höhenmodell (DEM) entnommen werden. Für die meisten Streckenbauten bieten sich SRTM-Daten an. Quellenangaben zum Bezug der Daten und weitere Bearbeitungshinweise einschließlich Tutorien finden sich in der Dokumentation zum Tool TransDEM.

Die erreichbare Genauigkeit der DEM-Daten und damit der Landschaftsnachbildung hängt stark von der Geländekontur sowie dem Bewuchs ab. In Bereichen mit ausgeprägtem Gebirgscharakter, in denen die Bahntrassen in Felsböschungen geschnitten sind, können die auftretenden Abweichungen ein manuelles Nacharbeiten der DEM-Daten bzw. die Anpassung der Streckenlandschaft durch den Anwender erforderlich machen. Ebenso führen großflächige Waldbestände häufig dazu, dass die DEM-Daten um „Baumhöhe“, d.h. 10 bis 15 Meter über dem tatsächlichen Geländeprofil liegen. Auch in diesen Bereichen ist eine manuelle Bearbeitung der Daten unerlässlich, um in der Simulation einen vorbildgerechten Geländeindruck zu erzielen. Beispiele zum Vorgehen enthält die TransDEM-Dokumentation.



3.1.2 Editoren und Hilfsprogramme

Für den Bau der Übungsstrecke werden die nachstehenden Zusi-eigenen Werkzeuge verwendet:

- Gleisplaneditor
- 3D-Editor
- TransDEM
- Geländeformer
- Fahrplaneditor

Für die Modellierung der Objekte empfiehlt sich die Nutzung von

- Blender oder vergleichbarer Software zur Erstellung von 3D-Objekten
- Gimp oder vergleichbarer Software zur Bearbeitung von Bilddateien

3.1.2.1 Gleisplaneditor

Im Gleisplaneditor werden die ebene „Draufsicht“ der Gleisanlagen sowie die Höhenprofile erstellt. Dabei kommen vorgefertigte Gleiselemente für Weichen zum Einsatz, die durch Geraden, Gleisbögen und Klothoiden verbunden werden. Zu diesem Zweck sind die Funktionalitäten des Absteckrechners integriert, die auf komfortable Weise eine vorbildgerechte Streckentrassierung unter Berücksichtigung der geltenden Regelwerke ermöglichen.

3.1.2.2 3D Editor

Nach der Definition der ebenen und räumlichen Lage der Strecke erfolgt der Export aus dem Gleisplaneditor in den 3D-Editor. Mit diesem Werkzeug wird die Ausgestaltung der Streckendefinition im dreidimensionalen Raum vorgenommen. Dieser Arbeitsschritt kann grob in die Erstellung der Landschaft einschließlich des Einbaus von Objekten wie z.B. Häusern, Fahrleitungsmasten oder Bäumen sowie die eisenbahnspezifische Konfiguration durch den Einbau von Signalen und Streckenereignissen gegliedert werden.

3.1.2.3 TransDEM

Das Ziegler-Tool TransDEM (<http://www.rolandziegler.de>) erlaubt den Zugriff und die effiziente Aufbereitung von Bitmaps mit dem Ziel, georeferenzierte Planungsgrundlagen für das Anlegen von Streckenzügen im Gleisplaneditor zur Verfügung zu haben. Ferner lassen sich mit Hilfe von TransDEM die erforderlichen Höheninformationen (DEM) erstellen und bearbeiten.

3.1.2.4 Geländeformer

Das Ziegler-Tool Geländeformer erlaubt das weitgehend automatisierte Anlegen von Umgebungslandschaft für die Ausgestaltung der Strecke im 3D-Editor. Zu diesem Zweck werden die Landschaftsdefinitionen aus dem 3D-Editor in den Geländeformer eingelesen. Zusammen mit den digitalen Höheninformationen (DEM) für den Bereich des Streckenabschnitts wird eine Umgebungslandschaft erstellt, die über eine Schnittstelle in den 3D-Editor importiert und als fester Bestandteil der Strecke eingebunden werden kann.

3.1.2.5 Fahrplaneditor

Der Fahrplaneditor dient dem dynamischen Zusammenführen der einzelnen Streckenabschnitte, sogenannter Module, zur Laufzeit der eigentlichen Zugfahrtssimulation. Durch ihn wird definiert, welche Streckenabschnitte für die Züge in den Rechnerspeicher geladen werden müssen. Für die einzelnen Züge lassen sich Fahrzeugauswahl und Fahrplan unter Angabe detaillierter Informationen zur Nutzung der jeweiligen Fahrstraßen konfigurieren.

3.1.2.6 Blender

Blender (<http://www.blender.org>) ist ein leistungsfähiges Freeware-Tool zur Modellierung beliebig komplexer dreidimensionaler Modelle. Es eignet sich z.B. zur Erstellung von Streckenobjekten wie Häusern Brücken usw., mit denen unsere Übungsstrecke ausgestaltet werden soll.

3.1.2.7 GIMP

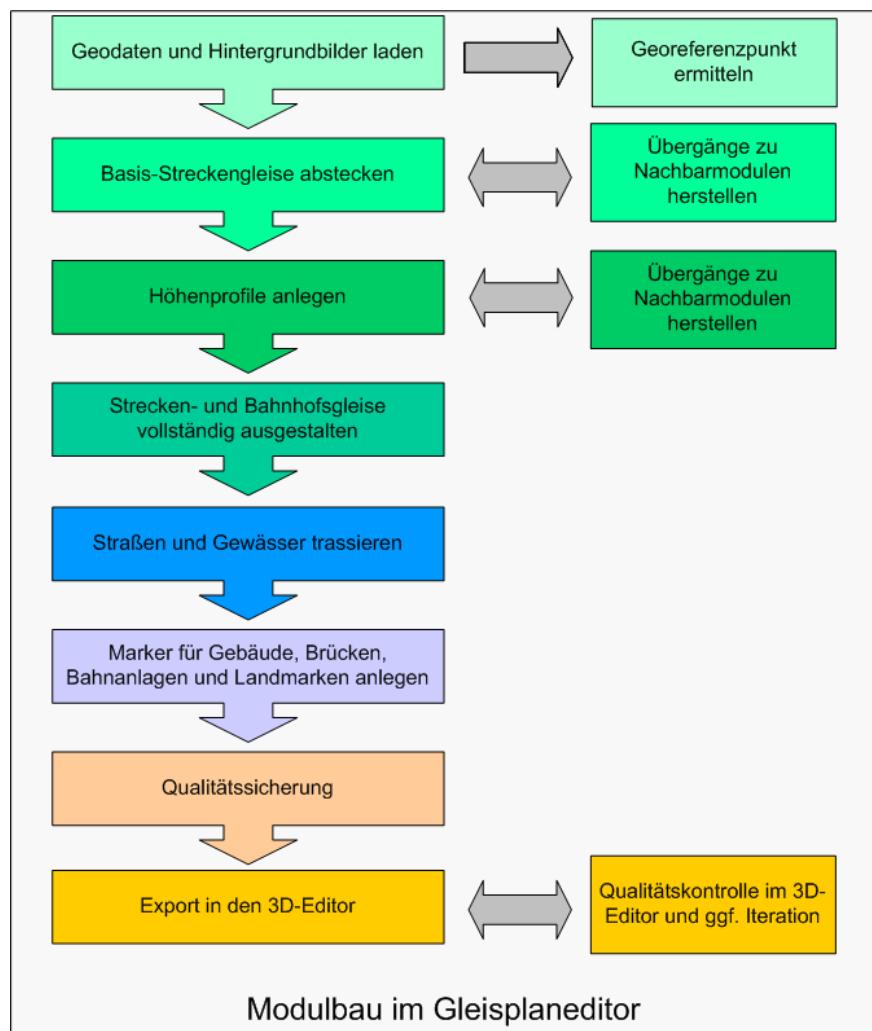
Die 3D-Modelle sollen mit fotorealistischen Oberflächen, den Texturen, „beklebt“ werden. Hierzu wird ein Grafikprogramm benötigt, mit dem aus Rohbilddaten wie z.B. Vorbildfotos die erforderlichen Texturdaten erstellt werden können. Die Freeware Gimp (<http://www.gimp.org>) bietet umfangreiche Funktionen an, mit denen diese Aufgabe erfüllt wird.

3.2 Streckenbau im Gleisplaneditor

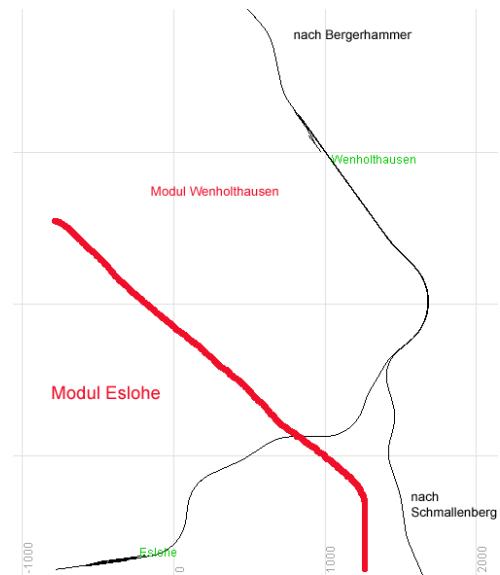
3.2.1 Das Ziel

Die im Gleisplaneditor durchzuführenden Arbeitsschritte sind in der nebenstehenden Abbildung zusammengefasst und werden im folgenden detailliert vorgestellt.

Bevor wir jetzt den Streckenbau beginnen, werfen wir einen Blick auf das vorgesehene Endergebnis. Es handelt sich um eine eingleisige Linie mit einer abzweigenden eingleisigen Strecke, zwei Bahnhöfen und einem Haltepunkt. Die Vorbildsituation ist im Sauerland angesiedelt und beinhaltet die früheren Bahnhöfe Wenholthausen und Eslohe mit einem Abzweig nach Hp Wenne in Richtung freie Strecke, der früheren Linie nach Schmallenberg. Um die Komponentenbauweise zu verdeutlichen, werden die beiden Bahnhöfe jeweils als eigene Module erstellt und anschließend zusammengeführt. Gegenüber der Originalsituation aus den Fünfziger Jahren werden einige virtuelle Ergänzungen eingebaut, um Funktionen und Vorgehensweisen bei der Streckenerstellung zu erläutern. Die Übungsstrecke soll abschließend von einem Zug je Richtung befahren werden.



Die Abbildung zeigt das Streckennetz in der Draufsicht, das im Rahmen dieses Tutoriums erstellt werden soll. Es besteht aus den beiden Bahnhöfen Wenthofhausen und Eslohe und den zugehörigen verbindenden Streckenabschnitten. In roter Farbe angedeutet ist die Grenze zwischen den beiden Modulen. Im Gleisplaneditor werden die grundsätzlichen Streckendefinitionen erstellt. Dies umfasst die Lage der Gleise und Weichen in einer ebenen Darstellung. Hinzu kommen Informationen zur Höhenlage der Gleise, die in sogenannten Höhenprofilen hinterlegt sind und für die spätere Überführung in den dreidimensionalen Raum benötigt werden.



3.2.2 Bahnhofsmodule

Wir starten den Gleisplaneditor und wählen die Funktion „neuen Lageplan hinzufügen“.

Zuerst stellen wir die Trassenparameter für die Geschwindigkeit auf 60 km/h ein. Für diese Höchstgeschwindigkeit werden wir unsere Strecke auslegen.

Anschließend laden wir das mit geografischen Koordinaten referenzierte Hintergrundbild `Routes_Docu\Kap3_Uebungsstrecke\000443-005681_Wenthofhausen\Lageplaene\Gleisplan_Wenthofhausen_georef.trf` in den Editor.

Mit Hilfe der Blickpunkt-Drehen-Funktion kann der Gleisplan „nutzerfreundlich“ ausgerichtet werden, so dass sich die nebenstehende Ansicht ergibt.



Nun zoomen wir mit der Lupe oder dem Mausrad in eine größere Auflösung hinein, um mit dem Bau des Höhenprofils zu beginnen. Hat man sich einmal „verfahren“, so ist die Orientierung durch Heraus-Zoomen mittels Klick auf die „Weltkugel“ schnell wiederhergestellt.

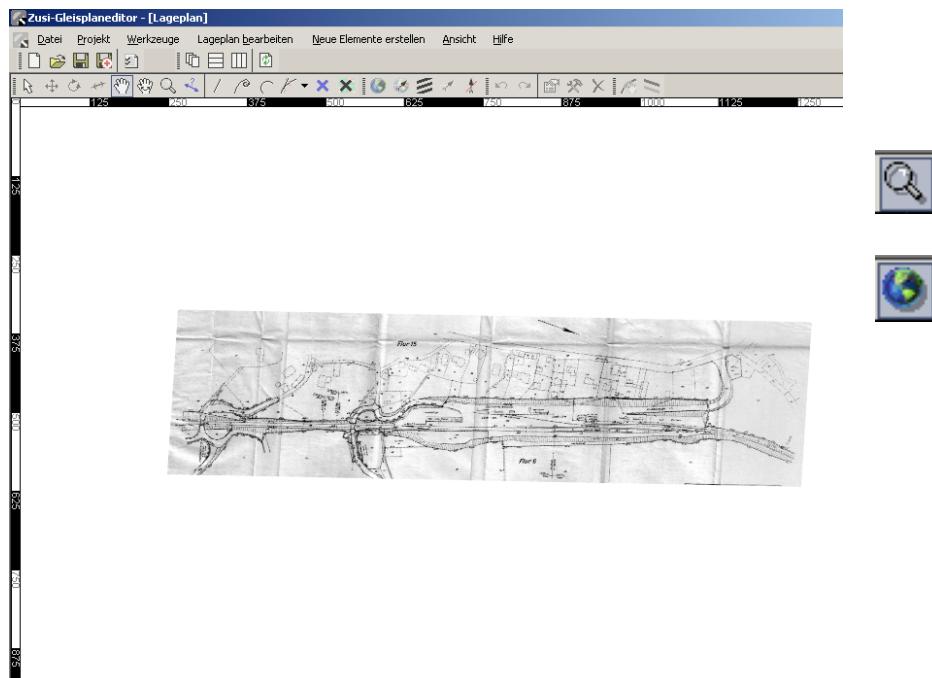
3.2.2.1 Höhenprofil

Anders als vielleicht erwartet beginnen wir den Streckenbau nicht mit dem Verlegen der Gleise, sondern erstellen zuerst das Höhenprofil der Strecke.

Es ist möglich, beliebig viele Höhenprofile zu definieren.

Üblicherweise wird man für zusammenhängende, das heißt gemeinsam in einer Ebene liegende Gleisanlagen jeweils ein eigenes Höhenprofil definieren. Die Streckenelemente im Lageplan müssen dazu jeweils einem Höhenprofil zugeordnet werden, das als Referenz beim Übergang vom Gleisplan zum dreidimensionalen Ausbau im 3D-Editor dient.

Ein Höhenprofil besteht aus Stützpunkten, die den Höhenverlauf der Strecke über der Längenentwicklung darstellen. Zusätzlich muss die Lage dieser Höhenachse im Lageplan definiert werden. Dafür werden Gleise vom Typ „Höhenprofil“ verlegt. Diese werden gestrichelt dargestellt und werden später in der Strecke nicht als befahrbare Elemente zu finden sein, sondern sind eine reine Hilfskonstruktion innerhalb des Gleisplaneditors.



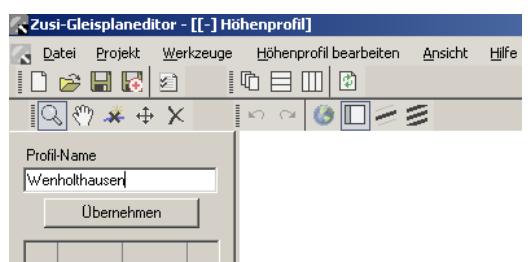
3.2.2.2 Achse für das Höhenprofil erstellen und editieren

Als ersten Schritt wählen wir im Menü „Neues Höhenprofil hinzufügen“. Der Editor wechselt automatisch in den Bearbeitungsmodus für Höhenprofile.

Wir geben dem Höhenprofil die Bezeichnung „Wenholthausen“ und quittieren mit dem Button „übernehmen“.

Um dem Lageplan das neu angelegte Profil bekannt zu machen, ist der Button „Höhenprofile neu zuordnen“ zu drücken. Im Menü „Projekt“ sollte jetzt neben dem Lageplan das neu erstellte Höhenprofil angezeigt werden.

Über dieses Menü wechseln wir zwischen dem zweidimensionalen Lageplan – der Draufsicht – sowie den Höhenprofilen hin und her. Wir schalten nun damit zurück zum Lageplan.



Wir stellen in der Karteikarte für „neue Elemente“ die Auswahlfelder auf „Höhenprofil“ und wählen dabei das soeben erstellte Höhenprofil „Wenholthausen“ aus. Da beim Vorbild in diesem Streckenabschnitt Stahlschwellen verbaut wurden, wählen wir die Oberbaueigenschaft „Stahl K-Oberbau“. Nun geht es endlich los! Zur Sicherheit speichern wir die Datei

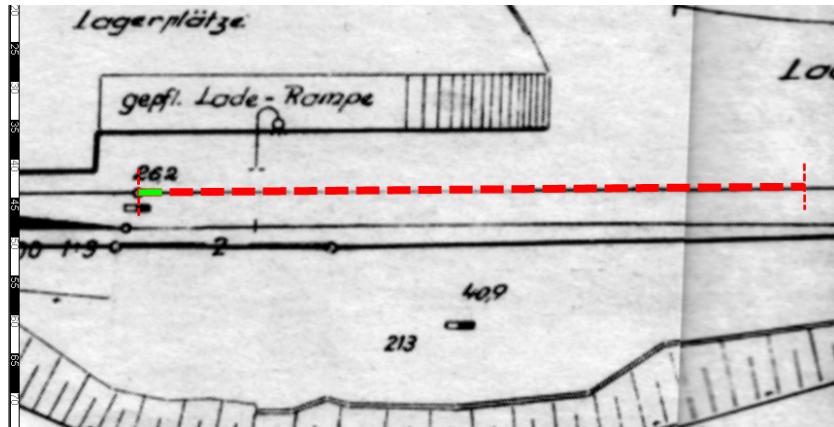


– der aktuelle Stand des Projekts ist unter `Wenholthausen_1.st2` abgelegt. Zunächst wird unser Projekt in einem beliebigen Verzeichnis abgespeichert, das später wieder gelöscht werden kann, wenn automatisiert das endgültige Verzeichnis ermittelt worden ist.

3.2.2.3 Das erste Höhenprofil-Element

Für die Platzierung des ersten Streckenelements suchen wir im Gleisplan nach einem möglichst langen geraden Gleisabschnitt. Wir wechseln per Menüeintrag in den Bau-Modus zur Erstellung von Geraden.

Wir positionieren den Mauszeiger auf dem Gleisplan und ziehen mit gedrückter linker Maustaste eine Gerade auf, die als dünn gezeichnete Linie sichtbar wird. Sie sollte möglichst deckungsgleich auf dem Gleisabschnitt liegen. Lässt man die Maustaste los, so wird das soeben erstellte Element dick und farbig dargestellt. Die gestrichelte Linie deutet in diesem Fall an, dass es sich um ein Höhenprofil-Element handelt. Das grüne Ende markiert den „Anfang“ des Streckenelements, und zur besseren Erkennbarkeit der Endpunkte sind senkrecht zur Gleisachse dünne Striche dargestellt.



Sollte der erste Versuch fehlgeschlagen sein und das Ergebnis nicht zufriedenstellen, so kann mit der Rückgängig-Funktion der Ausgangszustand wiederhergestellt und ein neuer Anlauf unternommen werden. Diesen Button werden wir erfahrungsgemäß noch häufiger nutzen!

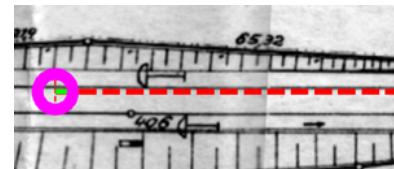
Wenn die Ausrichtung des Elements grundsätzlich stimmt, ziehen wir es ein wenig in die Länge. Hierzu zoomen wir mit dem Mausrad ein Stück weit aus der Detailansicht heraus und wechseln in den Elementlänge-Ändern-Modus. Das Streckenelement sollte weiterhin markiert – und somit rot dargestellt – sein. Haben wir aus Versehen den Fokus auf das Element verloren – das Element wird dann z.B. blau dargestellt –, so würden die nachfolgenden Operationen ins Leere laufen. Wir müssten daher das Element erst wieder fokussieren. Das ist recht einfach: Entweder per Menübutton den Zeiger auswählen, oder aber komfortabel nur temporär in den „Zeige-und-Auswähl-Modus“ wechseln: Bei gedrückter Leertaste wird der Auswähl-Zeiger sichtbar, und das Element kann per Linksklick markiert werden.

Wir strecken also das markierte Element nach links in die Länge. Hierzu bewegen wir den Mauszeiger in die Nähe des grün markierten Elementabschnitts, drücken die linke



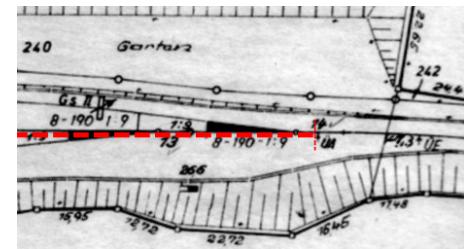
Maustaste und bewegen die Maus nach links. Wenn wir an den Rand des Bildschirms stoßen, wechseln wir mit dem „Hand-Button“ in den Blickpunkt-Verschieben-Modus und ziehen den hinterlegten Gleisplan ein wenig nach rechts. Anschließend können wir z.B. mit der Taste „F5“ wieder in den Elementlänge-Modus wechseln.

Nun wird das Streckenelement exakt auf der Gleisachse ausgerichtet. Hierzu verwenden wir den Elemente-Drehen-Modus. Damit können wir das markierte Element um einen lila markierten Fixpunkt drehen. Dieser liegt in unserem Fall leider noch am falschen Ende des Elements, wie die Darstellung zeigt. Drücken der Taste A wechselt den Drehpunkt ans andere Elementende, ggf. liegt er außerhalb des Sichtfeldes.



Mit gedrückter linker Maustaste wird die Drehbewegung ausgeführt, und wir positionieren die Gerade deckungsgleich auf das Gleis im Gleisplan.

Wir verlängern auf die bekannte Weise das Element nach „rechts“ bis zur Markierung „ÜA“ (Übergangsbogen-Anfang) in Höhe der Weiche 14. Hinweis: An einigen Stellen liegt das Gleis nicht ganz exakt auf dem Plan-Verlauf. Dies ist in der nicht optimalen Qualität des Gleisplan-Scans begründet. Für unseren Nachbau sind diese Abweichungen jedoch tolerierbar. Nun bewegen wir uns weiter nach rechts und erstellen in Höhe des Einfahrtsignals eine Gerade. Anschließend zoomen wir aus der Ansicht heraus, bis das zuvor erstellte Geradenstück im Bahnhofsreich ebenfalls sichtbar ist. Nun müssen wir beide Elemente markieren, um zwischen ihnen eine Verbindung herstellen zu können. Hierzu halten wir die Leertaste und die Strg-Taste gleichzeitig gedrückt und markieren die Gerade im Bahnhofsreich mit der linken Maustaste. Hat dieser Schritt geklappt, so werden im Editor beide Elemente rot eingefärbt.



Der Absteckrechner versucht in diesem Fall automatisch, eine geeignete Verbindung zwischen den beiden selektierten Elementen zu ermitteln. In unserem Fall sieht das Ergebnis wie rechts dargestellt aus. Dabei ist die Checkbox „Ermessenswerte“ aktiviert, was sich in einer Anhebung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 40 auf 50 km/h äußert. Dennoch entspricht dieser Wert nicht der vorgesehenen Streckenhöchstgeschwindigkeit von 60 km/h, und der Radius $r=171\text{m}$ ist unzulässig klein ausgefallen, wie auch die Warnmeldungen des Absteckrechners anzeigen. Mit dem Button „Absteckrechnerbogen einfügen“ können wir den Gleisbogen dennoch einmal testweise im Lageplan anzeigen lassen. Es ergibt sich das obige Bild. Die zugehörige Beispieldatei lautet Wenholtshausen_2.st2. Offenbar gehen hier zwei Klothoiden direkt ineinander über, ohne dass ein Gleisbogen mit konstantem Radius angelegt wird. Ferner können wir dem Gleisplan entnehmen, dass der Radius beim Original 375 m beträgt.

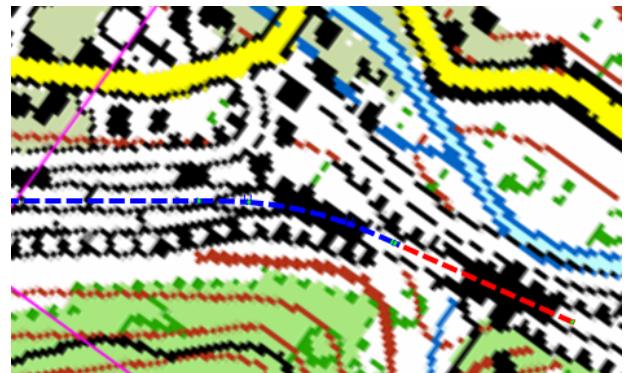


Daher entfernen wir den Gleisbogen mit Hilfe der Rückgängig-Funktion. Bisweilen lassen sich derartige Problemfälle dadurch lösen, dass man die Ausgangs-Geradenstücke ein wenig verkürzt oder minimal in ihrer Ausrichtung verändert. In unserem Fall scheint sich jedoch eine größere Ungenauigkeit aufgrund des Zeichen- oder des Scanvorgangs in den Plan eingeschlichen zu haben. Daher wird im Folgenden ein anderes Verfahren gezeigt.

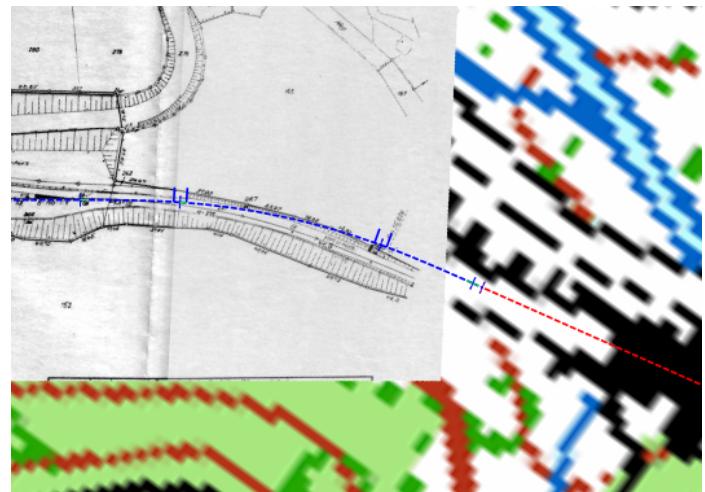
Wir laden hierzu die georeferenzierte Hintergrundkarte Lageplaene\Wenholtshausen_Karte1_georef.trf in den Editor. Diese ist sehr grob aufgelöst, so dass wir ein wenig nach un-

seren Streckenelementen suchen und ggf. zoomen müssen, bis wir sie in der Darstellung identifizieren können. Es ist zu erkennen, dass das Geradenstück am Einfahrtsignal nicht sonderlich gut zur Gleisachsendarstellung der Hintergrundkarte passt. Aus diesem Grund löschen wir das Element und legen ein neues Geradenstück an. Durch Markieren beider Geraden können wir im Absteckrechner-Dialog erkennen, ob sich eine Verbesserung ergibt. Die hinterlegte Karte gibt allerdings nur recht grobe Anhaltspunkte, so dass wir uns im Regelfall iterativ durch Verschieben und Drehen des Geradenstücks am Einfahrtsignal an das gewünschte Ergebnis herantasten müssen. Achtung! Vor den entsprechenden Operationen jeweils zur Sicherheit erst mit der F11-Taste alle Elemente deselektieren und danach das einzelne gewünschte Element neu auswählen. Andernfalls wirken die Funktionen auf alle markierten Elemente, was zu unerwünschten Effekten insbesondere bei gerade nicht sichtbaren Streckenstücken führen kann.

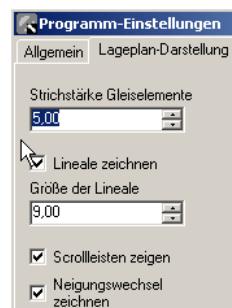
Das Ergebnis unseres Gleisbogenbaus zeigt das nebenstehende Bild. Der Absteckrechner ermittelt als Radius zwar nur 345 m anstelle des Bogenhalbmessers von 375 m gemäß Gleisplan. Dieser Wert erscheint jedoch angesichts der vereinfachten Planungsunterlage als hinreichend genau. In derartigen Fällen ist ein wenig Improvisation gefragt, während bei Vorliegen genauer Plangrundlagen oder beispielsweise hochauflösender Luftbilder durchaus metergenau gebaut werden kann.



Im Hintergrundkarten-Menü gelangen wir mit der rechten Maustaste an einen Dialog, mit dem wir die Reihenfolge der Hintergrundbilder verändern können. Zur Kontrolle verschieben wir die Kartensortierung so, dass der Gleisplan „oben“ liegt und angezeigt wird. Schaut man sich den Absteckrechnerbogen an, so müssen wir leider erkennen, dass er sich doch ein ganzes Stück aus der Plan-Achse verschoben hat. Es kommen mehrere Ursachen in Frage. Gerade bei Planungsunterlagen älteren Datums können durchaus Fehler in der Trassenlage auftreten. Eine weitere Quelle für Ungenauigkeiten stellt der Vorgang der Georeferenzierung dar. Hier muss daher ein Kompromiss gefunden werden. Im Zweifel sollten Trassierungsparameter wie Kurvenradien, aus denen sich nachfolgend die zulässige Höchstgeschwindigkeit ergibt, Vorrang vor „deckungsgleichem“ Arbeiten haben. Generell ist jedoch anzumerken, dass sich mit aktuellem und hochauflösendem Planungsmaterial eine nahezu beliebige Genauigkeit erreichen lässt.



Um den Bau des Gleises „nach rechts“ in Richtung Bergerhammer abzuschließen, legen wir am Rand der Karte noch ein Geradenstück an und verbinden dieses unter Nutzung des Absteckrechners mit der Geraden in Höhe des Einfahrtsignals. Dabei deaktivieren wir testweise die Einstellung „Ermessenswerte“ des Absteckrechners. Falls keine Warnmeldungen erscheinen und die Geschwindigkeit im Bogenverlauf nicht herabgesetzt wird, sollte dieser Parameter standardmäßig ausgeschaltet sein. Nun soll das Gleis in Richtung Eslohe verlängert werden. Da unser Bahnhofsgleisplan hierzu nicht ausreicht, laden wir die beiden georeferenzierten Hintergrundkarten Wenholtshausen_Karte2_georef.trf und Wenholtshausen_Karte3_georef.trf in den Gleisplaneditor. Um die Gleiselemente in der Karte besser erkennen zu können, stellen wir im Menü „Datei → Programmeinstellungen → Lageplan-Darstellung“ die Strichstärke der Gleiselemente vorübergehend auf den Wert 5 ein.



Beim Abstecken der Trasse ist nun ein wenig Fingerspitzengefühl gefordert. Unter Umständen wird ein iteratives Arbeiten erforderlich, wenn die Trassierergebnisse nicht auf Anhieb den Erwartungen entsprechen. Mit der Rückgängig-Funktion ist dies jedoch schnell und komfortabel zu bewerkstelligen.

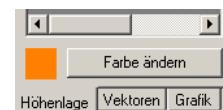


Zunächst entnehmen wir der Karte, dass in Fahrtrichtung Eslohe offenbar zunächst ein leichter Linksbogen vorliegt, der durch ein kurzes Geradenstück abgeschlossen wird. Dieses legen wir als neue Gerade an und verbinden es per Absteckrechnerbogen mit dem Geradenstück im Bahnhofsgebiet. Hier wird noch einmal das Bauverfahren deutlich, das im Regelfall zum Erfolg führt: Anlegen von zwei benachbarten Geradenstücken und Verbinden durch Absteckrechnerbögen. Als nächstes folgt ein langgezogener Rechtsbogen bis kurz vor der Streckengabelung in Höhe der Wennebrücke. Die topografische Karte weist dort fälschlich eine Weiche aus, obwohl die beiden Streckenäste in Richtung Finnentrop und Altenhundem bereits ab dem Bahnhof Wenholtshausen bis dorthin parallel verliefen. Die Wennebrücke liegt in einer Geraden und stellt den nächsten „Zielpunkt“ unserer Trassierung dar. Nach zwei weiteren Bögen ist der Endpunkt unseres Moduls erreicht. Die Trasse verläuft in etwa auf der Kartenvorgabe, und die Absteckrechnerbögen erlauben durchgehend eine Fahrt mit 60 km/h.

Ab dem Bahnhof Wenholtshausen verlaufen die beiden Streckenäste bis zur Verzweigung in Höhe der Wennebrücke parallel. Dabei kann ein Regelgleisabstand von vier Metern angenommen werden. Um das erste Stück des abzweigenden Streckenteils in Richtung Schmallenberg bis zur Streckenverzweigung herzustellen, tragen wir im Reiter „neues Element“ eine Trassierungsgeschwindigkeit von 50 km/h ein, da dieser Streckenteil langsamer befahren werden darf als das Gleis nach Eslohe. Wir markieren alle Elemente zwischen den beiden soeben erstellten Streckenelementen in Streckenkilometer 26,3 und an der Verzweigung. Als Abstand für neu anzulegende Gleissegmente wählen wir minus 4 Meter und rufen die Funktion „Parallelgleis für alle markierten Elemente“ auf.



In Fahrtrichtung Eslohe verlässt kurz vor der Wennebrücke die Strecke in Richtung Schmallenberg die bereits abgesteckte Trasse. Sie schwenkt in einem engen Linksbogen ab und steigt stark an. Diesen Trassenverlauf wollen wir nun modellieren. Zuerst fügen wir ein neues Höhenprofil hinzu und benennen es mit „Abzweig_Schmallenberg“. Nach dem Zuordnen der Höhenprofile ist dieser Eintrag im Lageplan verfügbar und wird im Dialog für Elementeigenschaften neuer Streckenabschnitte ausgewählt. Im Höhenprofil kann man die Farbe der Darstellung des neuen Profils – hier orange – auswählen. Wird in den Programm-Einstellungen → Lageplan-Darstellung die Auswahlbox „Farbeinstellung je nach Profil“ aktiviert, so verbessert dies die Unterscheidung der Höhenprofile und später auch der eingebauten Streckenelemente im Lageplan. Anschließend muss die Höhenprofil-Auswahl im Gleisplan auf „Abzweig Schmallenberg“ umgestellt werden. Als Trassierungsgeschwindigkeit geben wir 50 km/h vor, da diese Linie nicht ganz so schnell befahren werden soll wie die andere Strecke. Wir markieren das letzte Element des in Richtung Schmallenberg weiterführenden Gleises vor der Verzweigung und bauen von hier aus das Streckenstück etwa 2 km weit bis zur Modulgrenze.



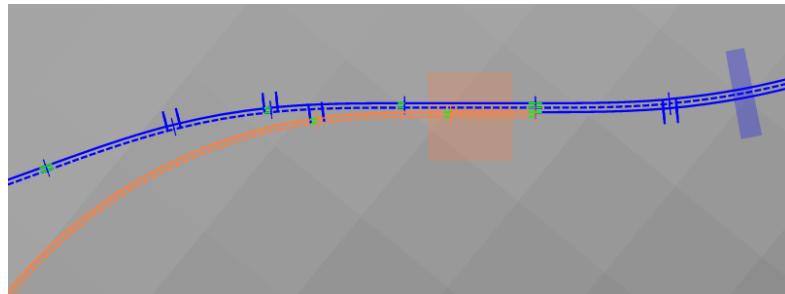
Hinweis: Die in diesem Tutorium mitgelieferte Digitale Karte weist leider größere Ungenauigkeiten auf. Daher wurden für den Nachbau weitere Planungsgrundlagen verwendet, die an dieser Stelle leider nicht zur Verfügung gestellt werden können. Die Beispieltrasse liegt daher an einigen Stellen leicht neben der Kartendarstellung.

Bevor nun die übrigen Gleisanlagen einschließlich der Weichen erstellt werden, wird im Folgenden das Höhenprofil des Moduls konfiguriert.

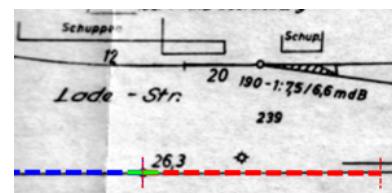
3.2.2.3.1 Definieren des Höhenprofils

Das Anlegen des ersten durchgehenden Höhenprofils „Wenholthausen“ ist dank der vorausschauenden Vorarbeiten im Handumdrehen erledigt. Wieder einmal starten wir „rechts“ am Streckenende in Richtung Bergerhammer und markieren das letzte Element. Im Werkzeugfenster „Neues Element“ wählen wir „Wenholthausen“ als Höhenprofil aus und stellen „Höhenprofil“ als Elementart ein. Oberbauart und Höchstgeschwindigkeit sind nicht relevant und können auf den zuvor eingestellten Parametern belassen werden. Der Wert für „Abstand Parallelbau“ sollte 2 Meter betragen, da wir in Richtung Eslohe links des vorhandenen Streckengleises das Höhenprofil anlegen wollen.

Die Funktion „Parallelgleis vom markierten Element an“ baut die gewünschten Höhenprofil-Elemente ein. Dabei werden Radien und Überhöhungen aus den Werten des Gleises übernommen, die wir zuvor mit dem Absteckrechner erstellt haben.

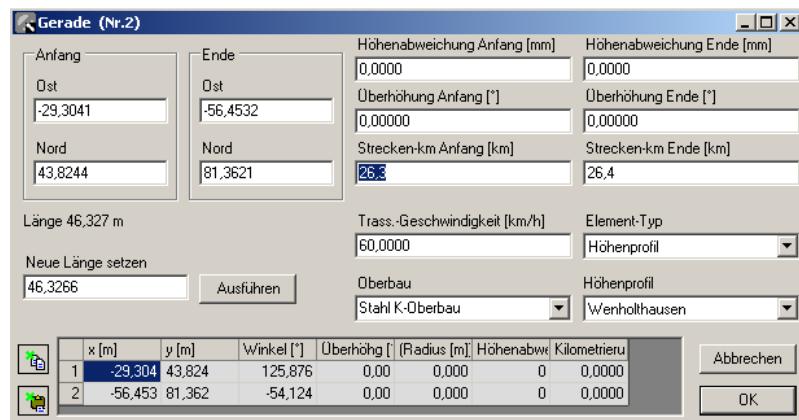


Bei näherer Betrachtung des Gleisplans stellt sich heraus, dass die Streckenkilometrierung in Finnentrop beginnt und nach Wennemen ansteigt. In unserem Fall liegt Finnentrop mit absteigender Kilometrierung „links“ vom Bahnhof Wenholthausen aus gesehen, Wennemen entsprechend mit aufsteigender Kilometrierung „rechts“. Die spätere Kilometrierung der Zusi-Strecke wird ebenfalls im Höhenprofil definiert.



Für die Streckenkilometrierung benötigen wir nun einen geeigneten „Ankerpunkt“ als Referenz. Dies ist im Regelfall eine Hunderter-Stelle der Kilometrierung, in unserem Fall der Hektometerpunkt 26,3 im Bahnhofsgebiet Wenholthausen. Dort grenzen zwei Geradenstücke des Höhenprofils aneinander, die wir zusammen markieren. Mit der Funktion zum Verändern der Elementlänge verlängern bzw. verkürzen wir die Elemente in einem gemeinsamen Arbeitsschritt, bis die Elementenden exakt auf der Markierung für den Streckenkilometer 26,3 zu liegen kommen. Wir markieren nun das einzelne rechte Element, wie im Bild oben gezeigt. Da das grüne Elementende den „Anfang“ markiert, stimmt die Orientierung unseres Höhenprofil-Elements mit der Kilometrierungsausrichtung „aufsteigend“ (nach rechts) überein.

Wir öffnen mit Klick auf die rechte Maustaste den Dialog „Element-Eigenschaften“. In der Eingabemaske tragen wir bei „Strecken-km Anfang [km]“ den Wert 26,3 ein. Für „Strecken-km Ende [km]“ wählen wir einen Wert, der größer sein muss als der Anfangswert, also z.B. 26,4. Die Kilometrierungsroutine ermittelt dabei in einem später noch aufzurufenden Arbeitsschritt automatisch die korrekte Länge und trägt sie ein. Die Kilometrierungsinformationen der Strecke nach Eslohe werden nun im Höhenprofil festgelegt. Ausgehend von dem vorgenannten Element, das als Ausgangspunkt dient, werden die vorhergehenden und nachfolgenden Elemente passend durchgerechnet und parametriert. Wir rufen mit dem markierten Element die Funktion „Kilometrierung neu berechnen“ auf. Zur Kontrolle sehen wir uns die Elementeigenschaften an den Modulgrenzen an. Aus Richtung Eslohe kommen weist das erste Element den Startkilometer 23,750 aus, in Richtung Bergerhammer endet unser Streckenabschnitt in km 27,347. Damit die neu erstellten Element auch dem Höhenprofil bekannt gemacht werden, muss „Höhenprofile neu zuordnen“ aufgerufen werden.

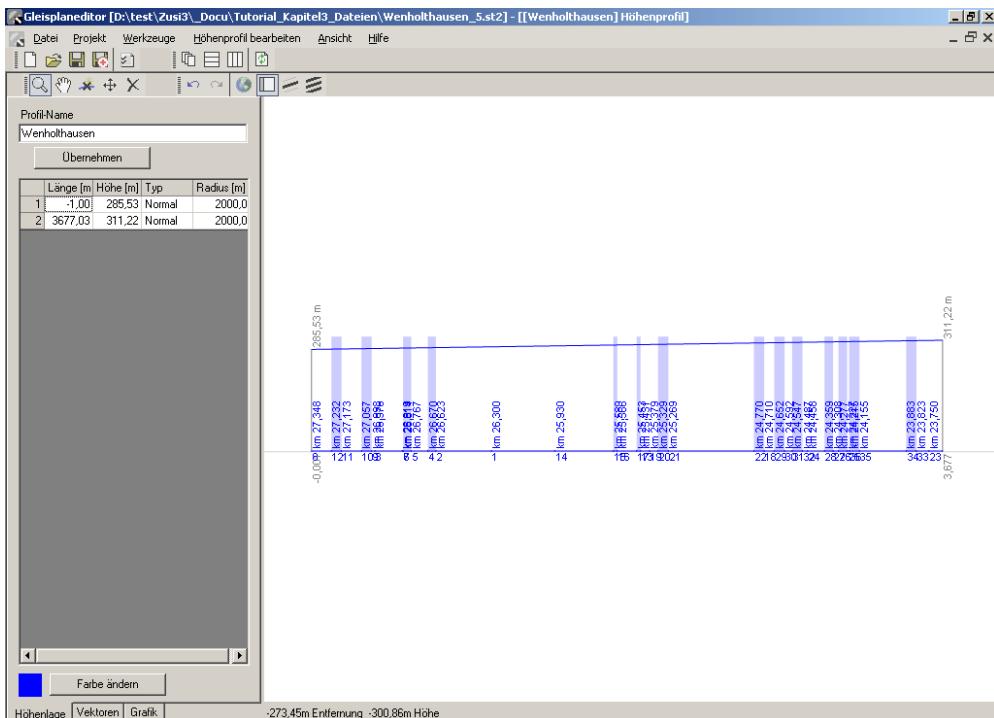


3.2.2.4 Höhenlage des Streckenprofils

Im nächsten Schritt sollen die Höhenangaben ergänzt werden. Hierzu gibt es mehrere Vorgehensweisen. Eine Möglichkeit besteht in der Übernahme von Höhenangaben aus Digitalen Höhenmodellen (DEM).

Wir laden über den Menüeintrag „Lageplan bearbeiten → DEM-Datei festlegen“ die Datei Eslohe_Wenholthausen.dem in den Editor. Wir bewegen uns im Lageplan an das „linke“ Ende des erstellten Höhenprofils und aktivieren den Modus „Neuer DEM-Höhenpunkt“ .

Ein Linksklick mit der Maus übernimmt die Höhenangabe des DEM in das Höhenprofil. Wir suchen das „rechte“ Ende der abgesteckten Trasse auf und wiederholen die Prozedur. Dadurch wird die Höhenangabe in diesem Bereich übernommen. Wechselt man nun über den Menüeintrag „Projekt“ in die Ansicht „[Wenholthausen] Höhenprofil“, so sollte sich die nebenstehende Darstellung ergeben.



Auf der Längsachse sind alle dem Höhenprofil „Wenholthausen“ zugeordneten Elemente mit ihrer Nummer und der jeweils zugehörigen Anfangskilometrierung gezeichnet, die Hochachse beinhaltet die Informationen zur Höhenlage. Die beiden aus dem DEM übernommenen Höhenangaben umfassen das Höhenprofil links und rechts und sind durch eine leicht nach rechts ansteigende Gerade verbunden. Vom linken Anfangspunkt des Höhenprofils wird mit Null beginnend die Strecke nach rechts hochgezählt und grau eingetragen. Die Höhenstützpunkte sind in der Tabellendarstellung links der Grafik zu finden. Der Wert für die aktuelle Mauszeigerposition kann aus der Fußzeile der Darstellung entnommen werden.

Die blau hinterlegten Abschnitte zeigen die Bereiche an, in denen Übergangsbögen anzutreffen sind. Gemäß der Trassierungsvorgaben und der Bauvorschriften beim Vorbild sollte hier im Regelfall kein Neigungswechsel zu finden sein.

Die Angaben aus dem DEM bieten einen ersten Anhaltspunkt für die Höhenlage der Strecke. Allerdings stehen in unserem Fall genauere Werte aus weiteren Quellen zur Verfügung, die wir nutzen wollen. So ist aus einer Absteckungsübersicht bekannt, dass der Streckenkilometer 23,66 in Höhe 298,7 m über N.N. liegt. Dieser Punkt befindet sich in unmittelbarer Nähe des ersten Elements unseres Höhenprofils, das mit km 23,671 trassiert ist, wie wir der Eigenschafts-Registerkarte entnehmen können. Daher korrigieren wir in der Tabellendarstellung den Höheneintrag der zweiten Zeile entsprechend und bestätigen mit „Übernehmen“. Das Streckenende des Moduls liegt in km 27,347. Aus Vorbildangaben ist bekannt, dass sich ein Punkt in der Nähe in der Höhe 284,46 m über N.N. befindet, so dass wir diesen Wert für den Höhenprofil-Anfang übernehmen. Dabei korrigieren wir

Profil-Name			
Wenholthausen			
Übernehmen			
Länge [m]	Höhe [m]	Typ	Radius [m]
1	0,00	284,46	Normal
2	3677,03	298,70	Normal

gleich noch die Angabe „Länge“ auf 0 m. Aktivieren wir unter der Tabelle die Checkbox „Grafik → Neigung %“, so lässt sich eine durchschnittliche Höhenänderung von 3,573 Promille ablesen.

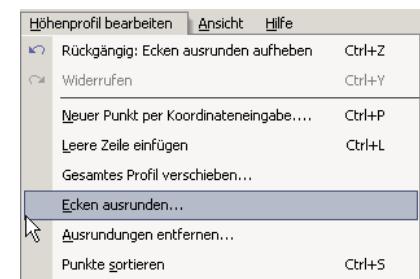
Bahnstrecken werden im Normalfall so trassiert, dass sie im Bereich von Bahnhöfen in der Ebene liegen. Dies ist auch in unserem Beispiel der Fall. Zwischen den km 26,8 und 26,0 liegt das Gleis in einer Höhe von 288,60 m über N.N. Diese Punkte müssen wir in unser Höhenprofil übertragen. Um genauer arbeiten zu können, ändern wir im Reiter „Grafik“ die Darstellung ein wenig ab. Wir legen den Wert „Horizont“ auf 260 m, die linke und rechte Grenze für den Weg auf 300 bzw. 1500 m sowie die untere und die obere Grenze der Höhendarstellung auf 250 bzw. 310 m und bestätigen mit „Übernehmen“. Anschließend wird die Funktion „Höhenpunkt neu einfügen“ aktiviert.

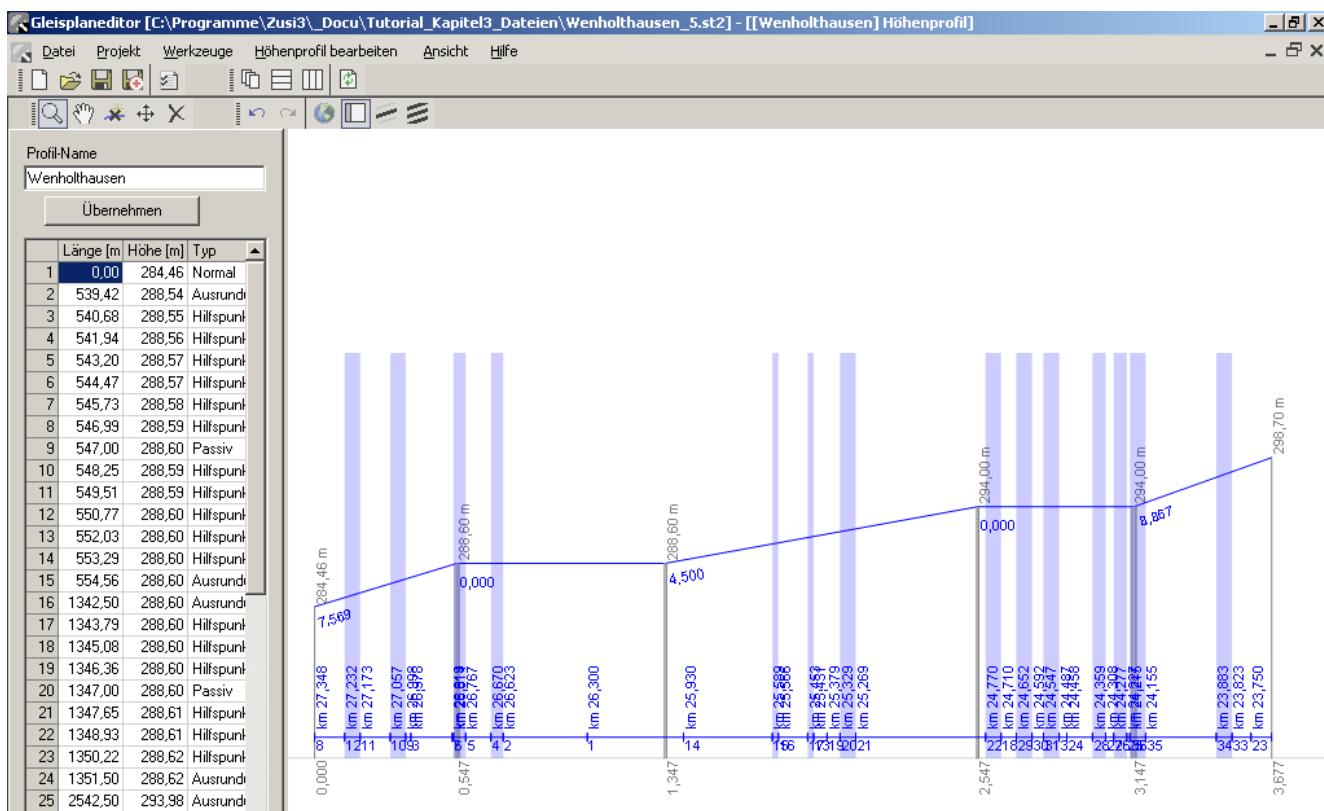
Wir setzen in etwa bei km 26,8 und 26,0 zwei Höhenpunkte auf 288,60 m. Sollte dies nicht in der gewünschten Genauigkeit gelingen, besteht die Möglichkeit, mit der Funktion „Höhenpunkt verschieben“ grafisch interaktiv Korrekturen vorzunehmen. Alternativ können wir – mit deutlich höherer Genauigkeit – in der Wertetabelle die beiden neu erstellten Koordinaten anpassen. Hierbei ist zu beachten, dass die Länge des Höhenprofils vom ersten Element am Streckenende in Richtung Bergerhammer an zählt, das in unserem Fall mit km 27,347 beginnt und gegen die Kilometrierungsrichtung orientiert ist. Hier muss man folglich aufpassen, und es ist ein wenig Kopfrechnen erforderlich: Der Streckenkilometer 26,0 entspricht der Stationierung 1347 m des Höhenprofils, der zweite Punkt in km 26,8 liegt folglich bei 547 m.

Schließlich wissen wir noch, dass der Bereich rund um die Wennebrücke zwischen km 24,8 und km 24,2 ebenfalls keine Steigung aufweist und eine Höhe von 294 m über N.N. aufweist. Diese Werte entsprechen der Metrierung 2547 bzw. 3147, so dass wir sie in gleicher Weise in das Höhenprofil eintragen.

Als nächster Schritt steht die Nachbearbeitung der Übergänge zwischen den unterschiedlich geneigten Abschnitten an. Diese sollen nicht abrupt ineinander übergehen, sondern müssen ausgerundet werden. Zu diesem Zweck rufen wir die Funktion „Höhenprofil bearbeiten → Ecken ausrunden“ auf. Das Profil wird analysiert und falls erforderlich durch Stützstellen ergänzt. Diese werden in der tabellarischen Höhen“-profil“-darstellung sowie in der grafischen Darstellung angezeigt.

Das fertiggestellte Höhenprofil ist im nachstehenden Bild zu sehen; die zugehörige Streckendatei lautet `Wenholthausen_5.st2`.





3.2.2.5 Verschieben des Höhenprofils aus der Gleisachse

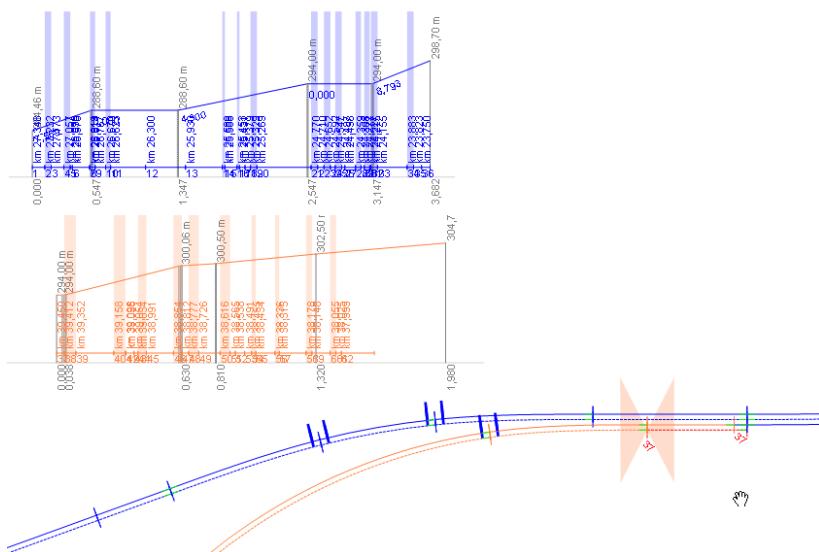
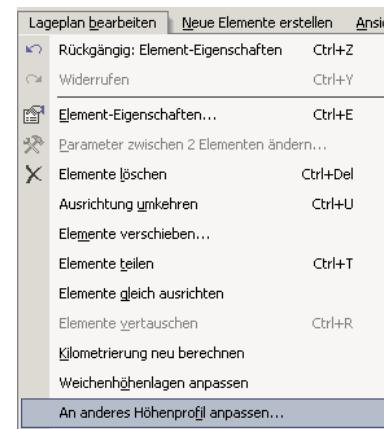
Im aktuellen Bauzustand liegt unser Höhenprofil der Strecke Wenholthausen – Eslohe exakt auf der Gleistrasse. Wenn wir nachfolgend Gleise verlegen wollen, ist es günstig, wenn Höhenprofil und Gleis nicht deckungsgleich sind. Daher bauen wir das angelegte Höhenprofil ein um zwei Meter versetztes Profil nach und verwenden die ursprünglichen Profilelemente fortan als Gleis. Was im ersten Moment sehr komplex und aufwendig klingt, ist vergleichsweise schnell erledigt.

Wir markieren daher mit Strg-A alle Höhenprofil-Elemente. In den Eigenschaften-Einstellungen ändern wir das Attribut dieser Elemente von Höhenprofil auf Gleis. Anschließend achten wir darauf, dass der Bautyp für neu anzulegende Elemente weiterhin auf Höhenprofil steht und der Abstand auf (plus) zwei Meter eingestellt ist. Mit dem Button "Parallelgleis erstellen" werden danach für alle markierten Elemente jeweils parallel verschobene Höhenprofil-Stücke angelegt. Doch Achtung, abhängig von der Ausrichtung der Ursprungselemente kann es z.B. im Bereich von Klothoiden vorkommen, dass das neu erstellte Parallelgleis die Lage bezüglich der Ursprungstrasse wechselt. Für ein Höhenprofil ist jedoch ein durchgehender Streckenzug ohne Sprünge erforderlich. Wir entscheiden uns daher für eine bevorzugte Baurichtung - diejenige mit dem geringeren Änderungsbedarf - und löschen alle auf der anderen Seite des ursprünglichen Streckenzugs gelegenen neuen Höhenprofil-Stücke. Für diese Elemente müssen nun neu die fehlenden Höhenprofil-Elemente erzeugt werden, wobei der Abstandsparameter auf minus zwei Meter eingestellt werden muss. Dadurch ergibt sich das gewünschte vollständige und lückenlose Höhenprofil. Dieses muss dem Editor noch mit der Funktion „Höhenprofile neu zuordnen“ bekannt gegeben werden.

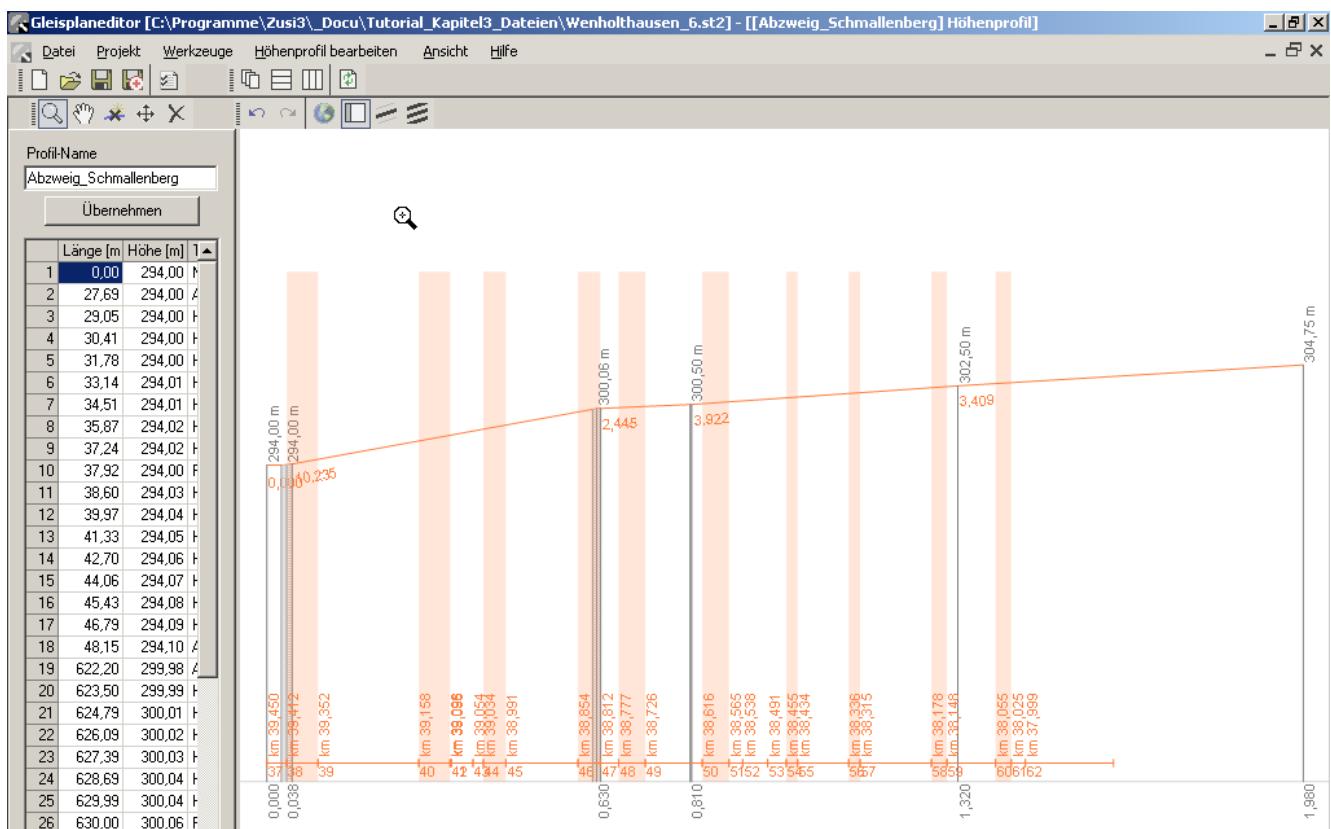
3.2.2.6 Höhenprofil abzweigender Strecken

Wir markieren nun die Streckenelemente beginnend dort, wo die neu gebaute Trasse mit dem Höhenprofil „Abzweig Schmallenberg“ ausschwenkt, bis zum Streckenende. In den Element-Eigenschaften tragen für den Parameter „Abstand Parallelbau [m]“ den Wert „-4“ ein und stellen auf von „Gleis“ auf „Höhenprofil“ um. Der Aufruf der Funktion „Parallelgleise für alle markierten Elemente“ erstellt die entsprechenden Elemente, die in Blickrichtung Eslohe im Abstand von 4 Metern links der vorhandenen Trasse nach Schmallenberg liegen. Nun wird für dieses Höhenprofil die Kilometrierung festgelegt. Wir geben dem Element in Höhe des Streckenabzweigs den Anfangswert 39,450 km und tragen als Endwert eine kleinere Zahl ein, da in Richtung Schmallenberg absteigend gezählt wird. Anschließend wird durch den Aufruf der Kilometrierungsfunktion die Neuberechnung für dieses Höhenprofil durchgeführt.

Nun sollen das neu erstellte Höhenprofil noch an das vorhandene Profil der Strecke nach Eslohe angeglichen werden. Zu diesem Zweck markiert man das Anfangselement des Profils „Abzweig_Schmallenberg“ und ruft die Funktion „an anderes Höhenprofil anpassen“ auf. In einem Menü werden mögliche andere Profile aufgelistet, wobei in unserem Fall natürlich nur das Profil „Wenholthausen“ ausgewählt werden kann. Das markierte Element weist nun den gleichen Gradienten und die gleiche Höhenlage auf wie die Strecke in Richtung Eslohe – in unserem Fall liegt der Abschnitt in der Ebene. Im nachfolgenden Bild sind in einer Fotomontage die Gleis- und Höhenprofil-Elemente sowie die beiden Höhenprofile an der Streckenverzweigung eingezeichnet.



Das Höhenprofil „Abzweig Schmallenberg“ zeigt bereits den Endzustand, der mit den nachfolgenden Arbeitsschritten erreicht wird.



Wir ergänzen nun das Höhenprofil um die Punkte

- Metrierung 630, km 38,820 , 300,06 m ü. NN
- Metrierung 810, km 38,640 , 300,50 m ü. NN
- Metrierung 1320, km 38,130 , 302,50 m ü. NN
- Metrierung 1980, km 37,470 , 304,75 m ü. NN

und erhalten nach dem Aufruf der „Ecken ausrunden“-Funktion das vorstehende Höhenprofil.

Nunmehr sind alle Vorarbeiten für den eigentlichen Gleisbau erledigt. Die Streckendatei mit den bisherigen Arbeitsergebnissen lautet `Wenholthausen_6.st2`.

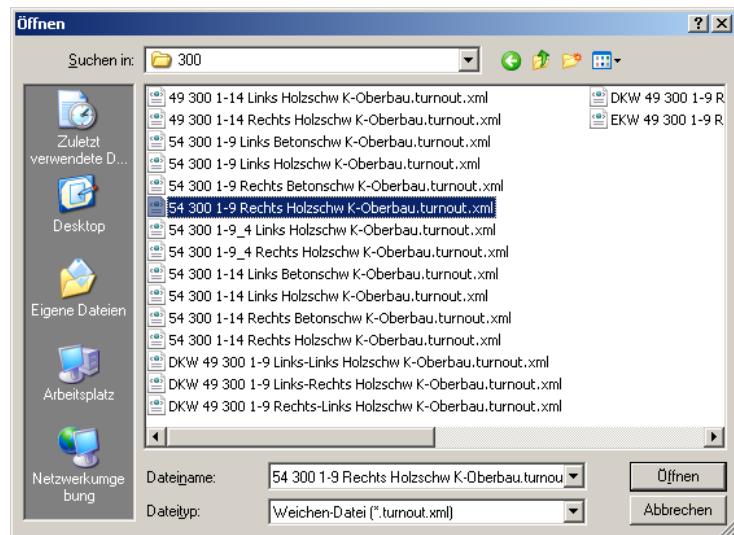
Die hier gezeigte Vorgehensweise ist bewusst so gewählt, dass sie auf mögliche „Fallen“ des Streckenbaus aufmerksam machen soll. Es gibt alternative Methoden, mit denen sich in besonderen Einbausituationen einige Arbeitsschritte effizienter durchführen lassen. Hier ist letztlich die persönliche Arbeitsweise des Erbauers gefragt, die sich mit zunehmender Erfahrung entwickelt.

3.2.2.7 Vervollständigung des Gleisplans

Nachdem das Höhenprofil angelegt ist, werden in den folgenden Arbeitsschritten die Gleisanlagen modelliert. Die Gleise setzen sich aus den geraden und gebogenen Elementen sowie Klohoiden zusammen. Zwischen den einzelnen Gleisen stellen Weichen die Verbindung her. Diese werden in Form von vorgefertigten Bausätzen aus Bibliotheken geladen und in den Spurplan eingepaßt.

3.2.2.8 Einbau von Weichen

Im nächsten Schritt wollen wir die ersten Weichen im Bahnhofsbereich von Wenholtshausen in den Gleisplan einpassen. Der Gleisplaneditor bietet zu diesem Zweck vorgefertigte Weichenbausätze im Zusi-Verzeichnis PermanentWay, die ein exaktes und effizientes Bauen ermöglichen. Als erste Elemente soll die Weichenverbindung mit der Bauart 300 / 1:9 am Bahnhofskopf in Richtung Eslohe und Schmallenberg eingefügt werden. Für den Gleisbau im Bahnhofsbereich wählen wir im Werkzeugfenster „Neues Element“ wiederum 60 km/h als Höchstgeschwindigkeit. Das Weichenwerkzeug ist so konzipiert, dass der Hauptstrang der Weiche auf ein bereits verlegtes Streckenstück aufgezogen wird. Nach dem Markieren des Streckengleises in Richtung Eslohe, auf das die Weiche gelegt werden soll kann der Weichenbausatz platziert werden, indem wir die Funktion „Neue Weiche“ aufrufen und die passende Bauform auswählen. In unserem Fall ist dies die PermanentWay\Deutschland\1435mm\Regeloberbau\Weichen\300\54 300 1-9 Rechts Holzschw K-Oberbau.turnout.xml.



Durch Drücken der linken Maustaste werden die Umrisse des Weichenbausatzes auf dem markierten Streckenelement positioniert. Bei gedrückter Maustaste kann die Weiche auf dem Element verschoben werden. Lässt man die Maustaste los, so wird die Weiche „eingebaut“ und passend in das markierte Streckenelement hinein geschnitten. Möglicherweise liegt unsere Abzweigung beim ersten Versuch an der falschen Stelle oder weist in die falsche Richtung, so dass wir die Rückgängig-Funktion aufrufen müssen. Der Mauszeiger behält dabei seine Weicheneinbau-Einstellung, so dass wir sogleich einen zweiten Anlauf starten können. Falls die Weiche in die falsche Richtung abzweigt, können wir – bei weiterhin gedrückter linker Maustaste – mit der Taste „V“ die Ausrichtung der Weiche umkehren.

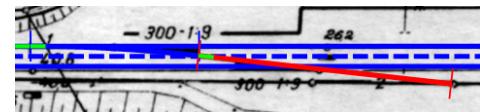
Zur vorbildgetreuen Nachbildung von Weichenstraßen sollte man darauf achten, den Weichenbausatz korrekt zu positionieren. Der Anfang einer Weiche ist in den maßstäblichen Lageplänen durch einen Strich senkrecht zur Gleisachse gekennzeichnet (in der Abbildung durch einen Pfeil markiert). An dieser Stelle sollte unser Weichenbausatz beginnen.



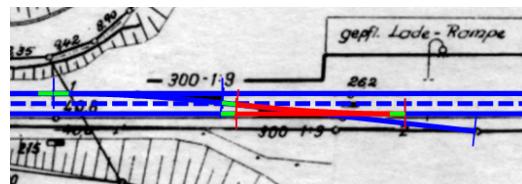
Liegt die Weiche passend, so können wir den Gleiswechsel vervollständigen. Zu diesem Zweck wechseln wir bei markierter Weiche in den Modus „Neue Gerade“ und ziehen in der Nähe des Abzweiggleises mit gedrückter linker Maustaste zur Seite. Dadurch wird ein

Geradenstück am Abzweigstrang angesetzt, dessen Länge durch Ziehen mit der Maus verändert werden kann.

Wir verlängern die Gerade ein Stück über den Schnittpunkt mit dem Parallelgleis hinaus. Der passgenaue Einbau der zweiten Weiche lässt sich nun recht komfortabel bewerkstelligen. Zuerst müssen das Parallelgleis und die Verlängerungsgerade gleichzeitig markiert werden, was durch Selektieren bei gedrückter Strg-Taste erfolgt.



Wir wechseln in den Weichenbau-Modus und wählen erneut den Bausatz einer Rechtsweiche 300 / 1:9 aus. Wenn man diesen Bausatz über den beiden kreuzenden Gleisträngen hin- und herbewegt – ggf. nach Rotation der Weiche mit Hilfe der Taste „V“ – so rastet dieser an geeigneter Stelle ein. Wiederum sollte sich das nebenstehende Bild ergeben.



Abschließend muss noch das Verbindungsstück zwischen den Weichen auf die passende Länge gebracht werden. Wir öffnen mit der Tastenkombination „Strg“+„E“ das Eigenschaftsfenster der soeben markierten

	x [m]	y [m]	Winkel [°]	Überhöhung [‰]	Radius [m]	Höhenabw.	Kilometriera.
1	26,296	973,774	-54,12	0,00	0,000	0	0,0000
2	45,771	946,847	125,88	0,00	0,000	0	0,0000
3	44,224	945,854	119,54	0,00	0,000	0	0,0000

Weiche. Die Koordinaten des Abzweigstrangs werden durch die dritte Zeile der Auflistung repräsentiert, die wir mit Hilfe des entsprechenden Buttons in den Zwischenspeicher kopieren. Nachfolgend markieren wir das Geradenstück und rufen ebenfalls das Fenster mit den Elementeigenschaften auf. Wir markieren die zweite Koordinatenzeile und fügen die Daten aus der Zwischenablage ein. Damit ist der Weicheneinbau einschließlich des Verbindungsstücks abgeschlossen.

Sofern die Angaben in den Gleisplan-Unterlagen verfügbar sind, empfiehlt es sich, die Nummern der Weichen in den Elementen einzutragen. Diese Daten werden beim Export in die st3-Datei automatisch übernommen.

Hinweis: Der Einbau von Bogenweichen in Gleisabschnitten mit Überhöhungen erfordert gegebenenfalls noch einige wenige zusätzliche Arbeitsschritte. Diese sind in der Dokumentation des Gleisplaneditors ausführlich dargestellt.

3.2.2.9 Einbau von Nebengleisen

Mit der soeben erlernten Methode lassen sich beliebig komplexe Weichenstraßen und die Verbindungen zu den Abstellgleisen erstellen. Der weitergehende Ausbau des Moduls bietet dabei keine grundlegenden neuen Aspekte. Einige praktische Hinweise sollen an dieser Stelle genügen, um das Modul Wenholthausen erfolgreich zu vollenden:

- Im Bereich der Bahnsteige vergrößert sich der Gleisabstand, wie es auch im Gleisplan zu erkennen ist. Für den Gleisbau in diesem Bereich empfiehlt es sich, ein Parallelgleis zum vorhandenen Streckengleis mit dem Abstand 5 bis 6 m anzulegen. Die Längen der Gleisstücke müssen ggf. ein wenig verkürzt werden. Anschließend markiert man jeweils zu verbindende Elemente und lässt einen Absteckrechnerbo gen ermitteln. Dabei ist darauf zu achten, dass die Optionen für Überhöhung und

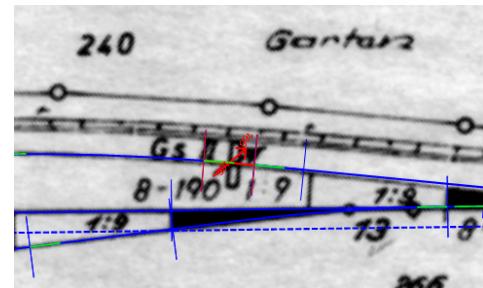
Übergangsbögen deaktiviert sind. Ferner ist es unter Umständen sinnvoll, den Ausrundungsradius z.B. mit dem Wert 1000 m vorzugeben.

- Die Anbindung einer Weiche an ein Nebengleis erfolgt ebenfalls unter Nutzung der "Absteckrechner-Funktion". Bei markierter Weiche und Anschlusselement wird ein passender Bogen vorgeschlagen, dessen Parameter wir vor dem Einbau überprüfen und sofern erforderlich beeinflussen sollten.
- Im Bereich des Bahnhofskopfes in Richtung Bergerhammer müssen wir vor dem Einbau der Rechts-Weiche 190 / 1:9 zwei Streckenelemente markieren. Diese Weiche liegt nach dem Einbau teilweise im Übergangsbogen. Der Weichenbausatz wird beim Einpassen automatisch in die passende Form gebracht.

Die Ergebnisse können in der Streckendatei Wenholthausen_7.st2 nachvollzogen werden.

3.2.2.10 Einbau von Gleisperren

Gleissperren sind als fertige Bausätze vorkonfiguriert und werden wie Weichenelemente in den Lageplan eingebaut. Dabei ist zu beachten, dass die Nomenklatur „Auswurfrichtung rechts“ bzw. „Auswurfrichtung links“ in Vorzugsrichtung des Streckenelements definiert ist, also vom grünen Ende des Elements gesehen wird. Gegebenenfalls muss daher vor dem Einbau einer Gleissperre die Ausrichtung des Streckenelements mit „V“ gedreht werden.



Gleissperren, die in Weichen angeordnet sind und aus zwei Sperrenelementen bestehen, werden nicht im Gleisplaneditor konfiguriert, sondern erst nachfolgend im 3D-Editor eingebaut.

3.2.2.11 UTM-Punkt

Wie an einer oder anderen Stelle schon zu sehen war, sind unsere Bau-Koordinaten recht handlich im Bereich weniger km, da sich der Ursprung unseres Koordinatensystems immer etwa im Modulzentrum befindet. Dies soll verhindern, dass innerhalb des Moduls große Koordinatenwerte auftreten, da diese zu numerischen Ungenauigkeiten führen können. Als Faustformel gilt, dass keine Koordinatenwerte größer als 10.000 m auftreten sollen.

Um trotzdem die geografisch korrekte Lage gewährleisten zu können, wird der Versatz des Moduls gegenüber den Welt-Koordinaten im UTM-Punkt in den Streckeneinstellungen hinterlegt.

Der UTM-Punkt wird immer automatisch in das neue Modulzentrum verschoben, sobald neue Hintergrundbilder zum Lageplan hinzugefügt werden.

3.2.2.12 Speichern im genormten Verzeichnis

Hat das Modul seine endgültige Ausdehnung erreicht, kann es aus unserem temporären Arbeitsverzeichnis in sein endgültiges Verzeichnis umziehen. Dessen Name wird aus dem UTM-Punkt des Moduls abgeleitet, weshalb zunächst der endgültige UTM-Punkt feststehen sollte, bevor dieser Schritt ausgeführt wird.

Es gibt dafür die Funktion „Datei in genormtem Zusi-Verzeichnis speichern“. Hintergrundbilder werden ebenfalls in das neue Verzeichnis kopiert, so dass das ursprüngliche Arbeitsverzeichnis anschließend gelöscht werden kann.

3.2.2.13 Modulbauweise

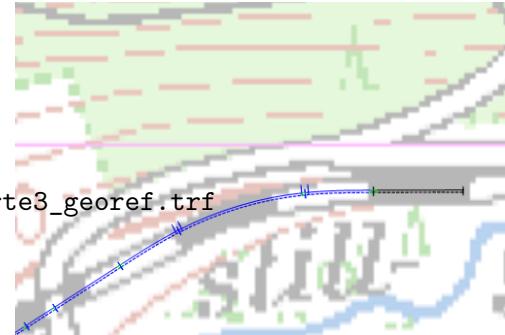
Die Übungsstrecke setzt sich aus zwei Streckenteilen zusammen, die jeweils eigenständig erstellt und bearbeitet werden. Mit dieser Technik lassen sich nahezu beliebig Streckennetze erstellen, wobei der Ressourcenbedarf beim Bau und der Bearbeitung durch die Gliederung in überschaubare Teilstücke begrenzt bleibt. Die Verbindung der einzelnen Module zu einer befahrbaren Gesamtstrecke erfolgt erst zur Laufzeit der Simulation.

3.2.2.14 Vorbereitung des Anschlussstücks

Nach dem Modul Wenholtshausen soll im folgenden das Modul Eslohe erstellt werden. Zunächst muss ein geeigneter Modulübergang geschaffen werden. Wir speichern daher die Datei Wenholtshausen_7.st2 temporär unter dem Namen 000442_005680_Eslohe\Anschluss_Modul_Wenholtshausen.st2 ab. Anschließend löschen wir alle Gleiselemente und Höhenprofil-Abschnitte mit Ausnahme der Abschnitte direkt an der Modulgrenze. Des weiteren löschen wir alle hinterlegten Kartenausschnitte und Gleispläne, da wir diese für die Modellierung des Übergangsstücks nicht benötigen.

3.2.2.15 Erstellung des Moduls Eslohe

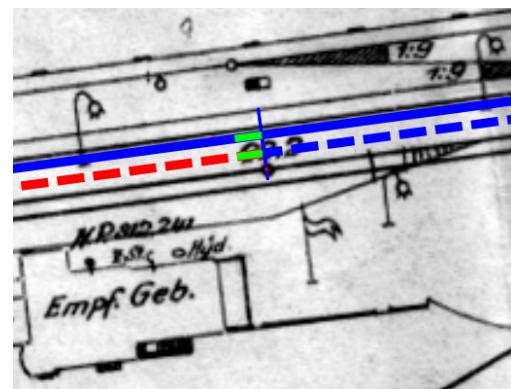
Wir starten den Gleisplan-
editor neu und laden das
georeferenzierte Hintergrund-
bild 000442_005680_Eslohe\Lage-
plaene\Gleisplan_Eslohe_georef.trf
sowie die Hintergrundkar-
te 000442_005680_Eslohe\Lageplaene\Wenholtshausen_Karte3_georef.trf
in den Editor. Die Trassenparameter stellen wir auf
eine Geschwindigkeit von 60 km/h sowie Stahl-K-
Oberbau ein. Ein Höhenprofil mit der Bezeichnung
„Eslohe“ muss angelegt und durch die Funkti-
on „Höhenprofile neu zuordnen“ dem Lageplan
bekannt gegeben werden. Die Streckendatei wird anschließend unter dem Namen
000442_005680_Eslohe\Eslohe_1.st2 abgelegt.



Im nächsten Schritt wird das vorbereitete Anschlussstück Anschluss_Modul_Wen-
holthausen.st2 importiert. Dies geschieht durch den Aufruf der Funktion „Höhenprofil
und Lageplan importieren“. Die Elemente des Anschlussstücks sind keinem Höhenpro-
fil zugeordnet und daher schwarz dargestellt. Sie dienen nur als Hilfselemente bei der
Ausrichtung der ersten Modulelemente und werden anschließend wieder gelöscht. Aus-
gehend vom importierten Höhenprofil-Element erfolgt die Erstellung des eigentlichen
Höhenprofils Eslohe. Die Vorgehensweise entspricht dem bereits im Modul Wenholtshau-
sen angewandten Verfahren. Erneut fällt auf, dass die verwendete Kartengrundlage TK
50 nur bedingt für einen exakten Nachbau der Trassenlage geeignet ist. Sie dient auch
in diesem Fall als ungefähre Anhaltspunkt, wobei der regelwerkskonformen Gestaltung
der Gleisbögen Vorrang eingeräumt wird. Gegebenenfalls können für das Abstecken der

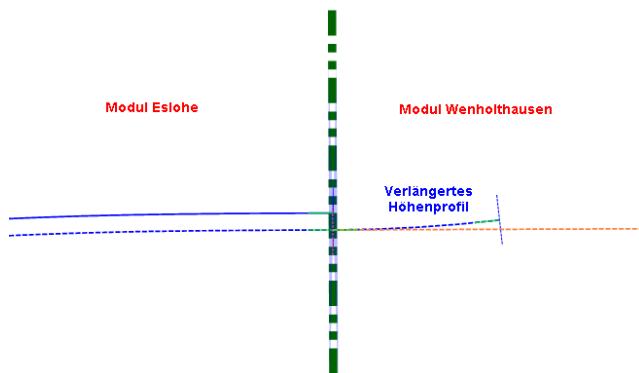
Trasse weitere Datenquellen herangezogen werden. Gut verwendbar sind hochauflösende Wanderkarten sowie Luftbilder. Letztere sind z.B. über den Dienst „Google Earth“ verfügbar.

Als Ankerpunkt für die Streckenkilometrierung wird ein geeigneter Referenzpunkt gewählt. Empfehlenswert ist die Verwendung der Stationierungsinformationen des Gleisplans im Bahnhofsgebiet von Eslohe. Um den Elementanfang auf eine passende „runde“ Kilometrierung zu legen, markieren wir zwei aneinander grenzende Geradenstücke. Anschließend lassen sich mit Hilfe der Funktion „Elementlänge verändern“ die Anfangspunkte der Elemente an die passende Position verschieben. Wir wählen ein an dieser Stelle beginnendes, durch das „grüne Ende“ gekennzeichnete Höhenprofil-Element – falls erforderlich, drehen wir zuvor die Ausrichtung um – und tragen die passende Kilometrierungsinformation ein. Anschließend rufen wir die Funktion zur Neuberechnung der Streckenkilometrierung auf. Durch die Modul-bezogene Festlegung der Stationierungsinformation kann es an den Modulgrenzen zu Kilometrierungssprüngen kommen. Diese Fehlkilometrierungen halten sich jedoch in der Regel im Bereich weniger Meter und dürfen daher vernachlässigt werden. Mit dem beschriebenen Verfahren ist zudem sichergestellt, dass sich die Abweichungen nicht über größere Streckenabschnitte fortpflanzen.



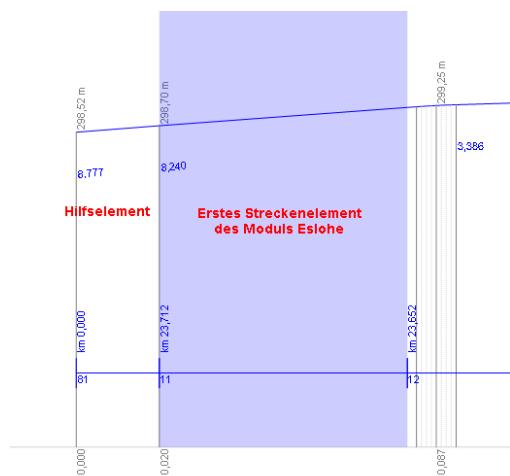
3.2.2.16 Fortsetzung des Höhenprofils

Der versatzfreie Übergang zwischen den Höhenprofilen zweier Module erfordert einen kleinen Kunstgriff. In das Modul Eslohe wird zu diesem Zweck das gesamte Höhenprofil des Nachbarmoduls Wentholtshausen importiert. Danach wird das Esloher Profil um ein kurzes Element in Richtung des Wentholtshauser Höhenprofils verlängert, so dass sich ein Überlappungsbereich ergibt. Mit Hilfe der Funktion „an anderes Höhenprofil anpassen“ wird dieses Esloher Element in die gleiche Höhenlage gebracht wie das Anschlussstück.



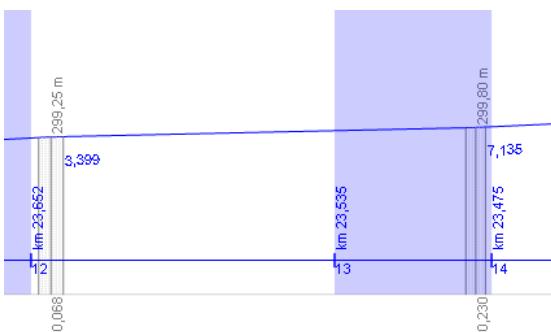
Damit im Modulübergang kein Knick in der Längsrichtung entsteht, müssen unterschiedliche Längsneigungen vermieden werden. Zu diesem Zweck wird etwa 20 m von der Modulgrenze Eslohe entfernt ein Höhenfixpunkt im Profil gesetzt. Durch manuelles, iteratives Eintragen der Höheninformation ist sicherzustellen, dass die Längsneigung hierbei den gleichen Wert aufweist wie im Hilfs-Übergangsstück. Als Orientierung können die Neigungsparameter (Promille-Angabe mit drei Nachkommastellen) in das Höhenprofil eingeblendet werden. Die in unserem Fall erreichten Längsneigungen von 8,777 Promille für das Übergangsstück und 8,240 Promille für das erste Gleisstück des Moduls Eslohe sind hinreichend genau gewählt.

Abschließend **müssen** die Übergangs-Streckenelemente aus dem Nachbarmodul Wenthhausen gelöscht werden, da sie andernfalls bei der Erzeugung der Gleiselemente doppelt, d.h. In beiden Modulen erzeugt würden. Das hilfswise importierte Übergangs-Höhenprofil aus dem Nachbarmodul Wenthhausen kann optional gelöscht werden. Ein Beibehalten ist jedoch unkritisch.

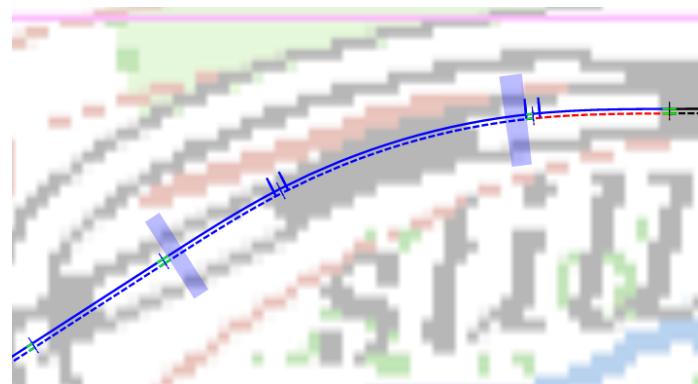


Anschließend ergänzen wir das Höhenprofil Eslohe um die Punkte

Metrierung	0	km 23,711	298,70 m ü. NN
Metrierung	67	km 23,644	299,25 m ü. NN
Metrierung	230	km 23,481	299,80 m ü. NN
Metrierung	935	km 22,776	304,33 m ü. NN
Metrierung	1220	km 22,491	309,22 m ü. NN
Metrierung	1310	km 22,401	310,25 m ü. NN
Metrierung	1510	km 22,201	310,60 m ü. NN
Metrierung	1816	km 21,895	310,60 m ü. NN
Metrierung	1982	km 21,729	312,89 m ü. NN



Abschließend wird die Ecken ausrunden-Funktion aufgerufen, womit die Vorarbeiten für die Gleisverlegung abgeschlossen sind. In den nebenstehenden Abbildungen ist erkennbar, dass in einem Fall ein Neigungswechsel (im Höhenprofil durch die enge Stützpunktfolge bzw. in der Kartensicht blau hinterlegt) innerhalb eines Übergangsbogens (blau hinterlegte Darstellung im Höhenprofil) liegt. Dieser Fall soll nach allgemeinen Baugrundsätzen möglichst vermieden werden. In unserem Fall ist diese Anordnung jedoch vorbildgerecht.



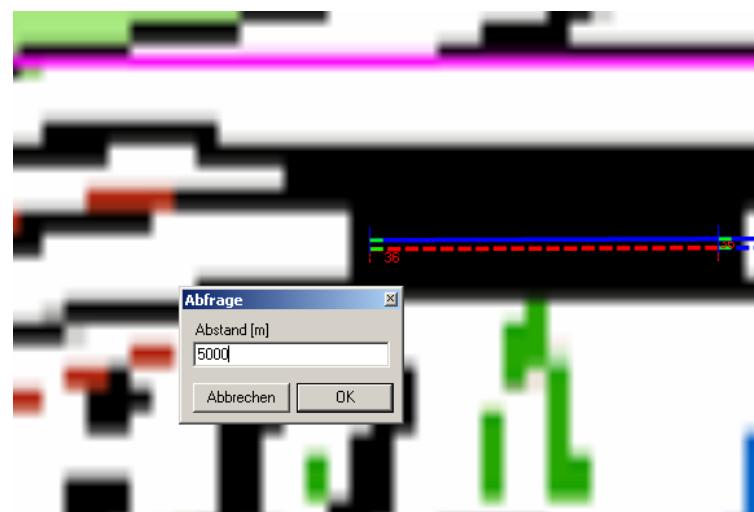
3.2.2.17 Bau der Gleisanlagen

Die Gleisanlagen werden in der bereits vom Modul Wenholthausen geläufigen Art und Weise angelegt. Die Arbeitsergebnisse sind in der Datei Eslohe_1.st2 verfügbar.

Entgegen der Darstellung im Gleisplan wird im Bereich der Ladestraße keine Doppelte Gleisverbindung (DGV) eingebaut, sondern entsprechend der zu einem späteren Zeitpunkt anzutreffenden Vorbildsituation eine einfache Weichenverbindung. Die noch bis in die Fünfziger Jahre in vielen Neben-Rangiergleisen anzutreffenden Doppelten Gleisverbindungen wurden seinerzeit aufgrund der hohen Instandhaltungskosten größtenteils durch einfachere Gleisanlagen ersetzt.

3.2.2.18 Hüllkurve

Die Grundplatte wird in einem späteren Arbeitsschritt erst im 3D-Editor erstellt. Damit die Grundplatten der einzelnen Bahnhofsmodule nahtlos aneinander grenzen, müssen bereits vorab die Schnittlinien definiert werden. Dies geschieht durch das Anlegen von Hüllkurven im Gleisplaneditor. Zu diesem Zweck markiert man im Modul Wenholthausen das Streckenelement an der Modulgrenze in Richtung Eslohe. Es ist erforderlich, dass das grüne (Vorzugs-) Ende des Streckenelements „nach außen“ zeigt, also die Modulgrenze beschreibt, da die Hüllkurvenfunktion immer an dieser Seite des Streckenelements ausgerichtet ist. Sofern erforderlich, muss die Orientierung des Elements vor dem Aufruf der Funktion gedreht werden.



Durch den Aufruf von „Neue Elemente erstellen → Hüllkurve senkrecht zum markierten Element erstellen“ werden die ersten beiden Punkte der Hüllkurve definiert. Damit die Hüllkurve später nicht zu groß wird oder ggf. den Streckenverlauf schneidet, stellen wir in diesem Fall den vorgeschlagenen Default-

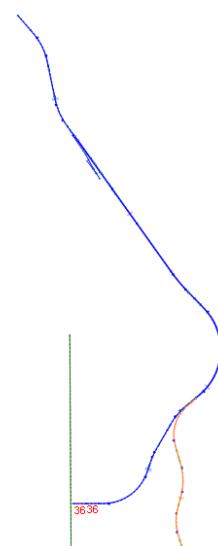
wert für den Abstand auf 5.000 m zurück. Über den Eintrag „Ansicht → Lageplan-Eigenschaften → Geländeformer-Hüllkurve“ können wir uns die Koordinaten der soeben definierten Schnittlinie anzeigen lassen:

Lageplan-Eigenschaften			
Grunddaten Geländeformer-Hüllkurve			
#	x	y	
1	0	-205,3873	4123,031
2	0	-169,6665	-5876,905

Die Hüllkurve soll später die Gleisanlagen sinnvoll umgrenzen. Bereits die erste Seite schneidet jedoch die Gleise im Bereich des Bahnhofs Wenholthausen. Somit ist manuelle Bearbeitung in einigen Schritten angesagt. Zuerst editieren wir die y-Koordinate in Zeile 1 wie folgt:

Lageplan-Eigenschaften			
Grunddaten Geländeformer-Hüllkurve			
#	x	y	
1	0	-205,3873	100
2	0	-169,6665	-5876,905

In der nebenstehenden Abbildung können wir die Auswirkung dieser Modifikation erkennen. Die links unten erkennbare, grün gezeichnete senkrechte Strecke ist der erste Abschnitt der Hüllkurve. Nun markieren wir das „oben“ gelegene Streckenelement an der Modulschnittstelle in Richtung Bergerhammer und legen erneut eine Hüllkurven-Gerade an. Auch hier setzen wir den Abstands-Wert auf 5.000 m zurück. Nun ist erstmals eine komplette Hüllkurve erkennbar. Diese verändern wir durch die Neueingabe von zusätzlichen Koordinaten und fügen noch eine Schnittlinie am „unteren“ Streckenende an, bis eine geeignet erscheinende Hüllkurve entstanden ist.



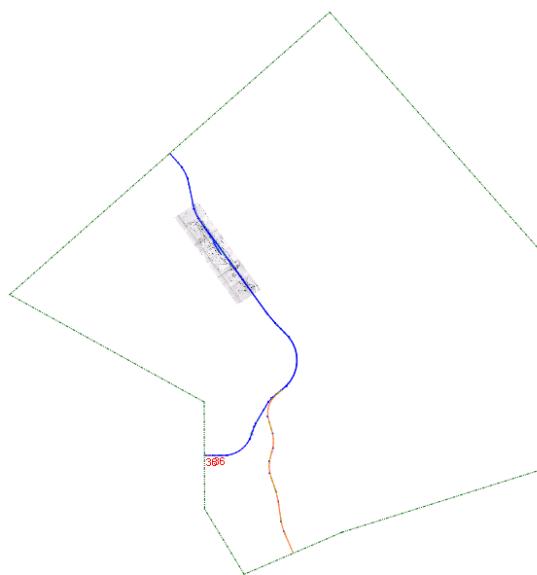
Lageplan-Eigenschaften			
	Grunddaten	Geländeformer-Hüllkurve	
#	x	y	
1	0	3000	-1000
2	0	3000	1000
3	0	988,3143	3272,118
4	0	-2014,642	629,7225
5	0	-189,32	-374,9399
6	0	-185,748	-1374,933
7	0	185,4936	-1987,072
8	0	1104,784	-1593,492

Diese sollte eine Fläche definieren, welche die Strecke umfasst, ohne sie zu schneiden, und dabei „links und rechts der Bahn“ genügend Gelände umfasst, um nach dem Ausmodellieren der Grundplatte einen räumlichen Eindruck der Umgebung mit ausreichender Tiefenwirkung zu umfassen.

In unserem Fall geht es darum, die den Streckenverlauf in der Tallage begrenzenden Berge einzuschließen. Nachstehend die iterativ optimierten Koordinaten sowie die Aufsicht auf den Gleisplan und die Hüllkurve.

Nun können wir die Hüllkurve des Moduls Eslohe erarbeiten. Wir stellen sicher, dass kein Streckenelement markiert ist, und rufen die Funktion „Datei → Höhenprofile und markierte Elemente exportieren“ auf. Als Dateinamen wählen wir temp.st2. Im Dialog „Exportauswahl“ wählen

wir keines der angezeigten Profile aus. Nun können wir die st2-Datei des Moduls Eslohe öffnen, die Funktion „Datei → Höhenprofil und Lageplan importieren“ aufrufen und die soeben erzeugte Datei auswählen. Das nebenstehende Vieleck der Hüllkurve ist somit in das Modul Eslohe übertragen. Als Schnittkanten sind für uns die linken Geradenstücke von Interesse. Die rechts und oben liegenden Punkte können wir somit manuell unter „Lageplan-Eigenschaften → Geländeformer-Hüllkurve“ löschen. Durch Einfügen weiterer Punkte erhalten wir eine Geländeformer-Hüllkurve für das Modul Eslohe.



3.2.2.19 Abstecken von Straßen und Flüssen

Für die Vorbereitung des Einbaus von weiteren Trassen, die z.B. für die Nachbildung von Straßen oder Flüssen benötigt werden, bieten sich drei verschiedene Vorgehensweisen an. Es ist möglich, diese Trassen analog zu Gleisen mit komplettem Höhenprofil zu erstellen. Dabei sollte eine eigenständige Oberbauart für die Streckenelemente definiert werden, die als Parameter im Gleisplaneditor für den Bau ausgewählt wird. Diese Bauweise ist jedoch recht aufwendig und setzt Kenntnis der Höhenlage der Trasse voraus. Alternativ kann der Elementtyp „DEM-bezogen“ gewählt werden. In diesem Fall werden Streckenelemente erzeugt, die ihre Höheninformation aus der hinterlegten DEM beziehen. Es wird keine Oberbauart in den Elementeigenschaften eingetragen, vielmehr dienen die entstehenden Vektorzüge als Grundgerüst für den Ausbau mit Hilfe geeigneter Zusatzfunktionen, z.B. „Formkurve entlang Gleis“. Da die DEM-bezogenen Vektorzüge im Regelfall recht starke Wechsel der Längsneigung aufweisen, kann vor dem Ausmodellieren im 3D-Editor dort eine Glättung der Höhenlage vorgenommen werden. In beiden

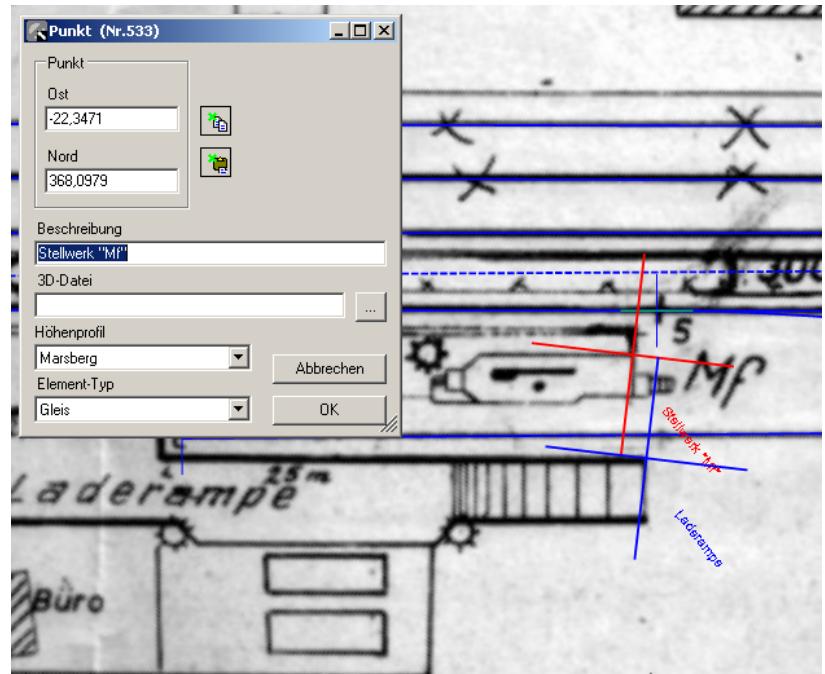
Bauweisen sollten vereinfachte Trassenparameter gewählt werden. Ebenso ist der Verzicht auf Übergangsbögen und Überhöhung zu empfehlen.

Neben diesen beiden Möglichkeiten, die Trassen bereits im Gleisplaneditor vorzusehen, ist auch die Option gegeben, Trassen erst im 3D-Editor anzulegen. Dabei kann das Abstecken ebenfalls auf DEM bezogen mit Hilfe hinterlegter georeferenzierter Karten oder Orthofotos erfolgen. Alle genannten Verfahren ermöglichen recht genaue Bauergebnisse hinsichtlich der Lage von Straßen und Flüssen.

3.2.2.20 Setzen von Markerpunkten

Um die spätere Positionierung von Objekten zu erleichtern wie z.B. Häusern, Landmarken oder Signalen, aber auch Besonderheiten im Gleisbereich wie z.B. Bahnübergängen, Beginn oder Ende von Tunnels oder Brücken ortsgenau platzieren zu können, bieten sich Markerpunkte an. In elektrischen Streckennetzen bietet es sich insbesondere in Bahnhofsgebäuden an, die Standorte von Fahrleitungsmasten – speziell bei Quertragwerken – durch Markerpunkte zu kennzeichnen.

Der Editor erlaubt in Analogie zu den Streckenelementen die Unterscheidung zwischen Höhenprofil-bezogenen Markerpunkten - hier sind der Elementtyp „Gleis“ zu wählen und das gewünschte Höhenprofil einzutragen - und Marker-elementen, die DEM-bezogen erstellt werden. Erstere sollten für diejenigen Objekte genutzt werden, die unmittelbaren Bezug zum Streckenprofil besitzen, also z.B. Brücken, Tunnel, Signale, Fahrleitungsmasten sowie Stellwerke oder Bahnhofsgebäude. Diese Markerpunkte werden als Kreuze in der Farbe des zugeordneten Höhenprofils dargestellt. DEM-bezogene Marker eignen sich für alle übrigen Objekte, also Häuser oder Landmarken. Sie werden im Gleisplan schwarz eingefärbt.



The screenshot shows the 'Punkt (Nr.533)' dialog box with coordinates Ost: 122,3471 and Nord: 368,0979. The 'Beschreibung' field contains 'Stellwerk "Mf"'. The 'Höhenprofil' dropdown is set to 'Marsberg'. The 'Element-Typ' dropdown is set to 'Gleis'. A red crosshair is overlaid on a map of a railway station. The map shows tracks, buildings labeled 'Laderampe', 'Büro', and 'Stellwerk Mf', and a bridge. Blue lines represent height profiles, and black crosses represent marker points placed along them.

Die Markerpunkte können mit einem frei wählbaren Attribut versehen werden, also z.B. „Stellwerk Mf“ oder „Quertragwerksmast“. Als Option ist es möglich, bereits im Gleisplaneditor die für den 3D-Ausbau zu verwendende ls3-Datei festzulegen.

3.2.2.21 Export der Streckendateien in den 3D-Editor

Wenn die Arbeiten am Gleisplan und die Festlegung der Markerpunkte abgeschlossen sind, kann die Strecke für die 3D-Modellierung in eine st3-Datei überführt werden. Dies geschieht über die Funktion „Datei → st3-Datei erstellen“. Vor dem Export ist ein DEM zu hinterlegen, sofern noch nicht geschehen. Ebenfalls ist es empfehlenswert, vor dem

Export die Funktion "Datei → auf Fehler überprüfen" aufzurufen. Sollten sich aus der Plausibilitätskontrolle hierbei Unstimmigkeiten ergeben, so werden diese aufgelistet und können vor dem Exportvorgang behoben werden.

Der Editor erzeugt beim Export eine st3-Datei mit der Streckenfunktion und eine ls3-Mutterdatei für das Modul sowie einen Unterordner Bogenweichen, in dem die in diesem Modul verbauten individuellen Bogenweichen-Dateien liegen.

Im Ordner Bogenweichen können alle Dateien namens _gebogen_nn.ls3 gelöscht werden. Diese werden beim Exportprozess automatisch erzeugt, enthalten jedoch keine nutzbare Information.

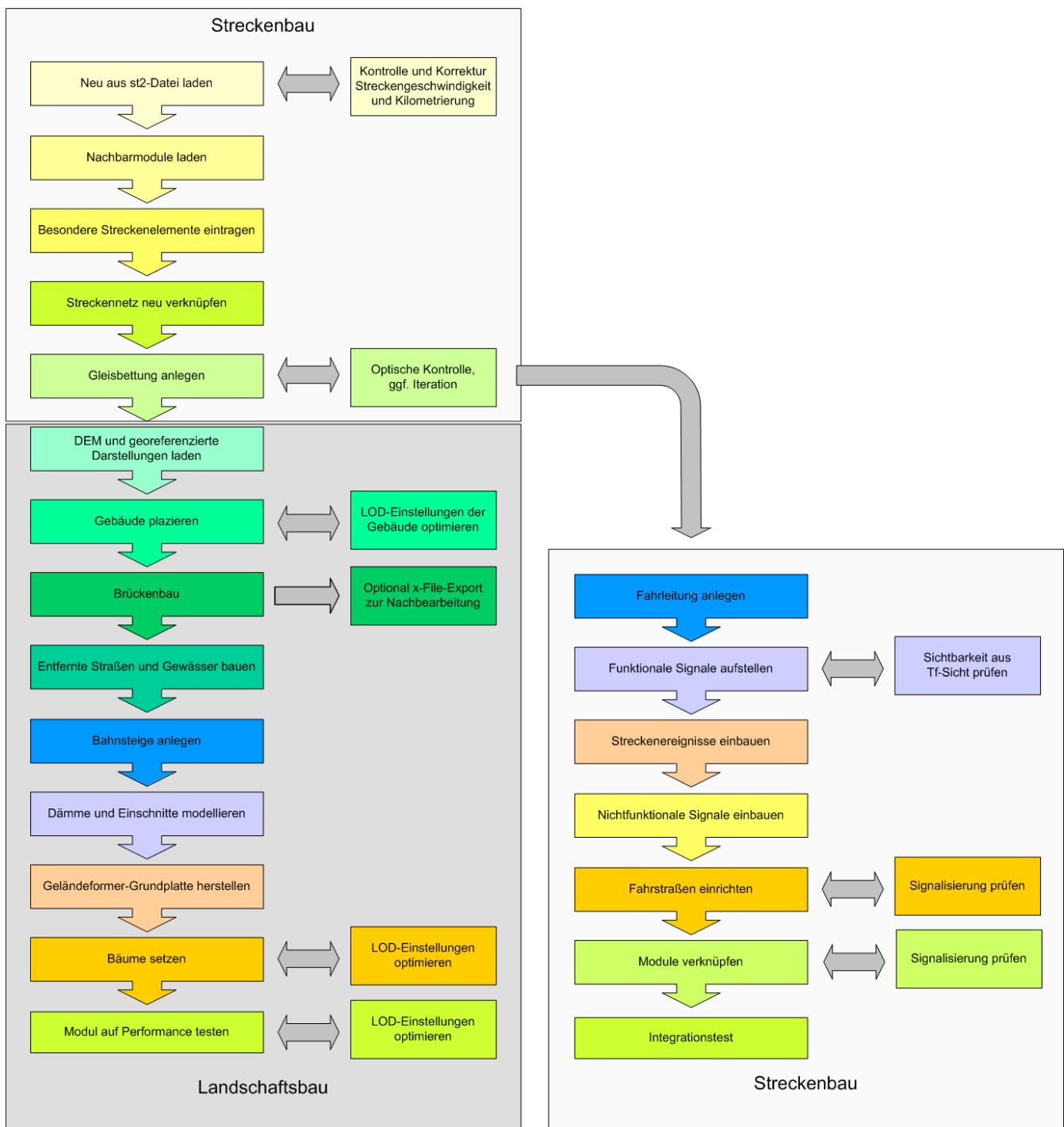
Auch der Exportvorgang wird durch eine Plausibilitätsuntersuchung begleitet. Im Meldungsfenster werden nach Abschluss des Exports entsprechende Hinweise und Fehlermeldungen aufgeführt.

Wichtig! Der Export aus dem Lageplan in den 3D-Editor stellt einen wichtigen Meilenstein dar. Aufgrund der unterschiedlichen Konzepte bei der Darstellung von Gleislage und Höheninformation und der grundsätzlich verschiedenen Repräsentation der Streckenelemente besteht kein Rückweg aus dem 3D-Editor in den Gleisplaneditor.

3.3 Streckenausbau im 3D-Editor

In diesem Abschnitt und seinen Unterkapiteln werden Vorgehensweisen für die landschaftliche Ausgestaltung und die streckenseitige Ausrüstung der Module vorgestellt. Dabei soll die effiziente Abfolge der Arbeitsschritte im Vordergrund stehen. Neben der Beschreibung der grundsätzlichen Tätigkeiten werden Hinweise auf mögliche Fehlerquellen gegeben und erprobte Bauverfahren vorgestellt. Diese Empfehlungen sind als Anregungen aus der Praxis zu verstehen, stellen jedoch keine zwingende Vorgabe dar. In der Art und Weise der Ausgestaltung bestehen Freiheitsgrade, die nach den persönlichen Vorlieben und Anforderungen des Streckenbauers ausgestaltet werden können. Aus diesem Grund werden im Abschnitt „Streckenausbau“ und den Beispieldateien, die dem Tutorium beiliegen, nur die Ansätze grundlegender Bauweisen gezeigt, ohne die Streckenabschnitte und Landschaften bis ins letzte Detail auszumodellieren. Zahlreiche Hinweise sind in anderen Abschnitten der Dokumentation aufgeführt, welche die Bedienung der Editor-Funktionalitäten sowie „Tipps und Tricks“ zusammenstellen. Auf diese Referenzen wird an geeigneten Stellen in diesem Tutorium verwiesen.

Der Streckenausbau im 3D-Editor ist prädestiniert für Gruppenarbeit mit verteilten Rollen. Aufgrund seiner Komplexität und der Vielzahl der zu bearbeitenden Aufgaben hat sich die parallele Bearbeitung als sinnvoll und zeitsparend erwiesen. Während der Streckenausbau in Bezug auf Fahrdienst und Ereignisse im Regelfall in der Hand eines Erbauers verbleiben wird, ergeben sich beim Landschaftsbau und insbesondere bei der aufwandsintensiven Erstellung der einzelnen 3D-Objekte Vorteile durch „Serienfertigung“. In der nachstehenden Grafik sind die grundsätzlichen Arbeitsschritte aufgeführt, die nachfolgend erläutert werden sollen. Dabei werden sinnvolle Verzweigungen zwischen Einzel- und Gruppenarbeit vorgeschlagen.



3.3.1 Grundprinzipien

3.3.1.1 Kacheln

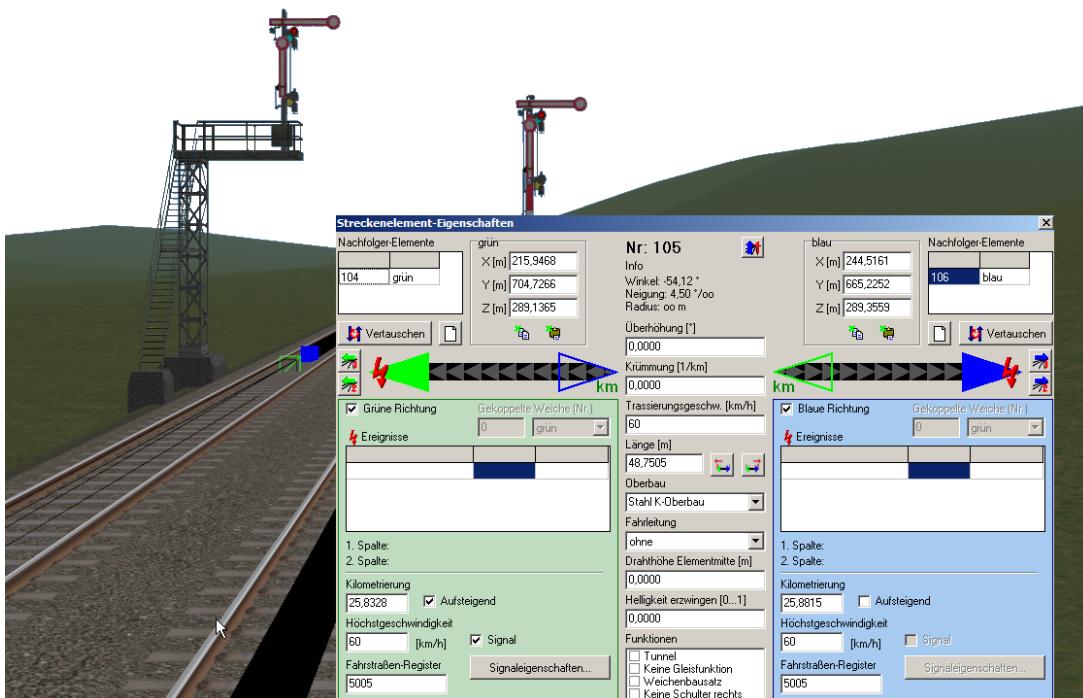
Um ein effizientes, Speicher sparendes Nachladen der jeweils für die Darstellung benötigten Landschaftsobjekte während des Simulationslaufs zu ermöglichen, werden diese in einer gekachelten Struktur abgelegt. Zusätzlich zu den Standardkacheln mit 1000 m Kantenlänge, auf denen die 3D-Objekte verknüpft abgelegt werden, existieren sogenannte Detailkacheln. In diesen sind die oftmals nur in einem eingeschränkten Bereich sichtbaren Meshes für die Darstellung z.B. von Schienen oder Fahrleitungsdrähten eingebaut. Das

Anlegen der Kacheln bzw. Detailkacheln wird im 3D-Editor automatisch vorgenommen, ein Nutzereingriff ist nicht erforderlich.

3.3.1.2 Dynamisches Nachladen

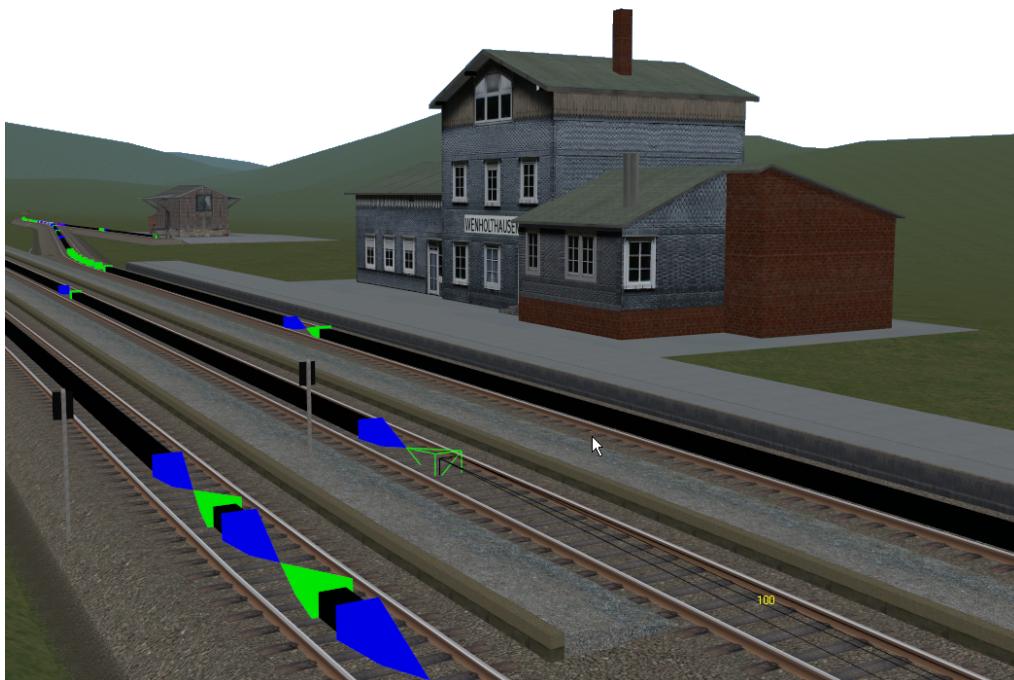
Die Objekte werden zur Laufzeit der Simulation dynamisch in den Arbeitsspeicher des Rechners geladen, sobald die Position des Betrachters in die Nähe des Einbauortes kommt. Um eine möglichst geringe Speicherauslastung zu erzielen und zugleich die Sichtbarkeit der Objekte zu gewährleisten, gilt die Grundregel: Die Elemente sind in dem Modul bzw. auf derjenigen Kachel zu importieren und zu verknüpfen, wo sie sichtbar werden sollen. Damit ist automatisch gewährleistet, dass alle Objekte zur rechten Zeit am rechten Ort erscheinen. Üblicherweise sind die vorbesetzten Parameter des Editors geeignet gewählt. Ausnahmen können sich z.B. bei weithin sichtbaren Landmarken wie z.B. exponiert liegenden Burgen ergeben, bei denen die Parameter für die Sichtbarkeit der Objekte und auch der Einbau-Kacheln manuell angepasst werden muss.

3.3.1.3 Streckenelemente



Die Streckenelemente sind Vektoren, die beim Export der Geraden, Bögen und Klothoniden aus dem Gleisplaneditor angelegt werden. Sie definieren den Fahrweg und tragen die für die Modellierung der Gleisanlagen und den späteren Simulatorbetrieb erforderlichen Information wie z.B. die Ausrichtung im Raum, Signalstandorte, Kilometrierung, Höchstgeschwindigkeit und fahrwegbezogene Ereignisse. Die grundlegenden Attribute werden aus dem Gleisplaneditor übernommen, die weitere Ausgestaltung wird im 3D-Editor durchgeführt und in der st3-Datei abgespeichert.

3.3.1.4 Landschaftselemente



Die Landschaftselemente stellen die grafische Umgebung der Module dar. Sie enthalten keine für die Zugfahrten der Simulation erforderlichen Informationen, sondern dienen ausschließlich der Visualisierung. Zu unterscheiden ist zwischen importierten, in der Regel verknüpften Elementen wie z.B. Gebäuden, Fahrleitungsmasten oder Bäumen sowie Landschaft als fester Bestandteil der Streckenkacheln, in der Regel Grundplatte, Gleisbettung und Fahrdrift, Straßen, Flüsse und Bahnsteige. Die Landschaft ist in der ls3-Datei definiert, wobei der übergeordneten Streckenlandschaft im jeweiligen Modulverzeichnis weitere Dateien im Kachelverzeichnis einschließlich der Referenzierung auf die zugehörigen Einzelobjekte zugewiesen sind.

3.3.1.5 Texturen



Texturen werden für die Ausgestaltung von Einzelobjekten und Landschaft benötigt. Für die modulspezifischen Objekte sind vielfach individuell erstellte Texturen im Einsatz, so z.B. für Häuser. Diese sollten lokal in den Modulen zusammen mit den Objektdateien vor gehalten werden. Standardobjekte wie z.B. Bäume werden einschließlich der erforderlichen Texturen im Standardumfang der Simulationsumgebung bereitgestellt und können ohne Modifikation verwendet werden. Ebenfalls zum Lieferumfang gehört eine reichhalti-

ge Auswahl von Texturen für das umgebende Gelände, so z.B. für Wiesen, Äcker, Flüsse oder Stein-, Felsen und Mauerwerk. Vorgaben zu den Texturformaten und Hinweise für die Erstellung sind den Abschnitten über die Objekterstellung an anderer Stelle der Dokumentation zu entnehmen.

3.3.1.6 Navigation im 3D-Editor

Der 3D-Editor bietet unterschiedliche Möglichkeiten, den Betrachterstandort zu verändern. Eine Option stellt das Bewegen entlang der Gleis-Vektorelemente dar. Besonders effizient ist dabei die Nutzung des Mausrades für das Vorwärts- und Rückwärtsrollen. Ein Klick auf das Mausrad kehrt die Bewegungsrichtung um. Der Blickwinkel eignet sich gut, um die Wirkung der Strecke aus der Lokführerperspektive zu beurteilen. Im Menü enthaltene Funktionen zum Aufsuchen markanter Punkte wie nächstes Signal, nächste Weiche, nächster Geschwindigkeitswechsel oder der Sprung um eine einzugebende Länge erleichtern die Fortbewegung.

Alternativ kann der Betrachterstandort im 3D-Editor frei bewegt werden. Wesentliche Möglichkeiten sind:

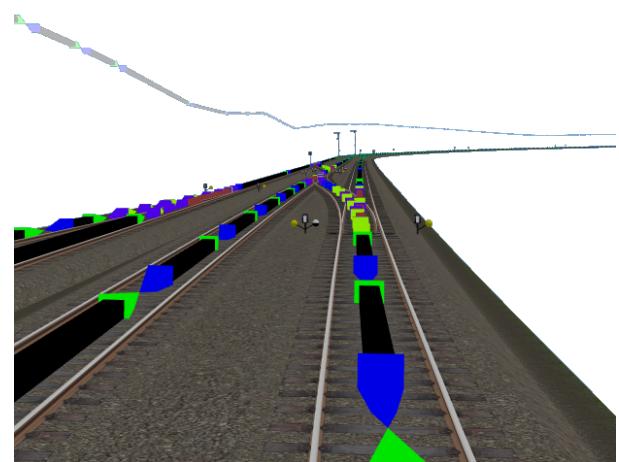
- Pfeil rechts / links / oben / unten: Drehen um den aktuellen Standort
- Rechte Maustaste: Um den aktuellen Standort im 3D drehen (bei Bewegen der Maus)
- Strg+Pfeil rechts / links / oben / unten: Wandern in bzw. gegen die Blickrichtung oder senkrecht dazu,
- Strg+Bild auf / ab geht um den Faktor 10 schneller in bzw. gegen die Blickrichtung,
- Strg+Mausrad drehen funktioniert analog
- Strg+rechte Maustaste: Im 3D wandern (bei Bewegen der Maus)
- Shift+rechte Maustaste: Bei Klick auf ein Polygon (ohne Mausbewegung) springt der Betrachterstandortort dorthin.
- Alt+Pfeil oben / unten, Mausrad drehen bzw. Bild auf / ab ändert den Radius, mit dem man sich um den Kompass dreht. Die Funktion „Standard-Kompass-Schwenkradius“ stellt wieder den Standardwert her

Detaillierte Informationen zu den Funktionalitäten des 3D-Editors finden sich in den entsprechenden Kapiteln der Dokumentation der Softwaremodule. Für effizientes Navigieren empfiehlt es sich, die vorgenannten grundlegenden Möglichkeiten an bereits vorhandenen Streckenmodulen auszuprobieren, um sich mit den Funktionen vertraut zu machen.

3.3.2 Grundlegende Arbeiten

3.3.2.1 Import der neu erstellten Streckendatei

Im Lageplan werden die Streckenzüge aus den geometrischen Elementen Gerade, Bogen und Klohoide sowie vordefinierten Elementen für Weichen zusammengesetzt. Im 3D-Editor sind zusätzlich die Lage im Raum sowie die Verkettung mit Vorgänger- und Nachfolger-Elementen zu berücksichtigen. Zu diesem Zweck werden im 3D-Editor Vektorelemente verwendet, die in der nebenstehenden Abbildung mit jeweils einer grünen und einer blauen Spitze dargestellt sind. Die Vektoren besitzen im Regelfall jeweils einen Vorgänger und einen Nachfolger. An Verzweigungen, d.h. Weichen, existieren zwei Nachfolgeelemente. Entlang dieser Vektorketten ist eine gerichtete Bewegung möglich, wie sie für die Darstellung einer Zugfahrt in der Simulation benötigt wird.



In einem ersten Arbeitsschritt muss die aus dem Gleisplaneditor exportierte st3-Datei in den 3D-Editor übernommen werden. Hierzu wird die Funktion „Strecke → Strecke neu aus st2-Export laden“ mit der Datei Eslohe_1980.st3 aufgerufen. Dabei werden einige Vorgänge automatisch aufgerufen, die an dieser Stelle im Arbeitsablauf notwendig sind und bei einem normalen Öffnen der st3-Datei manuell ausgeführt werden müssten. Insbesondere wird die Landschaft (Gleisbettungen der Weichen) in die Kachelstruktur überführt. Unmittelbar nach dem Einlesen sollten Strecke und Landschaft abgespeichert werden. Es muss jetzt ein Unterordner mit dem Namen Kacheln im Projektverzeichnis des Moduls Eslohe erzeugt werden, der die Geländekacheln enthält. Der gleiche Ablauf ist für die Datei Wenholthausen_1980.st3 zu wiederholen.

Wichtig! Nach dem Import der st3-Datei nicht die Funktion „Landschaft laden“ aufrufen! Dadurch würden die Weichenbettungen nicht ordnungsgemäß in die Kachelstruktur überführt. Dieser Fehler liegt vor, wenn sich in der übergeordneten Modul-Landschaftsdatei (Bahnhof_XY.ls3) Verknüpfungen auf Weichen-Landschaften finden. Diese Meshes müssen jedoch Landschaftskacheln eingebunden sein.

3.3.2.2 Prüfen der Gleislage

Eine erste Sichtprüfung gilt den als DEM-bezogen gekennzeichneten Elementen. Diese sollen in korrekter Höhenlage sichtbar sein, also in etwa auf dem Geländeniveau der mit Hilfe von Höhenprofilen erstellten Bahnstrecke liegen. Bisweilen werden diese Elemente - bei nicht aktiver DEM im Gleisplaneditor - mit Höhe Null eingetragen. In diesem Fall ist ein erneuter Export aus dem Gleisplaneditor erforderlich.

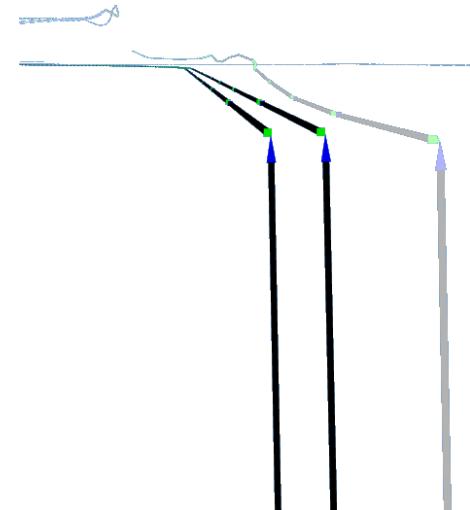
Die Ränder der Module sind auf senkrecht zum Nullpunkt weisende Vektoren zu kontrollieren. Ein derartiger Fehler ist in der nebenstehenden Abbildung zu sehen. Die Ursache liegt darin, dass im Gleisplan eine vollständige Projektion der Gleiselemente auf das zugehörige Höhenprofil nicht möglich war. Abhilfe kann dadurch geschaffen werden, dass im Gleisplaneditor der Linienzug des Höhenprofils geringfügig um ein paar Zentimeter verlängert wird.

Ein wichtige Tätigkeit der Qualitätssicherung, die vor dem Weiterbau durchgeführt werden sollte, ist das ausgiebige „Abfahren“ der Strecke im Editor. Dies kann manuell durch Bewegen entlang der Vektorelemente mittels Mausrad geschehen. Alternativ bieten sich die „Probefahrt“-Funktionen des Editors hierfür an. Das Ziel dieser Untersuchung besteht darin, fehlerhafte Strukturen in der Streckendatei aufzudecken. Häufig auftretende Probleme und ihre Ursachen sind:

- Abfahren endet an einem Vektorelement und kann nicht fortgesetzt werden: Die Verknüpfungen der Gleiselemente sind nicht vorhanden, da Elemente im Gleisplaneditor nicht passgenau aufeinander folgen, z.B. Weichenhöhenlagen nicht ausgeglichen, Anfangspunkte und Winkel aufeinander folgender Gleisplanelemente nicht identisch.
- Abrupte Wechsel der Längsneigung: Der Ausrundungsradius ist an Neigungswechseln zu gering gewählt, insbesondere in Bereichen von Bogenweichen.
- Kippen in Querrichtung: Es sind Sprünge der Gleisüberhöhung vorhanden; dieser Fall tritt ggf. bei manuell erstellten Übergängen zwischen Bogenweichen auf.
- Höhensprünge in Weichenbereichen: Es liegen Neigungswechsel in Weichenbereichen vor, oder die Funktion „Höhenlage der Weichen anpassen“ wurde im Gleisplaneditor nicht aufgerufen.

Es ist in jedem Fall sinnvoll, für diese Arbeitsschritte durch den Aufruf der Funktion „Landschaft erstellen → Oberbau erstellen“ temporär die Gleisbettung erzeugen zu lassen, um einen plastischen Eindruck des erzeugten Moduls zu erhalten.

Im Regelfall erfordert die Qualitätssicherung einen mehrfachen Wechsel zwischen dem Gleisplaneditor, in dem die erkannten Fehler behoben und ein neuer Export angestoßen werden, und dem 3D-Editor zur Kontrolle der Arbeitsergebnisse.

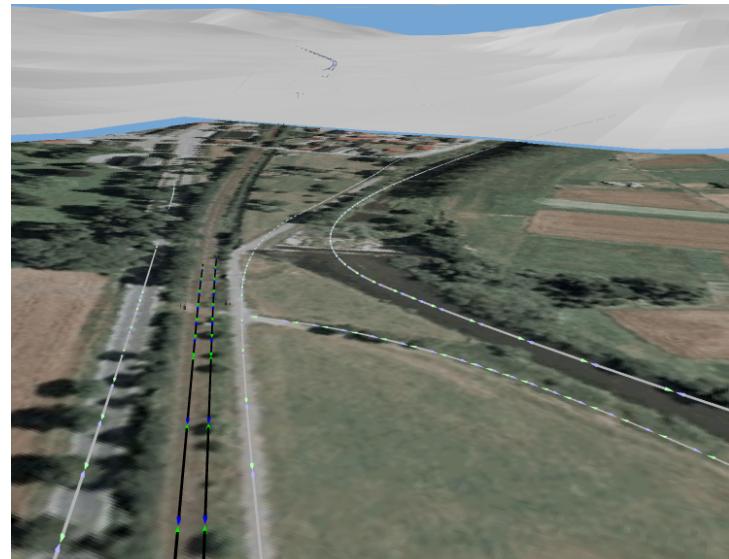


3.3.2.3 Verknüpfen mit Nachbarmodulen

Die nächste Aufgabe besteht darin, dem Modul seine unmittelbar angrenzenden Nachbarn bekanntzugeben. Dies geschieht über die Funktion „Strecke bearbeiten → Module → Nachbar-Streckenmodul laden“. Anschließend werden über das Ausführen von „Strecke bearbeiten → abschließende Arbeiten → Streckennetz neu verknüpfen“ die Übergänge der Streckenelemente zu den Nachbarmodulen eingerichtet. Somit sind der korrekte Betonungsbau bei mehrgleisigen Strecken über die Modulgrenzen hinweg sowie das Einrichten der Fahrstraßen möglich. Für diesen Arbeitsschritt ist eine Iteration notwendig. Sobald erstmals die Verknüpfung mit den Nachbarmodulen erstellt wird, erscheint im Meldungsfenster die Fehlermeldung: „Schnittstelle wurde erkannt, im Nachbarmodul ist sie jedoch nicht als Schnittstelle eingetragen, daher keine Verknüpfung erfolgt.“ Die st3-Datei wird dennoch abgespeichert. Nachfolgend werden der Reihe nach die Nachbarmodule im Editor geöffnet, neben ggf. bereits vorhandenen Nachbarn die neu erstellte Streckendatei als Nachbar-Streckenmodul geladen und verknüpft. Dabei sollte keine Fehlermeldung mehr auftreten, so dass diese Module abgespeichert werden können. Ein letztes Mal wird nun das neue Streckenmodul im Editor aufgerufen, die hinterlegten Nachbarmodule aktiviert und die Streckenelemente-Verknüpfen-Funktion angestoßen. Die Änderungen an den Modulen erfordern natürlich ein Abspeichern der st3-Dateien. Dieses Mal bleibt auch hier die eingangs erwähnte Fehlermeldung aus, so dass nun die Modulübergänge korrekt eingetragen sind.

3.3.2.4 Laden von DEM und Kartenmaterial

Wie in der Einführung beschrieben, sind Informationen mit Höhenangaben des Geländes erforderlich, um Objekte wie Häuser oder Straßen in der dreidimensionalen Landschaft in der korrekten Lage einzubauen zu können. Auch für die Erzeugung der Umgebungslandschaft wird eine entsprechende DEM als Datenbasis genutzt. Für die Streckenausgestaltung empfiehlt sich aus Performance-Gründen bei großen Modulen das Anlegen zweier DEM-Dateien. Die Variante, die in den 3D-Editor geladen und zum Platzieren von Objekten mit Höhenbezug bzw. Abstecken von Flächen genutzt wird, sollte eine Dateigröße von 1 MB nicht überschreiten. Die DEM-Dateien `Eslohe_streckennah.dem` und `Wenholthausen_streckennah.dem` finden sich in den Modulordnern jeweils im Unterordner `Lageplaene`. Für die Erstellung der Grundplatte mit Hilfe des Geländeformers ist hingegen eine umfassende DEM-Datei `Eslohe_Wenholthausen.dem` zu verwenden, die den Bereich der im Gleisplan definierten Hüllkurve abdeckt. Für das passgenaue und ressourcensparende Zuschneiden der beiden DEM-Dateien empfiehlt sich das parallele Arbeiten mit TransDEM und Gleisplaneditor. In Iterationsschritten wird dazu das jeweils in TransDEM bearbeitete, d.h. verkleinerte DEM in den Gleisplaneditor geladen. Dort kann der abgedeckte Geländebereich in Bezug



auf Trassenlage und Hüllkurve unmittelbar bewertet werden.

Als Bauhilfe für die Positionierung von Objekten und Flächen können im 3D-Editor durch den Aufruf der Funktion „Extras → Georeferenzierte Bitmap auf DEM laden“ georeferenzierte Hintergrundbilder dargestellt werden. Hierzu bietet sich die Verwendung von Orthofotos oder Gleisplänen mit Gebäudeinformationen an. Um die Dateigröße der Hintergrundbilder so klein wie möglich zu halten, empfiehlt sich die Verwendung von Hintergrundbildern mit einer Farbtiefe von 256 Farben. Dieser Wert kann in TransDEM beim Georeferenzieren der Ausgangsdateien als Vorgabe für das Abspeichern gesetzt werden. Die beiden Grafiken zeigen exemplarisch den „Rohbau“ einer Streckenlandschaft mit hinterlegter DEM und Orthofoto sowie den Zustand nach der vollständigen Ausgestaltung der Landschaft.



Hinweis: Das Laden von DEM und georeferenziertem Kartenmaterial ist an dieser Stelle unter den grundlegenden Arbeiten aufgeführt. Dieser Konfigurationsschritt sollte jedoch erst dann aufgerufen werden, wenn die Geoinformationen benötigt werden, also beispielsweise nach dem Erstellen der Gleisbettung und der Schienen, wenn 3D-Objekte oder Straßen und Flüsse eingebaut werden sollen.

3.3.3 Landschaftsausgestaltung

Hinweis: Die in den nachfolgenden Abschnitten zur Orientierung aufgeführten Streckenelement-Nummern beziehen sich auf die im Lieferumfang des Tutoriums enthaltenen Beispieldateien. Dabei ist darauf zu achten, dass der jeweils benannte Zwischenstand des Streckenausbau genutzt wird, um die konkrete Einbausituation nachvollziehen zu können. Bei der Verwendung eigener Streckendateien können sich durch eine andere Element-Teilung Abweichungen der Elementnummern ergeben.

3.3.3.1 Gleisbettung und Schienen

Die Gleisbettung und die Schienen werden mit der Funktion „Landschaft erstellen → Oberbau erstellen → alle Schritte ausführen“ angelegt. Der Bau der Gleise erfordert hierzu im Vorfeld einige vorbereitende Arbeiten. So sind Modulübergänge, Stumpfgleise und Gleiswischenräume für den Einbau der Bettung vorzubereiten. Bei komplexeren Anlagen als unserer Tutoriums-Strecke, die umfassende Nacharbeiten der aber das Anlegen von virtuellen Gleiselementen erfordern, ist es sinnvoll, eine eigene st3-Datei für die Erstellung der Gleisbettung anzulegen, die temporär genutzt wird, z.B. Modul_XY_Bettungserstellung.st3. Die Erläuterungen zum Thema Bettungserstellung finden sich im Abschnitt „Tipps und Tricks“ ([Kapitel 9.2](#)).

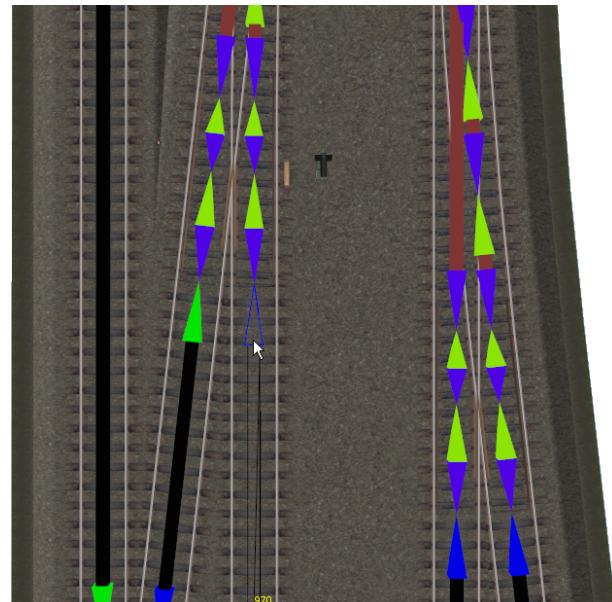
Das Anlegen der Gleisbettung stellt einen wichtigen Schritt in der Streckenausgestaltung dar. Es handelt sich um einen Arbeitsgang, der einen „Point of no return“ markiert. Hier entstandene Ungereimtheiten und Fehler lassen sich nachfolgend nicht mehr oder nur unter sehr hohem Aufwand korrigieren. Daher sei an dieser Stelle nochmals auf die Notwendigkeit umfassender Qualitätssicherung der Arbeitsergebnisse hingewiesen, bevor der weitere Ausbau der Strecke angegangen wird. In unserer Tutoriumsstrecke sind aufgrund der recht einfachen Gleisanlagen keine größeren Probleme zu erwarten.

3.3.3.2 Erzeugen von Geometrien entlang von Streckenvektoren

Für den Einbau von Landschaftsobjekten, die auf geometrischen Grundformen basieren und sich entlang von Linienzügen erstrecken, bietet der 3D-Editor die notwendigen Funktionalitäten. Hierbei handelt es sich um sogenannte Formkurven, die ein Querschnittsprofil definieren, das senkrecht zum Streckenvektor positioniert ist und längs dieser Vektoren gebaut wird. Das Landschaftsobjekt wird dabei entsprechend der Konfiguration der Formkurve mit Textur ausgerüstet und steht somit mit nur wenigen Mausklicks vollständig erstellt am gewünschten Einbauort zur Verfügung. Für einige wiederkehrend genutzte, eisenbahntypische Gestaltungselemente wie Einschnitte und Dämme, Stützmauern und Bahnsteige sind die Baufunktionen in den Editor integriert. Eine Vielzahl weiterer Formkurven ist durch den Aufruf vordefinierter shape.xml-Dateien verfügbar. Zu guter Letzt besteht die Möglichkeit, eigene Formkurven in einem Editor zu definieren und ebenfalls als shape.xml-Dateien abzuspeichern.

3.3.3.3 Bahnsteige

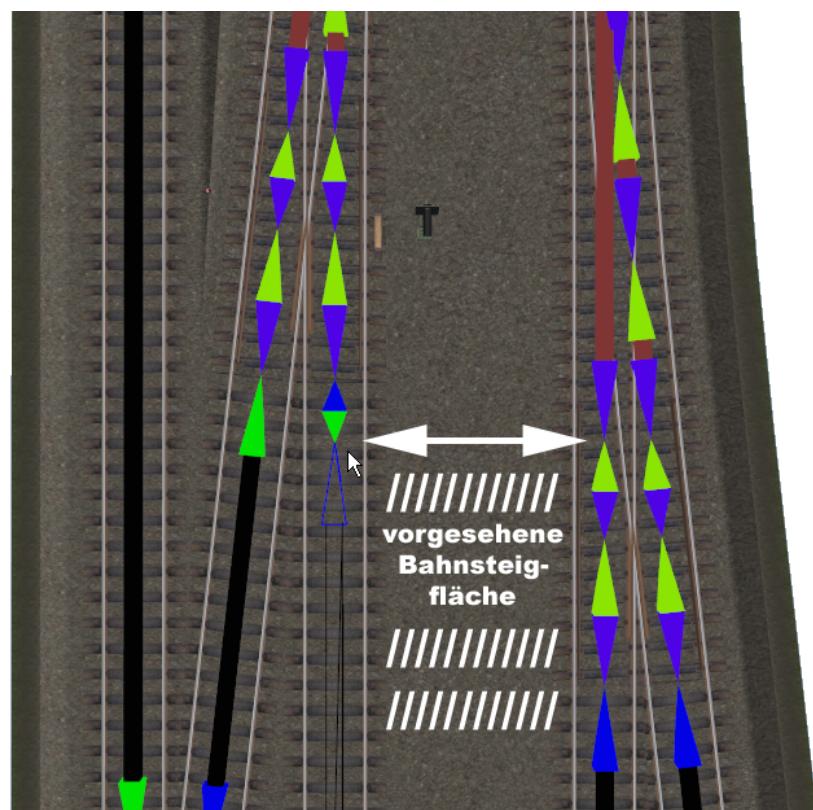
In den Modulen Eslohe und Wenholthausen soll jeweils ein Zwischenbahnsteig angelegt werden. Die Lage und Länge der Bahnsteige kann aus den georeferenzierten Gleisplänen, die in der st2-Datei hinterlegt sind, abgeschätzt werden. Der Bau von Bahnsteigen erfolgt im Regelfall durch die Auswahl vordefinierter Bauformen über die Funktion „Landschaft erstellen → Bahnsteig erstellen“ des Editors. Bei Mittelbahnsteigen sollten die Streckenelemente am Bahnsteiganfang und Bahnsteigende passend geteilt werden, da sich die Funktion immer nur an ganzen Streckenelementen orientiert und daher am Bahnsteiganfang/-ende auch eine Streckenelementgrenze sein muss. Die nachstehenden Bilder aus dem Modul Eslohe zeigen die Streckenelemente im Bereich des Mittelbahnsteigs vor und nach dem Teilen. Als Referenz wurde das links markierte Element 970 genutzt.

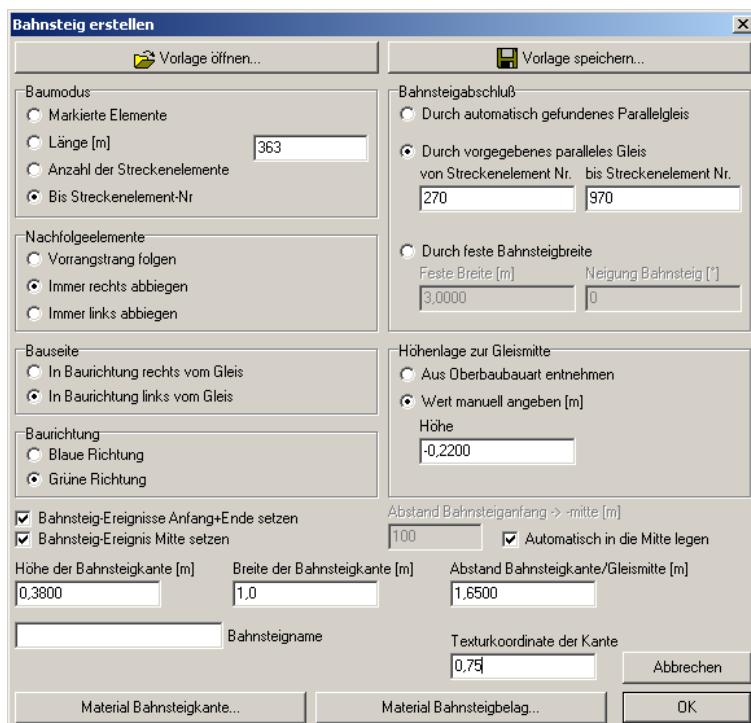


Die Einträge der Bahnsteig-Ereignisse werden defaultmäßig bei der Erstellung der Bahnsteige automatisiert in die Streckendatei eingetragen. Sie sind im späteren Simulationsablauf für das positionsgenaue Anhalten der Züge erforderlich.

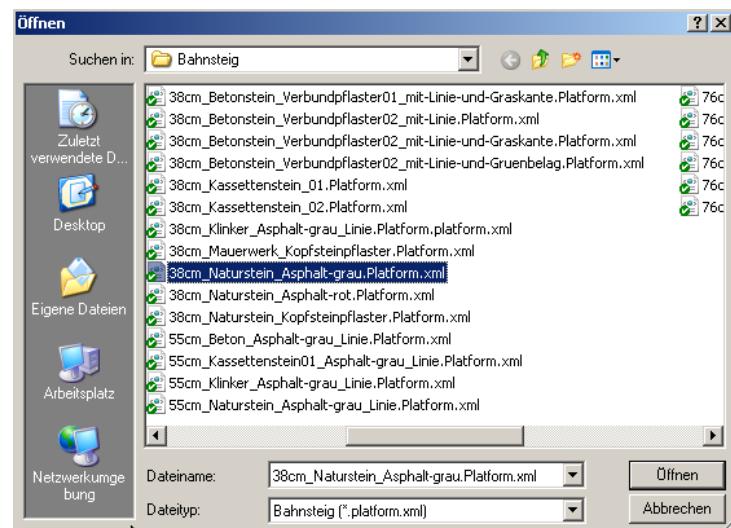
Wir markieren das Element 973 des Esloher Streckenmoduls. Im Bau-Dialog des Bahnsteigs, der über „Landschaft erstellen“ → „Bahnsteig erstellen“ aufgerufen wird, können vordefinierte Bahnsteigkonfigurationen abgerufen werden (RailwayObjects\Deutschland\Bahnhof\Bahnsteig). Die hierbei enthaltenen Werte für Bauhöhen etc. lassen sich bei Bedarf modifizieren. Abhängig von der Einbausituation

kommen die Bauverfahren zum Einsatz, die den Bahnsteig ab dem markierten Streckenelement für eine bestimmte Länge oder bis zu einem gewählten Element, in unserem Fall Element 363, anlegen. Ist ein Mittelbahnsteig gewünscht wie im nebenstehenden Fall, so sind zusätzlich die Anfangs- und End-Elemente des Nebengleises zu ermitteln und in den Parameterdialog einzutragen. Alternativ lässt sich bei einfachen Verhältnissen, im Regelfall parallel verlaufenden und identisch geteilten Gleisen, das Nebengleis auch automatisch ermitteln, indem der entsprechende Parameter im Dialog ausgewählt wird. Der nachfolgende Screenshot zeigt die Parametereinstellungen, die wir für das Anlegen des Mittelbahnsteigs im Modul Eslohe verwenden.

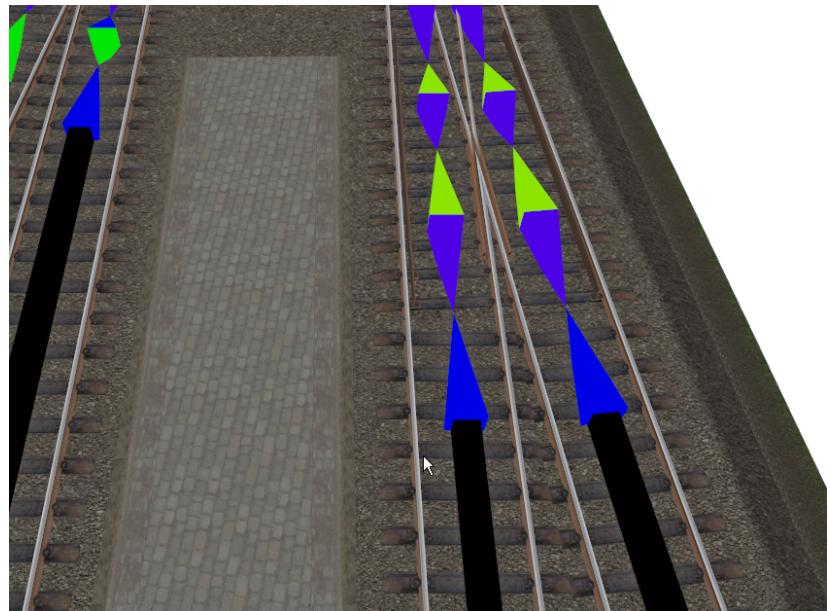




Für unser Bauvorhaben nutzen wir die Bauform Naturstein mit Asphaltbelag und 38 cm Höhe über Schienenoberkante, die über den Lade-Dialog über die Schaltfläche ganz oben im Fenster aufgerufen werden kann. Alternative Bauformen sind abhängig von der Vorbildsituation möglich. Ebenso lassen sich bei Bedarf Bahnsteigbauformen gleicher Bauhöhe stückweise aneinanderreihen, um Anlagen mit unterschiedlichen befestigten Oberflächen nachzubilden.



Unter Umständen kann es erforderlich sein, die Ausrichtung der Bahnsteigtextur zu korrigieren, damit diese parallel zu den Gleisen verläuft. Das oben stehende Bild zeigt einen derartigen Fall einer schiefen Anordnung der Pflasterung, der im Modul Eslohe auftritt. Für den notwendigen Bearbeitungsschritt wird der Gitternetzmodus aufgerufen, die Bahnsteig-Textur mit der linken Maustaste markiert und nachfolgend per Menüpunkt die Funktion zum Drehen von Texturen aufgerufen. Freihand oder durch Eingabe expliziter Drehwinkel kann die gewünschte Korrektur der Ausrichtung durchgeführt werden.



Am Ladegleis des Bahnhofs Eslohe wird vom markierten Element 349 bis Element 371 eine weitere Bahnsteigkante bzw. Ladestraßenkante gebaut. In Baurichtung „rechts“ wird die Datei RailwayObjects\Deutschland\Bahnhof\Bahnsteig-\38cm_Kassettenstein_01.Platform.xml genutzt. Die Breite des Bahnsteigs wird mit einem Meter vorgegeben. Der Anschluss an das umgebende Gelände mit der Ladestraße und dem Empfangsgebäude erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

In vergleichbarer Weise wird das Anlegen der Bahnsteige im Nachbarmodul Wenholthausen durchgeführt. Von Element 813 bis 791 sowie von 907 bis 97 werden jeweils angeschüttete Bahnsteige mit einer Breite von zwei beziehungsweise zweieinhalb Metern erstellt. In diesem Modul kommt zusätzlich ein Hausbahnsteig in Asphaltbauart hinzu, der sich rechter Hand von Vektorelement 820 bis 819 erstreckt. Als Vorgabe für die Breite des Hausbahnsteigs im Modul Wenholthausen wird 5 m angesetzt.

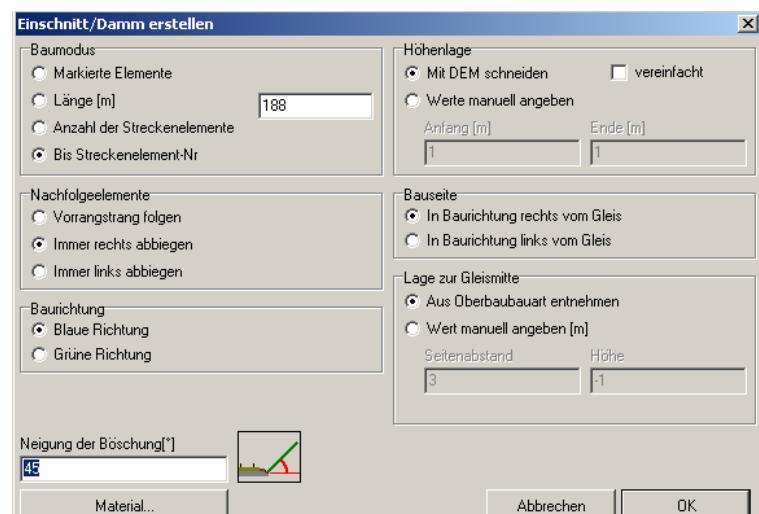
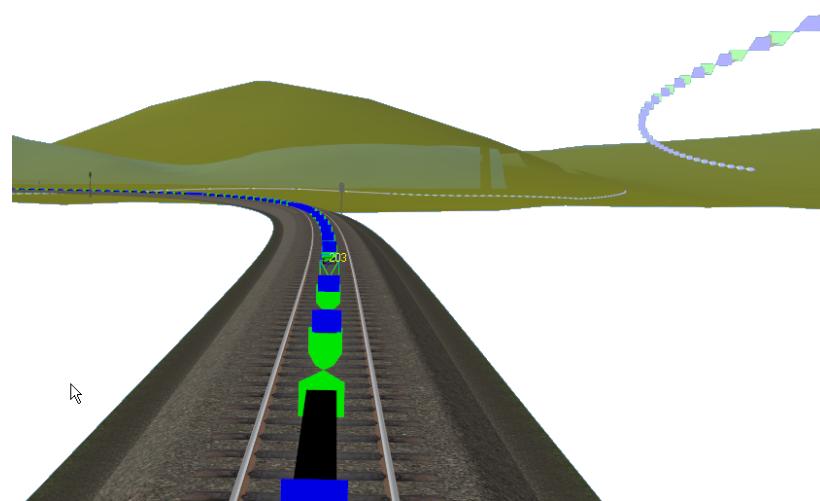
3.3.3.4 Dämme und Einschnitte

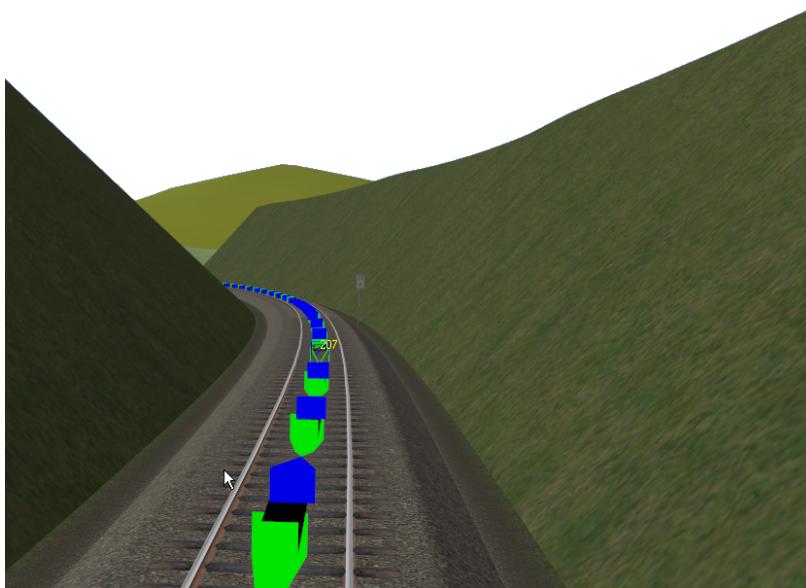
Für das Anlegen von Dämmen und Einschnitten bietet sich der Baumodus „Mit DEM schneiden“ der Funktion „Landschaft erstellen → Einschnitt/Damm erstellen“ an. Die Funktion baut an den Randweg anschließende Polygone nach oben (Einschnitt) oder unten (Damm) bis zu einer festgelegten Höhe beziehungsweise Tiefe. Voraussetzung für vorbildgetreue Arbeitsergebnisse sind die korrekte Höhenlage der Gleisanlagen sowie eine hinreichend gute Auflösung der DEM-Höhendaten.

Erfahrungsgemäß muss die Genauigkeit der nicht kommerziellen DEM-Daten oft als Verbesserungswürdig bewertet werden. Daher empfiehlt sich eine gesunde Portion Misstrauen gegenüber den genutzten Daten. Der Qualitätssicherung durch Vorbildrecherche und Abgleich mit der realen Situation, zum Beispiel anhand von Fotos, Kartenmaterial und Führerstands-Videos, kommt speziell in hügeligem Gelände eine erhebliche Bedeutung für die korrekte Wiedergabe des Erscheinungsbildes der Strecke zu.

Im oben gezeigten Screenshot wurde das DEM eingeblendet und ist als grüne Landschaftskontur sichtbar. Ferner verlaufen die Vektorelemente rechts der Bahn, die im Gleisplaneditor als „DEM-bezogen“ gebaut worden waren, oberhalb der Bahntrasse. Da wir also in diesem Bereich von unten gegen das DEM schauen, wird es in dieser Ansicht nicht dargestellt. Erst wenn wir uns oberhalb der DEM-Lage befinden, ist es anhand der grün eingefärbten Flächen erkennbar. An dieser Stelle ist folglich beim Bau mit DEM-Bezug

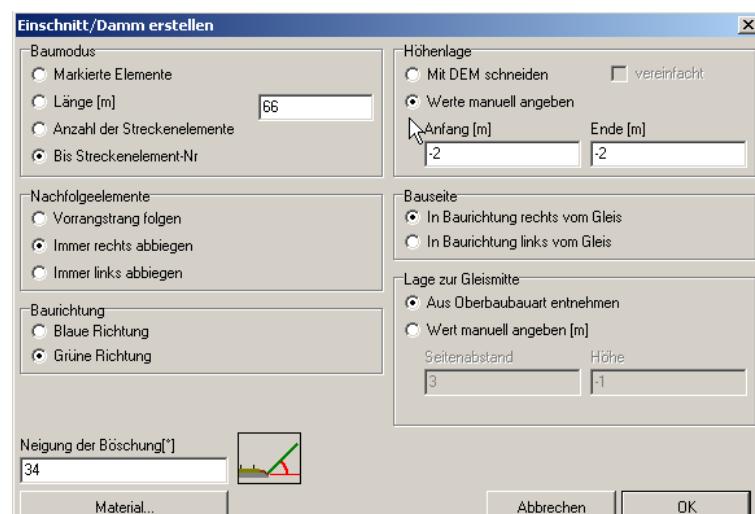
ein Einschnitt zu erwarten. Nach dem Markieren des Streckenelements 201 wird die Funktion „Landschaft erstellen → Einschnitt/Damm erstellen“ aufgerufen. Der Einschnitt soll bis zum Streckenelement 188 verlaufen und eine Neigung von 45 Grad aufweisen. Dieser Wert soll eine hier genutzt werden, um eine felsähnliche Struktur nachzubilden. Der im Editor als Default hinterlegte Wert von 34 Grad stellt hingegen den Standard für normal befestigte Böschungen ohne anstehendes Gestein dar. Nach dem Einbau markieren wir das Streckenelement 188 und drehen die Blickrichtung um, so dass wir die gegenüberliegende Seite des Einschnitts erstellen können. Hier soll die Geländekontur nur bis zum Element 204 ausgeführt werden. Nachfolgend zeigt sich der Einschnitt in folgender Form:





Im weiteren Verlauf der Strecke soll ein Bahndamm erstellt werden. Wir wechseln hierzu an das Streckenelement 138. Die Lage des DEM zeigt, dass mit der soeben vorgestellten Bauweise hier ebenfalls ein Einschnitt entstehen würde. Daher wird nun in manueller Bauweise ein kleiner Bahndamm erzeugt. Er soll eine Höhe von 2m aufweisen, so dass der Parameter Höhenlage wegen des Bezugs zur Gleisachse auf den negativen Wert „-2“ gesetzt wird. Die Neigung der Böschung entspricht in unserem Beispiel 34 Grad. Nachfolgend

wird die Böschung bis zum Streckenelement 66 ausgeführt. Es ergibt sich der nachfolgende Landschaftseindruck. Im Modul Wenholthausen wird ebenfalls ein manueller Damm von Element 756 bis Element 165 in Blickrichtung rechts vom Gleis angelegt. Die Höhe soll auch hier -2 m betragen.



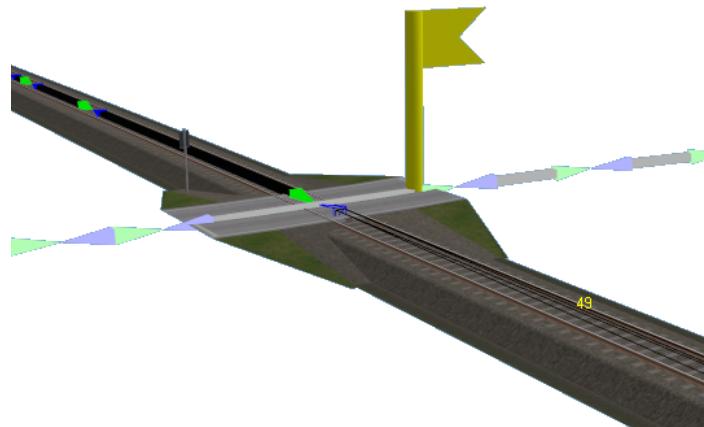
3.3.3.5 Erzeugen der Landschaftskacheln

Das Anlegen von Dateien der Landschaftskacheln mit geeigneten Größenaufteilungen und Sichtbarkeitsgrenzen erfolgt automatisch bei der Erzeugung der Mesh-Strukturen und erfordert keine korrigierenden Eingriffe des Anwenders. Ebenso werden neu einge-fügte 3D-Objekte ohne weiteres Zutun korrekt auf die vorhandenen Kacheln einsortiert bzw. auf neu erstellte Kacheln gespeichert. Auch die Aufteilung und Zuordnung des in einem späteren Schritt per Geländeformer erzeugten Geländemodells erfolgt über ent-sprechende Import-Funktionen und erfordert keine manuellen Eingriffe des Anwenders.

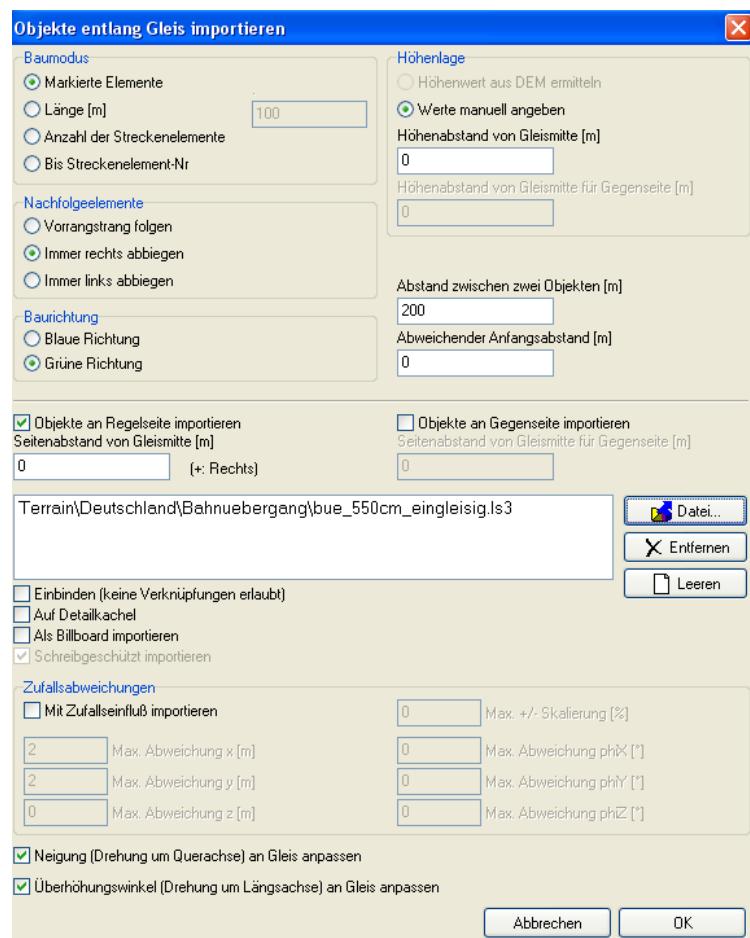
3.3.3.6 Einbau eines Bahnübergangs

An dieser Stelle ist lediglich das Einfügen des Landschaftsobjekts beschrieben. Der Einbau der Sicherungseinrichtungen erfordert den Einbau von Signalen und ist daher im nächsten Hauptkapitel im Kontext der streckenseitigen Ausrüstung beschrieben.

In Streckenkilometer 23,400 quert im Modul Eslohe eine Straße die Bahntrasse. Dort soll ein Bahnübergangsbausatz für eine eingleisige Strecke eingebaut werden. Der Einbau erfolgt mit der Funktion „Objekte entlang Gleis“, obgleich nur ein Element einzufügen ist, da diese Funktion die Überhöhung und Längsneigung des Vektorelements berücksichtigt und den Bahnübergang entsprechend kippt beziehungsweise dreht.

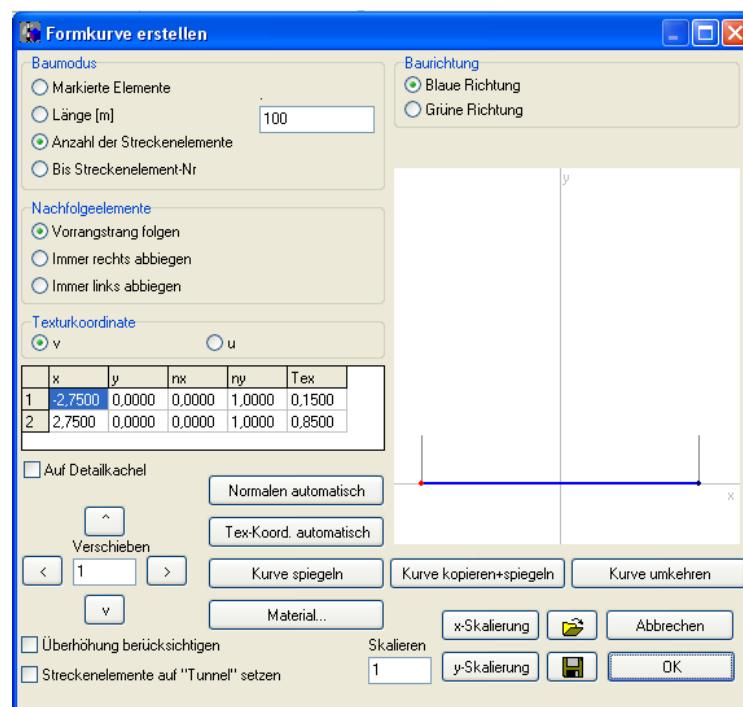


Die Bausätze sind in Richtung der Streckengleise ausgerichtet. Daraus wird das Streckenelement 49 markiert. Der Menüpunkt „Landschaft erstellen → Objekt entlang Gleis importieren“ wird mit den nebenstehenden Einstellparametern aufgerufen. Dabei sind die beiden Checkboxen unten links aktiviert. Sie stellen sicher, dass die Streckenlängsneigung sowie eine gegebenenfalls vorhandene Überhöhung übernommen werden. Der Bahnübergangsbausatz bue_550cm_eingleisig.ls3 im Verzeichnis Terrain\Deutschland\Bahnuebergang wird in die Listbox eingetragen und nachfolgend der Einbauschritt abgeschlossen.

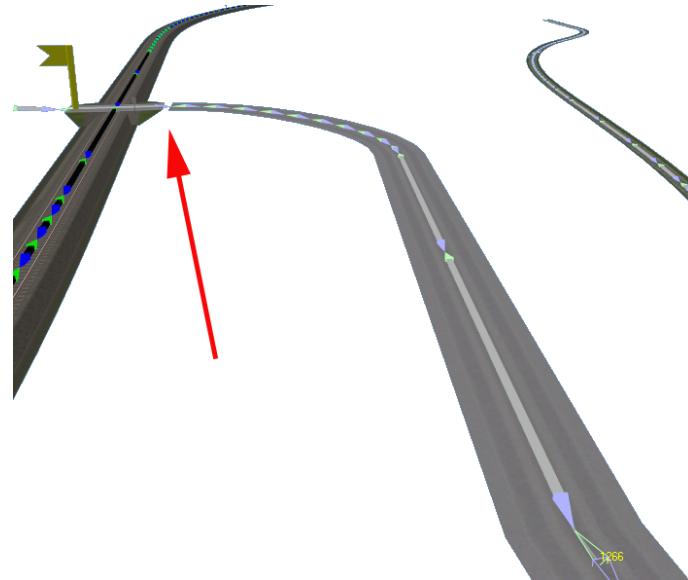


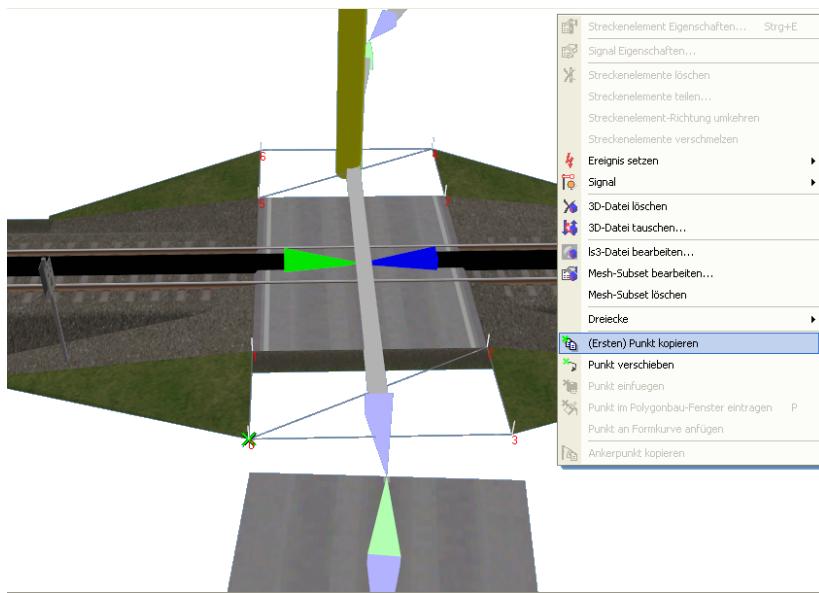
3.3.3.7 Bau von Straßen und Flüssen

Im Modul Eslohe soll nun eine Straße angelegt werden. Hierzu wird das Streckenelement 1266 ausgewählt. Nachfolgend wird die Funktion „Landschaft erstellen“ → Formkurve entlang Gleis anwenden“ aufgerufen. Diese bietet die Möglichkeit, ein vordefiniertes Querprofil einschließlich einer Textur entlang von Streckenvektoren einzubauen. Im Auswahldialog wird die unter Terrain\Deutschland\Strassen\MitBuergersteig bereitgestellte Datei Strasse_550cm_ohneBuergersteig-.shape.xml geladen. Für den Einbau geben wir „bis Element 1048“ an, dabei soll beginnend mit Element 1266 in grüner Richtung gebaut werden.

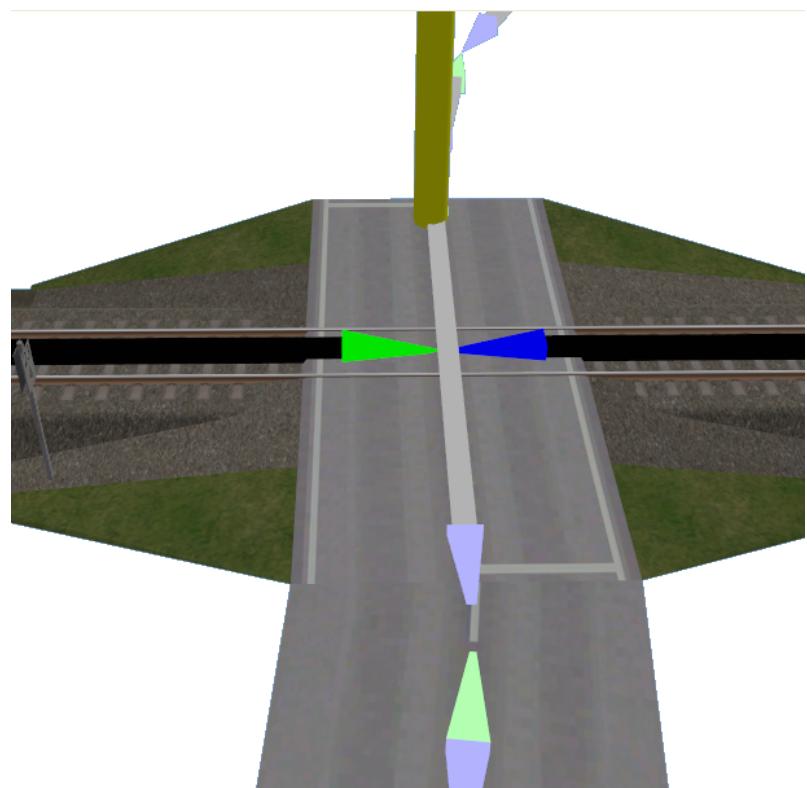


Das zweite Bild zeigt das Arbeitsergebnis. Die Straße folgt den Streckenelementen und weist eine Asphalttextur auf. Nun soll der Übergang an das Bahnübergangsobjekt modelliert werden, an dem derzeit noch eine Lücke in der Straße klafft. Im Bild ist dieser Bereich durch den roten Pfeil angedeutet.

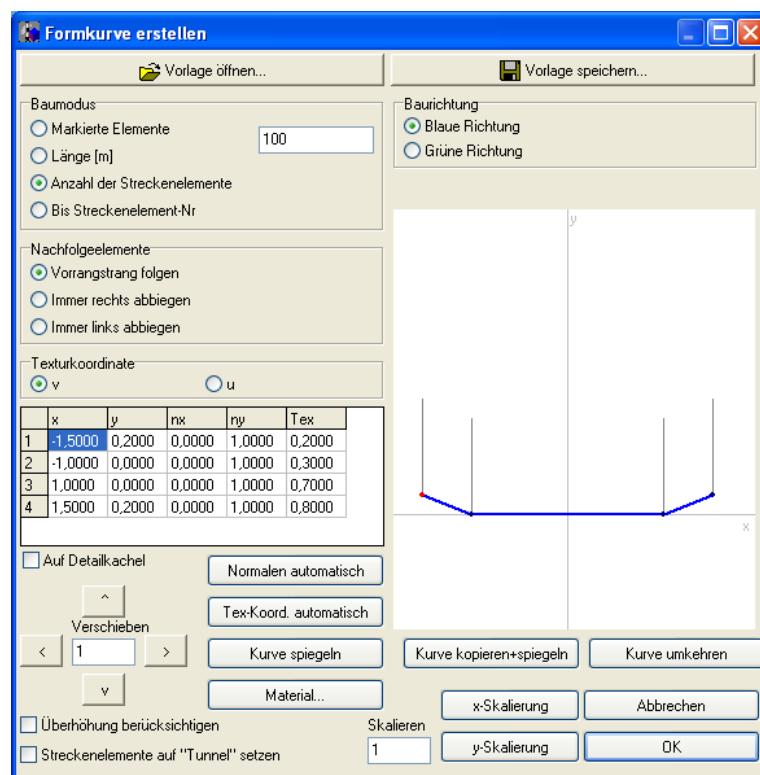




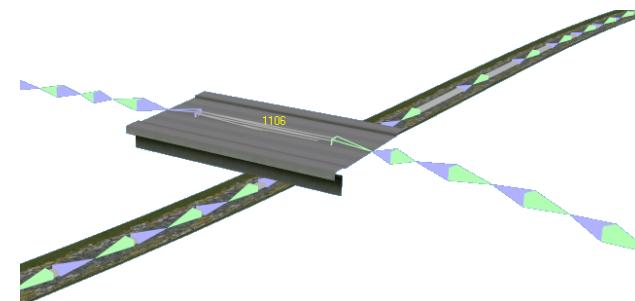
Mit der linken Maustaste wird der links zu sehende Eckpunkt 0 des Bahnübergangsobjekts markiert, so dass ein grünes Kreuz als Markierung erscheint. Über das Kontextmenü wird die Funktion „Ersten Punkt kopieren“ ausgewählt. Danach markiert man den linken Eckpunkt der Straße und wählt über das Kontextmenü „Punkt einfügen“. Damit wird der linke Eckpunkt der Straße auf das Bahnübergangsobjekt verschoben. Der gleiche Vorgang muss für den Bahnübergangseckpunkt 3 vorne rechts sowie die rechte Ecke der Straße wiederholt werden. Danach ergibt sich das folgende Bild, bei dem die Lücke zwischen Straße und Bahnübergang geschlossen worden ist.



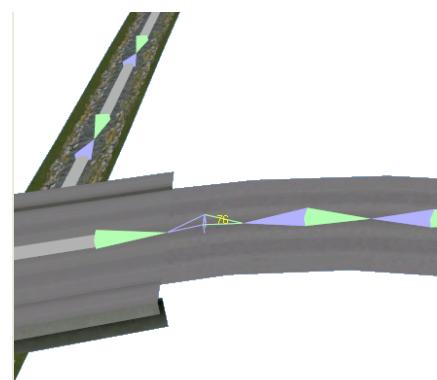
Nun soll ein Bachlauf zur Landschaft hinzugefügt werden. Auch in diesem Fall kommt der Bau mittels Formkurve zur Anwendung. Nach dem Markieren des Elements 581 wird die Funktion „Landschaft erstellen → Formkurve entlang Gleis“ aufgerufen. Mit der Vorgabe „100 Streckenelemente“ wird der gesamte nachfolgende Vektorelemente-Zug mit dieser Formkurve belegt. Die benötigte Formkurven-Definition findet sich unter Terrain\General\Water\brook_2m.shape.xml. Nach dem Bestätigen ist das gewünschte Gewässer fertiggestellt.



An der Stelle, an der die Straße den Bachlauf kreuzt, soll im nächsten Arbeitsschritt eine einfache Bachbrücke erstellt werden. Das Straßen-element 1106 liegt unmittelbar über dem Bach und wird mit einem Mausklick markiert. Auch für den Bau von Standardbrücken existieren vorgefertigte Formkurven. In diesem Fall wird per „Formkurve entlang Gleis“ die Definitionsdatei Terrain\Deutschland\Bruecken\Betonbruecke_Strasse750cm\Betonbruecke750.shape.xml geladen. Indem der Baumodus auf „markierte Elemente“ umgestellt wird, erfolgt der Einbau lediglich für das einzelne Straßenelement.

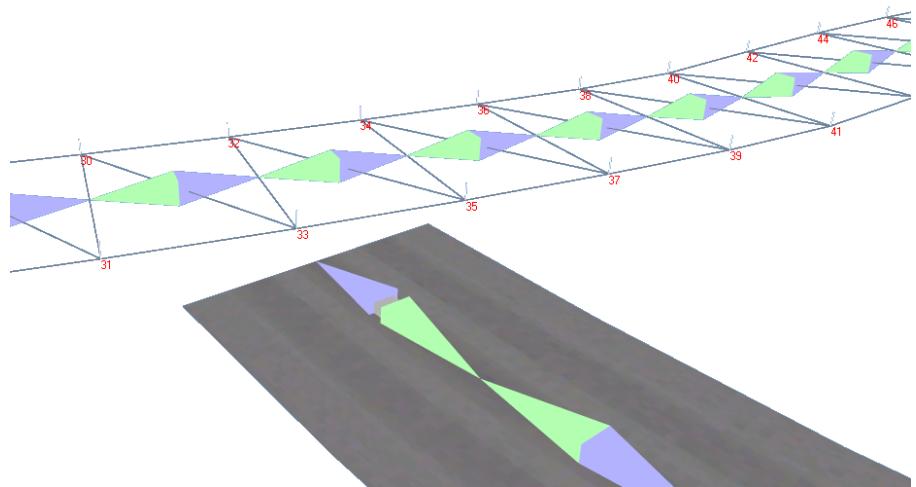


Nun muss die Straße noch an die Brücke angeschlossen werden. Ausgehend vom Element 1276 wird mittels „Formkurve entlang Gleis“ über 10 Elemente in grüner Richtung die in der Datei Terrain\Deutschland\Strassen\MitBuergersteig\Strasse_550cm_ohneBuergersteig.shape.xml hinterlegte Definition eingebaut. In gleicher Weise erfolgt der Einbau auf der anderen Brückenseite ausgehend

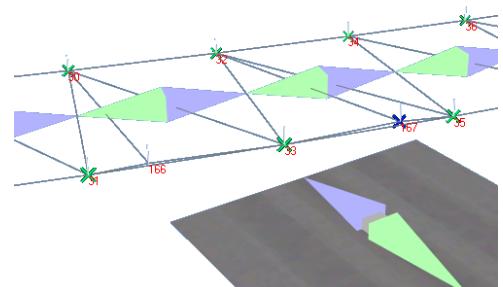


vom Element 1286.

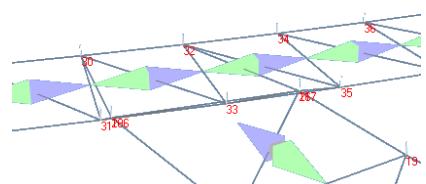
Bevor der Brückeneinbau finalisiert werden kann, ist der neu erstellte Straßenzug an die bereits vorhandene Dorfstraße anzuschließen. Ein Klick auf die Straßenlandschaft zeigt die Struktur des Meshs im Bereich der Kreuzung.



In der Menüleiste wird die Funktion „zusätzlichen Punkt einfügen“ aktiviert. Anschließend werden in Verlängerung des grauen, von der Brücke kommenden Straßenzuges, durch Mausklick bei gedrückter Strg-Taste zwei Punkte zwischen den Markierungen 31/33 sowie 33/35 eingefügt, an welche die Straße nachfolgend angepasst werden soll. Im rechten Bild ist der erste eingefügte Punkt mit der Nummer 67 als blau markiertes Kreuz dargestellt. Der zweite Punkt ist mit der Nummer 166 erkennbar.

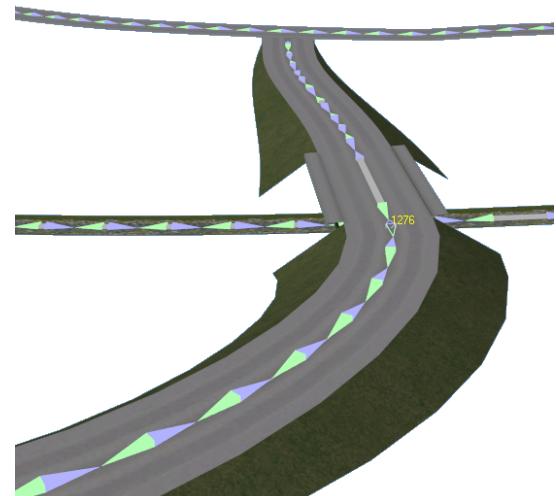
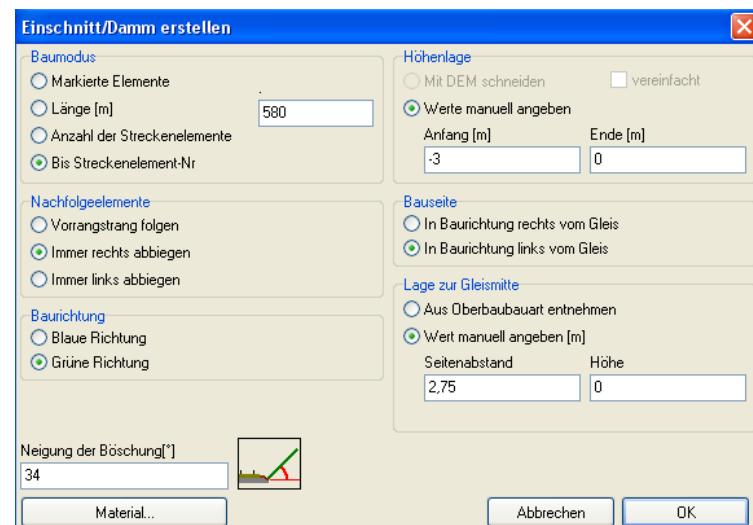


Mit Hilfe der bereits bekannten Methode des Punktekopierens und Einfügens wird danach die abzweigende Straße an die Dorfstraße angeglichen. Damit ergibt sich die nebenstehende Struktur der beiden Straßen-Meshes.

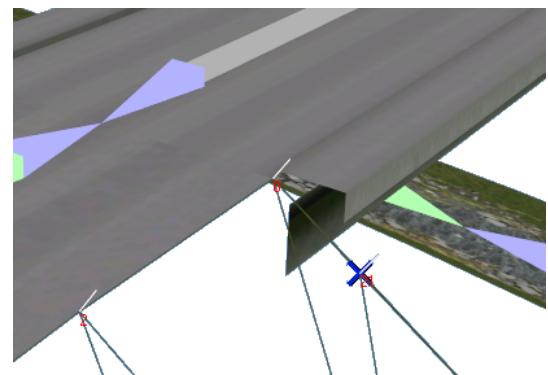


Um die korrekte Höhenlage der Brücke zu erreichen, sollen auf beiden Seiten der Straße nun Dämme erstellt werden. Zu diesem Zweck wird wiederum die Funktion „Böschung und Dämme erstellen“ genutzt. Ausgehend vom Element 1286 soll in grüner Richtung bis zum Element 580 gebaut werden. Der untere Rand der Böschung liegt anfangs 3 m unter der Straßenhöhe und steigt bis zum letzten Element auf Straßenniveau an. Der Seitenabstand zur Straßenmitte wird ebenfalls manuell eingegeben. Die Registerkarte rechts zeigt die Einstellungen.

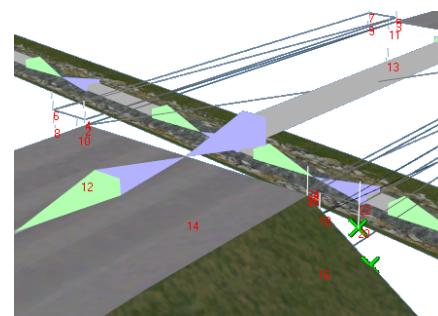
In gleicher Weise werden die drei übrigen Böschungen entlang der Straße, jeweils ausgehend von den Elementen unmittelbar an der Brücke, gebaut. Damit ergibt sich folgender Zwischenstand des Bauvorhabens.



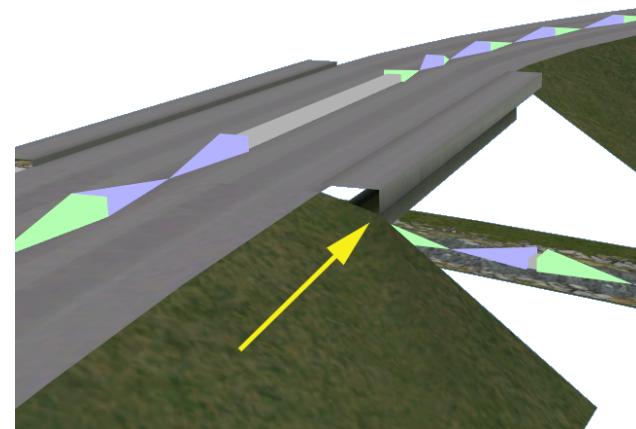
Im nächsten Arbeitsschritt wird der Übergang zwischen Brücke und Straßenböschung sauber angepasst. Im ersten Schritt fügen wir einen zusätzlichen Punkt – hier durch das blaue Kreuz dargestellt – in das Böschungs-Mesh ein. Dieser Punkt soll anschließend auf die rechte untere Ecke des Beton-Tragbalkens der Brücke gezogen werden.



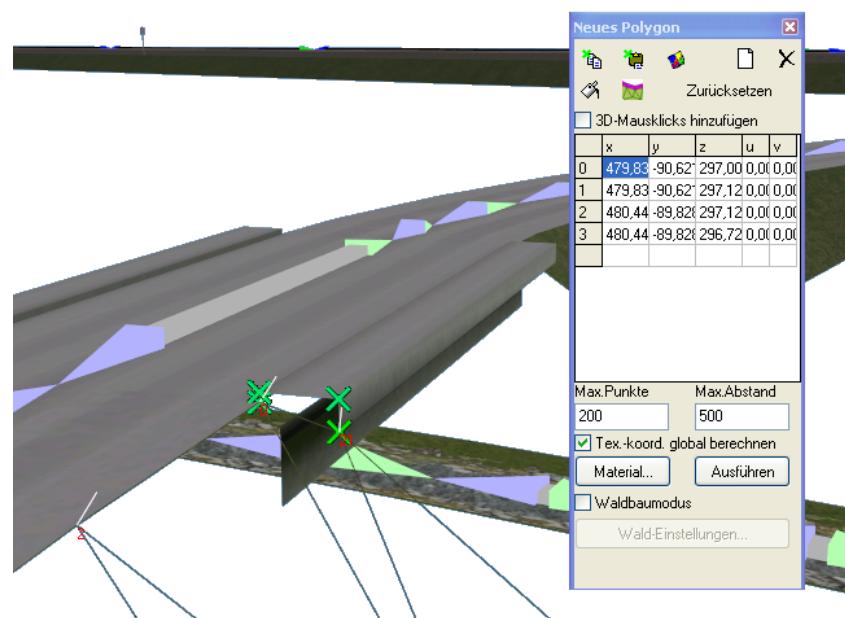
Nun wird dieser untere Eckpunkt des Brückenbalkens markiert und die Punktkoordinaten kopiert. Der zuvor erzeugte Punkt des Böschungs-Meshs wird nachfolgend markiert und die Funktion „Punkt einfügen“ aufgerufen. Damit ist die Böschung an die Brückenkonstruktion übergangslos angebunden. Im nebenstehenden Bild sind zur Veranschaulichung die beiden Punkte der Brücken und der Böschung noch vor dem Einfügen dargestellt.

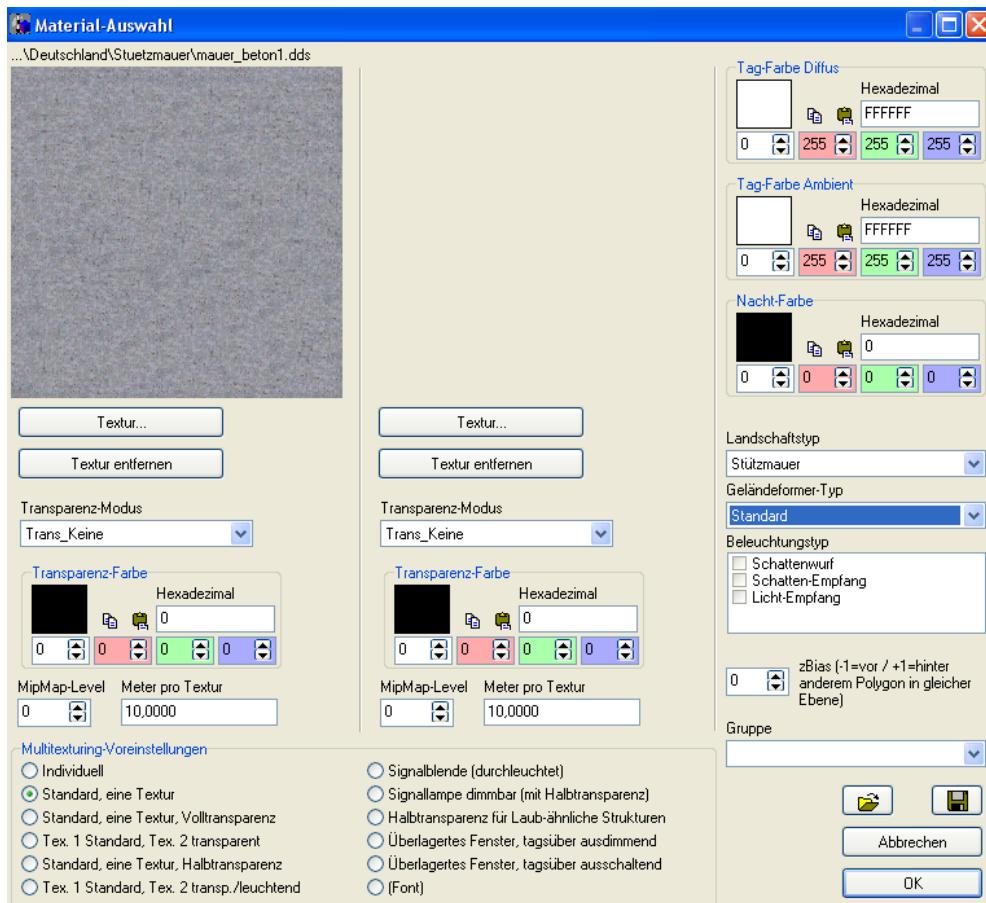


Mit diesem Vorgehen werden auch an den übrigen drei Ecken des Brückenbauwerks die Übergänge erstellt. In der Grafik rechts ist durch den gelben Pfeil der Anstoßpunkt zwischen Böschung und Brückenbalken hervorgehoben. In diesem Bereich ist vor Kopf am Tragbalken erkennbar, dass noch eine Lücke im Bauwerk gefüllt werden muss.

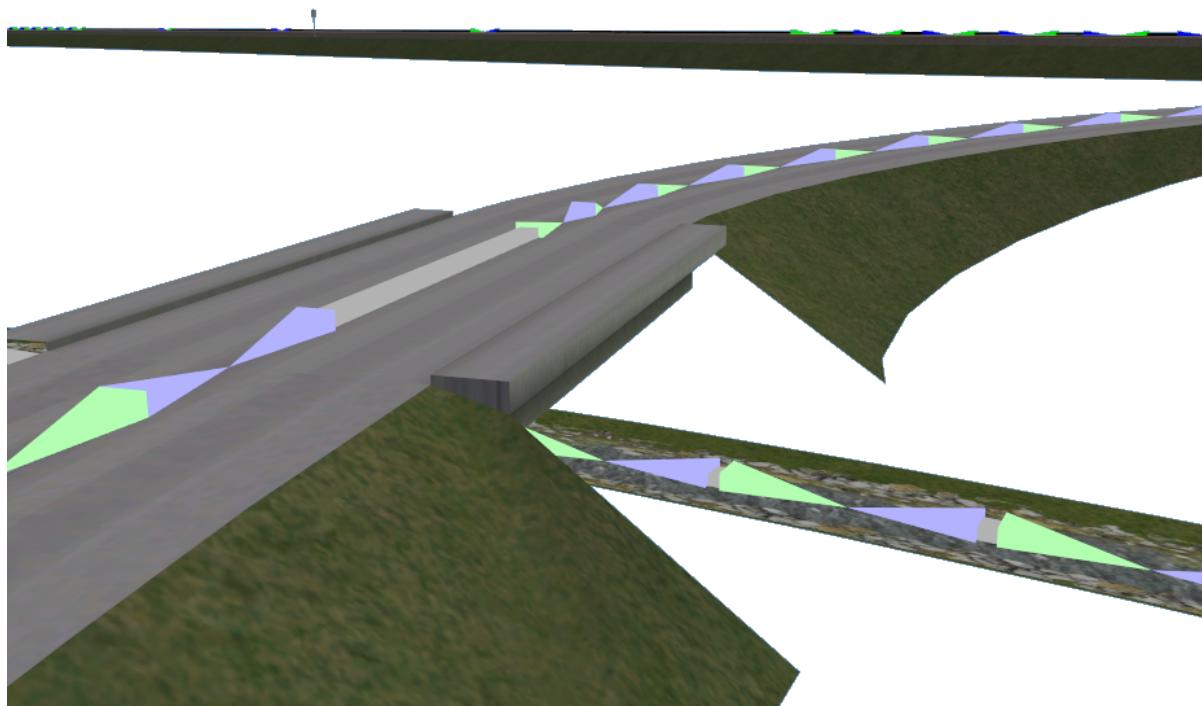


Diese Arbeit wird mit dem Polygonbaumodus durchgeführt. Die vier Eckpunkte des Tragbalkens werden nacheinander mit der Maus ausgewählt und durch die Taste „P“ in die Auflistung des Polygonbau-Dialogfensters übernommen. Nachstehend sind die für das Material vorgenommenen Einstellungen zu sehen. Als Textur findet die Datei RailwayObjects\Deutschland\Stuetzmauer\mauer_beton1.dds Verwendung.



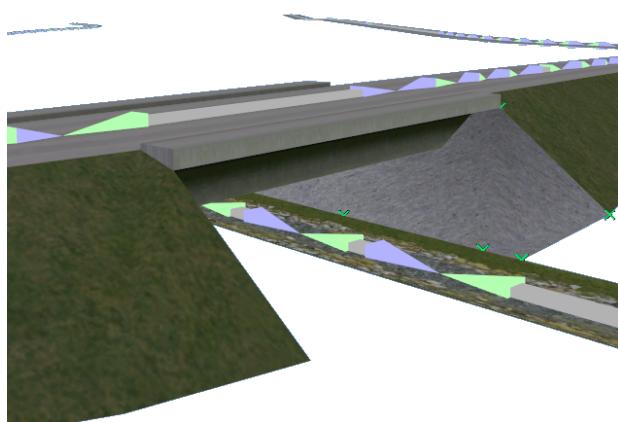
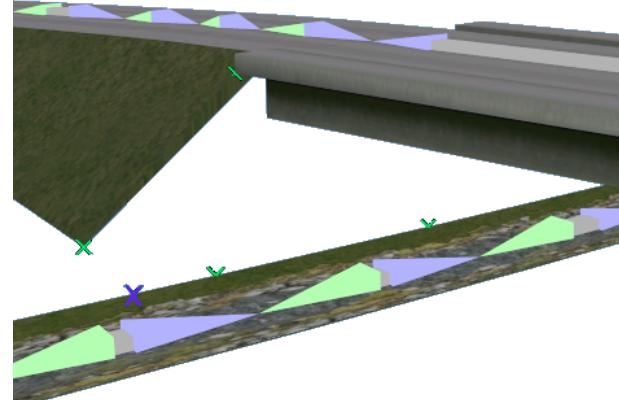


Wenn alle benötigten Parameter eingestellt sind, ergibt sich nach dem Klick auf die Schaltfläche „Ok“ das nachfolgende Bild mit einer senkrechten Fläche, die den Brückenträgbalken abschließt. Die Arbeitsschritte werden für die übrigen drei Ecken der Brücke wiederholt.



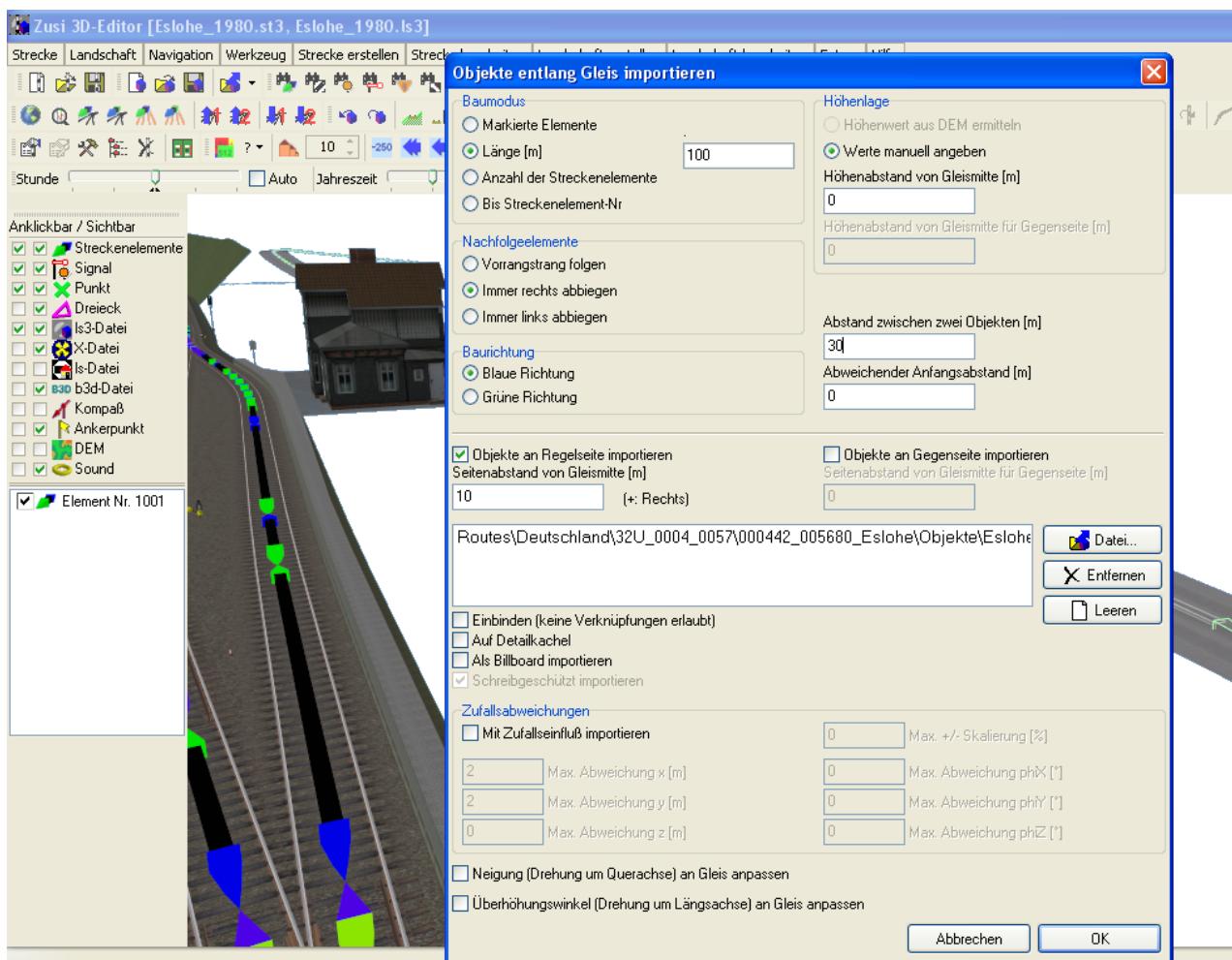
Um später dem Geländeformer ein nahtloses Anschließen zu ermöglichen und zugleich den Vorbildeindruck zu verbessern, werden noch Betonabstützungen an den Brückenenden eingebaut. Alternativ könnten auch voll durchgebildete Widerlager zum Einsatz kommen, auf die aber hier aus Aufwandsgründen verzichtet wird. Zunächst werden an den Rändern des Bachlaufs auf beiden Seiten je zwei zusätzliche Punkte eingefügt, die in Verlängerung der unteren Eckpunkte der Straßenböschung liegen sollten. In der folgenden Grafik ist durch ein blaues Kreuz markiert einer dieser Punkte zu sehen.

Mit den bereits zuvor genutzten Einstellungen für das Material (`mauer_beton1.dds`) wird der Polygonbaumodus aufgerufen. Die Anstoßpunkte, an denen die Betonfläche anschließen soll, setzen sich zusammen aus dem Bachufer, den unteren Ecken der Böschungen sowie den äußeren unteren Ecken der Tragbalken. Diese Punkte werden entsprechend dem bereits bekannten Verfahren einzeln im Uhrzeigersinn markiert und mit der Taste „P“ in die Auswahlliste übernommen. Nach dem Ausführen ist das gewünschte Ergebnis erreicht. Die Arbeitsschritte sind anschließend für die zweite Brückenseite zu wiederholen.

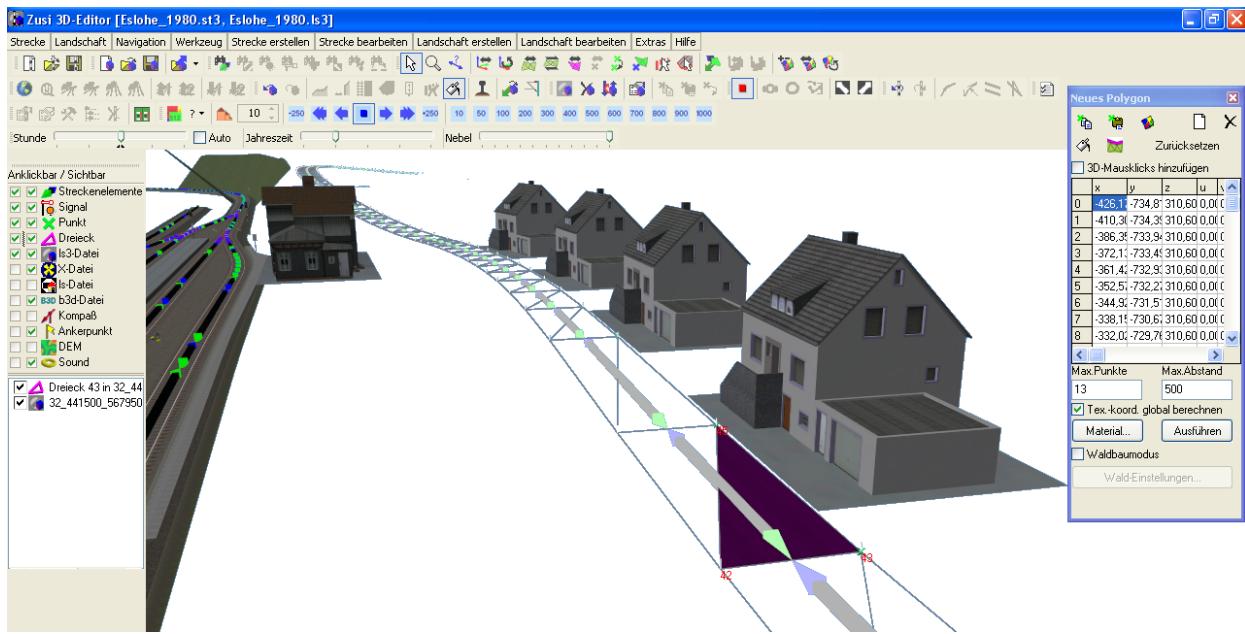


3.3.3.8 Importieren von Gebäuden

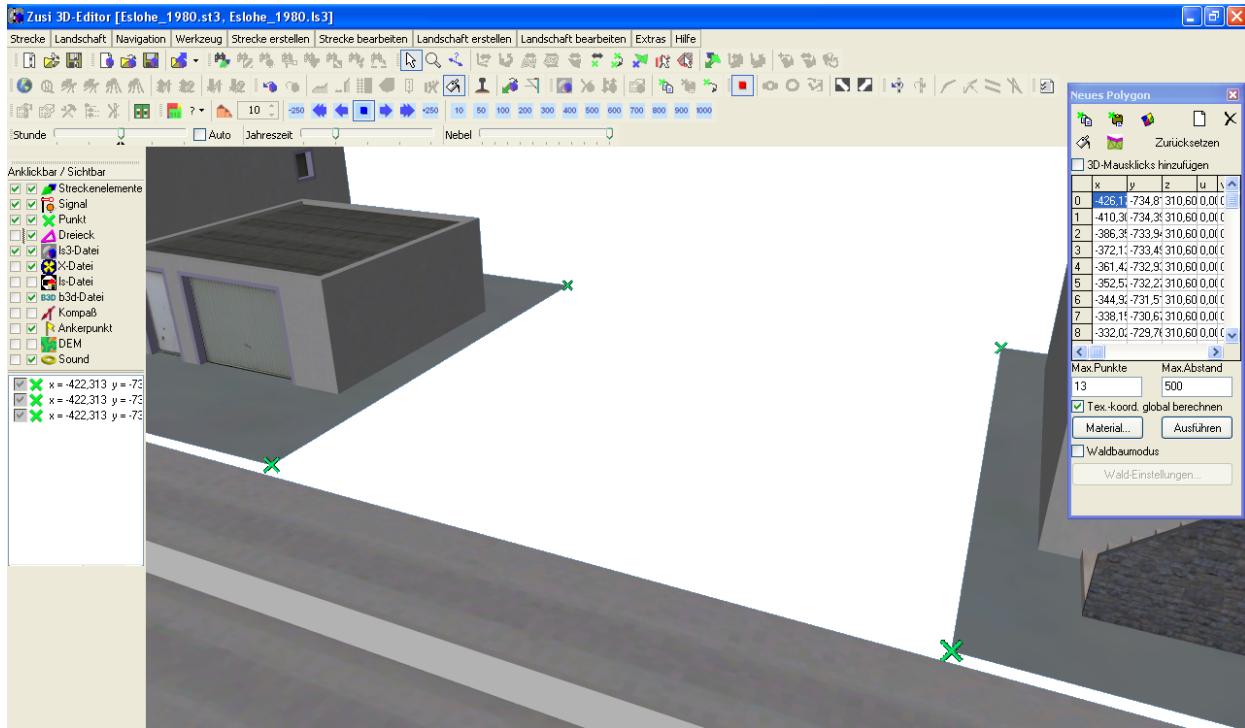
Für den Einbau von Gebäuden und weiteren Objekten bietet der 3D-Editor mehrere Funktionen an. Welche Bauweise zum Einsatz kommt, hängt vom Anwendungsfall sowie letztlich der Entscheidung des Anwenders ab. Auf den nächsten Seiten werden die verschiedenen Ansätze in ihren Grundzügen anhand des Einbaus von Gebäuden vorgestellt. Die Verfahren lassen sich in analoger Weise auf andere Objekteinbauten übertragen.



Werden gleiche Objekte mehrfach benötigt, wie zum Beispiel Gebäude längs eines Straßenzuges oder beispielsweise Straßenlaternen, die die nachfolgend beschriebene Funktionalität sinnvoll. Für den Einbau mehrerer Häuser an der Bahnhofstraße des Moduls Eslohe wird dort das Streckenelement 1000 markiert. Bei Aufruf der Funktion „Landschaft erstellen → Objekte entlang Gleis importieren“ wird der Konfigurationsdialog wie oben gezeigt ausgefüllt. Als Gebäudedatei wird im Modulordner die im dortigen Unterverzeichnis `Objekte\Eslohe02_Wohnhaeuser` enthaltene Datei `Haus135.lod.ls3` gewählt. Beginnend mit Vektorelement 978 wird zudem mit dem zuvor beschriebenen Formkurven-basierten Verfahren eine 7,50 m breite Straße angelegt. Nach dem Einbau ergibt sich das folgende Bild:

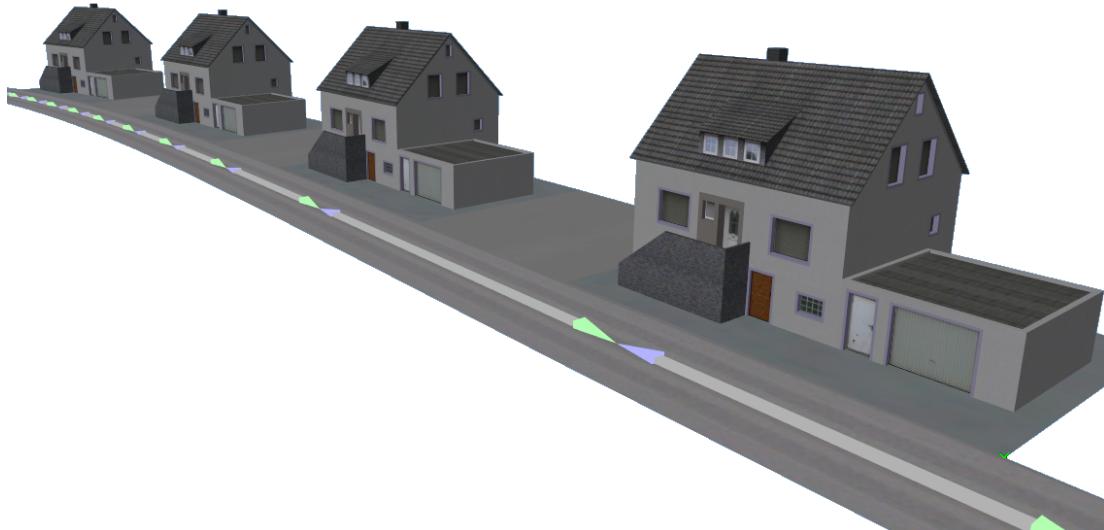


Nun sollen die Lücken zwischen den Häuser-Grundplatten und der Straße geschlossen werden. Daher wechseln wir mit dem Aufruf „Landschaft erstellen → Polygonbaumodus“ in eine Funktion, welche die Übernahme der Eckpunkte in eine Listendarstellung erlaubt. Diese ist in der vorherigen Darstellung bereits eingeblendet. Hier setzen wir den Parameter „Material“ auf Terrain\Deutschland\Asphalt\Asphalt.dds. Mit Hilfe dieser Funktion wird ein Grundplatten-Polygon aus einer Liste von Punkten als Umhüllende gebildet.

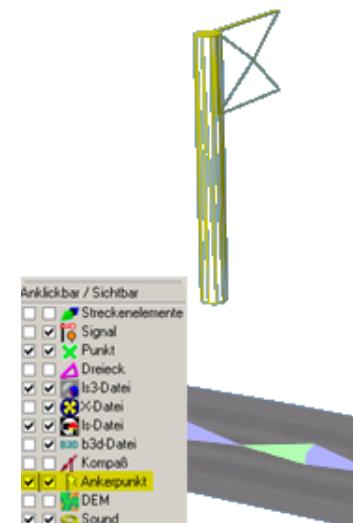


Als Landschaftstyp wird „Straße“ und als Geländeformertyp „Standard“ eingetragen. Wie in der Dialogbox zu sehen, tragen wir als maximale Punktzahl den Wert 13 ein. Um die Flächen markieren zu können, werden im Darstellungs-Menü links am Bildrand für „Dreieck“ beide Checkboxen für „anklickbar/sichtbar“ aktiviert. Mit der linken Maustaste wird das rechte Dreieck am Vektorelement 1000 markiert. Dieses färbt sich dunkel, wie im

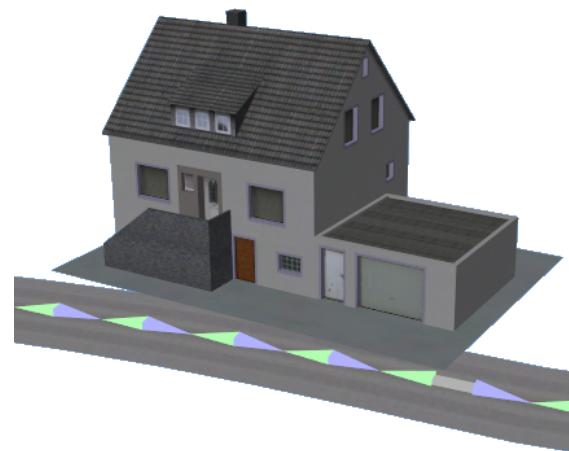
zuvor gezeigten Bild erkennbar. Ein Klick auf das Farbeimer-Symbol des Polygon-Dialogs übernimmt die vorgewählte Anzahl von 13 Punkten entlang des Straßen-Meshes in die Liste. Dies ist an den grünen Kreuzen entlang des Straßenzuges erkennbar. Nun werden die einzelnen Eckpunkte der Häuser-Grundplatten, beginnend mit dem hintersten Haus, im Uhrzeigersinn markiert und jeweils mit der Taste „P“ in die Liste übernommen. Nach dem Markieren des letzten Eckpunktes der Grundplatte in Höhe des Streckenelements 1000 können mit „Ausführen“ die Flächen gebildet werden. Es ergibt sich das folgende Bild. Der Einbau der Häuser und der Anschluss an die umgebende Landschaft sind damit abgeschlossen.



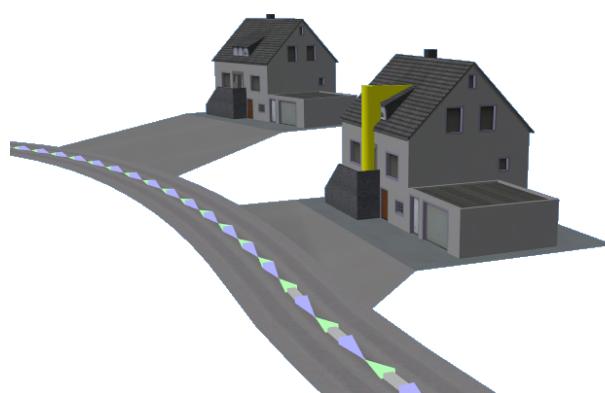
Eine weitere Möglichkeit, schnell und effizient Objekte in der Landschaft zu platzieren, ist der Import an Markerpunkte. Hierzu sind in der Objektauswahl die Checkboxen „Anker“ bei sichtbar/selektierbar beide zu aktivieren. Wir werden nun Häuser auf diese Weise einbauen und wechseln zum Element 898. Dort ist ein gelbes Markerfähnchen erkennbar, das bereits im Gleisplan-editor gesetzt worden war. Dies wird mit der linken Maustaste selektiert. Mit der Tastenkombination „Strg+K“ wird das lokale Koordinatensystem, der Kompass, an diesem Hilfselement ausgerichtet.



Mit der rechten Maustaste erreichen wir das Kontextmenü und rufen dort die Funktion „Import an Ankerpunkt → Landschaftsobjekt verknüpft importieren“ auf. Die benötigte Haus-Datei finden wir im Modulverzeichnis Eslohe unter Objekte\Eslohe02_Wohnhaeuser\Haus135.lod.ls3. Nach dem Bestätigen ist das Haus in die Landschaft geladen. Die Ausrichtung orientiert sich am Markerfähnchen und kann nach dem Selektieren des Objekts mit der entsprechenden Editorfunktion, zu erreichen über den Menüpunkt „Werkzeug → Verknüpfte Datei drehen“, gedreht werden, bis die Hausfront ungefähr parallel zum Straßenverlauf angeordnet ist. Zusätzlich wird das Haus mittels „Werkzeug → Verknüpfte Datei verschieben“ ein kleines Stück von der Straße weg verschoben. Die zuvor erfolgte Ausrichtung des Kompasses am Marker kann mit gedrückter x- bzw. y-Taste die Verschiebung in Richtung des Markers bzw. senkrecht dazu an die gewünschte Position durchgeführt werden.

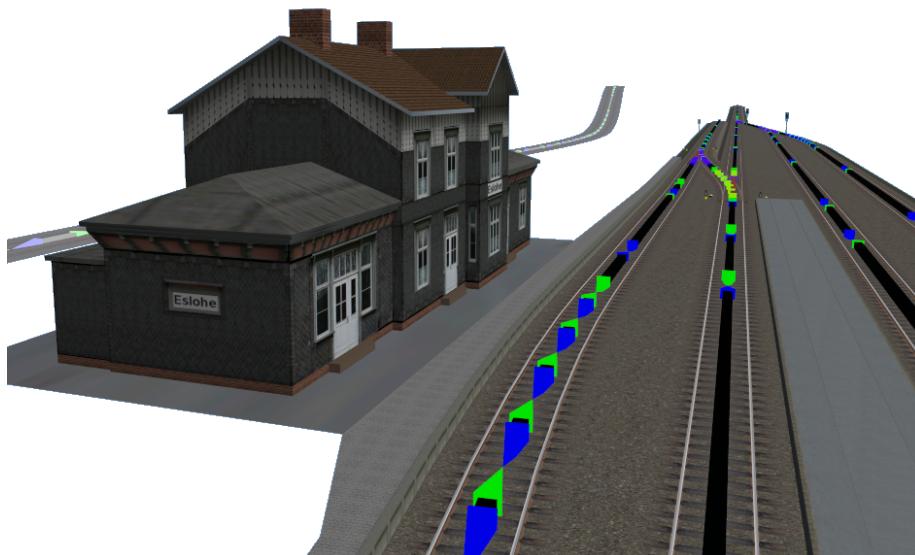


Nach dem Einbau weiterer Häuser werden die Flächen zwischen der Straße und den Grundstücken in der zuvor erläuterten Weise im Polygonbaumodus gefüllt. Das fertige Arbeitsergebnis präsentiert sich wie rechts zu sehen.



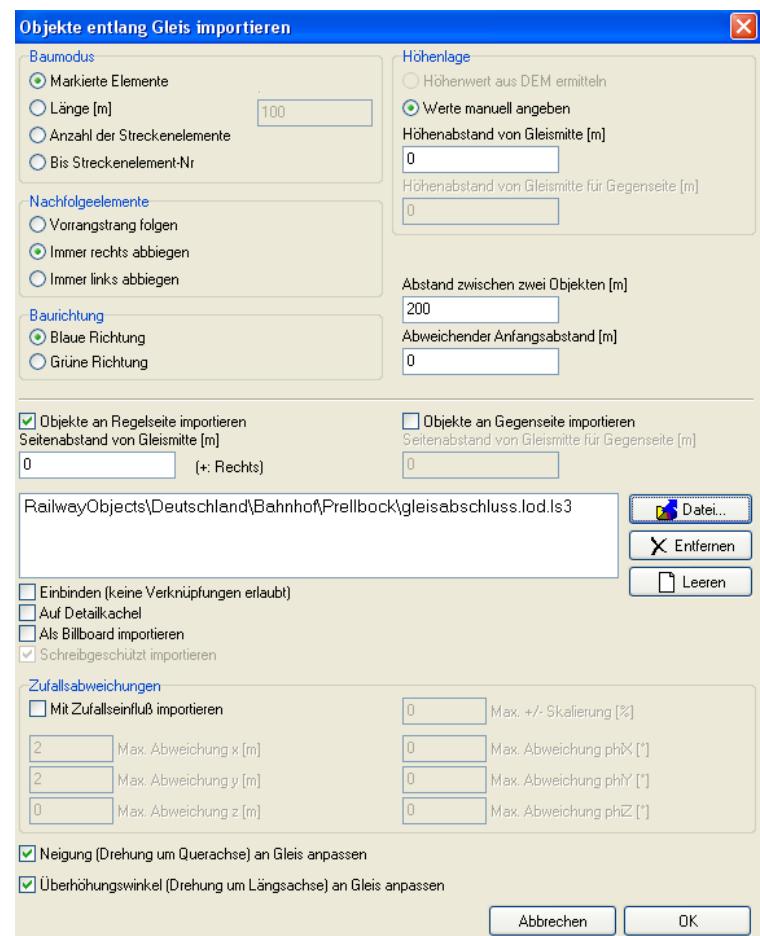
Für den Fall, dass keine Markerelemente vorhanden sind, wird der Objektimport wie bereits erläutert mittels vorhandener Streckenelemente vorgenommen. Nachfolgend ist das Vorgehen für das Empfangsgebäude von Eslohe gezeigt. Zuerst wird ein Streckenelement in Höhe des Bahnsteigs markiert und mit Strg+K der Kompass an diesem Element ausgerichtet.

Über die Funktion „Landschaft → Landschaftsobjekt verknüpft importieren“ wird die im Modulverzeichnis Eslohe liegende Datei Objekte\Eslohe01_EG\Eslohe01_EG.lod.ls3 in die Landschaft geladen. Um das Bahnhofsgebäude exakt zu positionieren, wird es mit einem Mausklick ausgewählt. Mit der Funktion „Koordinaten des gewählten Objekts verschieben“ kann bei gedrückter Taste X mit der linken Maustaste in Längsrichtung des Gleiselements verschoben werden. Entsprechend ist bei Drücken der Taste Y ein Verschieben senkrecht zum Element möglich. Um den Bahnsteig an die Grundplatte des Empfangsgebäudes anzupassen, wird zuerst der linke Eckpunkt der Grundplatte und danach die drei nächstgelegenen Punkte des Bahnsteigs markiert und die Flächen mit den Funktionen „ersten Punkt markieren“ und „Punkt einfügen“ angeschlossen. In gleicher Weise wird mit dem rechten Eckpunkt der Grundplatte und den dort nächstgelegenen Bahnsteigpunkten verfahren. Im nächsten Screenshot ist der erreichte Zustand abgebildet:

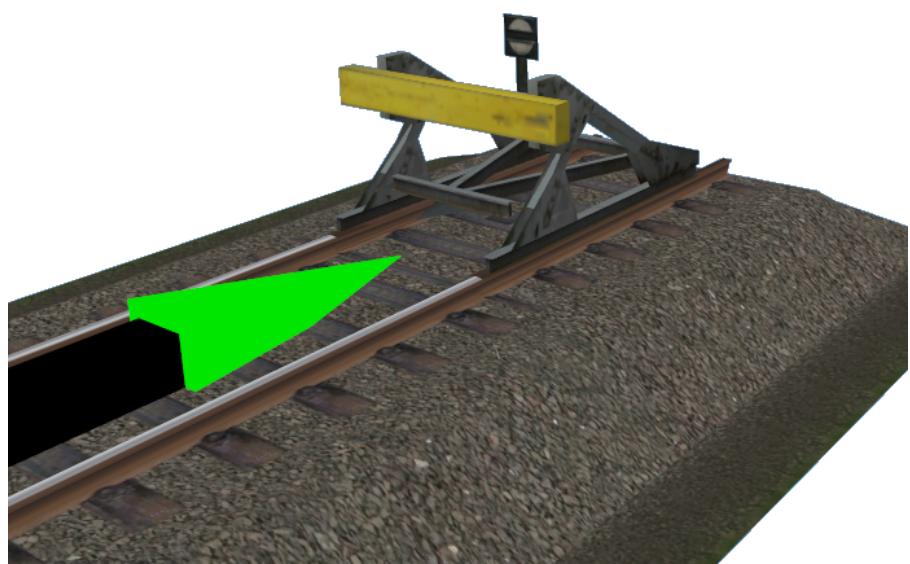


3.3.3.9 Einbau weiterer Objekte

Beispielhaft wird nun das Einfügen eines Prellblocks im Modul Wenholt-hausen beschrieben. Dazu markieren wir das Element 821 und richten mit „Strg+K“ den Kompass an diesem Gleisstück aus. Dies erfolgt als Vorbereitung des im zweiten Schritt durchführenden Verschiebe- und Ausrichtungs-Vorgangs. Mittels „Landschaft importieren → Objekte entlang Gleis importieren“ werden die Dialog-Parameter wie nebenstehend zu sehen ausgewählt. Wichtig sind hier die beiden unten Checkboxen. Durch die Aktivierung wird das Prellblock-Objekt an die Gleislängsneigung ausgerichtet. Auch eine in Kurvenbereichen vorhandene Überhöhung – hier natürlich nicht gegeben – würde mit dieser Einstellung berücksichtigt.

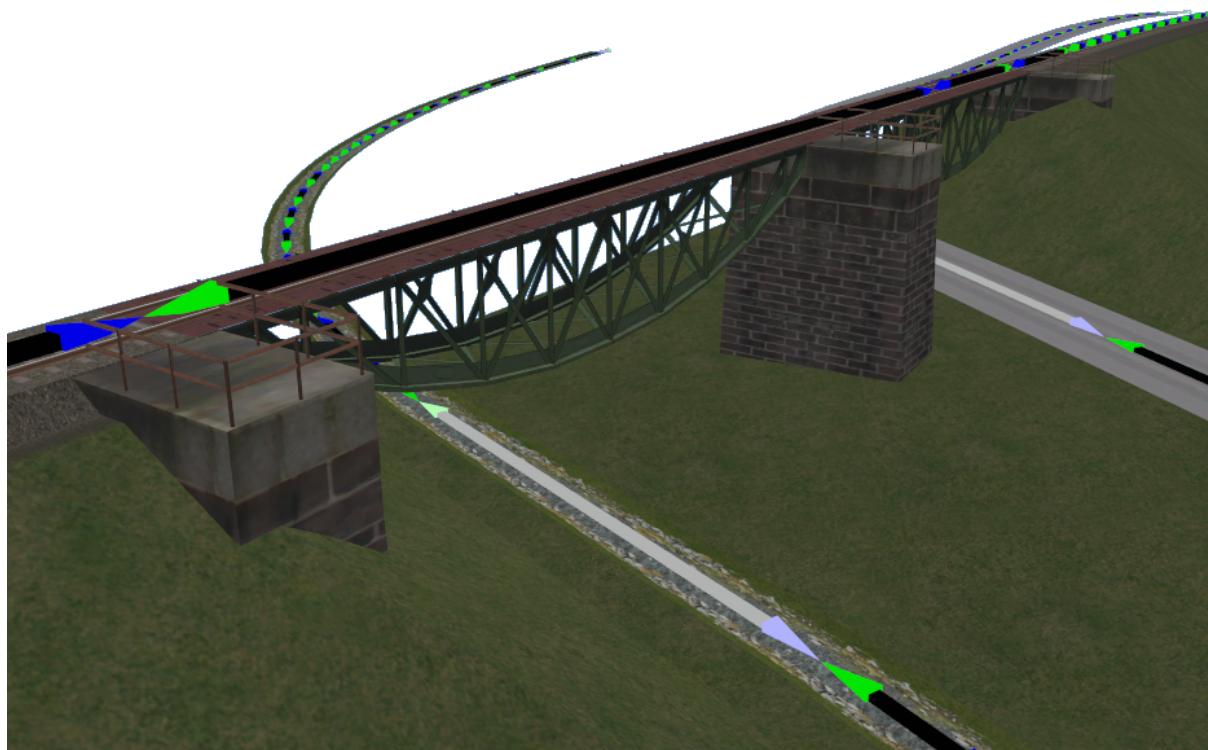


Mit der linken Maustaste wird der Prellbock markiert und nachfolgend in x-Richtung an die passende Stelle verschoben. Nun werden in der Editorauswahl die Ankerpunkte auf „anklickbar / sichtbar“ geschaltet. Markiert man den Ankerpunkt am Prellbock und nutzt die rechte Maustaste, so kann dort das Gleisabschluss-Signal `sh0-scheibe_mit_halter.lod.ls3` aus dem Unterordner



`RailwayObjects\Deutschland\Bahnhof\Prellbock\signalscheiben` angebracht werden.

Mit dieser Vorgehensweise können beliebige Objekte, wie Brücken oder Brückepfeiler eingebaut werden. Das nachfolgende Bild zeigt den Talübergang über den Fluss Wenne, der im Modul Wenholtshausen zum Einbau kommt. Abschließend noch ein Tipp zum exakten Positionieren: Markiert man mit der linken Maustaste per Doppelklick ein Objekt, so lässt sich das Verschieben des Objektes mit deutlich verlangsamter Geschwindigkeit durchführen.



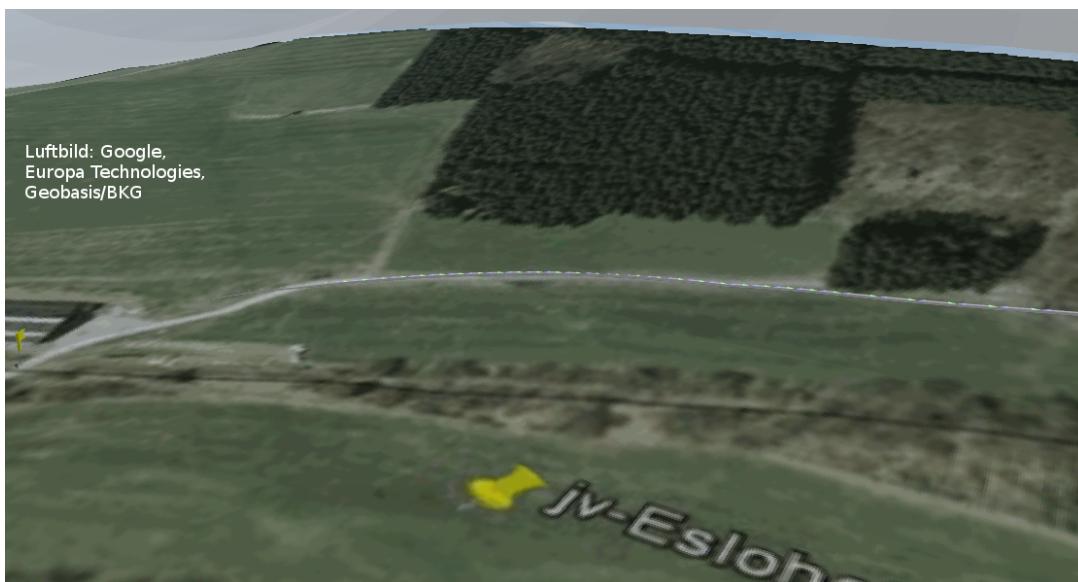
3.3.3.10 Bäume und Bewuchs

Für den Einbau von Bäumen und Sträuchern sollte zwischen Objekten im Bereich unmittelbar angrenzend an die befahrene Strecke sowie der Darstellung im Hintergrund unterschieden werden. Während Einzelobjekte in Streckennähe durch Import auf die Landschaftskacheln mit DEM-Bezug gesetzt werden, lassen sich entfernt stehende größere Baumgruppen oder Wälder polygonsparend und somit performance-freundlich im Waldbaumodus erstellen. Das Vorgehen ist außerhalb dieses Tutoriums in der Dokumentation der Landschaftsbau-Funktionen ausführlich beschrieben.

Prinzipiell ist es möglich, die einzelnen Bäume und Sträucher bereits vor der Erstellung der Grundplatte durch den Geländeformer in der Streckenlandschaft zu platzieren. Dazu wird die Höheninformation der hinterlegten DEM genutzt. Im unmittelbaren Umfeld der Strecke kann jedoch auf diese Weise ein Darstellungsproblem entstehen, wenn die bei der Geländeerstellung verwendeten Parameter für die Glättung der Landschaftsflächen einen Höhenversatz gegenüber der DEM bewirken. In diesem Fall können Baumwurzeln im Gelände versinken, oder aber die Objekte schweben über der Grundplatte. Daher ist es sinnvoll, Bäume und Büsche im Nahbereich erst nach Erstellen der Grundplatte zu importieren und als Höhenreferenz die Grundplatten-Meshes zu nutzen.

Der 3D-Editor bietet die Funktion, beliebige Zusammenstellungen von Bäumen und Büschen zu laden und entlang von Klicks in die Landschaft, der sogenannten Mausspur, zu importieren. Damit kann effizient mit wenigen Arbeitsschritten eine abwechslungsreiche Vegetation erstellt werden. Die hinterlegten Funktionsparameter erlauben die zufallsgesteuerte Variation der Objekthöhen und Positionen.

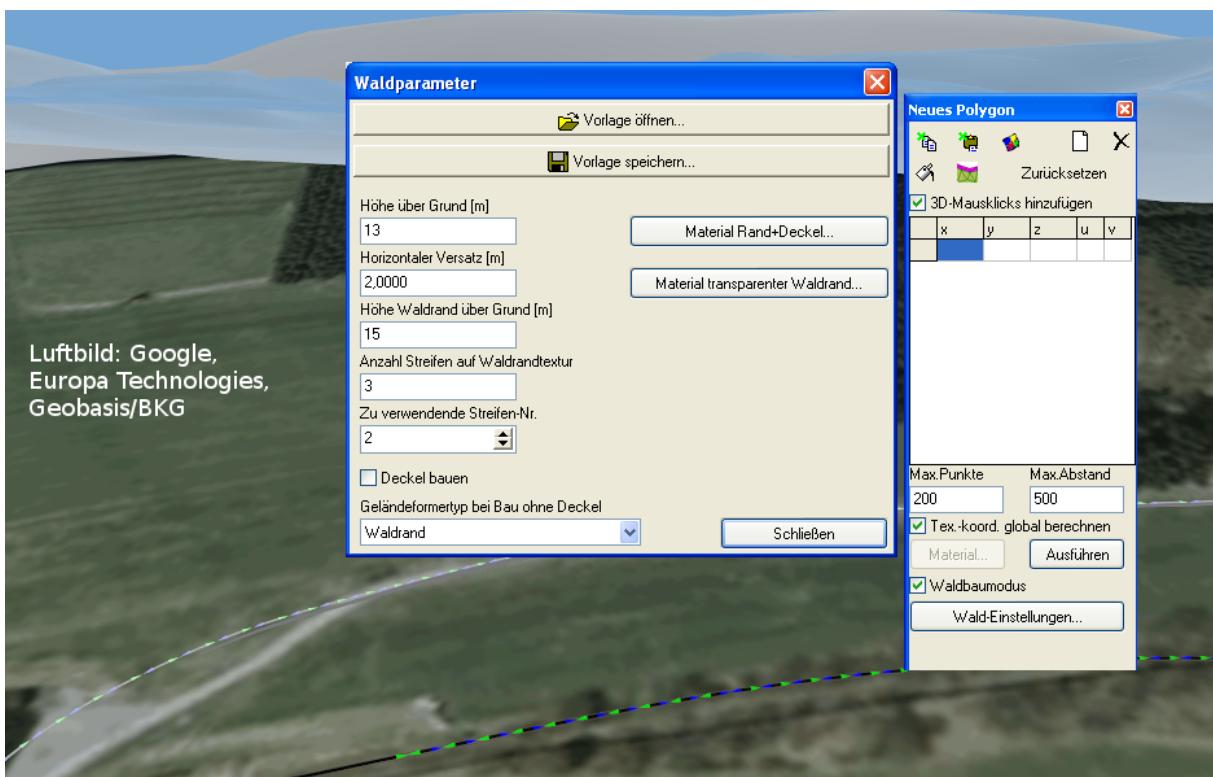
Im ersten Schritt soll nun noch vor der Erstellung der Grundplatte der Waldbauodus genutzt werden. Wir navigieren im Modul Eslohe zum Element 38. In der Liste der dargestellten Objekte ist die Checkbox bei DEM per Haken zu aktivieren. Danach wird die Funktion „Extras → DEM laden“ aufgerufen und die im Modul Eslohe hinterlegte Datei Lageplaene\Eslohe_Wenholtshausen.dem geladen. Im gleichen Menüeintrag findet sich die Funktion „Extras → georeferenziertes Bitmap auf DEM laden“. Diese rufen wir mit dem Dateieintrag Eslohe01_georef.trf auf. Nunmehr ist ein Luftbild auf die DEM-Höheninformation projiziert, das Aufschluss über die Lage von Waldgebieten in unserem Modul erlaubt.



Hinweis: Das für dieses Tutorium zur Verfügung stehende DEM weist leider in manchen Bereichen Ungenauigkeiten auf. Insbesondere in bewaldeten Gebieten liegen die Höhen-Daten erheblich zu hoch und weichen um rund 10 bis 15 m vom tatsächlichen Gelände-Verlauf ab. Dieser Effekt ist erfahrungsgemäß bei zahlreichen DEM-Daten zu beobachten. Bei der Erstellung von Landschaften für den Simulator bieten sich zwei prinzipielle Vorgehensweisen an, um die erforderlichen Adaptionen vorzunehmen.

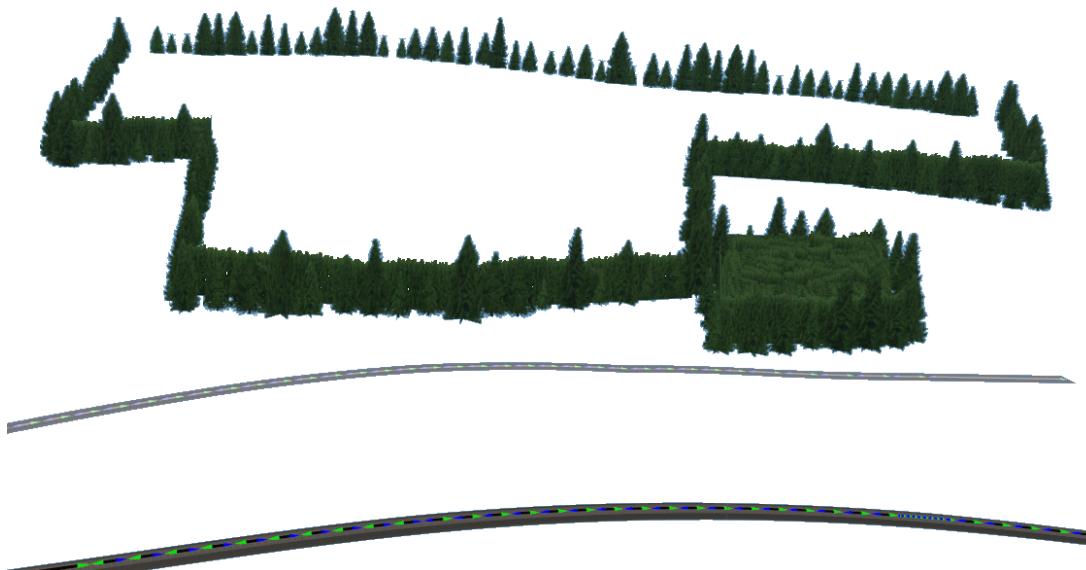
1. Korrektur der DEM-Daten auf der Basis zusätzlicher Höhenlageinformationen, z.B. Höhenlinien aus Digitalen Karten. Das Ziel besteht hierbei darin, eine möglichst fehlerfreie DEM-Datei zu erzeugen, um nachfolgend die Automatismen des 3D-Editors und des Geländeformers vollständig nutzen zu können. Das Vorgehen ist in der mitgelieferten Dokumentation des Ziegler-Tools TransDEM beschrieben.
2. Manuelle Adaption der Bauergebnisse am konkreten Einbauort im 3D-Editor. Hierbei werden die Landschaftsdateien so verändert, dass nachfolgend der Geländeformer trotz unzureichender DEM-Daten hinreichend gute Ergebnisse liefert. Insbesondere werden hierdurch unvermittelte „Steilhänge“ vermieden, die den Landschaftseindruck erheblich beeinträchtigen.

Die Auswahl des Verfahrens ist letztlich dem Anwender überlassen. In diesem Tutorium sind Hinweise in die Dokumentation integriert, welche Schritte bei Anwendung der alternativen Arbeitsweise hinzukommen beziehungsweise entfallen.



Nun wird die im Menü „Landschaft erstellen“ in den Polygonbaumodus gewechselt. Im unteren Bereich des Dialogfensters ist der Haken „Waldbau-Modus“ zu aktivieren. Das Vorbildfoto zeigt an dieser Stelle Tannen. Im Unterdialog „Waldeinstellungen“ wählen wir daher die Datei Terrain\General\Forest\Tannenwald.forest.xml aus. Nachdem die Check-

box bei „Deckel bauen“ ausgeschaltet ist, können wir den Dialog schließen. Im Dialog des Polygonbaumodus sollte noch die Checkbox „3D-Mausklicks hinzufügen“ auf aktiv gesetzt werden. Die Ränder der Waldkonturen werden durch Mausklicks im Uhrzeigersinn abgesteckt. Mit jedem Mausklick wird ein neuer Stützpunkt erzeugt. Das Drücken auf „Ausführen“ erstellt die gewünschten Waldstrukturen. Diese zeigt das folgende Bild.



Hinweis: Sofern ein DEM guter Qualität mit korrekten Höhendaten vorliegt, wird die Checkbox bei „Deckel bauen“ nicht aktiviert. In diesem Fall erstellt der Geländeformler die Abdeckung der Waldfläche. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt im nicht ebenen („platten“) Walddeckel, sofern innerhalb des Waldbereichs entsprechende Höhen-Stützpunkte vorhanden sind. Alternativ kann bei bekannten Mängeln der DEM-Daten die Checkbox des Parameters „Deckel bauen“ aktiviert werden. In diesem Fall wird bereits im 3D-Editors ein Walddeckel angelegt, der nachfolgend vom Geländeformler nicht mehr modifiziert wird.

In Vorbereitung des Geländeformler-Aufrufs sind grundsätzlich keine weiteren Arbeitsschritte erforderlich. Die vom Geländeformler zu erstellende Grundplatte schließt bei korrektem DEM automatisch an die Unterkante des Waldrandes an und besitzt einen harmonischen Übergang zur umgebenden Landschaft.

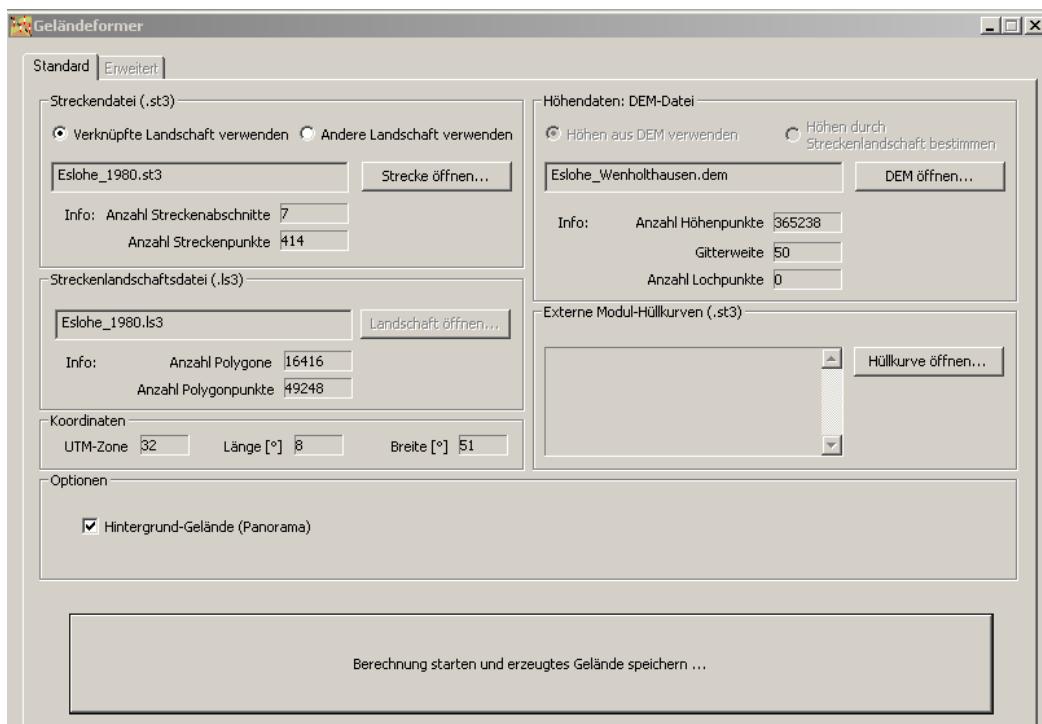
Einzelne Bäume, Büsche und Gräser sollten erst nach dem Anlegen der Grundplatte in die Landschaft eingebaut werden. Dieser Schritt ist im nächsten Abschnitt erläutert. Das Einbringen des Bewuchses wird an dieser Stelle nicht weiter erläutert. Es kann mit den bereits vorgestellten Funktionen „Objekte entlang Mausspur importieren“ erfolgen, wobei auch hier eine zufällige Verteilung von Größe und Lage der Objekte durch Wahl der entsprechenden Parameter sinnvoll ist.

3.3.3.11 Grundplatte mit Geländeformler erzeugen

Die Ausgestaltung der Umgebungslandschaft erfolgt mit dem Tool „Geländeformler“. Unter Verwendung der Höheninformationen aus dem DEM werden die bisher erzeugten

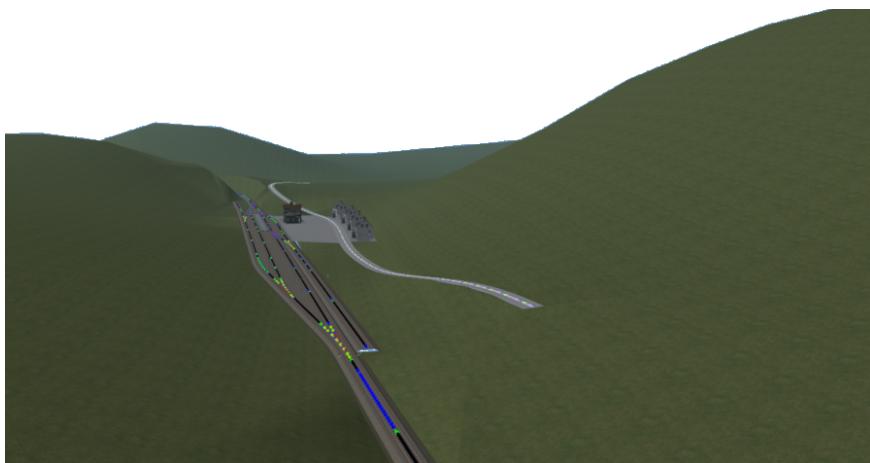
gleisnahen Streckenlandschaften um das umgebende Gelände ergänzt. Diese Grundplatte schließt nahtlos an die vorhandenen Landschaftspolygone an.

Die grundsätzliche Bedienung des Geländeformers ist der Dokumentation des Programms zu entnehmen. Ausgewählt werden müssen im Normalfall die Streckendatei und die DEM-Datei. Für das Modul Eslohe sind die Datei Eslohe_1980.st3 und die im Unterverzeichnis Lageplaene gespeicherte Datei Eslohe_Wenholthausen.dem. Beim nachfolgenden Anlegen der Grundplatte des Moduls Wenholthausen werden die Dateien Wenholthausen_1980.st3 sowie die vorgenannte DEM-Datei verwendet. Bei diesem zweiten Modul ist die bereits erzeugte Grundplatte des Moduls Eslohe zu berücksichtigen, um einen nahtlosen Übergang zu erzielen. Dies geschieht durch Laden der zuvor automatisch generierten Hüllkurve von Eslohe über den entsprechenden Eintrag im Parameterdialog; hier im oberen Bild gezeigt. Der folgende Screenshot zeigt Werte der Parametrierung, die in unserem Fall zu einem sinnvollen Ergebnis führen.



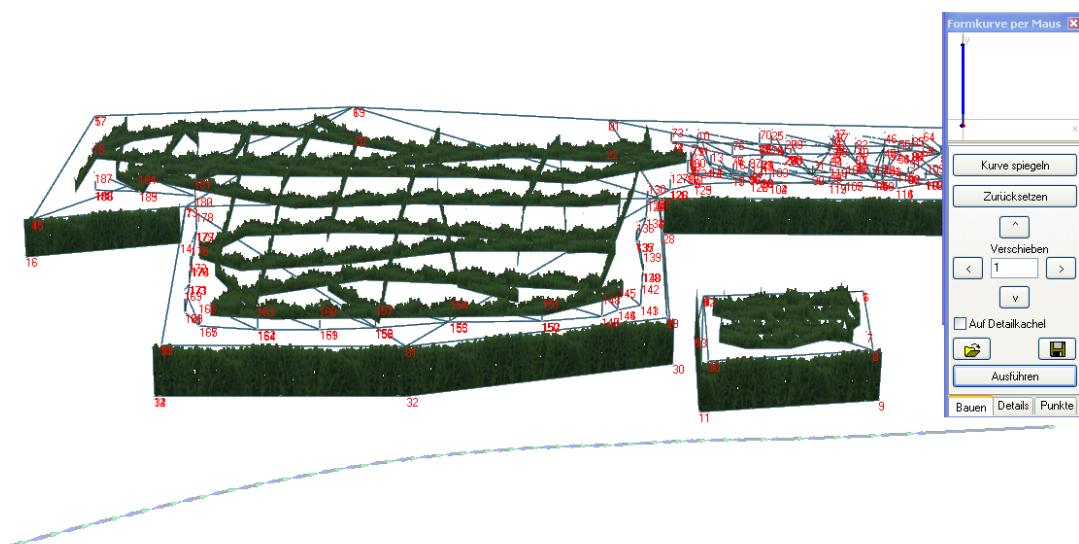
Das Ergebnis des Geländeformer-Durchlaufs, die Datei Eslohe_1980_Grundplatte.ls3, muss anschließend im 3D-Editor eingelesen und in die Kachelstruktur der Landschaft überführt werden. Dies erfolgt durch den Aufruf der Funktion „Landschaft → Spezielles Laden und Speichern → Geländeformer-Ergebnis importieren“ und - nach Überprüfen des Arbeitsergebnisses - das Speichern der Streckenlandschaft.

Nachfolgend ist das Ergebnis der Geländeerstellung im Modul Eslohe abgebildet. Zuweilen auftretende Fehlstellen im Gelände lassen sich im Regelfall schnell und unkompliziert mit Hilfe der Funktionen für das Kopieren und Einfügen von Punkten reparieren.

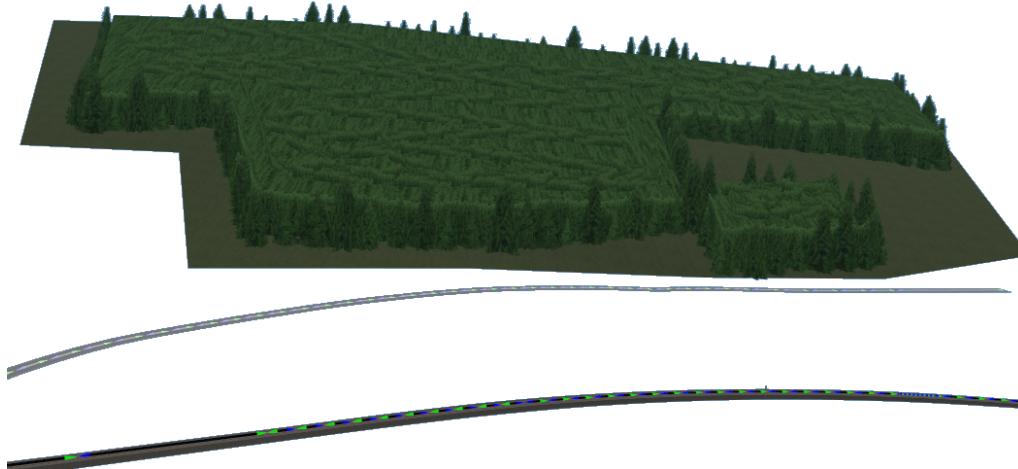
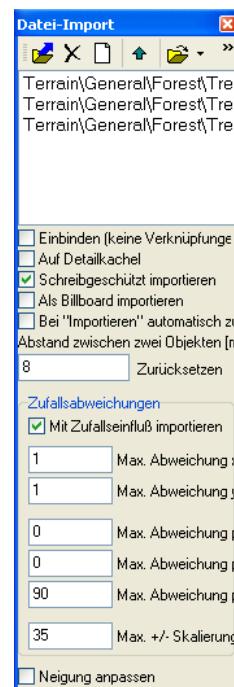


Nun sind noch die vom Geländeformer erzeugten Deckel der zuvor erstellten Waldbereiche zu optimieren. Diese erhalten einen Aufsatz mit unregelmäßig geformten Waldkronen, um einen harmonischen und abwechslungsreichen optischen Eindruck zu erzielen. Wir wechseln in das Menü „Extras → Programm-Einstellungen“ und deaktivieren über das Kontextmenü alle angezeigten Typen mit Ausnahme von „Wald“. Mit dem Dialog „Formkurve per Maus erstellen“ wird die Datei Terrain\General\Forest\Waldkronen-Tannen.shape.xml geladen. Nun werden waagerecht und senkrecht mit möglichst vielen Mausklicks wellenförmige Linien auf das Dach des Waldstücks aufgebracht. Diese Waldkronen werden anschließend mit „Ausführen“ eingebaut.

Hinweis: Wendet man das Bauverfahren mit den Geländeformer-generierten Walddeckeln an, so kann dieser Arbeitsschritt erst nach der Erstellung der Grundplatte durchgeführt werden. Bei manuell erstellten Walddeckeln ist der Einbau der Waldkronen bereits vor dem Aufruf des Geländeformers möglich.

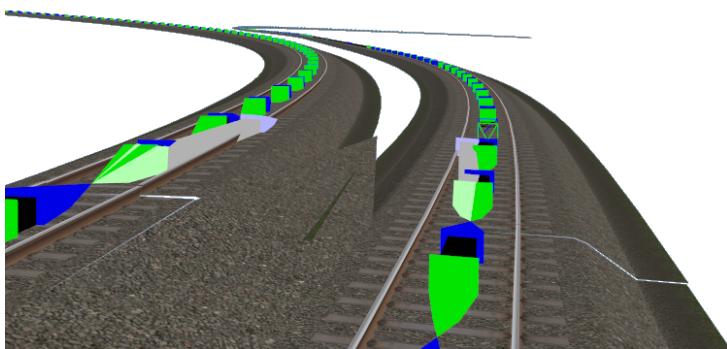


Vor den kastenförmigen Waldrand werden anschließend wegen der besseren optischen Wirkung einzelne Tannenbäume gepflanzt. Dies geschieht mit der Funktion „Objekte per Mausspur importieren“. Im Dialog werden wie nebenstehend gezeigt Eintragungen vorgenommen. Der Haken bei „mit Zufallseinfluss importieren“ und die nachfolgenden Parameter sorgen für eine Auflockerung der Struktur und beugen monotonem Erscheinungsbild vor. Sie variieren Aufstellort, Ausrichtung und Höhe der Bäume. Nun wird mit einzelnen Klicks eine Mausspur vom linken oberen Waldrand zum linken unteren Waldrand gezogen. Entlang dieser Spur setzt die Funktion nachfolgend die gewünschten Tannen. In gleicher Weise werden die übrigen Waldränder ergänzt. Damit ist der Einbau des Waldstücks abgeschlossen. Eine optische Bewertung und Qualitätskontrolle der Bauergebnisse aus der Lokführerperspektive ist sinnvoll.

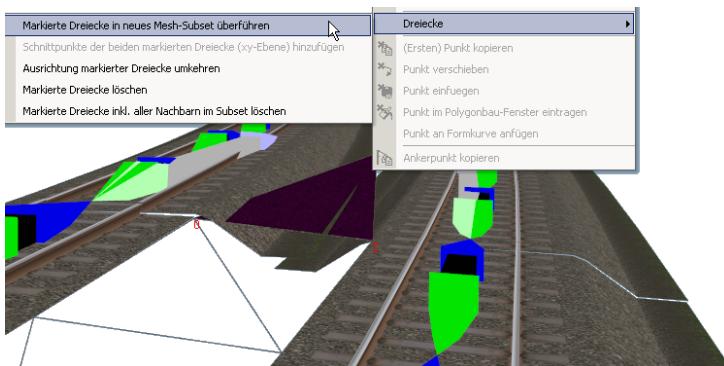


3.3.3.12 Modulübergänge nacharbeiten

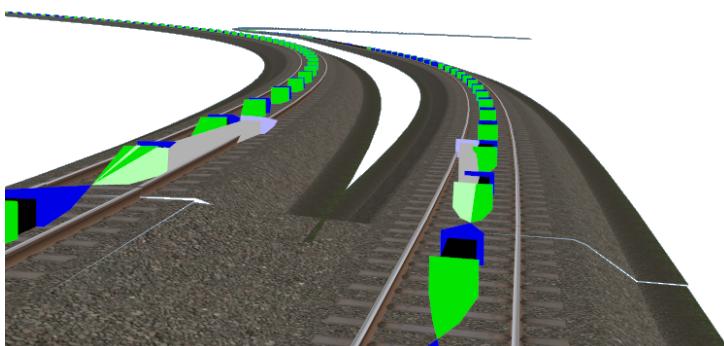
Mit Hilfe der Funktion „Strecke → Nachbarmodul testweise importieren“ erfolgt das temporäre Verknüpfen der Landschaft von Nachbarmodulen. Damit lassen sich die Landschaften der Modulübergänge auf Korrektheit überprüfen und gegebenenfalls nacharbeiten. Diese Funktion eignet sich prinzipiell auch, um modulübergreifende Arbeiten wie zum Beispiel die Fahrleitungserstellung durchzuführen. Die dabei erzeugten Objekte werden automatisch den entsprechenden Kacheln in den Modullandschaften der Ursprungsdatei und des Nachbarmoduls zugewiesen und dort gespeichert. Diese Korrekturen können nach Bedarf vor oder nach der Grundplattenerstellung durchgeführt werden. Die nachstehende Bildfolge zeigt exemplarisch die Arbeitsschritte bei der Korrektur von fehlerhaften Gleisbettungselementen am Übergang des Moduls Wenholtshausen nach Eslohe. Hierzu wird in die Wenholtshauser Streckendatei die Landschaft des Moduls Eslohe wie zuvor beschrieben importiert.



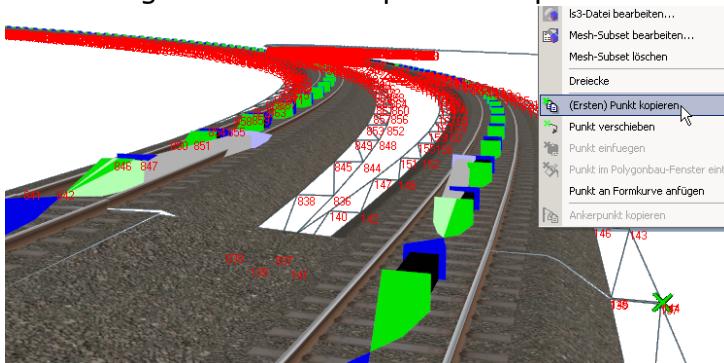
Am Modulübergang ergibt sich das oben gezeigte Bild. Hier müssen somit die Gleisbettungen angepasst werden. Zuerst werden überzählige Meshes entfernt. Dazu werden einzelne Dreiecke mit der linken Maustaste markiert und anschließend gelöscht.



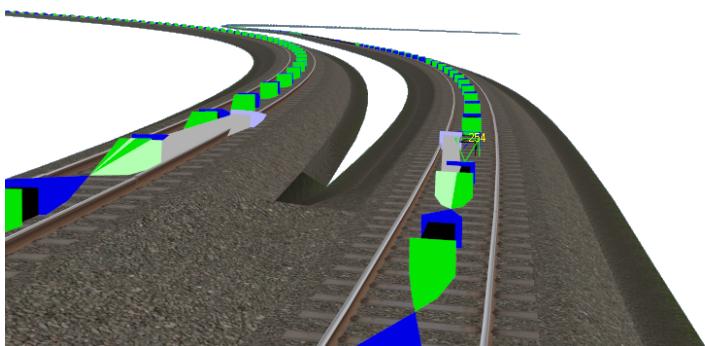
Nachfolgend werden, wie in den Bildunterschriften erläutert, die einzelnen Mesh-Eckpunkte jeweils markiert und passgenau aufeinander kopiert, um eine übergangslose Darstellung zu erreichen.



Dies erfordert das Markieren und Kopieren eines Mesh-Eckpunktes des Bettungsseitenweges; anschließend erfolgen das Markieren des benachbarten Eckpunktes und das Einfügen der in den Speicher kopierten Koordinaten.



Abschließend ein Blick auf den Zustand nach dem Anpassen der Bettungsübergänge und dem Beseitigen der Löcher in der Bettung. Wichtig: Nach diesen Arbeiten ist die Landschaftsdatei `Eslohe_1980.ls3` des hinzugeladenen Nachbarmoduls wieder aus der ursprünglichen Modullandschaft `Wenholthausen_1980.ls3` zu löschen, andernfalls würde in der Simulation die Landschaft des Nachbarmoduls doppelt geladen. Sie ist über „Landschaft bearbeiten → ls3-Datei bearbeiten“ in der Auflistung der Landschaften und Kacheln als letzter Eintrag zu finden.



3.3.4 Eisenbahnbezogener Streckenausbau

3.3.4.1 Höchstgeschwindigkeit

Der Parameter für die zulässige Höchstgeschwindigkeit wird beim Export aus dem zugehörigen Höhenprofil des Gleisplaneditors in die Vektorelemente der st3-Datei übernommen. Abhängig von den örtlichen Gegebenheiten können Nacharbeiten erforderlich sein, bei denen der Parameter angepasst werden muss, um korrekte Buchfahrpläne zu erhalten und die Züge mit dem Vorbild gemäßer Geschwindigkeit verkehren zu lassen. Dies ist zum Beispiel bei parallel laufenden Strecken mit unterschiedlichen Ausbaugeschwindigkeiten der Fall. Ein anderer Anwendungsfall sind vom Regelgleis abweichende zulässige Geschwindigkeiten im Gegengleis. Auch Nebenanlagen wie z.B. Zufahrten zu Rangier- und Abstellanlagen können abweichende Geschwindigkeitsprofile aufweisen. Die Funktion „Strecke bearbeiten → Element-Parameter ändern“ bietet komfortable Editier-Möglichkeiten. Des Weiteren sollten im Bereich von Bogenweichen die in den Streckenelementen eingetragene zulässige Geschwindigkeit sowie in den Weichenbausätzen vorhandene Geschwindigkeitsergebnisse auf ihre Gültigkeit überprüft werden. In unserem Fall sind jedoch keine Besonderheiten zu beachten, so dass die Standardeinstellungen der Weichenbausätze unverändert belassen werden können.

Für die korrekte Parametrierung der Höchstgeschwindigkeit eignen sich, sofern verfügbar, (historische) Buchfahrplan-Unterlagen in besonderer Weise. Insbesondere sind genaue Kilometerangaben sowie örtliche Abweichungen wie z.B. unterschiedliche Geschwindigkeiten von Regel- und Gegengleisen ersichtlich.

3.3.4.2 Fahrleitung

Das Aufstellen von Fahrleitungsmasten und Quertragwerken für elektrifizierte Strecken modifiziert die Streckenlandschaft, so dass diese Arbeiten prinzipiell dem Kapitel Landschaftsausgestaltung zugeordnet sind. Jedoch ist bei diesem Arbeitsschritt zusätzlich die Wechselwirkung mit st3-Datei zu berücksichtigen. Durch die Funktionen

des Fahrleitungsbaus werden Parameter für die Einstellung der Fahrdrahthöhe für die Stromabnehmer-Animation in den Streckenelementen eingetragen. Ferner wird in der Streckendatei eine Angabe für die Unterscheidung zwischen elektrifizierten und nicht-elektrifizierten Gleiselementen gesetzt. Aus diesem Grund soll der Fahrleitungsbau dem eisenbahnbezogenen Streckenausbau zugerechnet werden. Es empfiehlt sich somit, die notwendigen Tätigkeiten im Rahmen der Erstellung der st3-Datei durchzuführen.

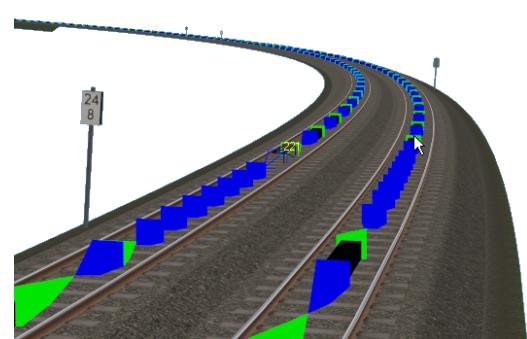
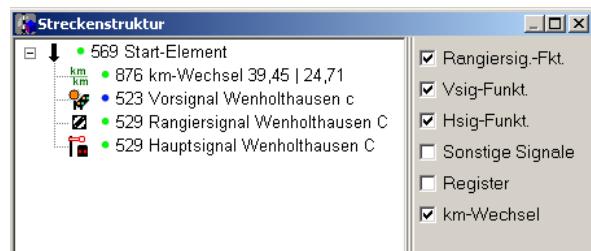
Aufgrund der Komplexität des Themas sind Hinweise zum Bau von Fahrleitungsanlagen in einem eigenen Abschnitt der Dokumentation zusammengefasst ([Kapitel 10.3.1.1](#)).

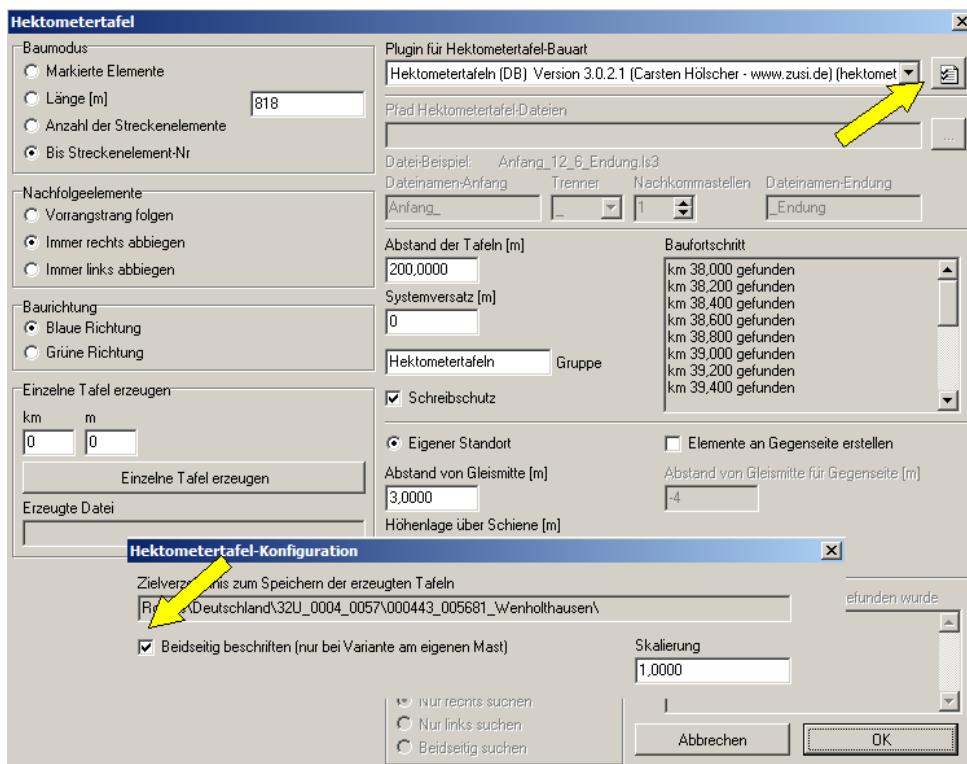
3.3.4.3 Hektometerzeichen

Die Streckenmodule sollten mit Hektometerzeichen ausgestattet werden, die abhängig von der gewählten Vorbildepochen als Kilometersteine oder Tafeln ausgeführt werden. Der übliche Abstand von Hektometerzeichen beträgt auf Hauptstrecken 200m. Auf elektrifizierten Strecken werden Hektometertafeln im Regelfall an demjenigen Mast angebracht, der den durch diese Teilung vorgegebenen Standorten am nächsten liegt. Dabei kommt die „Soll-Beschriftung“ zum Einsatz, also z.B. die Kilometerangabe „212 / 800“. Der genaue Meter-Standort wird beim Vorbild in kleiner Schriftgröße auf der Tafel vermerkt, also z.B. „795“, sofern das Zeichen des vorgenannten Beispiels in Streckenkilometer 212,795 angebracht ist. Auf dieses Detail wird in Zusi verzichtet.

Die Hektometerzeichen können durch Zusifunktionalitäten halbautomatisch als Landschaftsobjekte erstellt und in die Streckenlandschaft eingebaut werden. Vor dem Erstellen der Zeichen sollte die Kilometrierung der Strecke kontrolliert und sofern erforderlich mit Hilfe der Funktion „Strecke bearbeiten → Element-Parameter ändern“ modifiziert werden. Für den Einbau sollten sinnvolle Bauabschnitte gewählt werden. So muss das Erstellen der z.B. bei Kilometrierungssprüngen (siehe Bild rechts) ein abschnittsweiser Aufruf der Erstellungsfunktion erfolgen. Es empfiehlt sich, bei den an Fahrleitungsmasten angebrachten Tafeln eine Kontrolle des Einbauorts durchzuführen, da in komplexen Einbausituationen wie z.B. Gleisbögen oder Quertragwerken mit weit vom als Bezugsgröße dienenden Masten möglicherweise eine nicht korrekte Auswahl der Anbaustandorte erfolgt.

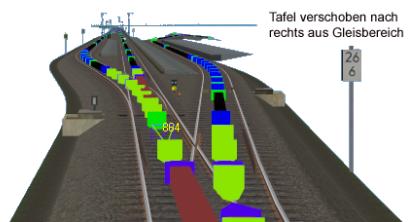
In unserem Streckenprojekt stellen wir die Tafeln im Modul Wenholthausen in Blickrichtung Eslohe rechts vom Gleis auf. Da die in Wenholthausen abzweigende Strecke eine andere Kilometrierung aufweist, wird ein zweiter Satz Hektometertafeln erforderlich. Am einfachsten ist es, die abzweigende Strecke aus Richtung Schmallenberg kommend ebenfalls rechts mit den Zeichen auszustatten. Der Einbau beginnt am Element 751 und endet kurz vor der einmündenden Weiche im Bahnhof, so dass wir vor dem Bauen das passende Ziel-Gleiselement mit der Elementnummer 818 ermitteln müssen.





Im vorstehenden Screenshot sind die Einstellungen des Parameterdialogs abzulesen. Im Untermenü „Hektometertafel-Konfiguration“, das über die Schaltfläche oben rechts erreicht wird, muss die Checkbox für die Erzeugung der Schilder-Rückseiten aktiviert werden. Als Endergebnis sehen wir links und rechts des zweigleisigen Abschnitts die gewünschten Hektometertafeln. Zur Kontrolle kann der Dialog nochmals – ohne erneuten Bau der Tafeln – aufgerufen werden. Die Liste „Baufortschritt“ zeigt dann die Einbauorte, an denen Hektometerzeichen erstellt wurden.

Im Bahnhofsbereich von Wenholthausen sollte dann noch eine in den Gleisbereich ragende Tafel ein Stück weit aus dem Lichtraumprofil verschoben werden, wie nebenstehend zu sehen. Im Modul Eslohe gestaltet sich der Einbau dann wieder einfacher. Lediglich im Bahnhofsbereich ist darauf zu achten, dass die Tafeln nicht in den Nebengleisen oder direkt auf dem Bahnsteig zu stehen kommen.



3.3.4.4 Signale aufstellen

Signale können je nach Konfiguration die Funktion einer animierten Weiche, Schranke sowie Haupt-, Vor- oder Kombinationsignal übernehmen. Das Signal wird dabei an ein Streckenelement importiert. Es besteht aus einzelnen 3D-Dateien, die entsprechend der gewählten Fahrstraße oder Funktion über Matrixeinträge angesteuert werden. Zu den Signalen gehören auch statische Zusi-Objekte wie beispielsweise Vorsignalbaken, Pfeiftafeln, Bahnübergangssignalisierung, Signale für elektrischen Zugbetrieb oder sonstige Nebensignale.



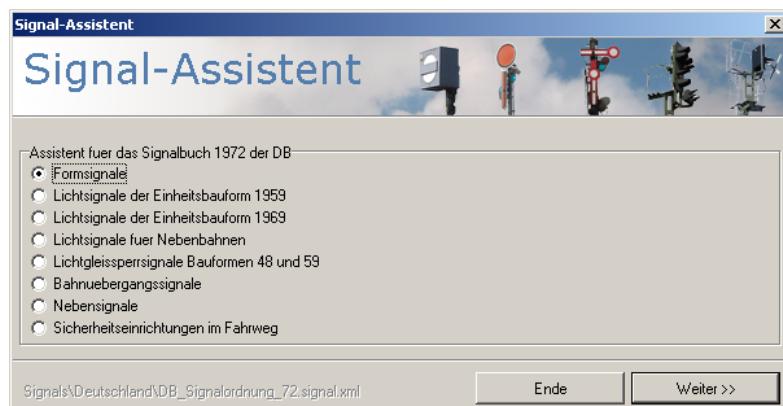
Eisenbahnsignale sind keine statischen Gebilde, sondern unterliegen in ihrem Erscheinungsbild und der Anwendung dem technischen Fortschritt und den Weiterentwicklungen des betrieblichen Regelwerks. Dabei haben sich für den deutschen Raum einige Meilensteine hinsichtlich der Vorschriften und Regelungen ergeben. Diese werden auch für Zusi für die Einteilung der Signalbau-Epochen genutzt.

Diese Epochen gliedern sich in folgende Abschnitte (siehe auch [Kapitel 1.4.3.2.4.1](#)):

- die Signalordnung der Deutschen Reichsbahn von 1935
- die Signalordnung der Deutschen Bundesbahn von 1959
- die Signalordnung der Deutschen Bundesbahn von 1972
- das Signalbuch der Deutschen Reichsbahn von 1971
- die Signalordnung der Deutschen Bahn AG von 1995

Dabei wurden jeweils neu hinzugekommene Signalbauarten oder Modifikationen entsprechend ihrem erstmaligen Baujahr in die passende Epoche einsortiert. In späteren Signalordnungen weiterhin gültige Bauformen sind daher „abwärtskompatibel“ in vorangegangenen Epochen zu finden. Als Beispiel seien die Formsignale für den Bereich der Deutschen Bundesbahn genannt. Diese sind grundsätzlich in der Signalordnung von 1959 aufgeführt. In der Epoche, die der Signalordnung von 1972 zugeordnet ist, kommen lediglich die neuen Bauformen mit LED-Optiken hinzu.

Um dem Anwender die Auswahl der richtigen Signalbausätze zu erleichtern, sind den Epochen zugeordnete Zusignalassistenten verfügbar. Der Einbau eines Signals startet daher mit der Auswahl desjenigen Signalassistenten, der die gewünschte Vorbildepoke repräsentiert. Diese Assistenten zeigen jeweils das gesamte Signalbuch der jeweiligen Epoche, stellt also auch ältere Signalbauformen dar, wenn diese in dem jeweiligen Signalbuch noch gültig sind.



Die Signalassistenten leiten den Anwender schrittweise über Auswahl dialoge bei der Zusammenstellung der Signalkonfiguration. Sie erlauben den Aufbau vielfältiger und vorschriftenkonformer Signalobjekte und decken nahezu das gesamte Anwendungsspektrum ab.

Der Einbauort der Signale richtet sich nach den vorliegenden Informationen über die Kilometrierung. Liegen Ivlz-Pläne vor, so ist ein auf den Meter genauer Einbau möglich. Gegebenenfalls muss das Streckenelement passend geteilt werden. Für unser Bauprojekt wählen wir im Modul Eslohe vereinfachte Nebenbahn-Lichtsignale, die im Verzeichnis der Signalordnung der Deutschen Bundesbahn von 1972 zu finden sind. Das Modul Wenholtshausen verwendet hingegen Formsignale gemäß Signalbuch von 1959.

Es werden folgende Bahnhofs-, Stellwerks- und Signalbezeichnungen verwendet:

Modul Wenholtshausen: Betriebsstelle „Wenholtshausen“, Stellwerk „Wenholtshausen Wf“

- Einfahrtsignal „A“ aus Richtung Bergerhammer mit Vorsignal „a“
- Ausfahrtsignale „P1“ am Gleis 1 und „P2“ am Gleis 2 in Richtung Bergerhammer
- Ausfahrtsignale „N1“ am Gleis 1 und „N2“ am Gleis 2 in Richtung Eslohe
- Einfahrtsignal „B“ aus Richtung Eslohe mit Vorsignal „b“
- Einfahrtsignal „C“ aus Richtung Schmallenberg (abzweigende Strecke) mit Vorsignal „c“

Modul Eslohe: Betriebsstelle „Eslohe“, Stellwerk „Eslohe Ef“

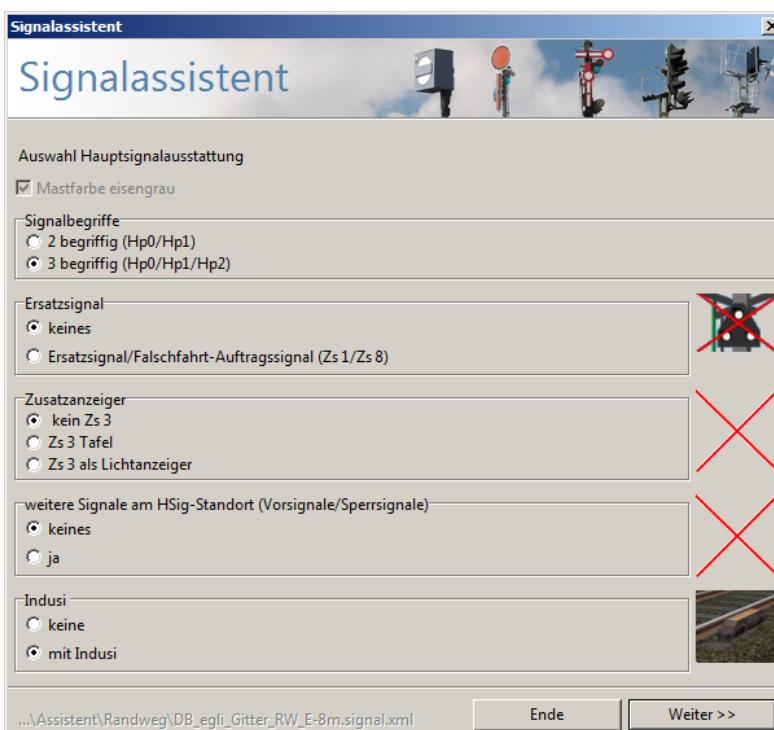
- Einfahrtsignal „F“ von Wenholtshausen
- Ausfahrtsignale „N1“ am Gleis 1 und „N2“ am Gleis 2 in Richtung Wenholtshausen
- Ausfahrtsignale „P1“ am Gleis 1 und „P2“ am Gleis 2 in Richtung Streckenende

Das grundsätzliche Vorgehen soll im Modul Wenholtshausen am Beispiel des Einfahrtsignals aus Richtung Bergerhammer gezeigt werden. Wir wechseln daher zum Streckenelement 50. Der Aufruf der Funktion „Strecke erstellen → Signal“ → signals\Signalbuecher-D.signal.xml startet den Signalassistenten. Wir klicken uns durch den Assistenten bis zum gewünschten Signal: DS 301 der DB von 1959 → Formsignale

→ Hauptsignale → Einfahrtsignal. An dieser Stelle des Assistenten sind detaillierte Angaben zum Signalstandort beziehungsweise dem zugehörigen Stellwerksbereich, dem Signalstandort in Bezug auf das Gleis sowie zum Signaltyp zu tätigen. Letzteres dient der Information, ist jedoch nicht funktionsrelevant für den Simulator:



Wir wählen ein acht Meter hohes Signal und stellen die Parameter entsprechend dem nachfolgenden Screenshot ein. Dynamisch angezeigte Bilder im Dialog veranschaulichen die gewählten Eintragungen.



Für betriebliche Sondersituationen, das „Fahren auf Befehl“ im Falle von Signalstörungen, sind nachfolgend weitere Abfragen zu beantworten. Damit werden die Befehls-IDs in der internen Schaltlogik des Signals für diese Einsatzzwecke vorkonfiguriert.

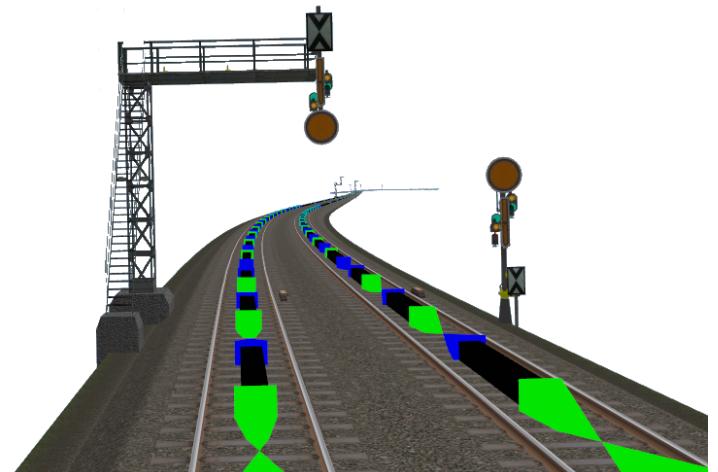
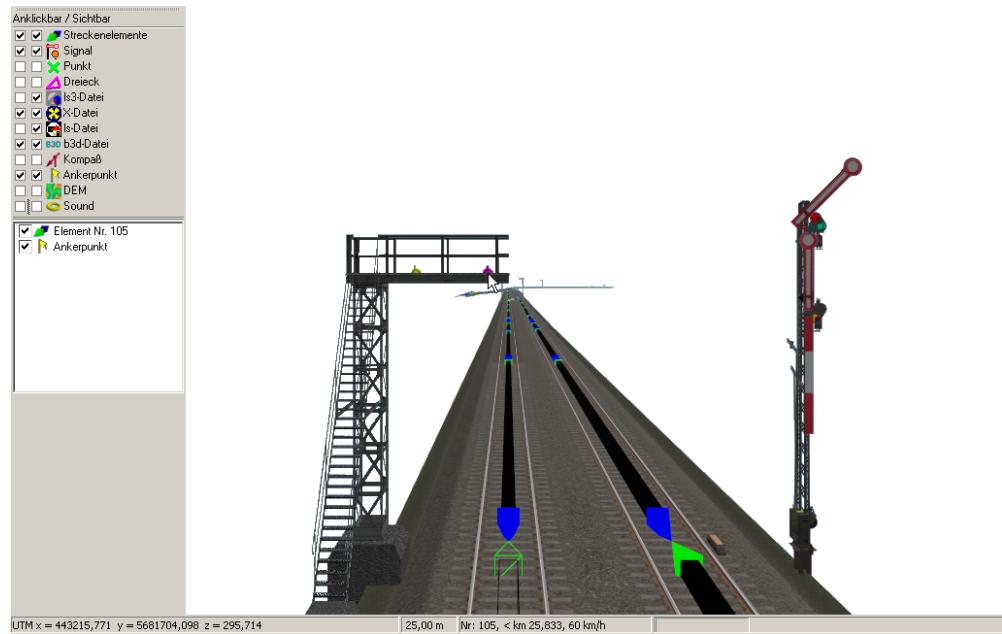
Damit ist die Aufstellung des Einfahrtssignals abgeschlossen, und das neu erstellte Signal wird in der Streckenlandschaft angezeigt. Die übrigen Signale werden in gleicher Weise

mit Hilfe des Assistenten eingebaut, wobei die eingangs aufgeführte Liste der Signalnamen für die beiden Module Eslohe und Wenholthausen genutzt wird.

Eine Besonderheit beim Einbau der Signale ergibt sich im Bereich der parallel verlaufenden Strecken an den Einfahrtsignalen „B“ und „C“ im Modul Wenholthausen und den dazugehörigen Vorsignalen. Aufgrund der begrenzten Einbausituation sollen dort Signalausleger aufgestellt werden. Für das Einfahrtsignal wird das gewünschte Streckenelement 105 markiert, neben dem der Signalausleger platziert werden soll. Das Vorsignal soll im Bremswegabstand am Streckenelement 127 eingebaut werden.

Über die Funktion „Landschaftsobjekt verknüpft importieren“ wird der jeweils benötigte Ausleger eingebaut.

Die Objekte sind jeweils zu finden im Verzeichnis Signals\Deutschland\Signalordnung_1959_DB\Formsignale_Einheitsbauform\Objekte\Ausleger. Nachfolgend wird das Streckenelement markiert, an dem das Signal aufgestellt werden soll. Mit gedrückter Strg-Taste wird der zugehörige rote Ankerpunkt am Signalausleger markiert. Über die Funktion „Signal laden“ in blauer bzw. grüner Richtung gelangt man in den Dialog, der den Einbau der im Verzeichnis Signals\Deutschland\Signalordnung_1959_DB\Formsignale_Einheitsbauform\Objekte zu findenden, mit der Bezeichnung „haengend“ versehenen Formhaupt- und Vorsignale. Die Abfrage im Einbau-Dialog ist mit dem Parameter „Einbau am Ankerpunkt“ zu beantworten.



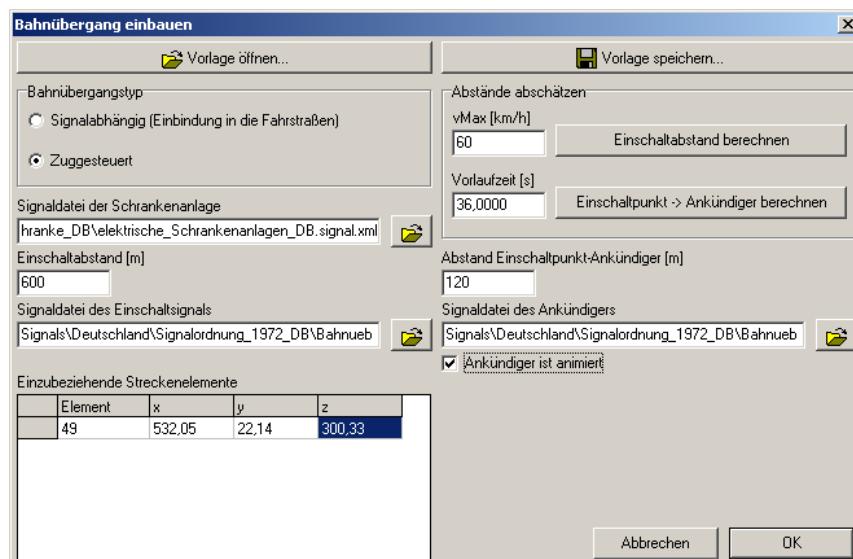
3.3.4.5 Bahnübergänge

Der Einbau von Bahnübergangs-Sicherungseinrichtungen erfolgt in Form von Signalen, welche durch die Zugfahrten angesteuert werden. Für elektrische und mechanische Schrankenanlagen sind Bausätze vorbereitet. Diese können über den Aufruf der Funktion „Strecke erstellen → Bahnübergang einbauen“ eingebaut werden. Mit ihrer Hilfe werden die beschreibenden Parameter wie z.B. Straßenbreiten oder Schrankenbauart festgelegt. Zum Einbau eines Lokführer-überwachten Bahnübergangs im Modul Eslohe ist das „Straßenelement“ Nr. 518, das die Strecke quert, zu markieren, und anschließend die Funktion „Strecke erstellen → Bahnübergang einbauen“ aufzurufen. Dort wird „Vorlage öffnen“ oben links im Dialogfeld ausgewählt und die Datei RailwayObjects\Deutschland\Bahnuebergaenge\automatische_BueS_Zugueberwacht.levelcrossing.xml geöffnet.

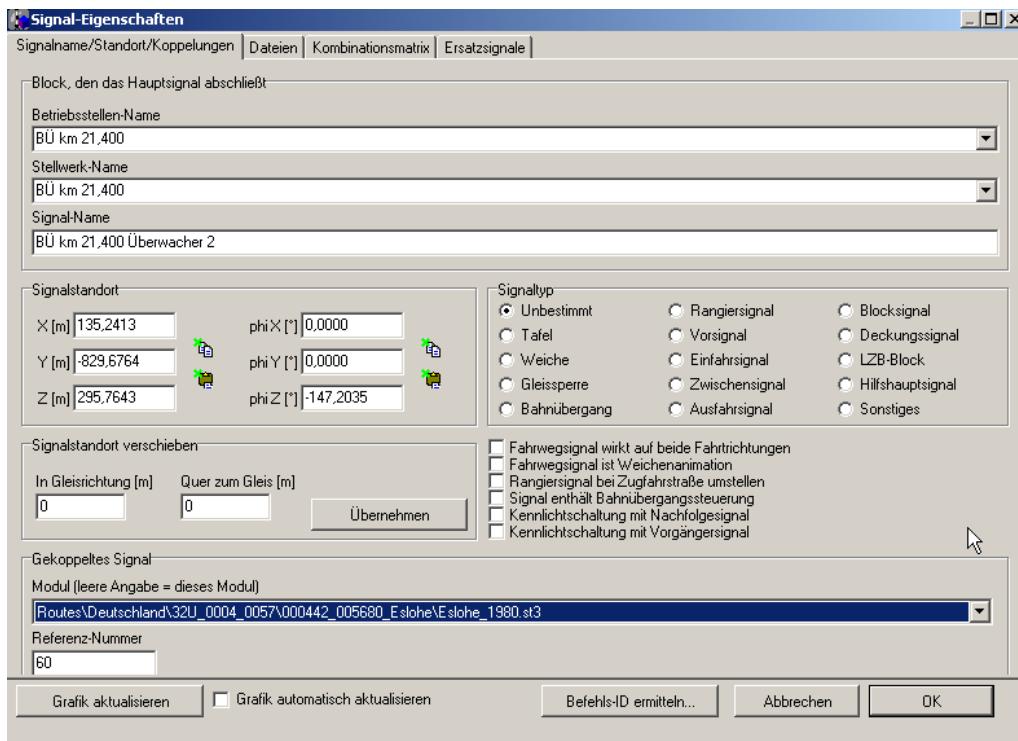
Der nebenstehende Dialog zeigt die grundlegenden Einstellungen, die für den Einbau des Bahnübergangs zur Berechnung der Standorte der Einschaltkontakte und Überwachungssignale erforderlich sind. Bei Bedarf können die automatisch bestimmten beziehungsweise vorbelegten Werte modifiziert werden, was in unserem Einbaubeispiel jedoch nicht erforderlich ist. Im nächsten Einbauschritt, durch den der Signalassistent führt, wird die Bauform der Lichtsignalanlagen und

Schranken definiert. Wir wählen einen Blinklicht-Bahnübergang „BÜ km 23,400“ für Betriebsstelle und Stellwerk sowie „BÜ km 23,400 Schranke 1“ bzw. „2“ als Parameter „Signalname“ ein. Als Bauart wählen wir einen 7,5 m breiten, durch Blinklicht und Halbschranken gesicherten Bahnübergang aus. Die Überwachungssignale entsprechen der Bauform 72; als Einschalt-Merkpfahl kommt die nicht reflektierende Version zum Einsatz. Mit Abschluss des Einbau-Assistenten wird der komplette Bahnübergang aufgestellt. Auch die erforderlichen Ereignisse im Gleis für das Ein- und Ausschalten der Sicherungsanlage sind fertig vorhanden, so dass im Regelfall keine Nacharbeiten anfallen.

In unserem Beispiel ergibt sich das Problem, dass der Einschaltkontakt und das zugehörige Überwachungssignal in der Fahrtrichtung Eslohe noch im Bereich des Moduls Wenholtshausen liegen. Dadurch kann der Automatismus den Bahnübergang nicht vollständig einrichten, und ein manueller Eingriff ist erforderlich. Für die nächsten Schritte ist ein vertieftes Verständnis der Bahnhübergangsschaltung nötig, siehe dazu [Kapitel 5.3.3.4](#). Der Einbauort soll rund 600 m vor dem Bahnübergang angeordnet werden, um das rechtzeitige Einschalten der Anlage zu gewährleisten. Hierzu wählen wir in der Moduldatei Wenholtshausen das Streckenelement 348 aus, das in der geforderten Entfernung zum Bahnübergang liegt. In Fahrtrichtung Eslohe bauen wir dort ein Signal in Fahrtrichtung Wenholtshausen ein. Wir nutzen die Funktion „Strecke erstellen → Si-



gnal → Signal laden (grüne Richtung)“ und wählen die Bauform „Signalbuch 1959 → Nebensignale → Ne10 (Überwachungssignal)“. Das Signal erhält als Betriebsstellenname und Stellwerksbezeichnung den Eintrag „BÜ km 21,400“ sowie als Signallname „BÜ km 21,400 Überwacher 2“. Der Signaltyp wird auf „unbestimmt“ gesetzt. Wichtig ist noch die Verknüpfung auf das übergeordnete Bahnübergangs-Signal des Nachbarmoduls. Hierzu wird in der Registerkarte Signaleigenschaften für das gekoppelte Signal die Referenz-Nummer 60 parametriert und die Modulangabe „Eslohe“ über den Pfad Routes_\Docu\Kap3_Uebungsstrecke\000442_005680_Eslohe\Eslohe_1980.st3 ausgewählt:



Im Anschluss wird der zugehörige Einschaltkontakt für die Bahnübergangssicherungsanlage eingebaut. Dieser befindet sich am Streckenelement 372 in rund 120 m Abstand vor dem soeben aufgestellten Überwachungssignal. Als Signalbauform kommt zum Einsatz „Signalbuch 1959 → Nebensignale → Ne11“. Diese Datei beinhaltet die Ankündigung eines zugbedienten Bahnübergangs mit Überwachungssignal. Als Signaltyp wird „Tafel“ eingetragen; ferner sind keine Betriebsstellen- oder Signaleinträge vorzunehmen.

Nachfolgend ist die Liste der Referenz-Elemente um den Eintrag für das Überwachungssignal zu erweitern. Dieser Eintrag wird manuell erzeugt, indem in der mittels „Strecke bearbeiten → Module → Referenz-Elemente“ erreichbaren Auflistung mit der rechten Maustaste die Funktion zum Hinzufügen eines Eintrags aufgerufen wird. In die entstandene leere Zeile wird wie im Bild gezeigt der Verweis auf Element 348 in grüner Richtung eingetragen:

60	60	99	blau	Register	Register Nr. 5002
61	61	99	grün	Register	Register Nr. 5002
62	62	792	blau	Signal	Signal: Wenholthausen Gleis 2
63	63	792	blau	Register	Register Nr. 5011
64	65	348	grün	Signal	Ankündiger Bü km 23,4
65	64	792	grün	Register	Register Nr. 5011

Nun ist die neu entstandene Referenz noch am Einschaltkontakt zu referenzieren. Am Streckenelement 372 wird in Richtung Grün das Ereignis „Bahnübergang schließen“ mit der eben erzeugten Referenznummer 65 eintragen. Dadurch wird beim Befahren dieses

Elements der Schließvorgang der Schrankenanlage ausgelöst, was das Überwachungssignal angesteuert.

60	60	99	blau	Register	Register Nr. 5002
61	61	99	grün	Register	Register Nr. 5002
62	62	792	blau	Signal	Signal: Wenholthausen Gleis 2
63	63	792	blau	Register	Register Nr. 5011
64	65	348	grün	Signal	Ankündiger Bü km 23,4
65	64	792	grün	Register	Register Nr. 5011



Der Einbauort der Sicherungseinrichtungen ist für den Standardfall fertig konfiguriert. Er kann, sofern erforderlich, durch Verschieben des Signals parallel oder senkrecht zum Streckenelement variiert werden. In unserem Fall müssen die die Lichtzeichen etwa 3 m ans Gleis herangerückt werden, um die oben dargestellte Anordnung zu erreichen. Bei Straßen, die nicht rechtwinklig die Gleise queren, sollte z.B. die Ausrichtung der Lichtsignalanlagen („Ampeln“) durch Anpassung des Parameters „phi Z“ so angepasst werden, dass diese aus dem Straßenverlauf heraus gut sichtbar sind.

Bei mehrgleisigen Strecken wird nur jeweils ein Streckengleis mit dem Fahrwegsignal für die Schrankenanlagen ausgestattet. Von allen weiteren Gleisen wird auf dieses Fahrwegsignal per Referenzelement verwiesen.

3.3.4.6 Streckenbezogene Ereignisse

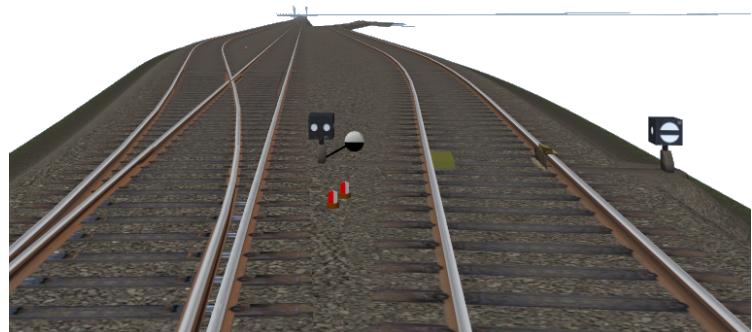
Um einen reibungslosen Ablauf der Zugfahrten zu gewährleisten, müssen streckenbezogene Ereignisse eingebaut werden. Diese beinhalten zum Beispiel Informationen zur Fahrstraßenauflösung oder Positionen von Bahnsteigen. Es empfiehlt sich, diese Arbeiten gemäß einer Checkliste durchzuführen, die sich an der Abfolge von Ereignissen orientiert, wie sie an anderer Stelle der Dokumentation bei „Streckenkonzzept/Betriebsstellen“ ([Kapitel 5.3.1.15](#)) grundlegend beschrieben ist.

Der 3D-Editor unterstützt das Setzen der Fahrstraßenauflösung durch automatische Funktionen, die unter „Strecke erstellen → Diverse Ereignisse und Signale einbauen → Fahrstraße auflösen setzen“ zu finden sind. Sofern dem Streckenbauer amtliche Unterlagen wie z.B. Ivlz-Pläne vorliegen, sollten diese für das manuelle Einbauen der Ereignisse genutzt werden, da sich auf dieser Informationsgrundlage im Regelfall eine höhere Vorbildtreue erzielen lässt.

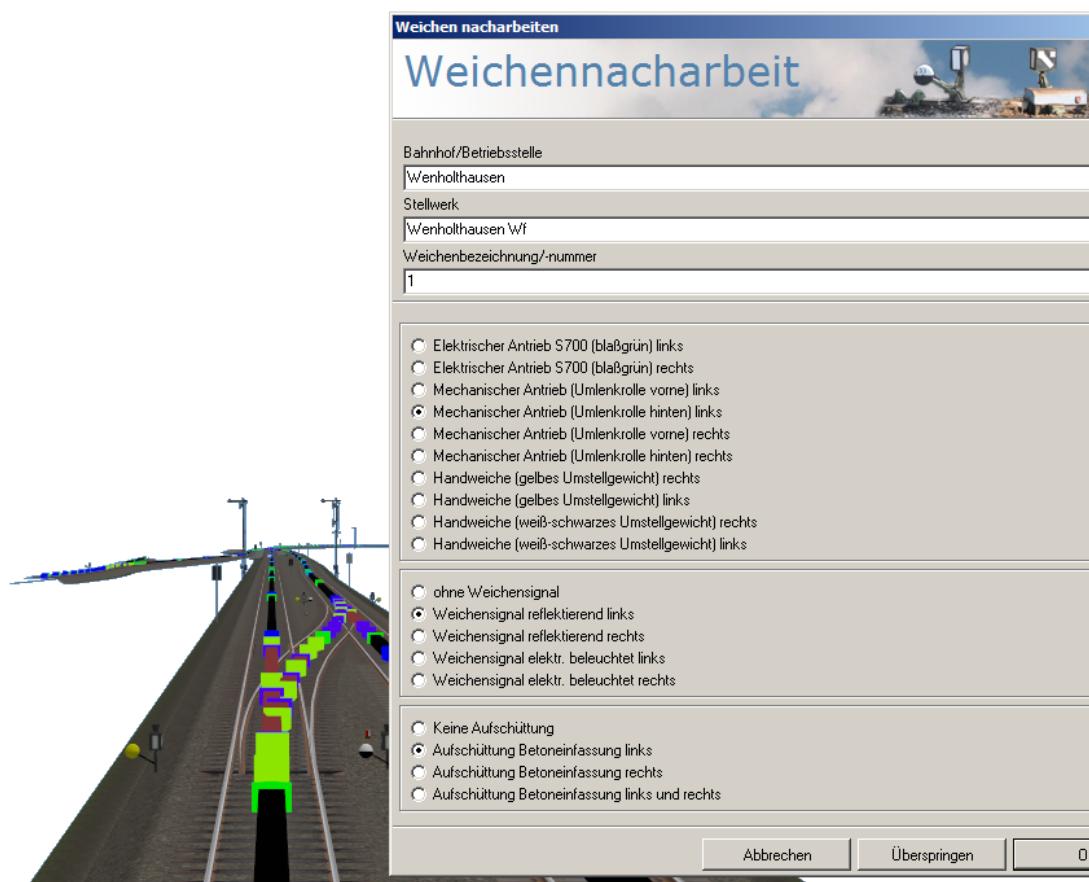
Weitere Ereignisse sind für die korrekte automatische Erstellung von Buchfahrplanunterlagen während des späteren Simulationslaufs erforderlich. Der Einbau ist im Kapitel [5.3.1.7](#) ausführlich beschrieben.

3.3.4.7 Spezielle Signale und Ereignisse

Die Funktion „Strecke erstellen → diverse Signale und Ereignisse einbauen“ bietet eine komfortable Möglichkeit, häufig benötigte Arbeitsschritte teilautomatisiert durchzuführen. Dies betrifft den Einbau von Sicherheitseinrichtungen im Gleis nach einschlägigen Vorschriften wie 500 Hertz-Magneten der punktförmigen Zugbeeinflussung, Geschwindigkeitsprüfabschnitte und Langsamfahrsignale. Für unser Bauvorhaben nutzen wir die Funktionen „→ Sicherungstechnik → Indusi 500 Hz setzen“ und „→ Signale II → Vorsignalbaken setzen“ sowie „→ Signale II → Grenzzeichen setzen“. Mit den Default-Parametern werden bereits hinreichend gute Arbeitsergebnisse erzielt. Lediglich in einem Punkt ist eine Kontrolle und gegebenenfalls Nacharbeit erforderlich. Gegebenenfalls in komplexen Einbauverhältnissen zu viel gesetzte Grenzzeichen, wie im Bild am Beispiel des Bahnhofsbereichs Wenholthausen gezeigt, lassen sich nach dem Markieren über das Kontextmenü und den Aufruf der Funktion „3D-Datei löschen“ aus der Landschaftsdatei entfernen. Danach werden Streckendatei und Landschaft gespeichert.



3.3.4.8 Weichen und Signale nacharbeiten



Die Funktion „Strecke bearbeiten → Weichen nacharbeiten“ ruft der Reihe nach die einzelnen Weichensignale auf. Über Konfigurationsdialoge werden die für die Zuordnung zu den Stellwerksbereichen sowie für die Darstellung von Weichenantrieben und Weichenlaternen erforderlichen Angaben abgefragt. Im Bild ist beispielhaft für das Modul Wenholtshausen die Weiche 1 dargestellt. Sie soll mit einem mechanischen Weichenantrieb ausgestattet werden, dessen Stelldrähte „vom Betrachter weg“ in Richtung Bahnhofsmitte verlaufen, wo sich das Stellwerk befand. Daher ist die Option „Umlenkrolle hinten“ auszuwählen. Am links plazierten Antrieb soll eine unbeleuchtete Weichenlaterne angebracht werden. Der Antrieb wird zudem in eine Betoneinfassung eingebaut.

Sind alle Weichen nachgearbeitet, entfernt anschließend der Aufruf der Funktion „Abschließende Arbeiten → Finale Optimierung → Weichensignale packen“ die nicht mehr benötigten Signallandschaftsdateien aus den Streckenelementen.

3.3.4.9 Anfangspunkte

Mittels der Funktion „Strecke bearbeiten → Anfangspunkt hinzufügen“ können vorbildgerechte Anfangspunkte für Reisezüge und Güterzüge definiert werden, wo das immer mögliche Aufgleisen zwischen zwei Hauptsignalen nicht ausreichend ist. Bei Reisezügen sollte man darauf achten, dass die Anfangspunkte im Bereich von Bahnsteigen liegen. Bei Startpunkten für Güterzüge ist zu berücksichtigen, dass hinreichende Abschnittslängen bis zu den Signalen vorgesehen werden, um die mögliche Länge der Zugeinheiten nicht zu begrenzen.

Bei komplexen Modulen empfehlen sich gegebenenfalls zusätzlich temporäre Anfangspunkte an den Modulgrenzen, um Testfahrpläne erstellen zu können.

In unserem Streckenabschnitt setzen wir jeweils Anfangspunkte in den Gleisen 1 und 2 des Bahnhofs Eslohe (Elemente 327 und 971) in Richtung Wenholtshausen, in den Gleisen 1 und 2 im Bahnhof Wenholtshausen (Elemente 100 und 813) in Richtung Eslohe sowie an der Modulgrenze vor dem Einfahrtsignal „A“ des Bahnhofs Wenholtshausen.

3.3.4.10 Registerpunkte

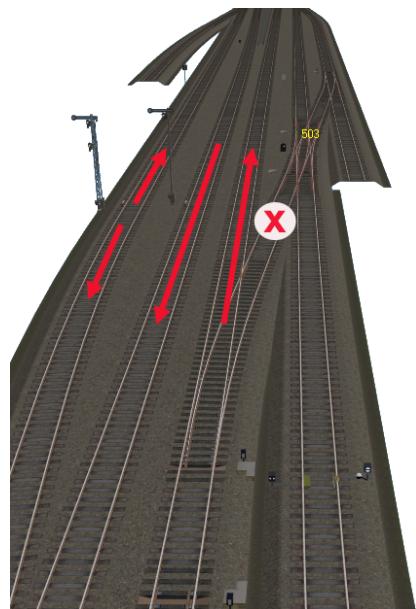
Die Funktion „Strecke bearbeiten → abschließende Arbeiten → Registerpunkte setzen“ bewirkt die Ausstattung der Streckendatei mit den die Fahrstraßenausschlüsse erforderlichen Informationen anhand von Weichen, Signalstandorten usw. Im Regelfall reicht der Aufruf der Funktion aus, ohne dass manuelle Nacharbeiten erforderlich sind.

3.3.4.11 Referenzpunkte

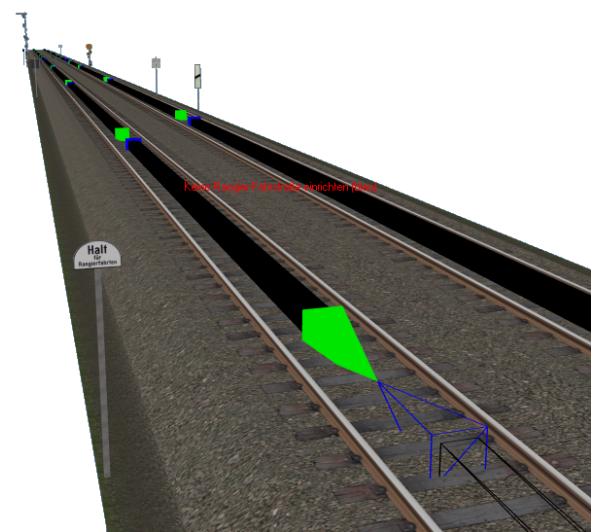
Mittes des Menüpunktes „Strecke bearbeiten → Abschließende Arbeiten → Referenzpunkte erstellen“ werden die für die Fahrstraßenverwaltung benötigten Referenzpunkte gesetzt, so z.B. für Weichen, Signale und Fahrstraßenauflösung. Auch hier ist üblicherweise keine Nachbearbeitung durch den Anwender erforderlich.

3.3.4.12 Fahrstraßen einrichten

Die Funktion „Strecke bearbeiten → abschließende Arbeiten → Fahrstraßen erstellen“ analysiert die möglichen Fahrstraßen anhand der Gleislage und der sich daraus ergebenden Fahrbeziehungen. Mit Hilfe der in den Weichenbausätzen hinterlegten zulässigen Geschwindigkeiten können automatisch für jede Fahrstraße die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten und damit die Signalbilder ermittelt werden. Ebenso erfolgt die Zuordnung von Haupt- und Vorsignalen und der zum eingestellten Fahrweg gehörenden Weichenlagen. Um die Einrichtung von Zugfahrstraßen durch Nebengleise zu unterbinden, müssen entsprechende Fahrwegereignisse „keine Zugfahrstraße“ positioniert werden. Im Modul Eslohe betrifft dies das Umsetzgleis in Blickrichtung Wenholthausen ganz links. Hier sollte am Element 285 in beiden Richtungen dieses Ereignis eingebaut werden. Im nebenstehenden Beispielbild aus einer vergleichbaren Einbausituation ist das prinzipielle Vorgehen durch das rote Kreuz angedeutet. Der Einbau der entsprechenden Ereignisse zentral an dieser Stelle bewirkt, dass die beiden rechts liegenden Rangiergleise nicht für Zugfahrten infrage kommen. Insbesondere in Bahnhofsgebieten sind Gleise anzutreffen, die nur im Einrichtungsbetrieb befahren werden dürfen, wie in der Abbildung für die beiden Gleise links des roten Kreuzes angedeutet. Für diese kann durch das Eintragen des Fahrwegereignisses „keine Zugfahrstraße“ in der Gegenrichtung ebenfalls die Fahrstraßenerzeugung unterbunden werden, sofern man nicht unsichtbare Hilfssignale einbauen möchte, die ein Fahren auf schriftlichen Befehl erlauben. Nähere Informationen zur Wirkungsweise und Verwendung dieser Hilfssignale sind in den Editor-Kapiteln der Zusi 3-Dokumentation zu finden.



Das beschriebene Vorgehen verhindert zum einen die Erstellung nicht vorbildgerechter Fahrbeziehungen. Zusätzlich wird insbesondere bei größeren Bahnhofsanlagen die Größe der st3-Datei maßgeblich durch die Anzahl der definierten Fahrstraßen bestimmt, so dass sich die Datei unter Umständen durch geschicktes Platzieren solcher Ereignisse nachhaltig verkleinern lässt. Analog zum Vorgehen bei Zugfahrstraßen sind Rangierfahrwege zu unterbinden. Dies betrifft im Wesentlichen den Bereich außerhalb von Bahnhöfen beim Übergang auf die freie Strecke. Die nebenstehende Abbildung zeigt exemplarisch den Einbauort des Ereignisses „keine Rangierfahrstraße einrichten“, das an Regel- und Gegengleis einzutragen ist und verhindert, dass eine Rangierfahrstraße über die freie Strecke in den nächsten Bahnhof angelegt wird.



Bei korrekter und vollständiger Vorbelegung der erforderlichen Ereignisse arbeitet auch die Routine zur Fahrstraßensuche weitgehend fehlerfrei. Eine manuelle Nachbearbeitung durch den Anwender ist mit Ausnahme von Spezialfällen nicht notwendig.

Nach dem finalen Durchlauf der „Abschließenden Arbeiten“ und dem Speichern der st3-Datei ist unsere Strecke jetzt fertig für die erste Fahrt im Simulator.

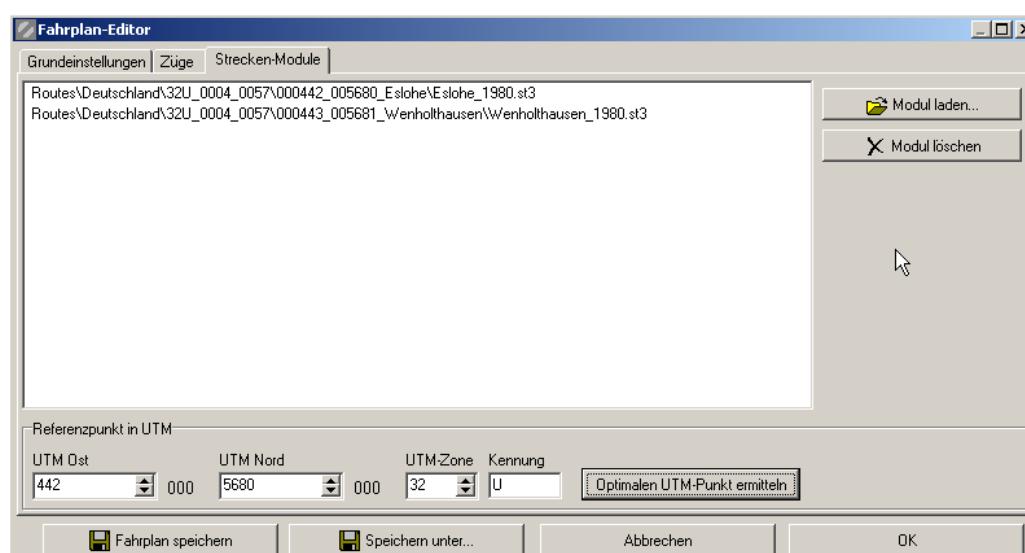
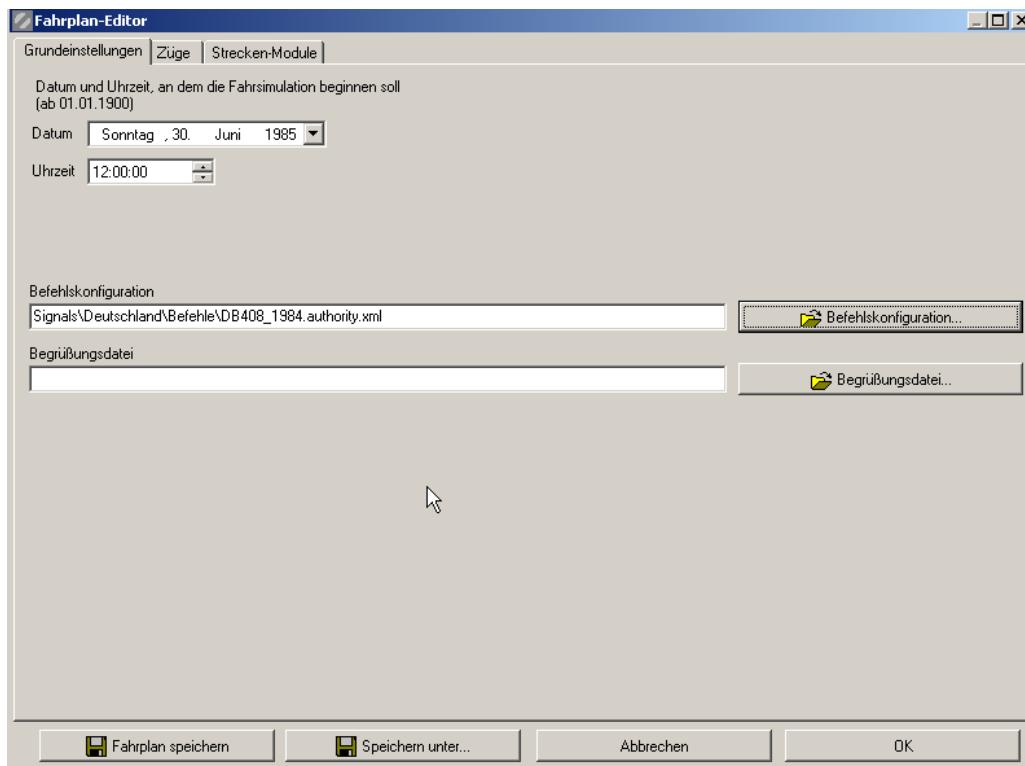
3.4 Fahrplan

3.4.1 Fahrplan definieren

Die Verknüpfung der Streckenmodule erfolgt im Fahr simulat or. Das verbindende Element ist hierbei die Fahrplanda tei. Über die Funktion „Fahr planerstellung“ → neuer Fahr plan“ wird der benötigte Ed itor aufgerufen. Wichtig ist die Auswahl der Befehlskonfi guration, welche die Art und Darstellung der schriftlichen

Befehlsvordrucke steuert. Im Lieferumfang von Zusi sind epochgetreue Vordrucke und Konfigurationen enthalten.

Im gleichen Dialog lassen sich über den Reiter „Strecken module“ die benötigten Einzelmodule laden. An schließend wird über die Funktion „Optimalen UTM-Punkt ermitteln“ eine geeignete Georeferenz

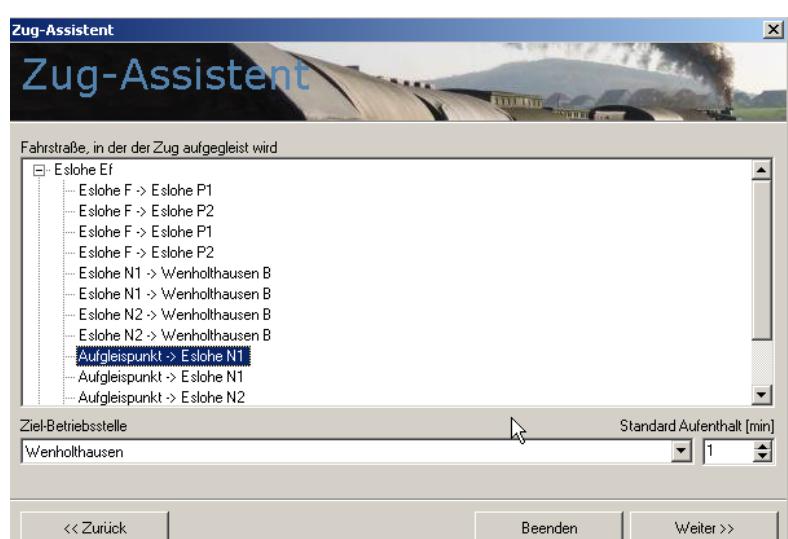
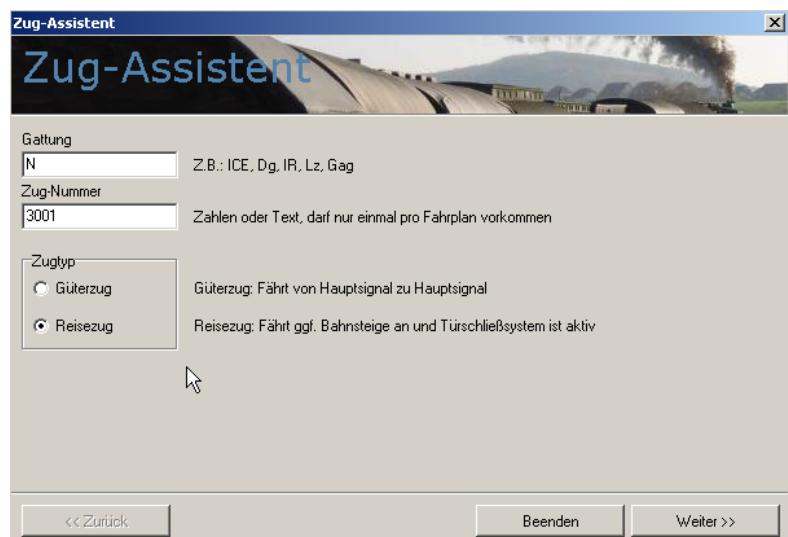


errechnet und im Fahrplan hinterlegt. Vor den nachfolgenden Arbeitsschritten ist die Fahrplandatei als Timetables\Docu\Streckenbaututorium.fpn zu speichern und erneut zu laden.

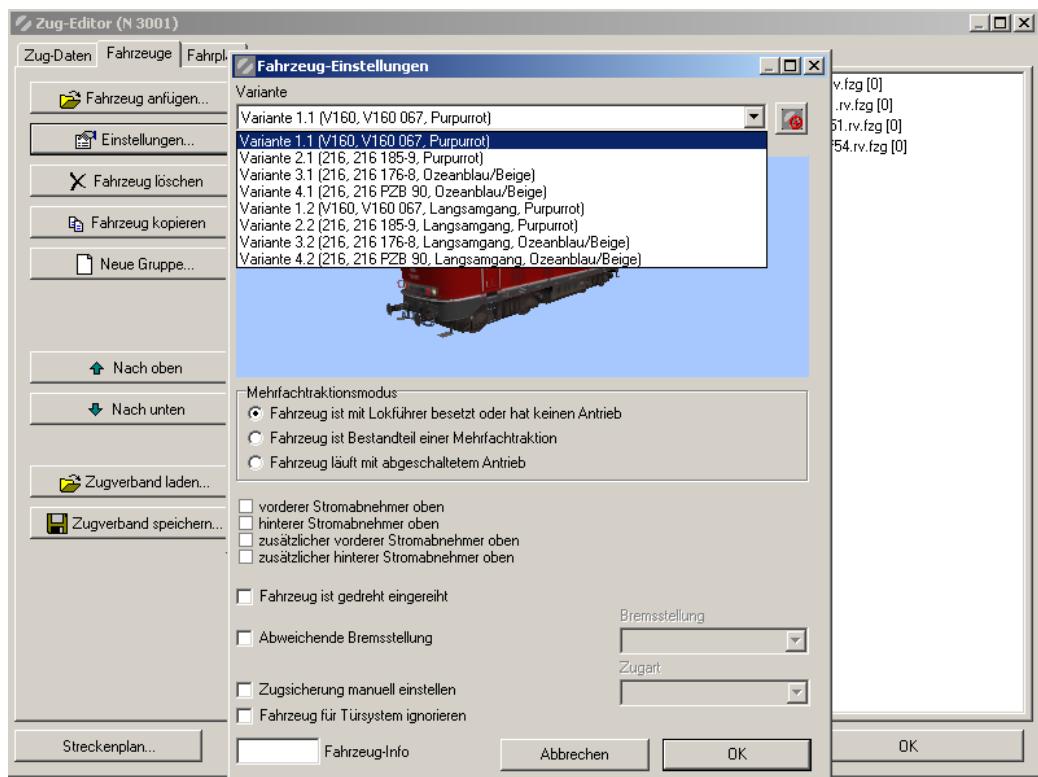
3.4.2 Zugdaten einstellen

Über den Reiter „Züge“ lassen sich Zugzusammenstellungen konfigurieren und bearbeiten sowie die Laufwege und Fahrzeiten festlegen. Die Züge werden dabei anhand ihrer Zugnummer unterschieden, so dass in einem Fahrplan jede Zugnummer nur einmal vorkommen darf. Wesentliche Zug-Grundeinstellungen umfassen z.B. die Unterscheidung nach Güter- bzw. Reisezug, die PZB-Zugart, die Bremsstellung sowie Angaben zur Höchstgeschwindigkeit. Die Zusammenfassung von Zügen zu Gruppen dient der besseren Übersicht bei umfangreichen Fahrplänen. In unserem Beispiel sind zwei Gruppen „Reisezüge“ und „Güterzüge“ angelegt, die jeweils einen Zug enthalten. Detaillierte Informationen hierzu sind in der Programmdokumentation zu finden.

Unser erster Zug ist ein Reisezug, bespannt mit einer Lok der Baureihe 216, und beginnt im Modul Eslohe. Der Zug soll dort vor dem Signal N1 aufgegelistet werden und in Wenholtshausen enden. Der Fahrplan-Assistent erstellt Grundeinstellungen für einen fahrbaren Zug, die dann ggf. im Nachgang noch verfeinert werden können. Die entsprechende Einstellmöglichkeiten sind in nebenstehenden Bildern zu sehen. Für die Start- und die Zielbetriebsstelle sowie – bei komplexeren Strecken als unserem Beispiel – Zwischenstationen werden initiale Werte für die Halte beziehungsweise Durchfahrtszeiten vorgeschlagen, die nachfolgend noch modifiziert werden können.

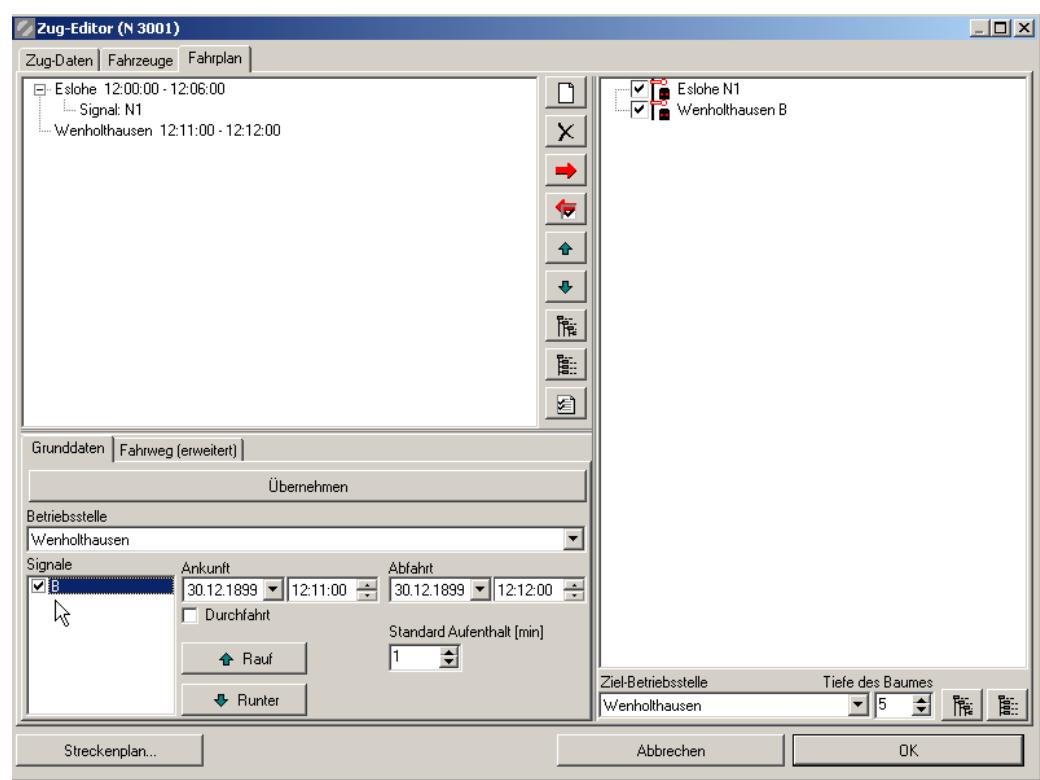


Ein Gegenzug wird als Güterzug definiert, der vor dem Einfahrtsignal F des Bahnhofs Wenholtshausen am dortigen Aufgleispunkt startet. Er wird von einer Lok der Baureihe 212 befördert. Die im Zug genutzten Fahrzeuge werden in einer Liste geladen, welche die Fahrzeugreihung festlegt. Dabei können auch die Fahrzeugeinstellungen vorgenommen werden, die ausgehend vom jeweiligen Basismodell die Auswahl der (Lackierungs-) Variante, der Zugbeeinflussung und gegebenenfalls abweichender Bremsstellung erlauben. Im vorherigen Bild ist beispielhaft die Zugreihung des Reisezuges dargestellt. Dabei wurde der Eintrag für die Lokomotive ausgewählt und mit dem Button „Einstellungen“ die Liste der für diese Lok vorhandenen Fahrzeugvarianten aufgerufen.



3.4.3 Fahrtroute definieren

Die für die Fahrt relevanten Orte wie Aufgleispunkt, Zwischenpunkte und Ziel-Betriebsstelle einschließlich der Informationen zu Fahr- und Aufenthaltszeiten und zu nutzender Gleise und Fahrstraßen wurden bereits im Zug-Assistenten initial definiert. Diese Parameter können nachfolgend für jeden Zug im

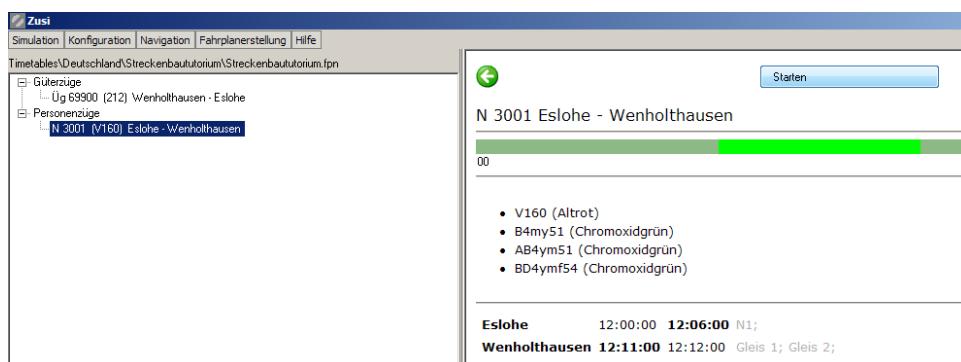


Editor modifiziert werden. Der folgende Screenshot zeigt die Änderung der Abfahrtzeit in Eslohe für Zug N 3001 auf 12:06 Uhr, um den zuvor die Strecke belegenden Gegenzug abzuwarten. Belässt man die Abfahrtszeit auf dem ursprünglichen Wert, so würde zwar keine Unfallgefahr auf der eingleisigen Strecke bestehen, da die Fahrstraßenautomatik gleichzeitige Zugfahrten zwischen Wenholthausen und Eslohe ausschließt. Allerdings würde der Nahverkehrszug nach der Freigabe des Streckenabschnitts regelmäßig mit Verspätung starten, da der Gegenzug erst gegen 12:05 in Eslohe eintrifft.

Abschließend wird der Fahrplan gespeichert, wobei neben der übergeordneten Fahrplandatei auch die einzelnen Zug-Dateien in Unterverzeichnissen abgelegt werden.

3.4.4 Fahrplan starten

Der eigentliche Simulationslauf erfordert nur noch das Laden der Strecke anhand des erstellten Fahrplans über den Menüeintrag „Simulation → Fahrplan öffnen“. Nachfolgend stehen die möglichen Zugfahrten zur Auswahl zur Verfügung. Mit „Start“ beginnt das Einlesen der Landschafts- und Zugdateien und der Simulationslauf, der zum im Fahrplan vorgegeben Zeitpunkt startet. Liegt zwischen dem Fahrplanstart und der Abfahrtszeit des eigenen Zuges eine größere Zeitspanne, so kann diese mit der Funktion „Zeitsprung“ über die Taste „F4“ verkürzt werden. Ein Zeitraffer in der laufenden Simulation ist mit der Funktionstaste „F1“ erreichbar. Der Autopilot wird mit der Taste „F3“ aktiviert.



3.5 Streckenbau-Projekt

Das hier bislang vorgestellte Streckenbau-Tutorium ist darauf ausgelegt, einen schnellen Einstieg in den grundlegenden Umgang mit den Zusi3-Werkzeugen zu ermöglichen. Die Komplexität umfassender Bauvorhaben erfordert darüber hinaus einige konzeptionelle Vorüberlegungen, um ein hochwertiges Ergebnis sicherzustellen. In den nachfolgenden Abschnitten werden daher Tipps und Hinweise zum Vorgehen und zur Qualitätssicherung zusammengestellt. Diese Anregungen sollen helfen, grundsätzliche Fehler beim Erstellen der Streckenabschnitte zu vermeiden, und darüber hinaus die Mächtigkeit der Funktionalitäten umreißen.

3.5.1 Dateiverwaltung und Versionierung

Für den Streckenbau mit Zusi 3 bietet sich aufgrund der komplexen Aufgabenstellung eine Zusammenarbeit in Teams an. Um die Arbeitsergebnisse geordnet zusammenzuführen und zu verwalten, empfiehlt sich der Einsatz eines Versionsmanagementsystems. SVN (Subversion) stellt ein in der Praxis erprobtes Werkzeug dar. Der Umgang mit dieser Software soll im folgenden kurz vorgestellt werden.

3.5.1.1 SVN Grundlagen

SVN erleichtert die Verwaltung von Streckenprojekten, indem alle benötigten Dateien an einer zentralen Stelle, dem sogenannten Repository, abgelegt werden. Die einzelnen Dateien können jederzeit von den Teammitgliedern verändert werden. Dabei werden alle vorherigen Versionen erhalten. Diese können bei Bedarf wiederhergestellt werden. Ebenso ist die Prüfung auf Unterschiede zwischen bestimmten Versionen möglich. Kommentare und Markierungen prägnanter Entwicklungsstände erleichtern den Überblick über das Gesamtvorhaben.

Die Nutzung des SVN-Repository läuft wie folgt: Ein Teammitglied lädt zunächst den aktuellen Stand aller Dateien eines Projekts aus dem Repository auf die lokale Festplatte. Diesen Vorgang bezeichnet man als „auschecken“. Nachfolgend können Änderungen an den Dateien vorgenommen werden. Sobald ein abgeschlossener Zwischenstand erreicht ist, sollten die Daten als neue Versionen ins Repository übertragen werden. Diesen Vorgang nennt man „einchecken“. Wenn mehrere Mitstreiter gleichzeitig eine Datei verändert haben, meldet SVN den entstehenden Versionskonflikt, der nachfolgend durch Abstimmung zwischen den Beteiligten beseitigt werden muss. Alternativ ist es möglich, derartige Probleme von vornherein zu verhindern, indem die Dateien beim Auschecken gesperrt werden. Allerdings besteht hier die Gefahr eines Deadlocks, sofern die Dateien nicht wieder freigegeben werden. Bewährt hat sich daher der freizügige Zugriff auf die einzelnen Dateien, da in der Regel mit abgegrenzten Aufgabengebieten gearbeitet wird und die Gruppengröße der Bearbeiter im Regelfall überschaubar ist. Die Zusi-Datenstruktur mit getrennten Dateien für Streckenfunktion, Landschaft, 3D-Objekte und Fahrplan unterstützt eine konfliktfreie, parallele Gruppenarbeit in den unterschiedlichen Aufgabenbereichen.

Das Repository kann lokal in einem Verzeichnis auf dem eigenen Rechner liegen, sofern ein Projekt durch einen „Einzelkämpfer“ bearbeitet wird. Vorteil von SVN ist in diesem Fall vor allem die Möglichkeit, alte Stände wiederherstellen zu können. Für die Gruppenarbeit empfiehlt sich das Ablegen der Daten auf einem Server im Internet. Damit ist es möglich, dass eine verteilte Gruppe gemeinsam an einem Streckenbauvorhaben arbeitet.

Das Aufsetzen eines SVN-Repository einschließlich der zugehörigen Nutzerverwaltung sollte durch fachkundige Administratoren erfolgen.

3.5.1.2 SVN lokal einrichten

Auf dem lokalen Arbeitsplatzrechner wird ein Client für den Zugriff auf das Repository benötigt. Nachfolgend wird die Verwendung von SVN Tortoise beschrieben. Diese Software ist frei erhältlich unter <http://tortoisevn.net/index.de.html>

Tortoise SVN wird in den Windows-Explorer eingebunden und erlaubt den Zugriff auf das Repository aus dem Explorer heraus über entsprechende Zusatzfunktionen.

Im SVN werden im Regelfall Module angelegt. Diese sind mit Unterverzeichnissen vergleichbar und können beispielsweise Signal- oder Weichenbausätze, insbesondere aber die einzelnen Streckenabschnitte enthalten.

Vor dem ersten Bearbeiten eines Modulverzeichnisses muss dieses aus SVN einmal ausgecheckt werden. Dazu sind folgende Arbeitsschritte durchzuführen:

- Im Explorer in das Zusi3-Datenverzeichnis wechseln, z.B. C:\Program Files\Zusi3\
- Rechtsmausklick auf das gewünschte Verzeichnis und „SVN Auschecken“ anwählen
- In dem sich öffnenden Dialog folgende Werte eingeben:
 - Protokoll: Password Server (:pserver:)
 - Server: z.B. <Musterver.de>
 - Ordner des Repository: z.B. <Datenserver/Zusi3>
 - Benutzername: z.B. <MaxMustermann>
- Über den Button „hole Liste“ unten rechts im Auswahlfenster kann die Auflistung der vorhandenen Modulverzeichnisse aus dem Repository geladen werden.

- Auswählen des Verzeichnisses, OK drücken, das entsprechende Modul wird ausgecheckt.
- Die letzten drei Schritte alle Module wiederholen.

3.5.1.3 Arbeiten mit SVN

- Vor jeder neuen Arbeitssitzung muss die Arbeitskopie auf dem lokalen Rechner aktualisiert werden. Dazu sind folgende Schritte durchzuführen:
 - Rechtsmausklick auf das zu aktualisierende Verzeichnis, z.B. „Routes“
 - Auswahl der Option „SVN lokal aktualisieren“
 - Damit werden die aktuellen Änderungen aus dem Repository heruntergeladen
 - Die Dateien können nun bearbeitet werden.
- Wird eine neue Datei angelegt, auf diese mit der rechten Maustaste klicken und die Option „SVN Hinzufügen“ auswählen. Damit wird sie beim nächsten Kontakt auf den Server ins Repository geladen.
- Nach Beendigung der Arbeiten wieder mit der rechten Maustaste auf das modifizierte Verzeichnis, z.B. den Ordner „Routes“ klicken und den Menupunkt „SVN Einchecken“ auswählen.
- Im Kommentarfeld einen sinnvollen Kommentar schreiben, der die durchgeföhrten Änderungen beschreibt und eine spätere Identifikation des Dateiinhalts ermöglichen soll.
- Auf OK klicken, dann werden die Änderungen ins Repository eingecheckt.
- Erreichte „Meilensteine“ sollten durch entsprechende Marker, sogenannte „Tags“ gekennzeichnet werden. Mit der rechten Maustaste lässt sich die Funktion „SVN Tag“ aufrufen und entsprechende Markierungen sowohl für einzelne Dateien als auch für ganze Verzeichnisinhalte anbringen.

3.5.2 Erstellung des Gleisplans

3.5.2.1 Systematik der Weichenbausätze

Der Lieferumfang des Simulators umfasst in einer ersten Ausbaustufe die grundlegenden regelspurigen Bauformen von Weichen nach deutschen Normalien. Neben Industrieweichen mit geringen Radien, die im Unterverzeichnis „Preussen“ abgelegt sind, finden sich im Verzeichnis „Regeloberbau“ folgende Unterordner:

- Weichen (Radien 190, 300, 500, 760, 1200, 2500 und 10000 m sowie verkürzte Weichenmodule mit 190 m Radius zur Verwendung in Verbindung mit Doppelten Gleisverbindungen (DGV))
- Doppelte Gleisverbindungen (DGV)(für Gleismittenabstände von 4, 4.25, 4.5, 4.75 und 5 m)
- Kreuzungen

- Drehscheiben
- Gleissperren

Einfache und Doppelte Kreuzungsweichen sind im Unterverzeichnis „Weichen“ zu finden.

Achtung! Beim Einbau von Elementen aus dem Unterordner „Weichenmodule“ ist zu beachten, dass diese Bauteile nur für spezielle Anwendungsfälle eingesetzt werden, z.B. für den Anschluss an Doppelte Gleisverbindungen oder um Doppelte Kreuzungsweichen mit unterschiedlichen Endneigungswinkeln zu erstellen. Man verwendet hierzu die verkürzten Bausätze, die nur die Weichenmitte ohne Herzstückbereiche enthalten, z.B. DKW 190 1:9 WM. „WM“ steht für „Weichenmitte“. Hier sind die jeweils passenden Herzstückteile anzubauen, erkennbar an der Namensgebung „WA-WM“ („Weichenanfang“ bis „Weichenmitte“).

3.5.2.2 Checkliste zur Qualitätssicherung st2-Export

Nachfolgend sind aus den bisherigen praktischen Erfahrungen beim Streckenbau ohne Anspruch auf Vollständigkeit einige Fragestellungen aufgelistet, die vor dem Export aus dem Gleisplaneditor geprüft werden sollten:

Allgemein:

- Strecke in genormtem UTM-Verzeichnis gespeichert?
- Keine Fehlermeldungen beim Funktionsaufruf „auf Fehler überprüfen“?
- Hüllkurve erstellt und mit Nachbarmodulen abgeglichen?
- DEM-Datei für Streckenelemente mit DEM-Bezug hinterlegt?
- Autorennamen eingetragen?

Gleisbau:

- Streckengeschwindigkeiten in den Gleiselementen sinnvoll eingetragen?
- Bettungsbauarten korrekt versorgt?
- Gleiselemente sinnvoll geteilt und Bettungsbauart eingetragen, z.B. an Brücken, in Tunnels und an Bahnsteigen?

Weichen:

- Weichenummern und Bezeichnungen der Gleissperren eingetragen?
- Übergänge der Bettungsbauarten an Weichen korrekt?
- Weichenhöhenlagen angepasst?

Höhenprofile:

- Übergänge der Höhenprofile untereinander abgeglichen?
- Übergang der Höhenprofile an den Modulgrenzen gesetzt?

- Ausrundungen in Höhenprofilen gesetzt und geeignete Ausrundungsradien verwendet?
- Keine Neigungswechsel im Bereich von Weichenbausätzen, Kreuzungen und Gleissperren?

Markerpunkte:

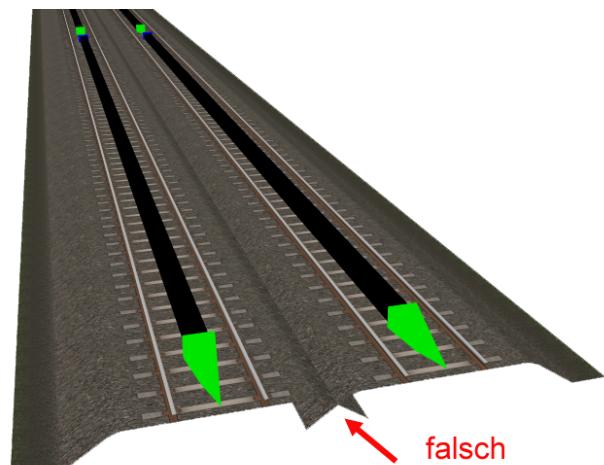
- Marker für Fahrleitungsmasten (im Bahnhofsbereich) gesetzt?
- Marker für Bauwerke im Gleisbereich und Besonderheiten wie Brücken, Bahnübergänge, Tunnelportale gesetzt?

Wird für das Streckenbauprojekt eine Versionsverwaltung wie z.B. SVN verwendet und ist bereits ein st3-Export erfolgt und ins Repository eingechekkt, so müssen vor einem erneuten Export die Inhalte der Verzeichnisse Bogenweichen und Kacheln im Explorer gelöscht werden. Dadurch wird sichergestellt, dass die vorhandenen Versionen der Dateien fortgeschrieben werden. Andernfalls würden fortlaufende neue Dateien erzeugt und zusätzlich in das Verzeichnis eingetragen. Nachfolgend ist die Sicherheitsabfrage „Soll der Inhalt des Verzeichnisses Bogenweichen gelöscht werden?“ mit „nein“ zu beantworten. Dies stellt sicher, dass die verborgenen SVN-Verwaltungsinformationen erhalten bleiben.

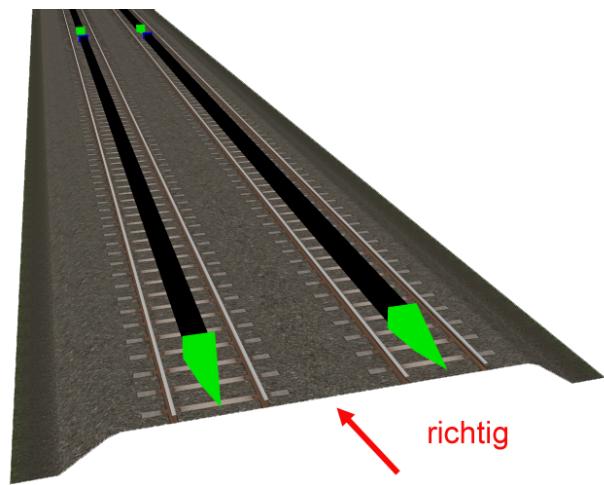
3.5.3 Landschaftsbau

3.5.3.1 Bettungserstellung

Eine häufige Fehlerquelle beim Anlegen der Gleisbettung von mehrgleisigen Strecken besteht in nicht korrekt ausgeführten Übergängen zu den Nachbarmodulen. Die beiden nebenstehenden Abbildungen zeigen die fehlerhafte Variante, erkennbar an den einzelnen Gleisbettungen einschließlich Bettungsschulter zwischen den Gleisen, sowie die korrekte Variante mit einer waagerechten Bettung im Gleiszwischenraum. Um die gewünschte Form der Bettung zu erhalten, müssen die Übergangselemente in Richtung des Nachbarmoduls korrekt verknüpft werden. Falls dieses noch nicht erstellt wurde, bieten sich temporäre Hilfselemente an. Alternativ kann mit dem im Abschnitt „Tipps und Tricks“ beschriebenen Verfahren eine virtuelle Verbindung der Gleiselemente miteinander eingerichtet werden ([Kapitel 9.2](#)).



Bei allen Straßen und Flüssen, die mit Hilfe von Höhenprofilen gebaut wurden, müssen die Vektorelement-Eigenschaften auf „keine Gleisfunktion“ gesetzt werden, damit bei der Bettungserstellung dort keine Gleisanlagen mit Schienen erstellt werden. Für die DEM-bezogenen Elemente, die zuvor in unserem Tutorium erstellt wurden, sind diese Elementparameter bereits korrekt vorbelegt.

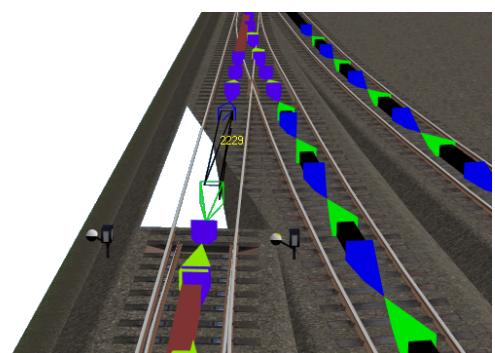


richtig

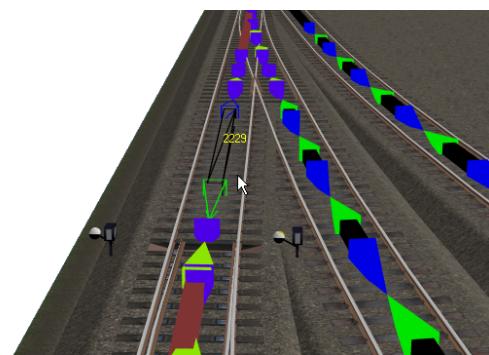
Sind die Vorarbeiten erledigt, kann zu Testzwecken ein erster Aufruf der Funktionalität zum Generieren der Bettung erfolgen. Das Arbeitsergebnis sollte eingehend auf fehlerhafte Bereiche überprüft werden. Die Unstimmigkeiten betreffen im Wesentlichen fehlerhaft ausgeführte Gleiswischenräume sowie unerwünschte Übergänge der Oberbauarten z.B unmittelbar im Anschluss von Weichenbereichen. Die Oberbauart einer Weiche sollte für einige Meter im angrenzenden Gleisbereich fortgeführt werden, wie im Bild dargestellt. Dies erfordert gegebenenfalls ein Teilen von Gleiselementen und das anschließende Korrigieren der Bauart des Oberbaus. Für die notwendigen Korrekturen ist ein Nacharbeiten im Gleisplaneditor und ein erneuter Export sinnvoll. Dabei können die bereits erzeugten Landschaftskacheln und der Inhalt des Verzeichnisses „Bogenweichen“ überschrieben werden. In diesen Schritten werden noch keine manuellen Modifikationen der Bettungs-Meshes durchgeführt, da diese beim erneuten Anlegen der Gleisbettung überschrieben würden. Diese Berichtigungen erfolgen erst in einem späteren Schritt. Erfahrungsgemäß muss mit einer nennenswerten Anzahl von Iterationen gerechnet werden, bis die Gleisbettung einen Qualitätsstand erreicht, der den Abschluss dieses Arbeitsschritts und die weitere Ausgestaltung der Landschaft sinnvoll erscheinen lässt.



In Einzelfällen kann es vorkommen, dass die Gleisbettung an Elementen nicht vollständig erzeugt wird. Die nebenstehende Abbildung zeigt einen derartigen Fall. Diese Fehlstelle lässt sich mit wenigen Mausklicks beheben. Hierzu wird das Streckenelement markiert, an dem die Gleisbettung unvollständig erzeugt wurde. Für dieses Element wird das bereits erstellte Bettungsdreieck gelöscht, die Funktion „Landschaft erstellen → Oberbau erstellen“ erneut aufgerufen. Hierbei sind die Checkbox „nur auf markierte Elemente anwenden“ zu aktivieren und die Checkbox „Langschwellenbereiche automatisch zuschneiden“ zu deaktivieren.

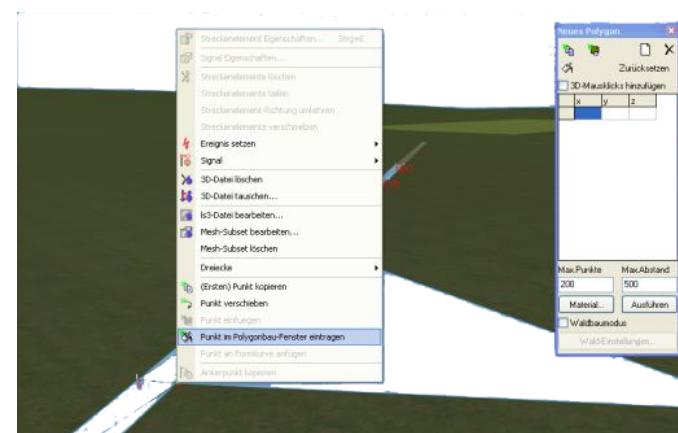


Das Arbeitsergebnis ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Für die meisten Anwendungsfälle erzeugen die Routinen zur Bettungserstellung vorbildgerechte und fehlerfreie Ergebnisse. In Sonderfällen, insbesondere bei komplexen Gleisanlagen, können jedoch manuelle Korrekturen an Problemstellen erforderlich werden. Vielfach kann durch das Löschen entarteter Meshes und das nachfolgende Auffüllen der Freiflächen Abhilfe geschaffen werden. Neben dem Verschieben von einzelnen Punkten werden dazu die Funktionen zum Ergänzen bzw. Neuanlagen von Meshes sowie zum Einfügen von Punkten und das anschließende Aufbringen der passenden Texturen benötigt. Detaillierte Hinweise zum Vorgehen finden sich in der Beschreibung der Funktionen des 3D-Editors sowie in im folgenden Kapitel des Tutoriums, welches die Arbeitsschritte beim Auffüllen von Löchern in der Grundplatte beschreibt.

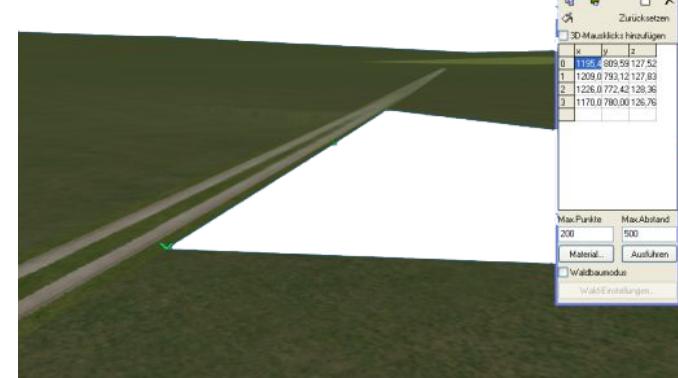


3.5.3.2 Ausfüllen von Löchern in der Grundplatte

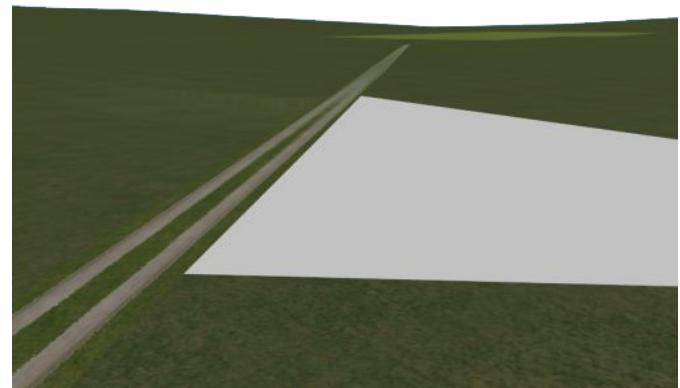
Fehlstellen in der Landschaft, welche die Form von Löchern aufweisen, treten sowohl beim manuellen Anlegen von Landschaft wie z.B. Gleisbettung oder Feldern, Straßen oder Hauseinfriedungen auf. Sie können mit dem „Poly“-gon“-bau-Modus“ geschlossen werden. Ein Beispiel für diese elementare Vorgehensweise soll in nachfolgend vorgestellt werden. Sie lässt sich universell auf andere Einsatzgebiete übertragen. Das nebenstehende Bild zeigt die Fläche, die mit Hilfe dieses Ansatzes gefüllt werden soll.



Über „Landschaft erstellen → Polygonbaumodus“ wechselt man in den Bau- modus. Ein Fenster „neues Polygon“ wird geöffnet, das die Koordinatenwerte aufnimmt. Nun müssen alle Punkte der Fehlstelle im Uhrzeigersinn erfasst werden. Hierzu wählt man den ersten Punkt mit der linken Maustaste aus. Mit der rechten Maustaste öffnet sich das Kontextmenü mit dem Menüpunkt „Punkt in Polygonbau-Fenster eintragen“. Durch Bestätigen werden die Koordinaten des Punktes in die Auflistung eingetragen, und der Punkt wird mit einem grünen Kreuz markiert. Dieses Vorgehen wendet man auf alle Punkte der Fehlstelle an.

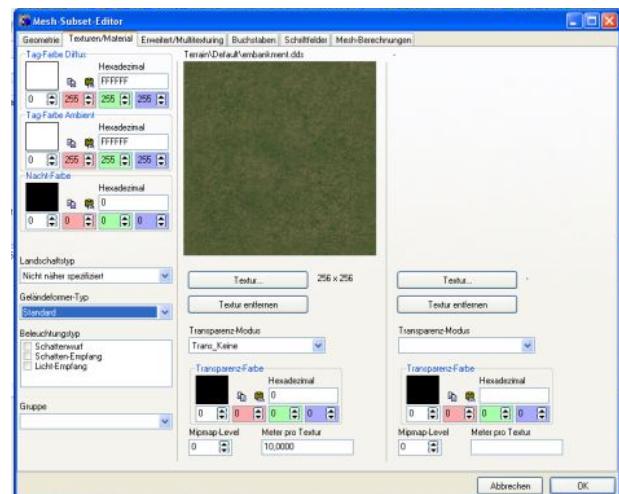


Sind alle Punkte der Fehlstelle eingetragen, wird mit „Ausführen“ im Dialog die Fehlstelle geschlossen. Es entsteht die nebenstehend gezeigte nicht texturierte Fläche.



In diesem Beispiel muss der geschlossenen Fehlstelle eine Textur zugeordnet werden. Hierzu wird mit der rechten Maustaste die Fehlstelle angeklickt, und im Untermenü „Mesh-Subset bearbeiten“ kann die Registerkarte „Textur/Material“ aufgerufen werden. Geeignete Geländetexturen finden sich im Ordner Terrain\Default. Unter „Geländeformer-Typ“ ist der Eintrag „Standard“ zu wählen, danach kann der Dialog mit „OK“ abgeschlossen werden.

Sofern erforderlich, kann die verwendete Textur noch nachbearbeitet oder ausgerichtet werden. Das Ergebnis der Fehlstellen-Behandlung entspricht nun dem nebenstehenden Screenshot.

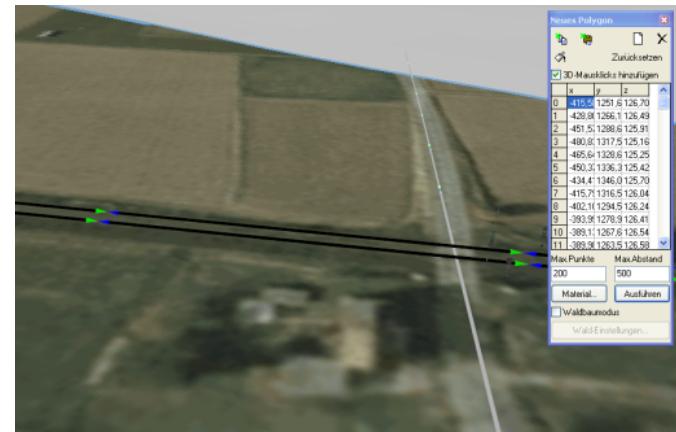


Hinweis: Die Auswahl der Textur kann bereits im Polygon-Dialog über den Aufruf des Dialogs „Material“ vorgenommen werden.

3.5.3.3 Anlegen von Feldern und Ackerflächen

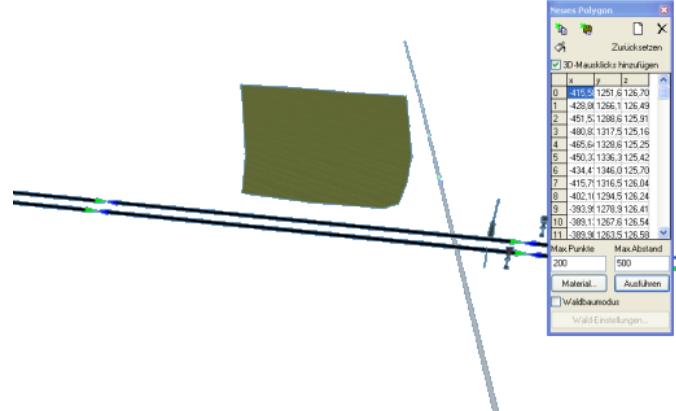
Beim Ausbau der Modul-Landschaft ist es üblich, nach dem Einbau von Straßen, Flüssen, Brücken, Bahnübergängen und Gebäudeobjekten die noch verbleibenden Löcher mit Hilfe des Geländeformers zu füllen. Dadurch werden die Flächen erzeugt, die eine einheitlich grüne Textur aufweisen. Der dadurch entstehende Landschaftseindruck entspricht jedoch gerade in landwirtschaftlich genutzten Gebieten nicht der Realität. Eine Möglichkeit, eine vorbildgerechte Landschaftswirkung zu erzielen, besteht in der manuellen Nachbearbeitung der vom Geländeformer erzeugten Flächen.

Jedoch weisen die Dreiecke der Geländeformer-Meshes im Regelfall eine gegenüber den örtlichen Gegebenheiten abweichende Aufteilung und Ausrichtung auf. Aus der Praxis heraus hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Landschaftsstruktur der Module anhand georeferenzierter GoogleEarth-Bilder zu gestalten. Die Erzeugung der benötigten GoogleEarth-Bitmaps und die Referenzierung mit Geo-Koordinaten ist in der Anleitung des Programms TransDEM beschrieben. Die nebenstehende Darstellung zeigt einen Abschnitt einer Streckendatei, in der auf das geladene DEM-File ein georeferenziertes GoogleEarth-Bild eingeblendet ist. Dadurch lassen sich Informationen zur Vorbildlandschaft mit sehr guter räumlicher Auflösung ableiten.

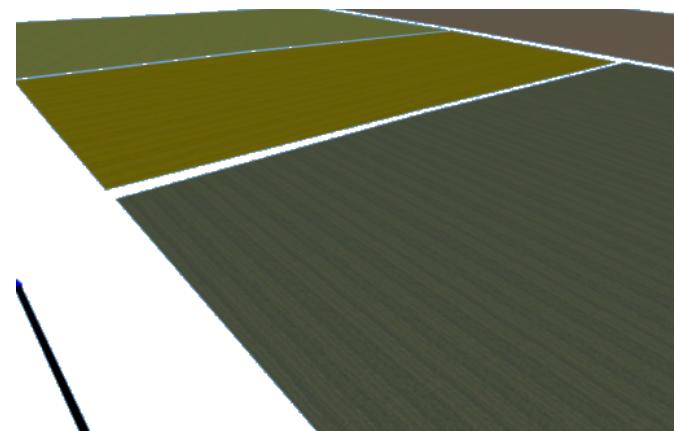


Als erster Bearbeitungsschritt wird durch die Funktion „Landschaft erstellen → Polygonbaumodus“ der Polygonbaumodus aufgerufen. Mittels des Dialogs „Material“ wird die gewünschte Textur gewählt und der Geländeformer-Typ dieser Textur auf „Standard“ gesetzt. Die Checkbox „3D-Mausklick hinzufügen“ muss aktiviert werden – sie sorgt für die Übernahme der einzugebenden Punkte aus der 3D-Ansicht in den Polygontabelle. Nun werden im Uhrzeigersinn die Grenzen der neu zu bildenden Fläche per linker Maustaste angeklickt. Dies sorgt für die Übernahme der ermittelten Koordinaten dieser Punkte in die Tabelle. Dabei werden die Werte für die Höhenlage aus der hinterlegten DEM ermittelt. Sind alle Punkte um die gewünschte Fläche herum gesetzt, wird mit dem Button „Ausführen“ die Fläche erstellt und texturiert.

Nach Abschluss dieser Operation wird durch den Aufruf des Befehls „Zurücksetzen“ der Parameterdialog mit den Koordinaten wieder geleert. Es entsteht aus den angeklickten Eckpunkten eine Fläche, wie im nebenstehenden Beispiel gezeigt. Mit dem beschriebenen Verfahren können nun große Bereiche landwirtschaftlich genutzter Flächen komfortabel eingebaut werden. Da im Polygonbaumodus zunächst für den Einbau nur eine Textur gewählt war, kann man zur weiteren Optimierung des Land-schafts-ein-drucks die Texturen der einzelnen Flächen dem Vorbild anpassen. Dazu wird eine Fläche mit der linken Maustaste selektiert und mit der rechten Maustaste das Kontextmenü „Mesh-Subset bearbeiten“ aufgerufen. In der Registerkarte „Textur/Material“ können nun Texturen getauscht werden.

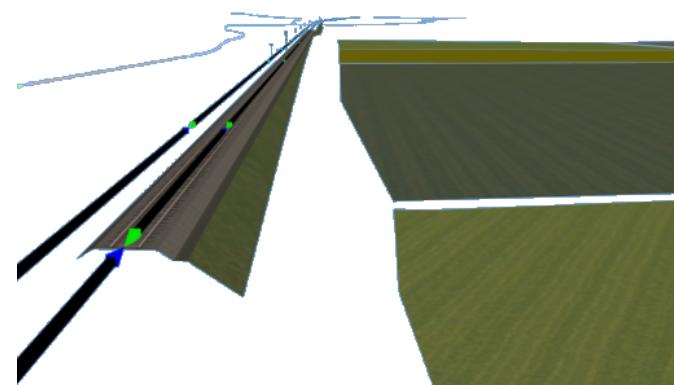


Bei genauerer Betrachtung erkennt man, dass die Strukturen der Flächen schräg zu den Feldgrenzen ausgerichtet sind. Dies entspricht jedoch nicht den Gegebenheiten, die durch die Bearbeitung mit landwirtschaftlichen Geräten entstehen. Um die übliche rechtwinklig zur Flächen- grenze ausgerichtete Struktur zu erhalten, wird unter „Extras → Programm-Einstellungen“ die Registerkarte „Grafik“ gewählt und dort das „Gitternetz“ aktiviert. Die vorhandene Landschaft wird nun als Gitternetz dargestellt. Durch Klicken mit der linken Maustaste auf eine Fläche wird diese wieder sichtbar. Mit Hilfe des Menüpunkts „Werkzeug“ kann nun mit dem Untermenü „Textur drehen“ diese den Vorstellungen entsprechend ausgerichtet werden. Damit ergibt sich das nebenstehende Arbeitsresultat.

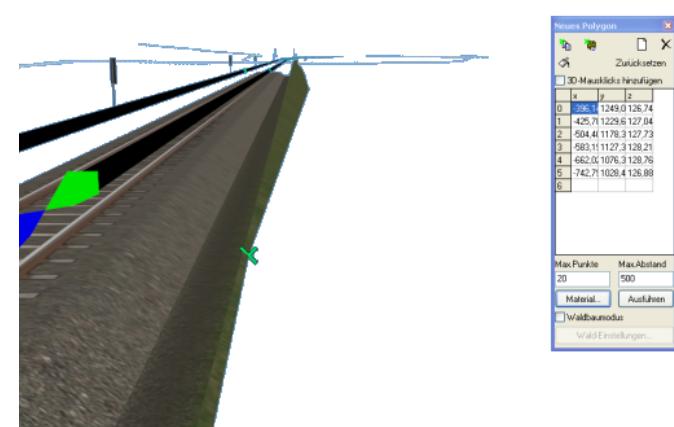


3.5.3.4 Schließen von Landschaftslücken

Üblicherweise werden die fehlenden Flächen in einer Landschaft, wie sie in der nebenstehenden Abbildung dargestellt sind, durch die Nutzung des Geländeformers gebildet. Unter Umständen kann jedoch das manuelle Füllen der Landschaftslücken unter Anwendung des Polygonbaumodus sinnvoll sein, wenn z.B. ebene Anschlussflächen oder besondere Texturierungen gefordert sind.



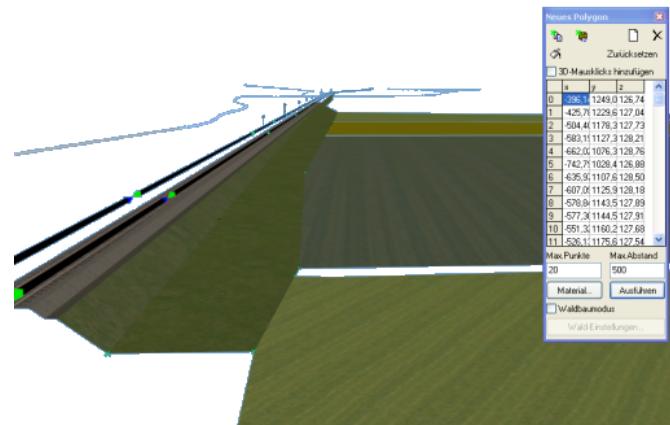
Mittels „Landschaft erstellen → Polygonbaumodus“ wird der Dialog für den Polygonbaumodus aufgerufen. Der Parameter „max. Punkte“ beschreibt die Anzahl der möglichen Anschlusspunkte zur Definition einer Fläche und wird auf den Wert 20 eingestellt. Unter dem Parameterdialog „Material“ wird eine Textur aus dem Verzeichnis Terrain\Default gewählt, z.B. Terrain\Default\terrain.dds. In der Registerkarte „Textur/Material“ wird der Geländeformer-Typ auf „Standard“ gesetzt. Nun müssen noch im Auswahldialog „Klicken und Anzeige“ die Checkboxen für die Sichtbarkeit und die Auswahlbarkeit von Dreiecken („anklickbar / sichtbar“) aktiviert werden. Mit der linken Maustaste wird das erste Dreieck, dass in die gewünschte



Baurichtung weist, angeklickt. Dadurch wird die Dreiecksfläche blau eingefärbt. Die Markierung der Punkte muss dabei immer im Uhrzeigersinn erfolgen.

Mit der linken Maustaste wird anschließend im Polygonbaumodus-Dialog oben auf den „Farbeimer“ geklickt. Dadurch werden (bis zur vorgegebenen maximalen Anzahl von Punkten) alle Polygon-Koordinaten des ausgewählten Meshes markiert und in den Parameterdialog eingetragen. Die derart übernommenen Punkte werden durch ein grünes Kreuz gekennzeichnet.

Nachfolgend müssen die Polygonpunkte der Ackerflächen manuell in den Parameterdialog des Polygonbaumodus übernommen werden, wie dies in den vorangegangenen Fallbeispielen bereits erläutert wurde. Zum Abschluss wird mit dem Button „Ausführen“ die Fläche in gewünschter Weise gefüllt.



3.5.4 Streckenbau

3.5.4.1 Hilfssignale

Bei mehrgleisigen Strecken müssen bei Bahnhöfen und Betriebsstellen der freien Strecke in Höhe der Einfahrtsignale am Gegengleis sowie innerhalb der Bahnhöfe an Gleisen ohne Ausfahrtsignal Hilfssignale gesetzt werden. Hierzu existieren vorkonfigurierte Signaldefinitionen die über die Dateien `Signals\Deutschland\Hilfshauptsignale\Hilfssignal_Esig.signal.xml` und `Signals\Deutschland\Hilfshauptsignale\Ausw_Asig.signal.xml`. Dies ermöglicht das Fahren auf Befehl gemäß besonderer betrieblicher Regelungen.

3.5.4.2 Signaleinbau am Ankerpunkt

Neben dem Einbau mit Ortsbezug zum ausgewählten Streckenelement kann auch ein Import an einen markierten Ankerpunkt einer Landschaftsdatei erfolgen. Dies ermöglicht z.B. das Anbringen von Signalen an Landschaftsobjekte wie einzeln stehende Masten oder Signalbrücken. In diesem Fall wird zuerst das gewünschte Gleiselement und danach mit gedrückter Strg-Taste der vorgesehene Ankerpunkt markiert. Anschließend erfolgt der Aufruf des Signalassistenten über die Funktion „Strecke erstellen → Signal → Signal laden“.

3.5.5 Qualitätssicherung

Für den performanten und ressourcensparenden Ablauf der Simulation ist es unerlässlich, die erbauten Streckenmodule einen intensiven Qualitätskontrolle zu unterziehen.

3.5.5.1 Dateiverwaltung

Für die Kontrolle auf korrekte Datenformate, Verzeichnisstrukturen sowie sinnvolle Texturgröße und sinnvolle LOD-Parameter bietet das mitgelieferte Werkzeug „Zusi-Dateiverwaltung“ mit der Funktion „Dateien und Struktur überprüfen“ ein komfortables und effizientes Hilfsmittel.

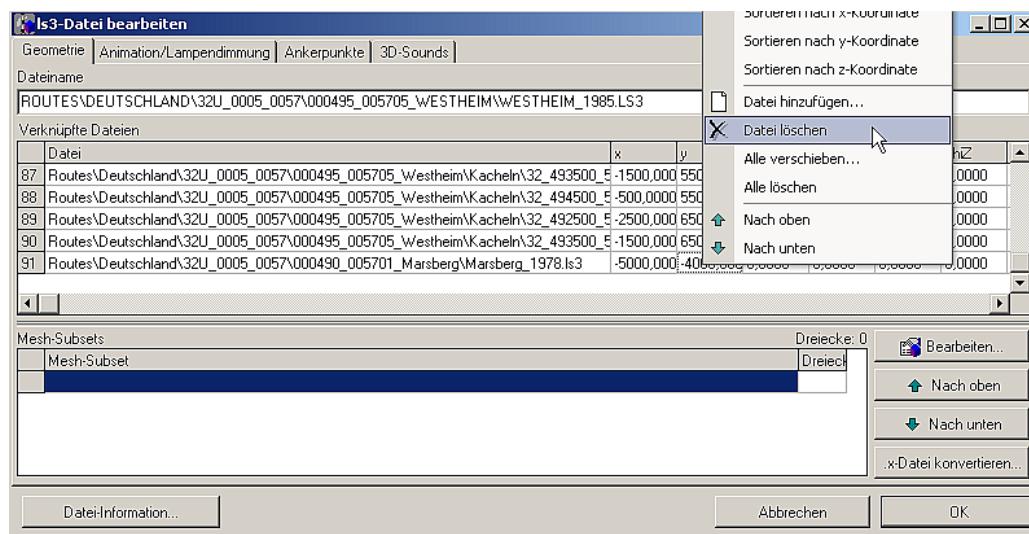
3.5.5.2 Module testen

Zur Überprüfung der bahnseitigen Ausstattung der Streckenmodule empfiehlt es sich, im 3D-Editor in den Streckeneigenschaften die Rubriken „Signalfehler“ und „Streckenfehler“ aufzurufen. Nach erfolgter Optimierung sollten dort keine Warnmeldungen mehr vorhanden sein. Den optischen Gesamteindruck überprüft man durch Tests im 3D-Editor und zusätzlich Abfahren der Strecke im Simulator. Ob die Strecke mit ausreichender Performance befahren werden kann, zeigt der Indikator „fps“, der die aktuelle Bildrate pro Sekunde berechnet und der über die Simulations-Grundeinstellungen eingeblendet werden kann. Die Werte sollten größer als ca. 20 sein und auch in Streckenbereichen mit zahlreichen Gleisanlagen und fahrenden Zügen bzw. bei hoher Anzahl von Objekten nicht wesentlich unter den Standardwert absinken.

Die korrekte Darstellung von Objekten und Landschaft, auch bei wechselnden Lichteffekten aufgrund unterschiedlicher Tageszeiten, erfordert Testfahrten im Simulator. Oftmals fallen unerwünschte optische Effekte erst bei dynamischer Veränderung des Betrachterstandorts auf. Bei diesen Testfahrten empfiehlt es sich, die Sicht auf die Strecke möglichst vollständig zu nutzen, also den eigenen Führerstand mit Hilfe der Funktionstaste F5 auszublenden. Praktische Hinweise zum Optimierung der Sichtbarkeit von Objekten und der LOD-Umschaltpunkte sind in einem der folgenden Abschnitte in Form einer Checkliste zusammengestellt. Zudem sollte das korrekte Funktionieren der Fahrstraßen und Signalisierungen zumindest in Stichproben getestet werden, bevor die einzelnen Module zu einem komplexen Gesamt Fahrplan zusammengefügt werden. Es empfiehlt sich, Testfahrpläne für komplexe Einzelmodule oder aber das Testmodul zusammen mit den jeweils angrenzenden Nachbarmodulen zu erstellen. Bei der Durchführung der Tests sollten die Fahrplandaten modifiziert werden, um unterschiedliche Fahrwege und Sondersituationen wie „Fahren auf schriftlichen Befehl“ auszuprobieren.

3.5.5.3 Modulübergänge

Mit Hilfe der Import-Funktion des 3D-Editors „Strecke → Nachbarmodul testweise importieren“ können die Landschaften an den Modulübergängen überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.



Überarbeitungen und Ergänzungen werden zuweilen erforderlich für Gleisbettungen, Gelände-Meshes oder auch Fahrleitungen, wie bereits exemplarisch bei der Erstellung der Gleisbettungen beschrieben. Die hierbei vorgenommenen Änderungen werden automatisch in den zugehörigen Landschafts-Kacheldateien gespeichert. Es ist lediglich darauf zu achten, dass nach Beendigung der Arbeiten die übergeordnete Landschaftsdatei der hinzugeladenen Nachbarkachel wieder entfernt wird. Hierzu ruft man die Funktion „Landschaft bearbeiten → ls3-Datei bearbeiten“ auf und löscht die in der letzten Zeile der Auflistung zu findende Verknüpfung auf die Moduldatei mit der Nachbar-Landschaft.

3.5.5.4 Autorennamen

Um die rechnergestützte Zuordnung der Objekte unter Aspekten des Urheberrechts zu ermöglichen, sollten bei den erstellten 3D-Modellen sowie Strecken die Namen der Erbauer hinterlegt sein. Zu diesem Zweck sind den Erbauern Schlüssel-ID zugeordnet, die soweit möglich bereits beim Bau der Objekte durch die Editoren automatisch eingetragen werden. Diese können bei Bedarf nachträglich ergänzt oder modifiziert werden.

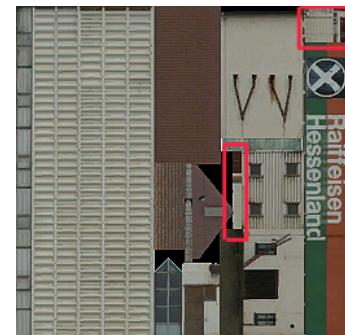
3.5.5.5 Checkliste für Objekte

Einen besonderen Stellenwert nehmen aufgrund der hohen Anzahl einzelner Objekte die Qualitätskontrolle und Optimierung der in den Modulen eingebauten 3D-Modelle ein. Nachstehend werden daher einige Überlegungen vorgestellt, unter welchen Gesichtspunkten die Prüfung der Objekte erfolgen sollte. Es empfiehlt sich, diese Leitsätze bereits beim Bau zu verinnerlichen und bei der Lösungsfindung der jeweiligen Modellierungsaufgabe im Hinterkopf zu haben.

- Den Standort des 3D-Objekts zum Gleis prüfen. Welchen Abstand vom Gleis weist das Bauwerk auf, welche Abmessungen besitzt es? Die Detaillierung ist davon abhängig zu machen.
- Entsprechend den bekannten Regeln modellieren. Wiederkehrende Flächen nur einmal zeichnen und mehrfach auf das 3D-Modell texturieren. Mit einer großen Textur anfangen und diese nach dem Abschluss schrittweise herunterskalieren. Hinweise im Tutorial zum Gebäudebau beachten ([Kapitel 11.5.2](#)).

- Das LOD1-Modell in den 3D-Editor laden, um aus verschiedenen Ansichten und Abständen zu prüfen, ob die Detaillierung zu hoch beziehungsweise zu gering ausgefallen ist. Auf dieser Grundlage lässt sich der erforderliche Detaillierungsgrad für LOD2 festlegen, wobei die konkrete Einbausituation berücksichtigt werden sollte. Gegebenenfalls empfiehlt es sich zu diesem Zweck, das 3D-Modell bereits in diesem Stadium zu Testzwecken in die Streckenlandschaft zu importieren.
- Die ausstehenden LOD2 und LOD3 erstellen.
- Die Detailgrade und Abstufungen der LOD sollten in einem sinnvollen Verhältnis aufeinander abgestimmt sein. Als Faustformel lässt sich die folgende Abschätzung nutzen:
 - LOD1 besteht aus $\#n$ Dreiecken. Dann sollte LOD2 ca. $0,5 * \#n$ Dreiecke beinhalten.
 - LOD 3 weist bis zu ca. 20 Dreiecke auf, es handelt sich um einen „einfachen Schuhkarton“, der keine Details beinhalten sollte.

Eine Optimierungsmöglichkeit bei der Erstellung des LOD3 soll nachfolgend an einem konkreten Beispiel vorgestellt werden. Um zu vermeiden, dass in dieser Detaillierungsstufe eine hohe Anzahl an Dreiecken verwendet werden muss, um die Texturbestandteile aufbringen zu können, empfiehlt es sich, die „Gesamtsichten“ des Gebäudes von den Seiten als eigene Texturelemente in der Gesamttextur unterzubringen. Dadurch wird die Verwendung sehr einfacher geometrischer Formen möglich. In der nebenstehenden Textur wurden zwei kleine freie Stellen, hier rot markiert, für eine Gesamtvorderansicht und eine Gesamtseitenansicht des Bauwerks genutzt, mit denen das LOD3 Objekt texturiert wurde.



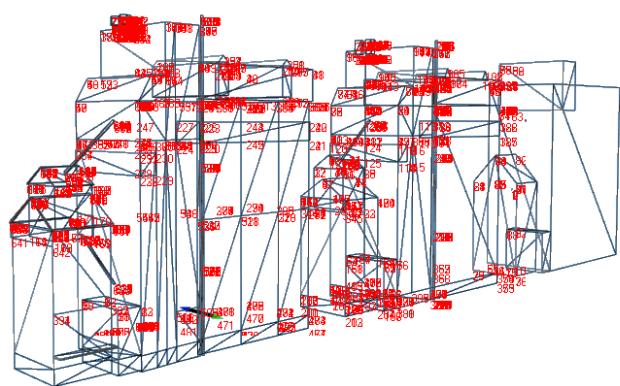
Die für LOD3 benötigten Texturelemente lassen sich in einfacher Weise durch die Erstellung von Screenshots des Gebäudes im 3D-Editor erzeugen. Hierbei ist neben der korrekten, d.h. senkrechten Ausrichtung zum Betrachter darauf zu achten, dass die grafischen Einstellungen wie z.B. Beleuchtung keine Veränderungen der Farbstimmung hervorrufen. Die aufgenommenen Screenshots müssen nachfolgend gegebenenfalls noch in einschlägigen Bildbearbeitungsprogrammen skaliert werden, bevor sie in die Gesamttextur eingefügt werden können. Nebenstehend ist zum Vergleich mit der endgültigen Textur hier die ursprüngliche Version der Textur abgebildet.



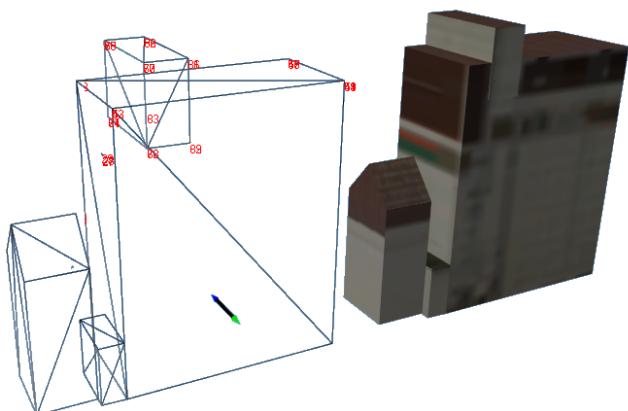
Eine abschließende Kontrolle im 3D-Editor durch Laden der drei Detaillierungsstufen ergibt das nebenstehende Bild. LOD1 links besteht aus 418, LOD2 in der Mitte aus 228 und LOD3 rechts aus 46 Dreiecken. Die vermeintliche Unschärfe des LOD3 im Screenshot fällt bei der Betrachtung aus einer Entfernung von 600 Metern nicht auf. Im 3D-Editor können bei dieser Gelegenheit erstmals die Sichtbarkeitsgrenzen und die Umschaltpunkte zwischen den einzelnen LOD-Stufen überprüft werden.



Beim Abgleich der LOD-Übergänge ist es sinnvoll, ein Augenmerk auf „springende“ Details zu richten. Erfahrungsgemäß finden sich hier zuweilen Modellierungsfehler durch ungeeignet abstrahierte Formen oder Skalierungsungenauigkeiten bei der Erstellung der Teilmodelle, die in der späteren Simulation ins Auge fallen würden. In dieser Abbildung werden noch einmal die Detaillierungen anhand der Drahtgittermodelle der drei LOD-Stufen anschaulich dargestellt.



Durch die Verwendung von Texturelementen der Gesamtansicht kann im LOD3, wie rechts deutlich zu sehen, das gesamte komplexe Gebäude aus wenigen Quadern erstellt werden, ohne dass der Gesamteindruck aus dem hierfür relevanten Betrachtungsabstand allzu sehr beeinträchtigt ist.

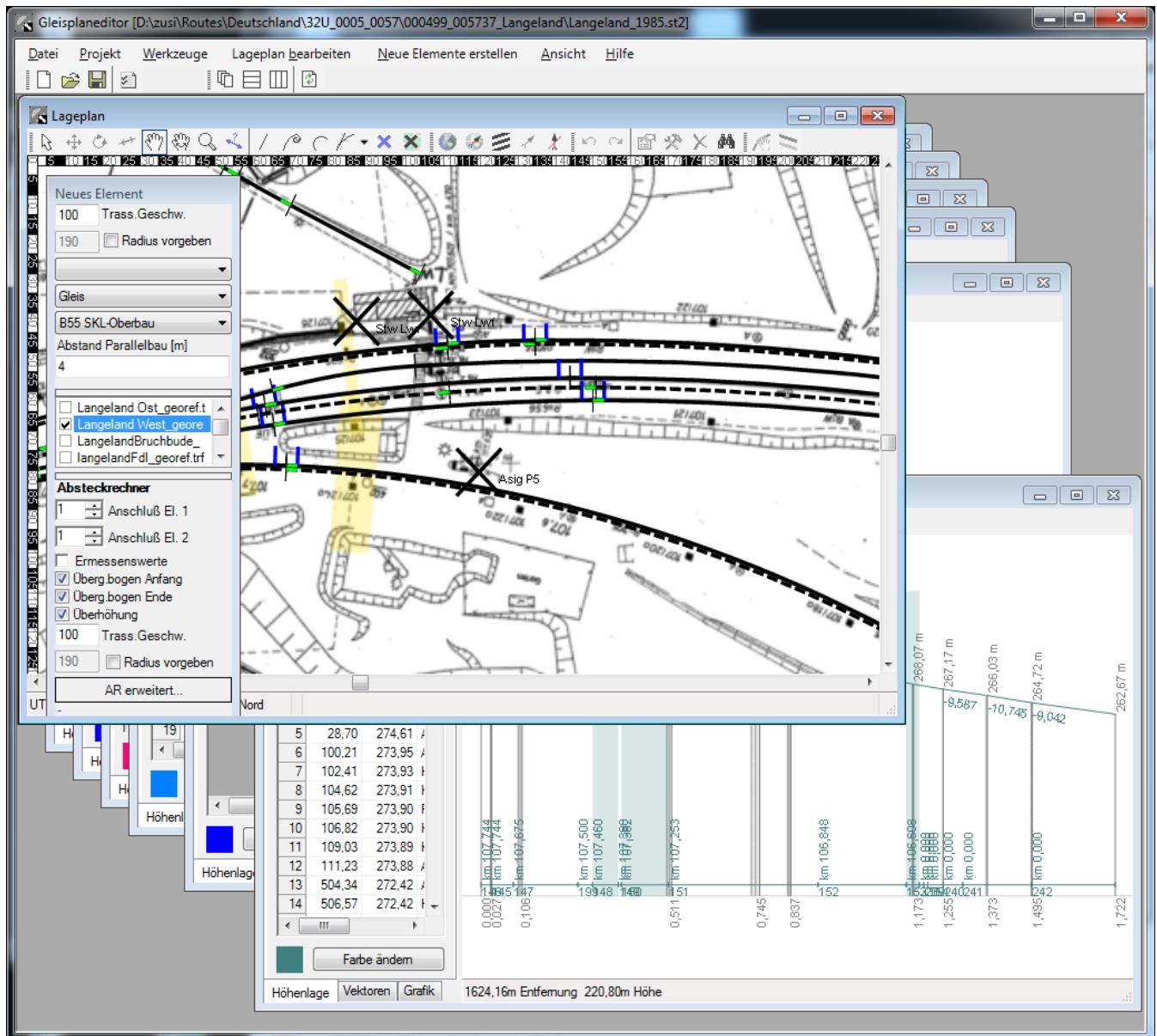


Weitere Schritte der Qualitätskontrolle sind:

- Die Modelle einzeln als LOD1 bis LOD3 in den 3D-Editor laden und eine Mesh-Optimierung durchführen. Hierbei sollten gegebenenfalls die Normalenvektoren neu berechnet werden.
- Die Normalenvektoren sollen im Regelfall senkrecht auf den Oberflächen stehen. Das wird beim Konvertieren von X-Files standardmäßig automatisch berechnet. Falls erforderlich kann dieser Vorgang unter den Mesh-Subset-Eigenschaften („Landschaft bearbeiten → Normalenvektoren neu berechnen“) auch noch einmal neu aufgerufen werden. Bei der Überprüfung hilft die Option im 3D-Editor, mittels „Programmeinstellungen → Normalenvektoren zeichnen“ eine geeignete Darstellung zu aktivieren. Klickt man auf ein Mesh, dann sieht man die Normalen als kleine Striche. Diese sollten bei Gebäuden nicht nach oben zum Himmel ausgerichtet sein, sondern jeweils senkrecht auf den einzelnen Flächen stehen.
- Die LOD-Stufen zusammenführen und Sichtbarkeitsbereiche der einzelnen LOD-Stufen einstellen. Die LOD-Umschaltentfernung sollte für Standardgebäude wie Wohnhäuser bei ca. 200m und 500m liegen. Wenn die zuvor genannten qualitätssichernden Schritte korrekt ausgeführt wurden, ergibt sich dieser Wert meistens von selbst als sinnvoll.
- Danach sollte unbedingt im Zusi-3D-Editor getestet werden, ob die Umschaltpunkte „stimmig“ sind. Die Übergänge zwischen den LOD sollten in der Bewegung nicht auffallen. Zum Testen und Optimieren können die LOD eines Objekts parallel geladen werden. Die Wechsel sieht man bei kontinuierlicher Bewegung auf das Objekt hin bzw. davon weg.
- Gewisse Abweichungen von diesem Richtwerten können je nach Modell richtig und sinnvoll sein, aber die Größenordnung sollte stimmen. Einfache Objekte oder auch nur aus weiter Entfernung zu sehende „Landmarken“ wie z.B. Burgen oder Fernsehtürme kommen unter Umständen auch mit nur zwei LOD aus. In der Regel entfällt hierbei der aufwendige LOD1. Wenn eine Datei für zwei LOD benutzt werden soll, stellt man bei dieser Datei als Parameter „zwei LOD“ in den Verknüpfungseigenschaften ein.
- Darauf achten, dass die Texturen entzerrt und in gleicher Skalierung für alle Objektbereiche erstellt sind. Dabei auch sicherstellen, dass die Verhältnisse von Höhe zu Breite bei Modellbau und Textur übereinstimmen. Verzerrte Ziegelsteine, Dächer oder Schriften springen dem Betrachter sofort störend ins Auge.
- Der Einbau von Schatteneffekten unter Dachüberständen erhöht den Tiefen- und Realitätseindruck deutlich und sollte daher in der Textur berücksichtigt werden.
- Zur Festlegung der Texturgröße den Mipmap-Test durchführen. Darauf achten wie nah das Gebäude in der Einbausituation tatsächlich am Gleis ist.
- Prüfen, ob Mipmap erforderlich ist.
- Die Texturgröße anpassen und in das dds-Format konvertieren. Wenn keine Transparenz erforderlich ist, DXT1 verwenden (DXT-Version ohne Transparenz). Das konkrete Vorgehen hängt vom verwendeten Fotoprogramm ab.

- Eine Version mit der beim Bau verwendeten hohen Texturauflösung als Sicherheitskopie aufheben und ggf. mit den übrigen Objektdateien zur Verfügung stellen – vielleicht benötigt man diese doch für Anpassungsarbeiten oder die Ableitung von Varianten.
- Zusammenstellung eines „Datenpakets“ für das erstellte Objekt. Dabei sollten „flache“ Dateiverzeichnisse verwendet werden, also keine Unterverzeichnisnamen. Gegebenenfalls im Texteditor oder mittels Zusi-Dateiverwaltung prüfen, denn manchmal nutzt man beim Bau aus Versehen doch relative Pfade.

4 Gleisplaneditor



4.1 Einleitung

4.1.1 Verwendungszweck

Der Gleisplaneditor ist für den Neubau einer Zusi-Strecke gedacht. Er ist insbesondere auf den Bau originalgetreuer Strecken auf der Basis genauer Pläne und Karten ausgelegt, erlaubt aber auch den Entwurf von Fantasiestrecken.

Dieser Editor ist ein reiner Geometrieeditor, er ist also nicht zur Bearbeitung funktionaler

Zusammenhänge (Signale usw.) geeignet, sondern liefert nur eine „nackte“ Streckengeometrie, deren endgültige Ausgestaltung anschließend im 3D-Editor erfolgt. Auch die logische Reihenfolge der Streckenelemente wird nicht festgelegt. Einige Editorfunktionen, die mit Nachfolgeelementen arbeiten, ermitteln diese lediglich aus der geometrischen Lage.

Grundsätzlich lässt sich eine Strecke auch ganz ohne diesen Editor bauen, indem sie sofort im 3D-Editor entworfen wird. Der Gleisplaneditor bietet allerdings viele Funktionen, die den Bau vorbildgerechter Gleisanlagen enorm vereinfachen; so wird z.B. eine Bogenweiche mit einem Mausklick in den Gleisbogen eingebaut, im 3D-Editor ist dafür deutlich mehr Aufwand nötig. Der Gleisplaneditor arbeitet mit echten geometrischen Elementen (während die 3D-Strecke am Ende aus kurzen, geraden Vektoren zusammengesetzt wird), er beherrscht also den Umgang mit Geraden, Klothoiden (Übergangsbögen), Kreisbögen und Weichen. Aus diesen (und nur diesen) Elementen werden auch die echten Bahnstrecken konstruiert. Durch die Verwendung der exakten Geometrie sind viele Berechnungen in höherer Genauigkeit als im 3D-Editor möglich, da durch die Zerstückelung der Geometrieelemente in kurze Vektoren Informationen und damit Genauigkeit verloren gehen.

Das empfohlene Vorgehen beim Neubau einer Strecke sieht also folgendermaßen aus:

- Bau der kompletten Gleisanlagen (modulweise) im Gleisplaneditor.
- Wenn alles fertig ist, erfolgt der Export in den 3D-Editor und die Ausstattung mit Signalen, Landschaft usw.

Das Ergebnis des Gleisplaneditors bedarf im Normalfall keiner weiteren Bearbeitung hinsichtlich der Gleislage im 3D-Editor. Wegen des beim Export reduzierten Informationsgehalts ist ein Rückimport der Datei in den Gleisplaneditor nur mit Einschränkungen möglich. Für den Betrieb im Fahrimulator wird die im Gleisplaneditor erzeugte Datei nicht benötigt, sie wird also im Normalfall bei Veröffentlichung einer Strecke nicht mit verteilt.

Der Gleisplaneditor erfordert das Microsoft .NET-Framework 1.1 oder 2.0. Wenn es beim Start des Programmes zu einer Fehlermeldung kommt, kann das am nicht installierten .NET liegen (ist auf dem Zusi-Datenträger enthalten und wird auch bei der Installation vom Setupprogramm geprüft).

4.1.2 Modulbauweise

Der Streckenbau erfolgt in Modulen von typischerweise je einem Bahnhof mit anliegenden Streckenabschnitten. Die Modulgrenzen können nach Lust und Laune des Streckenbauers an günstige Stellen gelegt werden, solange gut handhabbare Modulgrößen entstehen. Die Gesamtstrecke wird erst im Fahrplanszenario festgelegt. Beim Start der Simulation wird also die Strecke aus den ausgewählten Modulen zusammen geladen. Damit das Ganze funktioniert, müssen in der Bauphase an den Modulgrenzen ein paar Informationen für modulübergreifende Fahrstraßen hinterlegt werden, was im 3D-Editor aber automatisch erledigt wird. Durch dieses Konzept erspart man sich das Herumhantieren mit riesigen Datenmengen/Landschaften im Editor (insbesondere im 3D-Editor ist das wichtig), und außerdem bietet es interessante Möglichkeiten für größere Projekte/Gruppenarbeit oder Netze, bei denen man je nach Fahrplanszenario nur Teilbereiche laden möchte.

Bereits im Gleisplaneditor kann eine Hüllkurve um das Modul festgelegt werden, die typischerweise senkrecht zu den Modulübergängen verläuft. Durch diese Definition des

Modulbereichs lässt sich später die zu generierende Landschaft passgenau für jedes Modul erzeugen.

4.1.3 Konzept

Der Gleisplan wird im 2-Dimensionalen erstellt, enthält also zunächst keine Angaben zur Höhenlage. Diese wird durch separate Höhenprofile definiert. Erst beim Export ins 3D-Format werden dann die Angaben aus dem Höhenprofil mit den Gleisanlagen zusammengeführt. Ein großer Vorteil dieses Verfahrens (gegenüber einem Neubau der Strecke direkt im 3D) besteht darin, dass sich die Höhenlage auch bei komplexen Gleisanlagen durch eine einfache Änderung des Höhenprofils ändern lässt und alle zugehörigen Gleise automatisch folgen.

Ein Gleisplan besteht also aus einem Lageplan und beliebig vielen Höhenprofilen. Im Editor kann immer nur eine Datei gleichzeitig geöffnet sein, der Lageplan und jedes Höhenprofil werden dabei jeweils in einem eigenen Fenster dargestellt. Wenn ein Fenster geschlossen wird, entspricht das einer Entfernung des Fensterinhalts aus dem Projekt (es erfolgt eine Sicherheitsabfrage).

Am effektivsten ist der Editor zu benutzen, wenn man georeferenzierte Karten oder Gleispläne als Hintergrundbild lädt. Dann lassen sich die Gleiselemente direkt im Rahmen der Genauigkeit der Pläne setzen; also z.B. bei Verwendung von 1:1000-Gleisplänen sollte man mit weniger als einem Meter Abweichung vom Original bauen können, ohne dass dieses besonders großer Anstrengungen bedarf.

Weichen werden aus einer Bibliothek entnommen, die für ein Gleissystem nur einmal erstellt werden muss. Es reicht dabei aus, die Grundform der Weiche zu erstellen. Der Editor ist in der Lage, automatisch daraus die in der jeweiligen Einbausituation benötigten Bogenweichen herzuleiten. Die Bibliothek ist beliebig erweiterbar (z.B. auch für andere Spurweiten).

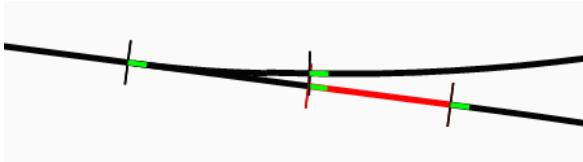
4.1.4 UTM-Referenzpunkt

Bekanntlich wurden im Laufe der Jahre zahlreiche geographische Koordinatensysteme entwickelt. Die Zusi-Editoren und die Ziegler-Tools für den Zusi-Landschaftsbau sind auf die Verwendung des UTM-Koordinatensystems ausgelegt. Beim Bau in echten UTM-Koordinaten ergeben sich in der Regel sehr große Koordinatenwerte, was aus verschiedenen Gründen problematisch sein kann. Deshalb wird in Zusi ein UTM-Referenzpunkt benutzt, der ungefähr in dem Bereich liegt, in dem die Strecke erstellt wird. Alle Koordinaten werden relativ zu diesem UTM-Punkt angegeben und liegen somit nur in der Größenordnung einiger km, ohne dass die Information über die tatsächliche geographische Lage verloren geht. Verschiedene Streckenmodule müssen nicht alle denselben Referenzpunkt benutzen, da der Fahrsimulator beim Laden der Gesamtstrecke auch mit unterschiedlichen Referenzpunkten korrekt umgehen kann.

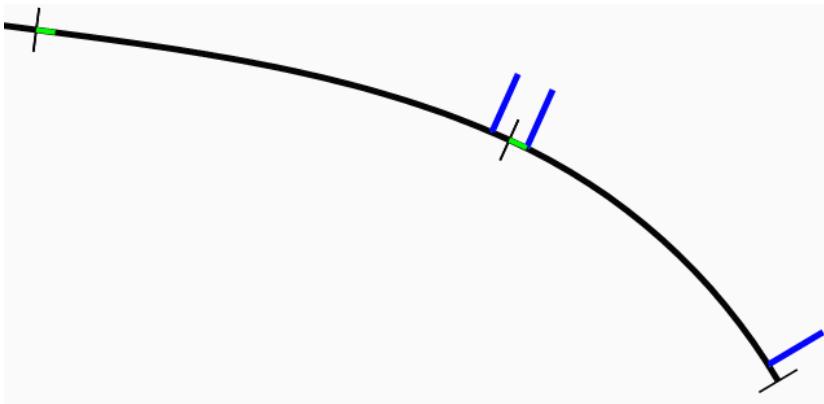
Der Referenzpunkt wird beim Einladen der Hintergrundbitmaps automatisch erzeugt und sollte dann nicht verändert werden. Die Arbeitskoordinaten im Editor werden im lokalen System definiert und bearbeitet, die tatsächlichen UTM-Koordinaten der Maus werden in der Statusleiste angezeigt (ist umstellbar auf lokale Koordinaten).

4.1.5 Grundlagen der Gleiselemente

Die Gleiselemente werden als durchgezogene Linien im Editor dargestellt. Zusätzlich wird an den Endpunkten/Anbaupunkten ein senkrechter Strich gezeichnet. Markierte Elemente werden rot dargestellt. Jedes Element hat einen bevorzugten Punkt. Dieser wird im Plan durch eine grüne Markierung gekennzeichnet und steht in der Liste der Punkte immer an erster Stelle. Für die spätere Funktion ist die Lage egal, die Markierung dient im Wesentlichen nur der Zuordnung der Endpunkte im Editor.



Überhöhungen werden im Lageplan durch einen blauen, senkrechten Strich am Ende dargestellt (die Länge der Darstellung ist skalierbar). Der Strich wird immer zu der überhöhten Seite angetragen (also im Regelfall zur Bogenaußenseite). An jedem Endpunkt eines Gleiselements wird ein Überhöhungswert angegeben, dazwischen wird interpoliert. Am Übergangspunkt zweier Elemente sollte also an beiden Seiten dieselbe Überhöhung auftreten, damit es später nicht zu Kippeffekten im Simulator kommt. Im folgenden Bild ist links eine Kloxoide zu sehen, die von links ohne Überhöhung beginnt und am rechten Ende eine Überhöhung aufweist. Die Überhöhung der Kloxoide nimmt also linear von 0 bis zum Endwert zu. Anschließend folgt ein Kreisbogen mit konstanter Überhöhung (beide Überhöhungsmarkierungen haben die gleiche Länge).



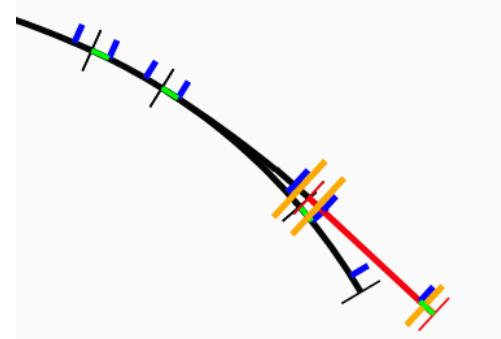
Die Elemente werden intern durchnummieriert, eine Nummer ist aber nicht dauerhaft ein und demselben Element zugeordnet. Wenn also z.B. Elemente gelöscht werden, rücken die höheren Elemente auf und ändern damit ihre Nummer. Das Arbeiten im Gleisplan erfordert normalerweise keine Elementnummern, für besondere Fälle kann aber die Nummer eines Elements eingeblendet und ein Element auch über die aktuelle Nummer markiert werden.

4.1.6 Höhenlageplan bei Weichen

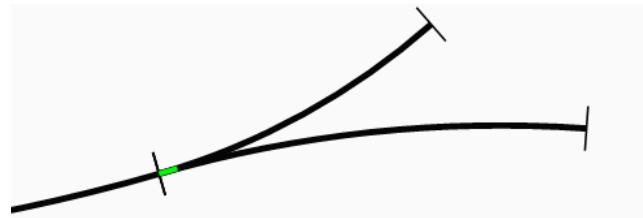
Insbesondere bei in der Überhöhung eingebauten Bogenweichen ergeben sich Höhenabweichungen. So muss z.B. beim Gleiswechsel einer zweigleisigen Strecke in der Kurve das Außengleis etwas angehoben werden, damit zwischen den beiden Gleisebenen der Weichen kein Sprung entsteht. Der Editor kann diese Abweichungen berücksichtigen und auch automatisch erstellen. Dargestellt werden sie durch einen orangen Querbalken am

Ende des Gleiselements. Das Prinzip ist das gleiche wie bei den Überhöhungen. Die Übergänge müssen also passen, und innerhalb des Elements wird interpoliert.

Im Bild rechts ist eine Bogenweiche in der Überhöhung dargestellt. Der nach außen abgehende Strang wird durch die Überhöhung angehoben und hat daher die orange Markierung für die Höhenabweichung. Die nachfolgende Gerade (rot markiert) baut einen Teil der Höhe wieder ab, was man am kürzeren Strich rechts unten erkennen kann. Ein Vorzeichen wird in der Darstellung berücksichtigt (bei negativem Vorzeichen wird die Linie nur gepunktet dargestellt), üblich sind aber beim Vorbild nur positive Vorzeichen (also eine Anhebung gegenüber dem Grundniveau). Diese Funktion der Höhenlage ist nur für kleine Abweichungen wie im Bereich von Bogenweichen gedacht. Für größere Abweichungen sollte ein eigenes Höhenprofil erstellt werden.



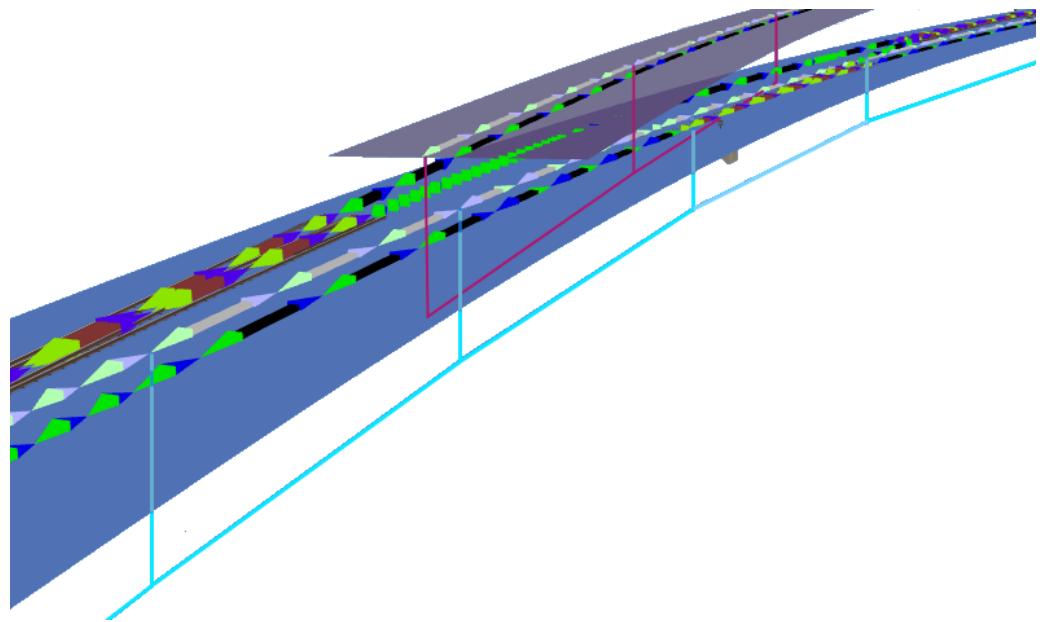
Der Editor verbietet nicht das Aneinanderfügen mehrerer Standardelemente (Gerade, Klothoide, Kreis) ohne Weiche wie im nebenstehenden Bild. Für Gleisanlagen ist diese Bauweise aber nicht anzuwenden, da sich der Abzweigbereich nicht vernünftig in ein Gleisbett umwandeln lässt. Für Gleisanlagen sind Abzweigungen ausschließlich mit Weichen aus der Bibliothek zu erstellen.



4.1.7 Zuordnung von Höhenprofilen und Streckenabschnitten

Da ein Streckenmodul verschiedene Strecken mit unterschiedlichen Höhenlagen (z.B. Überwerfungsbauwerke) enthalten kann, muss eine präzise Zuordnung von Gleiselementen zu den diversen Höhenprofilen möglich sein. Außerdem muss auch die unterschiedliche Länge mehrerer Parallelgleise im Bogen exakt berücksichtigt werden. Deshalb wird im Lageplan das Höhenprofil mit einer Hilfslinie ohne Gleisfunktion exakt abgesteckt. Alle Gleise beziehen sich dann auf ihre zugeordnete Hilfslinie. Außerdem kann so eine Höhenlinie auch gleich mit Kilometrierung versehen werden. Das erleichtert den Abgleich mit den Daten eines Original-Gleisplans und außerdem haben die ins 3D-Format exportierten Gleise gleich die richtige Kilometrierung.

Der Blick auf eine Darstellung wie im 3D-Editor zeigt das Konzept dreidimensional. Die erwähnte Hilfslinie ist für diese Grafik als weiße Vektorlinie zur Veranschaulichung eingebaut worden. Beim normalen Bauablauf ist diese hier nicht zu finden. Diese Hilfslinie wird

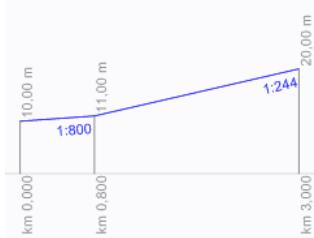


über Stützpunkte in der Höhe gegenüber der 0-Ebene abgesteckt, hier dargestellt durch blaue Linien. Dann kann man sich gedanklich eine Ebene vorstellen, die durch diese Höhenprofillinie aufgespannt wird, hier dargestellt durch eine blaue Fläche. Alle Gleise, die diesem Höhenprofil zugeordnet sind, werden in diese blaue Ebene gelegt. Weiter hinten ist noch ein 2. Profil in rötlicher Färbung dargestellt, das ein abzweigendes Gleis mit eigener Höhenlage definiert.

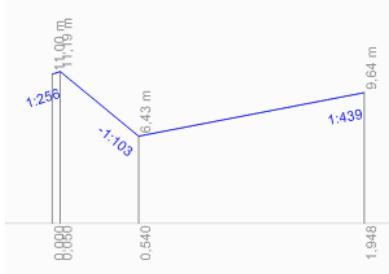
Das Ganze soll an einem Beispiel verdeutlicht werden:

Von einer durchgehenden Strecke soll ein Gleis abzweigen und dann unter der Strecke durchführen.

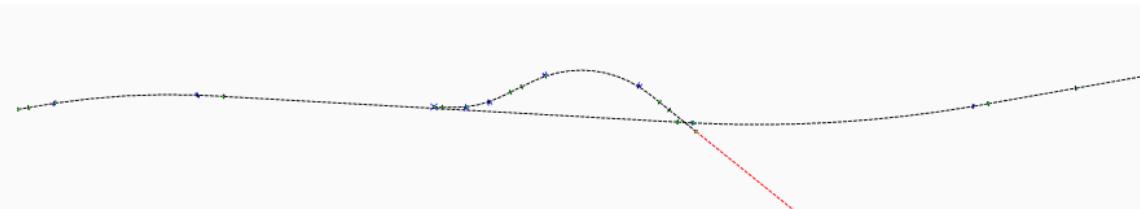
Anlegen des Höhenprofils der Hauptstrecke, hier einfach über 3 km von 10 auf 20 Meter Höhe ansteigend mit einem Zwischenpunkt.



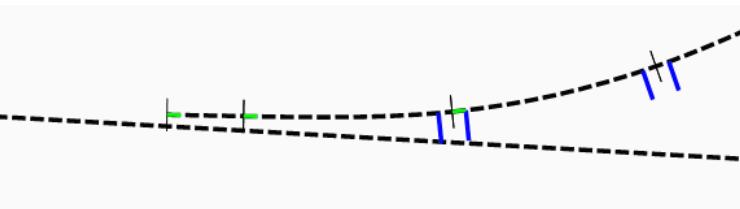
Anlegen des Höhenprofils des Abzweigs, es soll an dem Zwischenpunkt beginnen, muss also zunächst dessen Höhenwert und die Neigung aufnehmen, dann aber nach unten abfallen, um die nötige Höhendifferenz zu erreichen.



Die beiden Höhenprofile werden mit aussagefähigen Namen versehen und stehen nach einer Synchronisierung im Lageplan in der Höhenprofilauswahl des Lageplans zur Verfügung. Jetzt werden im Lageplan zunächst die beiden Hilfslinien gezeichnet, die die Lage der Profile in der Draufsicht wiedergeben. Dazu muss in der Auswahl der Elementtyp auf „Höhenprofil“ gestellt und zunächst der erste Profilname gewählt und die durchgehende Strecke erstellt werden. Danach wird der zweite Profilname gewählt und die Trassenlinie des Abzweigstrangs erstellt.



Diese Hilfslinien werden gestrichelt dargestellt und haben keine Gleisfunktion. Die gestrichelte Linie entspricht also exakt dem in ihrem Höhenprofil definierten Verlauf. Weichen dürfen prinzipiell nicht verbaut werden (schließlich kann eine einzelne Höhenlinie nicht verzweigt werden). Im Bereich des Streckenabzweigs genügt es, die abzweigende Trasse an die erste Hilfslinie heranzuführen (Zum exakten Anpassen der Höhenprofile an der Übergangsstelle gibt es die Funktion „An anderes Höhenprofil anpassen“):



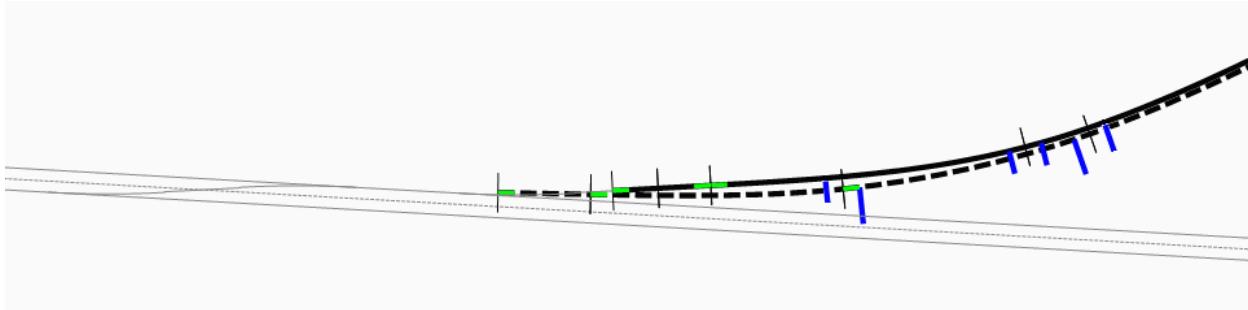
Jetzt sind die Vorbereitungen für den Streckenbau erledigt und die Gleise können verlegt werden. Es muss nur noch vor dem Bau neuer Gleiselemente definiert werden, welchem Profil diese zugeordnet werden sollen.



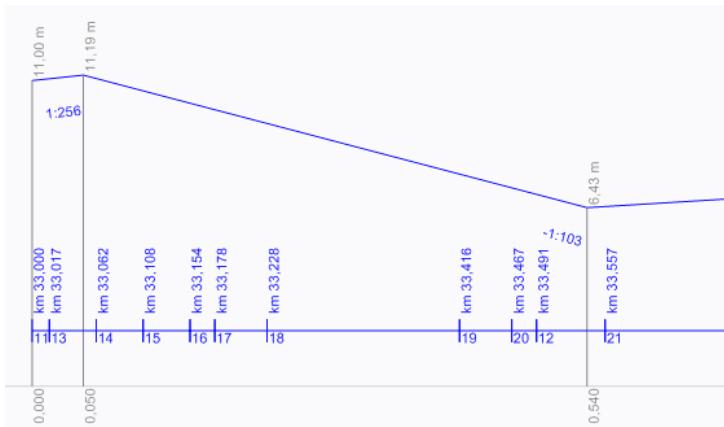
Wenn man, wie hier bei der zweigleisigen Strecke, die Hilfslinie in Trassenmitte verlegt hat, dann lassen sich die Gleise einfach durch den Bau von Parallelgleisen erstellen, im Bild schon mit Weichenverbindungen.

Mit Zuordnung zum zweiten Höhenprofil wird das Abzweiggleis erstellt. Bei eingleisigen Strecken fällt die Trassenlinie normalerweise mit dem Gleis zusammen. Zur Verdeutlichung wurde hier die Hilfslinie einen Meter neben das Gleis gesetzt (sollte man immer so machen, damit die Elementübergänge zu Nachfolgern klar definiert sind).

Im Editor lässt sich jeweils ein Höhenprofil markieren, dann werden alle Gleise und Hilfslinien, die nicht zu diesem Profil gehören, dünn, blass und ohne die senkrechten Endmarkierungen dargestellt. Im folgenden Bild ist der abzweigende Ast auf diese Weise hervorgehoben.



Es reicht völlig aus, wenn das Gleis in der Nähe der Profillinie verlegt wird. Man könnte also auch zugunsten einer besseren Übersicht die Hilfslinie einige Meter nach oben verschieben, die Höhenzuordnung zwischen Profil und Gleis würde trotzdem problemlos funktionieren.



Außerdem lässt sich die Reihenfolge der Hilfslinien-Elemente maßstabsgerecht im Höhenprofil einblenden, im Bild mit Element-Nummern und Kilometrierung. So lässt sich die Lage der Höhenlinie besonders einfach mit den Daten der Vorbildstrecke abgleichen.

Die Ausrichtung des Höhenzugs zur gestrichelten Bezugslinie im Gleisplan richtet sich nach dem Streckenelement des Höhenzugs mit der niedrigsten Nummer. Soll also links/rechts im Höhenzug vertauscht werden, so muss beim Element mit der niedrigsten Nummer die Ausrichtung umgedreht werden.

4.2 Hauptprogramm

4.2.1 Menü „Datei“

4.2.1.1 Neu

Diese Funktion erstellt ein leeres Projekt und fügt einen Lageplan hinzu. Die Höhenprofile müssen manuell hinzugefügt werden.

4.2.1.2 Laden/Speichern

Es handelt sich um die üblichen Funktionen zum Öffnen und Speichern des Projekts.

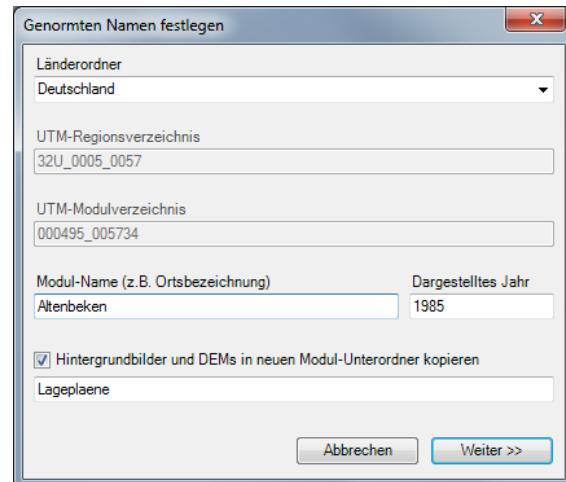
4.2.1.3 Datei im genormten Zusi-Verzeichnis speichern

Um eine einheitliche Struktur im Zusi-Datenbestand zu gewährleisten, ist dringend empfohlen, die hier erzeugten Verzeichnisse für eigene Projekte zu übernehmen. Das Konzept sieht einen Länder-Unterordner im Verzeichnis Routes vor, als Zwischenebene eine UTM-Grobsortierung im 100x100km-Raster und dann ein Verzeichnis pro Streckenmodul. Das sieht also z.B. für Altenbeken folgendermaßen aus:

```
%Zusi-Daten%\Routes\Deutschland\32U_0005_005\000496_005734_Altenbeken
```

Der Editor ermittelt die nach UTM-Schema bezeichneten Verzeichnisnamen automatisch. Dazu wird dieser Menüpunkt einmalig nach dem Anlegen eines neuen Projektes aufgerufen. Da das Verzeichnis in Abhängigkeit von der geografischen Lage (UTM) bestimmt wird, muss der UTM-Punkt schon etwa die richtige Lage haben. Vor dem Aufruf dieser Funktion sollten also schon alle georeferenzierten Pläne und Luftbilder geladen worden sein.

Beim Länderordner werden bereits existierende Verzeichnisse zur Auswahl angeboten. Es kann auch ein neuer Name in die Auswahlbox eingetippt werden. Die UTM-Verzeichnisse werden automatisch ermittelt und man braucht nur noch einen erläuternden Klarnamen (Ortsbezeichnung) für das Modul und das dargestellte Jahr einzugeben, damit der Name generiert werden kann. Die notwendigen Verzeichnisse werden bei Bedarf automatisch erzeugt. Bei aktiviertem Kontrollkästchen „Hintergrundbilder und DEMs in neuen Modul-Unterordner kopieren“ werden die Hintergrundbilder und ein DEM in ein Unterverzeichnis des Modulverzeichnisses kopiert und die Pfade angepasst, so dass die bereits eingelesenen Hintergrundbilder nicht aufwendig manuell umziehen müssen. Der zuvor benutzte temporäre Bauordner kann anschließend gelöscht werden.



4.2.1.4 Höhenprofil und Lageplan importieren

Es können eine oder mehrere Dateien ausgewählt werden, deren Streckenelemente unter Berücksichtigung des UTM-Referenzpunktes importiert werden. Hüllkurven, Hintergrundbilder und Höhenprofile werden ebenfalls importiert und ggf. an die Lage des UTM-Punkts angepasst. Wenn sowohl in der aktuell geladenen als auch in der importierten Strecke Hüllkurven vorhanden sind, kann über eine Abfrage festgelegt werden, ob die Hüllkurve der Importdatei eingefügt werden soll. Wenn das mit „ja“ beantwortet wird, kann im zweiten Schritt bestimmt werden, ob die neue die alte Hüllkurve ersetzen oder zusätzlich hinzukommen soll.

4.2.1.5 Höhenprofil und markierte Elemente exportieren

Die markierten Elemente werden in einer Datei abgespeichert, die per Auswahldialog festgelegt wird. Hintergrundbilder werden nicht exportiert, wohl aber Hüllkurven, DEM-Datei und der UTMReferenzpunkt. Welche Höhenprofile exportiert werden sollen, wird in einem Dialogfenster festgelegt.

4.2.1.6 Auf Fehler überprüfen

Der Gleisplan wird auf typische Konstruktionsfehler überprüft, wie z.B. Sprünge in den Überhöhungen oder Höhenlagen an Elementübergängen. Das Ergebnis kann per „Strg“-“C“ und „Strg“-“V“ in einen Texteditor kopiert werden.

4.2.1.7 st3-Datei importieren

Eine 3D-Strecke wird importiert. Da diese nur aus diversen geraden Vektoren besteht, wird also nur der Typ Gerade importiert, eine Rücküberführung in die zugrundeliegenden geometrischen Körper (Kreis, Klohoide) ist nicht möglich. Außerdem erhalten die importierten Elemente keine Höheninformation.

Wenn kein Lageplan geöffnet ist, wird ein neuer Plan erstellt, sonst in den gerade geöffneten importiert. Wenn die st3-Datei eine UTM-Information enthält, wird diese berücksichtigt, sonst werden die Koordinaten als lokale Koordinaten interpretiert.

4.2.1.8 st3-Datei erstellen

Die Gleise des Lageplans werden im st3-Format exportiert, dabei werden die Höhendaten aus den Höhenprofilen (Elementtyp „Gleis“) oder dem DEM (Elementtyp „DEM-bezogen“) berücksichtigt. Kurven und Klohoide werden in kurze Geraden zerlegt. Bei Bogenweichen werden die Landschaftselemente der Bausätze gemäß Biegeparameter verbogen und im separaten Weichenverzeichnis (Unterordner des Exportverzeichnisses) gespeichert. Wenn die Strecke erneut in das st3-Format exportiert wird, fragt der Editor, ob der Inhalt dieses Weichenverzeichnisses gelöscht werden kann, was im Normalfall geschehen sollte.

Über einen entsprechenden Wert in den Einstellungen lässt sich regeln, wie fein oder grob die Zerlegung in Bogenlagen ausgeführt wird.

Neben der Streckendatei wird auch eine ls3-Datei erzeugt, die die Schwellenpolygone der Weichenbausätze enthält. Diese Datei kann dann gleich als Ausgangsbasis für die Landschaftsausgestaltung im 3D-Editor benutzt werden.

4.2.1.9 Programm-Einstellungen

4.2.1.9.1 Registerkarte „Allgemein“

Datei mit Spracheinstellungen: Der Editor kann in andere Sprachen übersetzt werden. Dazu werden die Texte aus Textdateien eingelesen, deren Verzeichnis in der Zusi-Dateiverwaltung festzulegen ist. Eine neu ausgewählte Sprache wird erst nach einem Programmneustart des Gleisplaneditors wirksam.

Standardvorgabe für Länderverzeichnis:

Hier kann das standardmäßig benutzte Land eingestellt werden. Diese Angabe wird bei der Vorauswahl für ein Modulverzeichnis benutzt. In der Auswahl werden alle Unterverzeichnisse im Zusi-Verzeichnis Routes aufgeführt.

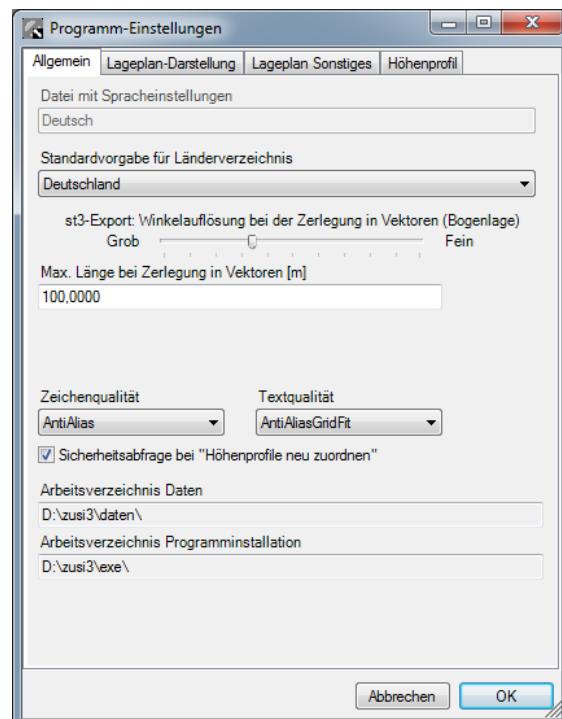
Winkelauflösung: Je weiter rechts der Schieber steht, desto feiner werden die Kurven bei der Zerlegung (Export in 3D-Format) in Vektoren unterteilt.

Max. Länge: Lange, gerade Elemente werden beim Export ins 3D-Format so in Vektoren unterteilt, dass kein Vektor länger als der hier angegebene Wert ist.

Zeichenqualität: Bestimmt das Aussehen der grafischen Elemente (Linien usw.), folgende .NET-Funktionen stehen zur Verfügung (Zitat .NET-Dokumentation):

Default	Gibt den Standardmodus an.
HighSpeed	Gibt eine Wiedergabe mit hoher Geschwindigkeit und geringer Qualität an.
HighQuality	Gibt eine Wiedergabe mit hoher Qualität und niedriger Geschwindigkeit an.
None	Gibt an, dass kein Antialiasing verwendet wird.
AntiAlias	Gibt an, dass die Wiedergabe mit Antialiasing erfolgt.

Textqualität: Bestimmt das Aussehen der in die Grafik eingeblendeten Schrift, folgende .NET-Funktionen stehen zur Verfügung; die Einstellung ClearTypeGridFit soll dabei besonders gut für LCD-Bildschirme geeignet sein (Zitat .NET-Dokumentation):



SystemDefault	Gibt an, dass jedes Zeichen unter Verwendung der zugehörigen Symbolbitmap mit dem Standardhinting des Systems gezeichnet wird. Der Text wird mit den Einstellungen für die Schriftartglättung gezeichnet, die der Benutzer für das System ausgewählt hat.
SingleBitPerPixelGridFit	Gibt an, dass jedes Zeichen unter Verwendung der zugehörigen Symbolbitmap gezeichnet wird. Durch Hinting wird die Darstellung der Stämme und Bögen von Zeichen verbessert.
SingleBitPerPixel	Gibt an, dass jedes Zeichen unter Verwendung der zugehörigen Symbolbitmap gezeichnet wird. Hinting wird nicht verwendet.
AntiAliasGridFit	Gibt an, dass jedes Zeichen unter Verwendung der zugehörigen Symbolbitmap mit Antialiasing und mit Hinting gezeichnet wird. Wesentlich bessere Qualität durch Antialiasing, jedoch bei höheren Leistungsverlusten.
AntiAlias	Gibt an, dass jedes Zeichen unter Verwendung der zugehörigen Symbolbitmap mit Antialiasing und ohne Hinting gezeichnet wird. Bessere Qualität aufgrund von Antialiasing. Unterschiede in der Stammbreite können erkennbar sein, da Hinting ausgeschaltet ist.
ClearTypeGridFit	Gibt an, dass jedes Zeichen unter Verwendung der zugehörigen CT-Symbolbitmap mit Hinting gezeichnet wird. Die Einstellung mit der höchsten Qualität. Wird verwendet, um die Features der ClearType-Schriftart nutzen zu können.

Sicherheitsabfrage bei „Höhenprofile neu zuordnen“: Bei deaktiviertem Kontrollkästchen wird die gleichnamige Funktion direkt ohne Rückfrage ausgeführt.

Arbeitsverzeichnisse: Die Verzeichnisse werden zur Information angezeigt. Änderungen sind über die Zusi-Dateiverwaltung möglich.

4.2.1.9.2 Registerkarte „Lageplan-Darstellung“

Strichstärke Gleiselemente: Angabe in Metern, beim Wert 0 wird unabhängig vom Zoom mit einem Pixel Strichstärke gezeichnet.

Lineale Zeichnen: Im Lageplan wird links und oben ein Lineal dargestellt, die Höhe in Pixeln ist hier über Größe der Lineale einstellbar. Die Skalierung der Lineale erfolgt automatisch je nach Skalierung des Plans, die Länge wird in Metern angegeben.

Scrollleisten zeigen: Im Lageplan werden bei aktiviertem Kontrollkästchen unten und rechts die windowsüblichen Scrollleisten dargestellt. Der Aktionsradius der Leisten richtet sich nach den Ausmaßen des Plans. Mit dem Verschiebewerkzeug lassen sich auch weiter außerhalb liegende Bereiche ansteuern, die Scrollleisten bleiben dann am Anschlag stehen.

Neigungswechsel zeichnen: Im Lageplan werden bei aktiviertem Kontrollkästchen die Bereiche mit Neigungswechseln farblich in Halbtransparenz dargestellt. Das ist als Konstruktionshilfe gedacht, da in diesen Bereichen keine Klothoiden und Weichen liegen dürfen.

Breite Neigungswechsel: Die Markierungen für den Neigungswechsel werden mit der hier angegebenen Breite links und rechts der Höhenlinie gezeichnet.

Farbkennung je nach Profil: Im Lageplan werden bei aktiviertem Kontrollkästchen die Gleiselemente in der Farbe des Höhenprofils dargestellt. Die markierten Elemente werden allerdings immer rot dargestellt. Bei deaktiviertem Kontrollkästchen werden alle (nicht markierten) Elemente schwarz dargestellt.

Senkrechte Endstücke zeichnen: Bei aktiviertem Kontrollkästchen werden die senkrechten Endmarkierungen der Gleiselemente nicht dargestellt, so dass sich ein optischer etwas schönerer Gleisplan ergibt, der z.B. als Screenshot zu Dokuzwecken genutzt werden kann.

Grüne Endmarkierung zeichnen: Ergänzend zum Unterdrücken der Endmarkierungen kann mit dieser Einstellung auch die grüne Markierung des ersten Punktes unterbunden werden.

Höhenlage zeichnen: Die orangen Markierungen bei Höhenlagenabweichungen werden bei aktiviertem Kontrollkästchen im Lageplan dargestellt, wobei sich die Größe der Darstellung über den Schieberegler einstellen lässt.

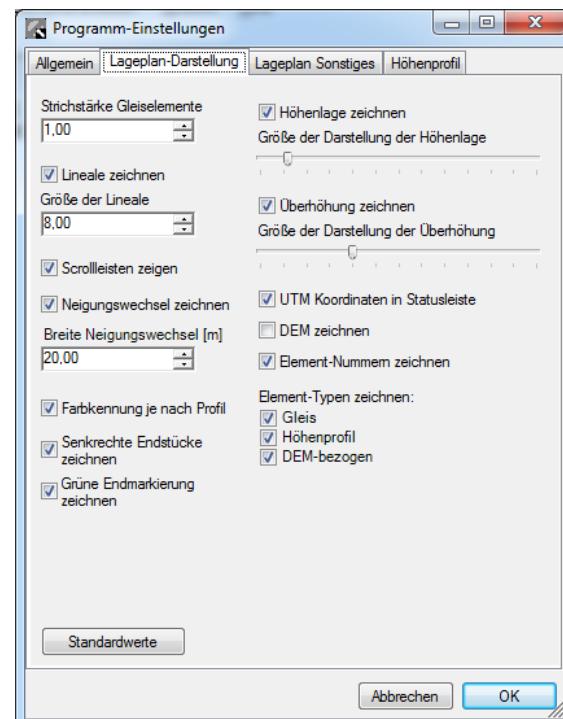
Überhöhung zeichnen: Die blauen Markierungen für die Überhöhung werden bei aktiviertem Kontrollkästchen im Lageplan dargestellt, wobei sich die Größe der Darstellung über den Schieberegler einstellen lässt.

UTM-Koordinaten in Statusleiste: Wenn dieses Kontrollkästchen gesetzt ist, werden die Mauskoordinaten in UTM angegeben, sonst in den lokalen Koordinaten.

DEM zeichnen: Ein ggf. geladenes digitales Höhenmodell (DEM) wird bei aktiviertem Kontrollkästchen im Lageplan wie ein Hintergrundbild angezeigt. Das Zeichnen des DEM ist relativ rechenaufwendig und sollte darum in der Regel deaktiviert sein.

Element-Nummern zeichnen: Bei markierten Elementen wird an allen Endpunkten die Nummer des Elements angegeben, wenn dieses Kontrollkästchen aktiviert ist.

Element-Typen zeichnen: Hier lassen sich Höhenlinien oder Gleise ausblenden, um die Übersicht zu erhöhen.



4.2.1.9.3 Registerkarte „Lageplan Sonstiges“

Klicktoleranz: Die Klicktoleranz ist der Abstand, um den man das Gleiselement beim Markieren maximal verfehlten kann. Bei Detailarbeiten in enger Gleislage sollte ein Wert von maximal 1 m benutzt werden.

Anzahl Rückgängig: So oft können die letzten Aktionen rückgängig gemacht werden. Große Werte können zu hoher Speicherauslastung führen.

Rampenneigung: Die Funktion „Weichenhöhenlagen anpassen“ benutzt die hier eingestellte Rampenneigung.

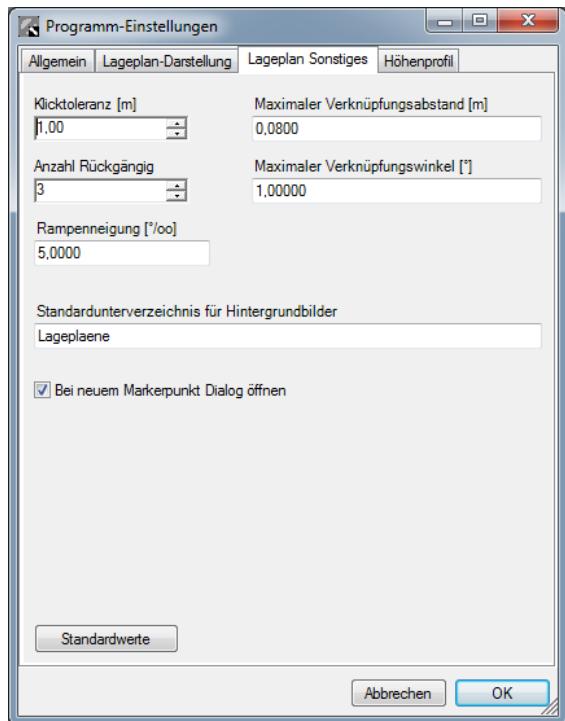
Standardunterverzeichnis für Hintergrundbilder:

Wenn die Funktion „Datei im genormten Zuserverzeichnis speichern“ aufgerufen wird, dann dient diese Angabe dazu, das neue Verzeichnis für die Hintergrundbilder vorzubelegen.

Bei neuem Markerpunkt Dialog öffnen: Bei aktiviertem Kontrollkästchen öffnet sich nach dem Setzen eines Markerpunktes per Mausklick direkt der Eigenschaftseditor, um eine Bezeichnung oder einen Dateinamen eingeben zu können.

Maximaler Verknüpfungsabstand/-winkel: Diese Toleranzwerte werden bei mehreren Gelegenheiten benutzt:

- Prüfen, ob zwei Elemente benachbart sind
- Prüfen, ob eine Weiche an ein diagonales Element herangeschoben wird
- Prüfen, ob bei der Weichenhöhenlage eine Höhendifferenz vorliegt (Prüfung mit größerer Genauigkeit, nämlich eingestellter Verknüpfungsabstand/20)

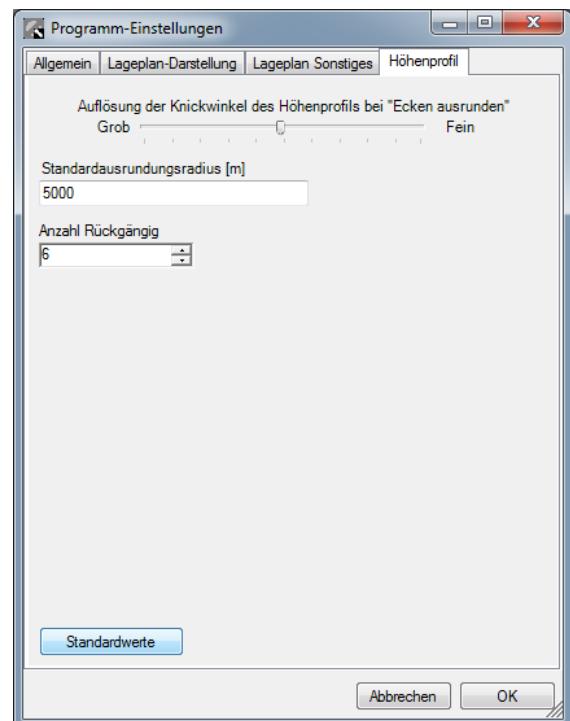


4.2.1.9.4 Registerkarte „Höhenprofil“

Auflösung Knickwinkel: Legt die Dichte der Stützpunkte fest, wenn „Ecken ausrunden“ aufgerufen wird.

Standardausrundungsradius: Neu erzeugte Stützpunkte im Höhenprofil werden mit dem hier angegebenen Radius versehen (und können dann natürlich später noch in der Stützpunkttafel geändert werden).

Anzahl Rückgängig: So oft können die letzten Aktionen rückgängig gemacht werden. Große Werte können zu hoher Speicherauslastung führen. Diese Funktion ist unabhängig von der Rückgängig-Funktion des Lageplans.



4.2.2 Menü „Projekt“

4.2.2.1 Neues Höhenprofil hinzufügen

Dem Projekt wird ein neues, leeres Höhenprofil hinzugefügt. Diesem muss dann ein individueller Name gegeben werden.

4.2.2.2 Höhenprofile neu zuordnen

Wenn Änderungen an den Höhenprofilen durchgeführt wurden, die auch den Lageplan direkt betreffen (Neue Profile oder der Name eines Profils) oder wenn die Hilfslinien im Lageplan geändert wurden, dann erkennen das die jeweils anderen Fenster nicht sofort automatisch. Mit Aufruf dieser Funktion werden wieder alle Fenster auf den neuesten Stand gebracht. Die Sicherheitsabfrage ist in den Einstellungen deaktivierbar. (Siehe Abschnitt 4.2.1.9.1)

4.2.2.3 Neuen Lageplan hinzufügen

Dem Projekt wird ein neuer, leerer Lageplan hinzugefügt. Jede Datei kann nur einen Lageplan enthalten; beim Versuch, einen zweiten Plan zu laden, kommt eine Fehlermeldung.

4.2.2.4 Fenster anordnen

Die Fenster des Projekts können mit diesen Funktionen auf dem Bildschirm verteilt werden. Minimierte Fenster bleiben dabei minimiert. Wenn man also z.B. im Moment nur mit dem Lageplan und einem Höhenprofil arbeiten möchte, dann kann man alle anderen

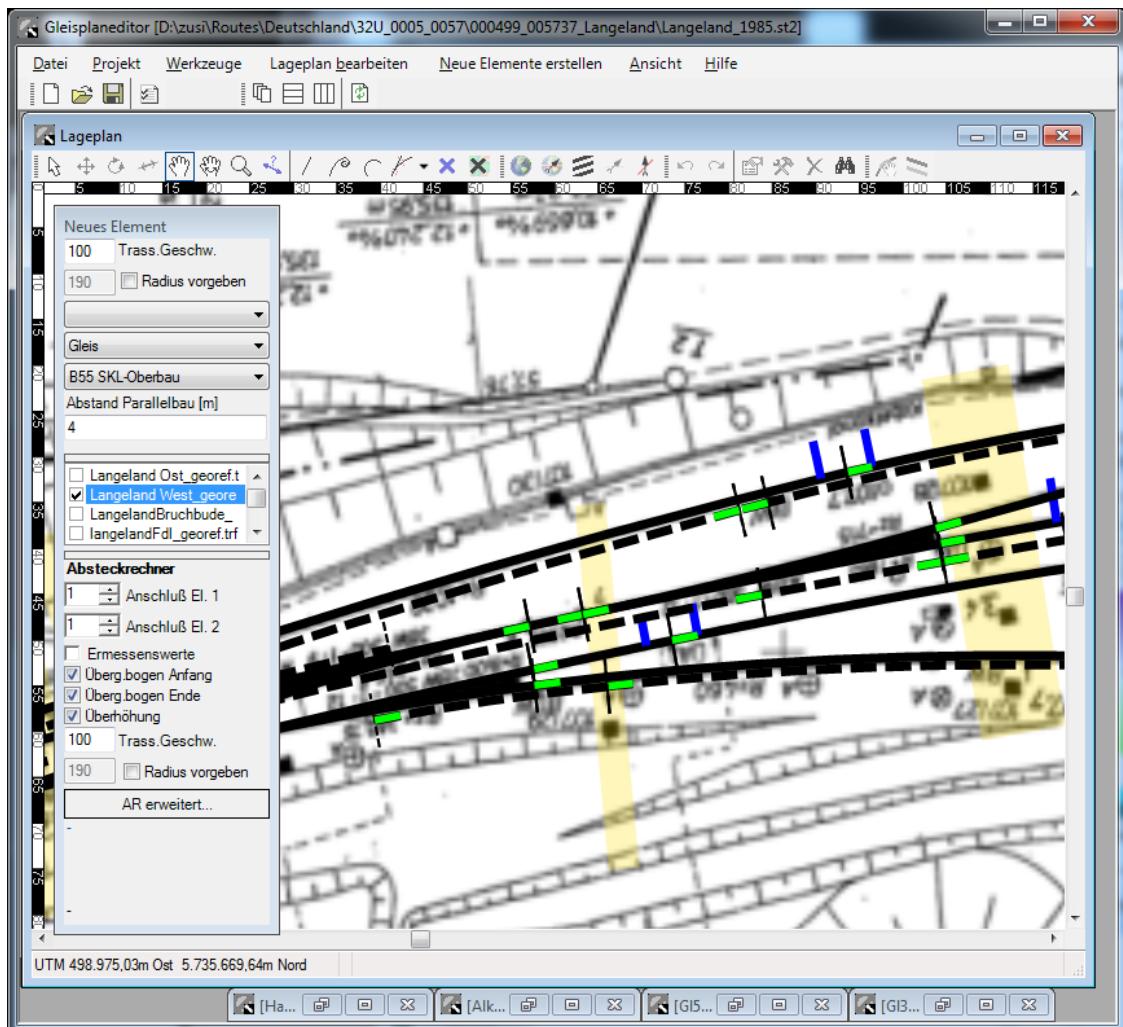
Fenster minimieren und „Fenster übereinander“ würde nur die beiden nicht minimierten Fenster auf dem Bildschirm verteilen.

4.2.3 Meldungen-Fenster

In diesem Fenster werden diverse Meldungen (im Normalfall Fehlermeldungen) ausgegeben, die neueste Meldung steht dabei immer oben in der Liste. Meldungen werden auch gesammelt und alte Meldungen beibehalten, wenn das Fenster zwischendurch geschlossen wird. Es kann dann über den Menüpunkt Hilfe-Meldungen wieder geöffnet werden. Das Fenster wird automatisch in den Vordergrund gespielt, wenn eine neue Meldung eintrifft, es kann also während der normalen Arbeit geschlossen sein und nimmt damit keinen Platz auf dem Bildschirm weg. Über das Kontextmenü kann der Inhalt des Fensters gelöscht oder auch in einer Datei gespeichert werden.

4.3 Lageplan

4.3.1 Überblick über die Bedienoberfläche



Im Lageplan findet man standardmäßig oben waagerecht die Symbolleiste für schnellen Zugriff der gängigen Menüfunktionen. An der Seite befinden sich das Symbolistenfenster „Neues Element“ mit drei Segmenten (Erläuterung siehe folgende Abschnitte). Unten

ist die Statusleiste zu sehen, dort wird links die aktuelle Mausposition in UTM oder lokalen Koordinaten angezeigt (in den Einstellungen wählbar). In den anderen Feldern der Statusleiste werden je nach Situation Hilfen oder Informationen angezeigt.

4.3.2 Symbolleiste „Neues Element“

Dieses Symbolistenfenster ist im Bild oben links zu sehen. Es enthält die voreingestellten Parameter der neu erstellten Gleiselemente:

4.3.2.1 Trassierungsgeschwindigkeit

Diese Geschwindigkeit wird beim Export in die Elemente der st3-Datei übernommen. Für den Bau von Übergangsbögen per Absteckrechner werden aber die in der Absteckrechnerkonfiguration ([Kapitel 4.3.4](#)) eingestellten Werte benutzt.

4.3.2.2 Radius vorgeben

Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird ein mit der Maus neu angebauter Kreis mit dem angegebenen Radius erzwungen. Siehe auch Werkzeug „Neuer Kreisbogen“ ([Kapitel 4.3.5.12](#)).

4.3.2.3 Auswahl Höhenprofil

Diesem Höhenprofil werden alle neu erstellten Elemente zugewiesen (egal auf welche Weise sie erzeugt werden). Wenn ein neu erstelltes Höhenprofil nicht in der Auswahlliste verfügbar ist, so muss einmal die Funktion „Höhenprofile neu zuordnen“ aufgerufen werden.

4.3.2.4 Auswahl Elementtyp

Neu erstellte Elemente (egal auf welche Weise sie erzeugt werden) werden mit dem hier festgelegten Funktionstyp versehen. Bei „Höhenprofil“ wird eine gestrichelte Hilfslinie erstellt, die die Lage eines Höhenprofils kennzeichnet. Bei „Gleis“ und „DEM-bezogen“ werden normale Elemente erstellt. Die Unterscheidung zwischen DEM-bezogen und Gleis regelt die Höhenlage beim Export ins 3D-Format. Die Höhenlage wird bei Gleisen beim Export immer anhand des Höhenprofils festgelegt, bei DEM-bezogen wird die Höhe aus dem DEM genommen. Wenn kein DEM definiert ist, wird der Höhenwert -1 genommen.

4.3.2.5 Auswahl Oberbau-Bauart

Bei den neu erzeugten Gleiselementen wird die hier angegebene Oberbaubauart vorgenannt. Beim Einbau neuer Weichen ist die Auswahl wirkungslos, da die Oberbau-Bauart bei Weichen bereits im Weichenbausatz festgelegt ist. Im Gleisplaneditor hat die Oberbau-Bauart keinen Einfluss auf das Verhalten der Gleiselemente. Erst beim Erzeugen der Schienen und Gleisbettung später im 3D-Editor wird dieser Wert benutzt, um den gewünschten Oberbau zu erstellen. Die Verwaltung der verschiedenen Oberbauarten findet ebenfalls im 3D-Editor statt. Hier im Gleisplaneditor werden die Identifizierungsnamen lediglich zur Auswahl angeboten.

4.3.2.6 Abstand Parallelbau

Über die Parallelbaufunktionen des Menüs erstellte Parallelgleise werden im hier festgelegten Abstand erstellt. Bei positiven Werten wird vom grün markierten Ende aus betrachtet rechts gebaut, bei negativen Abstandswerten links.

4.3.3 Hintergrundbilder

Es lassen sich beliebig viele Hintergrundbilder als Bauvorlage laden. Die Bilder müssen im PNG-Format vorliegen und georeferenziert sein. Das bedeutet, dass neben der PNG-Datei eine zweite Datei im gleichen Verzeichnis vorliegt, die Informationen über die geographische Lage der PNG-Datei enthält. Diese zweite Datei ist eine normale Textdatei mit gleichem Namen wie die PNG-Datei, aber der Endung .trf. Georeferenzierte Dateien erstellt man vorzugsweise mit Transdem von Roland Ziegler; Transdem erstellt dann auch gleich die trf-Datei. Für weitere Informationen sei auf die Transdem-Dokumentation verwiesen.

Große Bilder können erhebliche Mengen an Rechenleistung erfordern und sollten daher ggf. im Fotoprogramm verkleinert werden (Empfohlene Größe: kleiner 2 MB). Aus jedem geladenen Bild werden intern beim Laden auch kleinere Bitmaps berechnet, so dass bei einer globalen Ansicht nicht die großformatigen Bitmaps durchgerechnet werden müssen. Es kann trotzdem hilfreich für die Darstellungsgeschwindigkeit sein, durch Anklicken der entsprechenden Häkchen in der Bildliste immer nur die gerade wirklich benötigten Bilder zeichnen zu lassen. Wenn es bei der Darstellung des Bildes zu Fehlern kommt, dann wird das Kontrollkästchen automatisch entfernt (vermutlich existiert die PNG- oder trf-Datei dann nicht im erwarteten Verzeichnis). Die Bearbeitung der Hintergrundbilder erfolgt im Kontextmenü (rechte Maustaste), siehe folgende Kapitel.

4.3.3.1 Nach oben/unten

Die Bilder werden in der Reihenfolge der Liste von oben nach unten gezeichnet. Bei einander überlappenden Bildern wird also ein in der Liste weiter unten stehendes Bild die vorhergehenden überdecken. Mit den Funktionen „nach oben/unten“ kann diese Reihenfolge an die jeweiligen Erfordernisse angepasst werden.

4.3.3.2 Georeferenzierte Bitmaps öffnen

Auswahl weiterer trf-Dateien. Mehrfachselektion ist im Auswahldialog möglich.

4.3.3.3 Bild entfernen

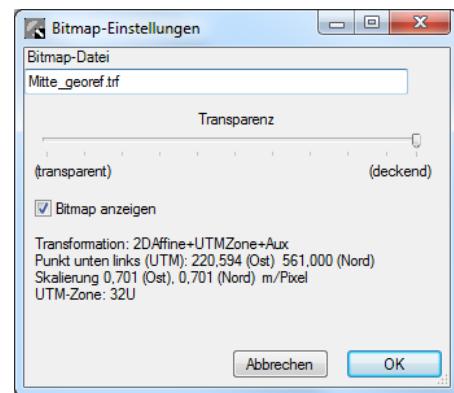
Das gerade in der Liste markierte Bild wird aus der Liste entfernt.

4.3.3.4 Bitmap-Einstellungen

Für das gerade in der Liste markierte Bild wird ein Einstellungsdialog geöffnet.

Bitmap-Datei: Der Dateiname relativ zum Zusieverzeichnis; es kann hier z.B. per Copy+Paste auch ein neuer Name angegeben werden, die Datei wird dann bei OK gegen die bisherige ausgetauscht.

Transparenz: Über den Schieber „Transparenz“ kann die Deckkraft des Bitmaps reguliert werden. Somit lassen sich auch z.B. eine topographische Karte oder Satellitenbilder und ein Gleisplan gleichzeitig darstellen. Dazu würde man die topographische Karte in der Liste unter dem Gleisplan anordnen und ihr z.B. 50% Deckkraft geben. Das folgende Bild zeigt so ein Beispiel mit halbtransparenter topographischer Karte und Gleisplan.



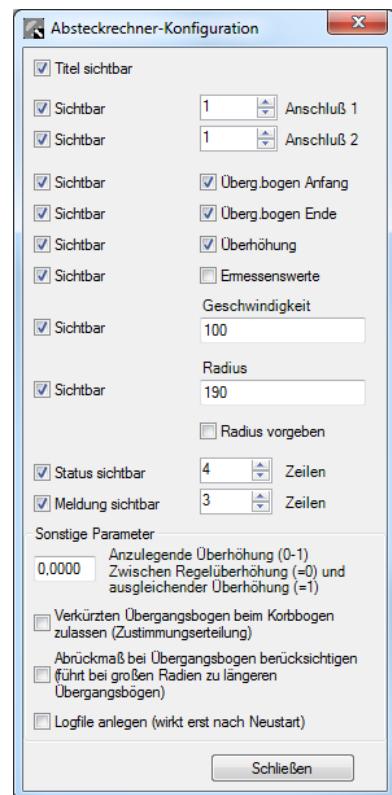
Achtung: Transparente Darstellung erfordert mehr Rechenleistung. Wenn also die Farben eines Bildes/Plans (dauerhaft) zu kräftig sind, dann sollte man das Bild im Fotoprogramm etwas blasser einstellen und dafür im Gleisplaneditor den Transparenz-Schieber auf „deckend“ setzen.

Bitmap anzeigen: Der Kontrollkästchen korrespondiert mit dem Kontrollkästchen in der Bilderliste der Symbolleiste.

Bildinfo: Zur Information werden die Georeferenzierungsdaten der trf-Datei angezeigt.

4.3.4 Absteckrechner

Der von Roland Ziegler entwickelte Absteckrechner (kurz AR) ist über eine dll voll in den Gleisplaneditor integriert und wird in der Symbolleiste unten dargestellt. Er verbindet zwei markierte Gleiselemente durch einen vorgildgerecht gebauten Gleisbogen. Die Bauparameter dieses Bogens lassen sich über verschiedene Absteckrechnereinstellungen beeinflussen. Hinweis: Die Eingabe von Zahlenwerten in die AR-Eingabefenster direkt in der Symbolleiste sollte mit Enter abgeschlossen werden, damit die Werte übernommen werden und ein neuer Vorschlag berechnet wird. Die komplette Konfiguration des Absteckrechners wird über den Schalter „AR erweitert“ aufgerufen. Die jeweils gewünschten Funktionen lassen sich zur schnelleren Bedienung auch direkt in der Symbolleiste darstellen, dazu muss in der Konfiguration das Kontrollkästchen „Sichtbar“ gesetzt werden. Für die Funktion „Sonstige Parameter“ sei auf die Absteckrechner-Dokumentation verwiesen. Bei aktiviertem „Logfile anlegen“ erzeugt der Absteckrechner bei jedem Aufruf (egal ob nur berechnet oder auch gebaut wird) eine Textdatei im Zus-Hauptverzeichnis, die ggf. für eine Fehleranalyse benutzt werden kann. Eine Änderung dieser Einstellung wird erst nach dem nächsten Öffnen des nächsten Lageplanfensters oder Neustart des Programms wirksam.



Im Einzelnen gibt es folgende Funktionen:

4.3.4.1 Absteckrechnergogen einfügen

Wenn zwei Gleiselemente markiert sind (Voraussetzung für das Funktionieren des Absteckrechners), gibt es mehrere Möglichkeiten, einen Verbindungsbogen zwischen diesen zu erstellen (bei zwei Geraden sind es z.B. 4, das Ende mit der grünen Markierung und das andere Ende jeweils mit beiden Endpunkten des zweiten Elements). Es wird darum zunächst die Lage der beiden markierten Gleiselemente analysiert – die beiden am nächsten zusammenliegenden Endpunkte werden für den Bau des Bogens ausgewählt und die Nummern der Endpunkte in den beiden Eingabefeldern „Anschluss El. 1/2“ entsprechend gesetzt. Dann wird der Bogen berechnet und eingefügt. Schon beim Markieren zweier Elemente zeigt der Absteckrechner in seinem Meldefenster die Parameter des hier gültigen Bogens an, ohne aber etwas zu bauen. Element 1 ist immer das mit der kleineren Elementnummer. Der Absteckrechner kann in manchen Konstellationen baurichtungsabhängige Ergebnisse liefern. Durch Vertauschen der beiden markierten Elemente mit der Funktion „Elemente vertauschen“ lässt sich das beeinflussen, da hiermit Element 1 und 2 im Gleisplan vertauscht werden.

4.3.4.2 Absteckrechnergogen manuell einfügen

Diese Funktion ist im Hauptmenü verfügbar und wird außerdem auch aufgerufen, wenn der Titel „Absteckrechner“ der Absteckrechner-Symbolleiste angeklickt wird. Diese Funktion ruft ebenfalls den Absteckrechner auf, ändert aber nicht automatisch die Einstellung für „Anschluss El. 1/2“.

4.3.4.3 Anschluss El. 1/2

Mit Anschluss Element 1/2 ist die laufende Nummer des Gleisanschlusses gemeint. Also bei einer Geraden wären das die Nummern 1 (grüne Markierung) und 2 (anderes Ende), für Weichen und Kreuzungen auch entsprechend größere Nummern. Entsprechend für das zweite Gleiselement. Die Funktion „Absteckrechnergloben bauen“ setzt die beiden Zahlen. Wenn diese Vorauswahl nicht der gewünschten Verbindung entsprechen sollte (das kann z.B. bei Weichen in Bogenlagen schon einmal vorkommen), dann kann man die Auswahl anpassen und „Absteckrechnergloben manuell bauen“ aufrufen; dann werden die manuell gesetzten Werte auf jeden Fall beibehalten.

4.3.4.4 Übergangsbogen Anfang/Ende

Gibt an, ob zum Ausgleich unterschiedlicher Radien ein Übergangsbogen am Anfang bzw. am Ende des Bogens eingebaut wird. Die Längen der Übergangsbögen hängen von der Trassierungsgeschwindigkeit ab.

4.3.4.5 Überhöhung

Bei gesetztem Kontrollkästchen wird der Bogen mit Überhöhung versehen. Der Betrag der Überhöhung hängt von der Trassierungsgeschwindigkeit ab. Die Auswahl „Überhöhung“ ohne „Übergangsbogen“ ist im Normalfall nicht sinnvoll.

4.3.4.6 Ermessenswerte

Die Gleisbauvorschriften lassen dem Planer gewisse Freiräume. Die normalen Auslegungskriterien dürfen also nach Ermessen des Planers in gewissen Grenzen überschritten werden. Zunächst sollte man versuchen, neue Bögen ohne Ausnutzung dieser Spielräume zu bauen. Wenn aber eine Geometrie bei komplizierten Fällen nicht aufgeht, dann kann man es durch das Setzen dieses Hakens mit Ausnutzung der Ermessenswerte versuchen.

4.3.4.7 Geschwindigkeit

Die Trassierungsgeschwindigkeit, die für die Auslegung der Überhöhung und der Klothoiden benötigt wird. Wenn man Wert auf korrekte Streckengeometrie legt, dann muss dieser Wert richtig vorgewählt werden, da sich sonst deutlich andere Kurvenlagen ergeben können.

4.3.4.8 Radius

Ohne Vorgabe eines Radius' baut der Absteckrechner immer den größtmöglichen Radius ein. Wenn ein kleinerer Radius gewünscht ist, kann das hier vorgegeben werden.

4.3.4.9 Status

Im Statusfeld der Symbolleiste werden die Parameter des eingefügten Bogens angezeigt. Wenn die Meldung länger als die Anzahl der sichtbaren Zeilen ist, kann man die Meldung in der Symbolleiste anklicken, sie wird dann in einem Dialogfenster komplett angezeigt.

4.3.4.10 Meldung

Im Meldungsfeld der Symbolleiste werden weitere Informationen und Fehlermeldungen angezeigt. Wenn die Meldung länger als die Anzahl der sichtbaren Zeilen ist, kann man die Meldung in der Symbolleiste anklicken, sie wird dann in einem Dialogfenster komplett angezeigt.

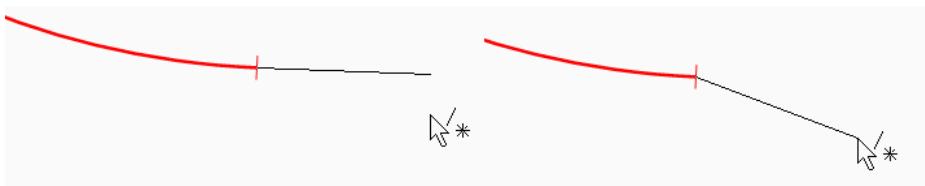
4.3.5 Menü „Werkzeuge“

Die Werkzeuge werden erst wirksam, wenn die Maus im Lageplan betätigt wird. Das jeweils aktive Werkzeug wird durch einen speziellen Cursor und das eingerastete Werkzeugsymbol in der Symbolleiste gekennzeichnet. In der Statuszeile erscheint z.T. eine Kurzhilfe.

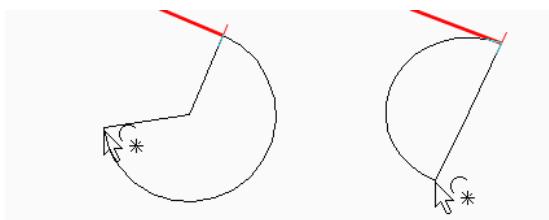
4.3.5.1 Allgemeine Hinweise zum Anbauen neuer Gleiselemente

Neue Gleiselemente werden mit der Maus im Gleisplan verlegt. Wenn Elemente markiert sind, wird immer an einem Anschlusspunkt dieser Elemente weitergebaut. Es wird **immer** am nächstgelegenen Anschlusspunkt angebaut, das neue Element erscheint in einer Vorschau.

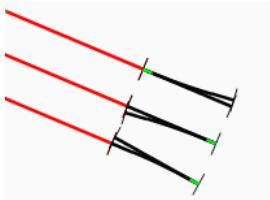
Dabei wird der Winkel des markierten Elements aufgenommen, so dass ein knickfreier Übergang entsteht. Diese Winkelübernahme lässt sich durch Drücken der „Strg“-Taste umgehen, das neue Element wird dann zwar am Anschlusspunkt des markierten Elements beginnen, die Ausrichtung folgt aber nur der Maus, so wie im folgenden Bild rechts dargestellt (links die normale Variante).



Weiterhin wird das neue Element wenn möglich immer so an das markierte Element angeschlossen, dass es von diesem wegweist. Durch Drücken der Taste „V“ kann dieses Verhalten umgekehrt werden, wie im folgenden Bild für einen Kreisbogen gezeigt (rechtes Bild nach dem Drücken der Taste „V“).



Das neue Element wird standardmäßig mit seinem Vorzugspunkt (grün markiert) an das markierte Element angeschlossen. Dieses Verhalten kann durch Drücken der Tasten „A“ und „B“ verändert werden. Im folgenden Bild ist das für eine an eine Gerade angebaute Weiche dargestellt, oben der Standardfall. Nach einmal Drücken der Taste „A“ wird am zweiten Anschlusspunkt der Weiche angebaut (Mitte), nach einem weiteren Drücken der Taste „A“ am dritten Punkt der Weiche (unten). Taste „B“ geht jeweils eine Variante zurück.



Die drei hier aufgeführten Anbauvarianten ("Strg", „V“, „A"/"B") lassen sich auch kombinieren.

Hinweis: Wenn ein neues Element freihändig verlegt werden soll und man nicht sicher ist, ob noch Elemente markiert sind, dann empfiehlt sich vorher der Aufruf der Funktion „Alle Markierungen aufheben“ (Taste „F11“), da das schneller geht als erst das Markierungswerkzeug aufzurufen und irgendwo ins Leere zu klicken.

4.3.5.2 Markieren

Elemente können mit der Maus markiert werden. Dafür kann man die Elemente direkt auf der Linie anklicken. Die Markierung wird wirksam, wenn man das Element mit der in den Einstellungen unter „Klicktoleranz“ angegebenen Genauigkeit trifft. Eine andere Möglichkeit ist das Aufziehen eines Rechtecks mit der Maus. Es werden dabei alle Elemente markiert, die mit mindestens einem Endpunkt im Rechteck liegen (Die Klicktoleranz spielt dann keine Rolle). Bei gedrückter Strg-Taste werden neu angeklickte Elemente zu den markierten Elementen hinzugefügt bzw. ein bereits markiertes Element wird aus der Menge der markierten Elemente entfernt. Um besonders schnell zwischen anderen Werkzeugen und dem Markierungswerkzeug wechseln zu können, ist die Leertaste mit einer besonderen Funktion belegt: Solange die Leertaste gedrückt wird, ist das Markierwerkzeug aktiv, nach dem Loslassen wieder das vorher gewählte Werkzeug.

4.3.5.3 Elemente verschieben

Die markierten Elemente können bei gedrückter linker Maustaste verschoben werden (folgen also der Mausbewegung). Bei gedrückter „Strg“-Taste wird das Gleiselement senkrecht zum ersten Punkt (grüne Markierung) verschoben. Wenn mehrere Elemente markiert sind, ist das mit der niedrigsten Nummer maßgebend für die senkrechte Richtung.

4.3.5.4 Elemente drehen

Die markierten Elemente werden bei gedrückter linker Maustaste um einen gemeinsamen Punkt gedreht. Der Drehpunkt wird durch einen magentafarbenen Kreis markiert. Mit „+/-“ springt der Drehpunkt zum nächsten Element und mit „A"/"B“ lässt sich der Drehpunkt an alle Punkte der ausgewählten Elemente versetzen. Falls um einen externen Punkt gedreht werden soll, ist dieser zunächst als Markerpunkt zu erzeugen und mit in die Auswahl einzubeziehen. Er kann dann ebenfalls über „+/-“ als Drehpunkt benutzt werden. Bei gedrückter „Strg“-Taste dreht sich jedes Element einzeln um seinen eigenen Vorzugspunkt (grüne Markierung).

4.3.5.5 Länge ändern

Bei den markierten Elementen wird die Länge des Elements verändert. Das geschieht immer an dem Endpunkt des Elements, der der Maus am nächsten ist. Evtl. muss bei

größeren Verlängerungen die Maus zwischendurch einmal neu angesetzt werden. Die neue Elementlänge wird in der Statuszeile angezeigt (wenn mehrere Elemente gleichzeitig bearbeitet werden, nur die des letzten Elements).

4.3.5.6 Blickpunkt verschieben

Der Blickpunkt wird verändert, indem man den Lageplan mit gedrückter linker Maustaste in die gewünschte Richtung verschiebt. Es wird nur die Navigation verändert, die Elemente behalten also ihre Koordinaten. Um besonders schnell zwischen anderen Werkzeugen und dem Blickpunkt-Werkzeug wechseln zu können, ist die „Shift“-Taste mit einer besonderen Funktion belegt: Solange die „Shift“-Taste gedrückt wird, ist das Blickpunkt-Werkzeug aktiv, nach dem Loslassen wieder das vorher gewählte Werkzeug.

4.3.5.7 Blickpunkt drehen

Hier wird durch Bewegen der Maus bei gedrückter linker Taste der Blickpunkt gedreht. Die Maus muss dabei in Rechts-/Linksrichtung bewegt werden. Wenn der Plan genau an einem Streckenelement ausgerichtet werden soll, dann geht das besser über die Funktion „An markiertem Element ausrichten“.

4.3.5.8 Zoom

Klicken mit der linken Maustaste zoomt (zentriert um den Klickpunkt) näher in den Plan, Klicken mit der rechten Maustaste zoomt aus dem Plan heraus. Außerdem kann auch ein Rechteck mit der Maus aufgezogen werden. Dieses Rechteck wird bei gleichzeitig gedrückter „Strg“-Taste exakt herausgezoomt, was zu einer verzerrten Darstellung führen kann, sonst werden die Proportionen beibehalten. Eine unverzerrte Darstellung erreicht man im ersten Fall anschließend durch die Funktion „Seitenverhältnis unverzerrt“. Mit dem Rädchenrad der Maus lässt sich außerdem zentral in die/aus der Szene zoomen.

4.3.5.9 Entfernung messen

Hier kann mit Maus eine Messlinie aufgezogen werden, deren Länge in der Statuszeile angegeben wird.

4.3.5.10 Neue Gerade

Eine neue Gerade wird gemäß den Hinweisen am Anfang dieses Kapitels gebaut, die Länge wird in der Statuszeile angegeben. Drücken der Taste „G“ ruft ebenfalls diese Funktion auf.

4.3.5.11 Neue Klohoide

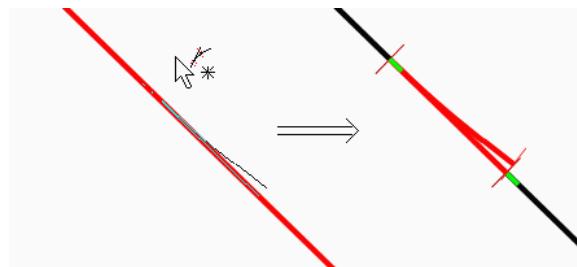
Eine Klohoide wird gemäß den Hinweisen am Anfang dieses Kapitels gebaut. Drücken der Taste „H“ ruft ebenfalls diese Funktion auf. Im Normalfall wird man Klohoiden nicht frei-händig sondern mit dem Absteckrechner verlegen. Bei einer übermäßig stark gekrümmten Klohoide (weit jenseits der für den Bahnbau relevanten Abmessungen) kommt es zu einer Entartung, da sich die Klohoide nur näherungsweise berechnen lässt.

4.3.5.12 Neuer Kreisbogen

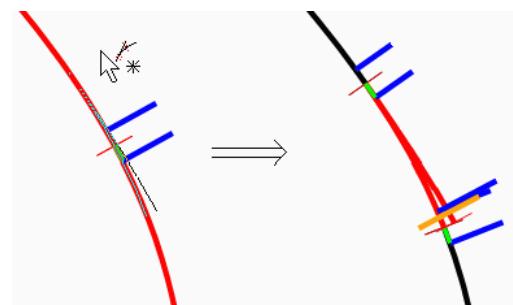
Eine neuer Kreisbogen wird gemäß den Hinweisen am Anfang dieses Kapitels gebaut, die Bogenlänge und der Radius werden in der Statuszeile angegeben. Drücken der Taste „K“ ruft ebenfalls diese Funktion auf. Bei Einbau ohne markiertes Anschlusselement wird ein Vollkreis erzeugt. Der Radius des Kreises kann auch vorgegeben werden, indem das Kontrollkästchen „Radius vorgeben“ in der Symbolleiste gesetzt wird. Bei einem freihändig verlegten Bogen mit vorgegebenem Radius (also ohne Anschluss an ein existierendes Gleiselement) kann mit der „+“-Taste (im Zehnerblock der Tastatur) direkt das Vorzeichen des Radius und damit die Ausrichtung des Bogens geändert werden, ohne den Kreis neu ansetzen zu müssen. Wenn an ein bereits vorhandenes Element angeschlossen und dabei dessen Radius übernommen werden soll (typischer Fall wäre Anschluss an eine Klo-thoide), dann kann durch einmaliges Drücken der Taste „A“ in einen Modus geschaltet werden, bei dem der Anschlussradius übernommen wird.

4.3.5.13 Neue Weiche

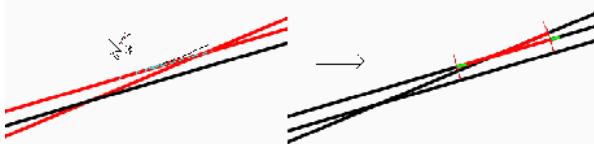
Im Gegensatz zu den anderen Gleiselementen, die immer nur an den Anschlusspunkten eines markierten Elements angebaut werden können, kann eine Weiche beliebig auf den markierten Elementen entlanggeschoben werden. Drücken der Taste „W“ ruft ebenfalls diese Funktion auf (mit der zuletzt ausgewählten Weiche). Das folgende Bild zeigt das für eine Linksweiche und eine markierte Gerade. Die Weiche wird am Fußpunkt Cursor/Gerade (also das gedachte Lot vom Cursor auf die Gerade) angesetzt und richtet sich an der Geraden aus. Die Ausrichtung kann mit „Strg“, „V“, „A“/„B“ geändert werden (s. Hinweise am Anfang dieses Kapitels, wobei ein Aufsetzen über den abzweigenden Strang nicht vorgesehen ist, für einen korrekten Einbau muss die Weiche also entlang des Stammgleises eingefügt werden. Es können also je nach Weichtyp bei manchen Kombinationen von „V“, „A“/„B“ sinnlose Ergebnisse auftreten. Nach dem Loslassen der Maus wird die Weiche eingebaut und das zugrundeliegende Element an dieser Stelle aufgetrennt, hier wird also die eine Gerade in zwei kürzere Geraden aufgeteilt (rechtes Bild). Unabhängig von dem ausgewählten Höhenprofil wird die Weiche hierbei immer dem Profil zugeordnet, dem auch das Basisgleiselement zugeordnet ist.



Auf dieselbe Weise kann die Weiche auch in Kreisbögen, Klohoiden und auch über mehrere Elemente hinweg platziert werden. Im folgenden Bild ist der Übergang zwischen Klohoide und Kreisbogen dargestellt. Die Weiche wird auf die Klohoide aufgesetzt und erstreckt sich automatisch in den nachfolgenden Kreisbogen. Krümmungen und Überhöhung der zugrundeliegenden Elemente werden automatisch in die Weiche übernommen und auch der aus der überhöhten Bogenlage resultierende Höhenversatz am Abzweig wird automatisch erkannt (orange Markierung).

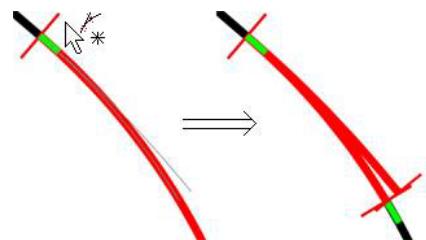


Außerdem kann eine Weiche an ein passendes, diagonal laufendes Element herangeschoben werden, wenn dieses markiert ist. Ein Beispiel zeigt das folgende Bild:



Die beiden betroffenen Geraden müssen markiert werden, dann kann die Weiche auf eine Gerade aufgesetzt und solange verschoben werden, bis sie genau an der passenden Stelle automatisch festgehalten wird. Die Toleranzschwelle für die Lage- und Winkelabweichung zwischen Weichenabzweigpunkt und angedockter Diagonale kann in den Einstellungen angepasst werden. Das Festhalten wird also bei übermäßiger Winkelabweichung nicht durchgeführt, da es zu Knicken im Gleisverlauf führen würde. Evtl. muss der Bereich recht groß herausgezoomt werden, damit das Andocken funktioniert. Das diagonale Element wird nicht verändert, muss also ggf. in der Länge manuell an das Weichenende angepasst werden.

Nach dem gleichen Prinzip kann eine Weiche exakt an das Ende eines vorhandenen Elements geschoben werden. Auf dem nebenstehenden Bild soll die Weiche exakt an den Anfang des markierten Kreisbogens geschoben werden, wo sie automatisch einrastet, wenn man den Endpunkt genau trifft. Damit das Andocken gut funktioniert, sollte man die Weiche bildschirmfüllend heranzoomen.



4.3.5.14 Neuer Markerpunkt

Klicken mit der linken Maustaste setzt einen Markerpunkt, der als Orientierungs- oder Konstruktionshilfe dienen kann. Über die Einstellungen kann erreicht werden, dass sich dabei sofort der Eigenschaftsdialog öffnet, um eine Bezeichnung eingeben zu können.

4.3.5.15 Neuer DEM-Höhenpunkt

Damit dieses Werkzeug sinnvoll verwendet werden kann, muss ein digitales Höhenmodell (DEM) in den Lageplaneinstellungen angegeben sein. Wenn das DEM geladen ist, dann lassen sich mit dieser Funktion Höhenwerte des DEM direkt in das Höhenprofil einer Trasse übertragen. Dafür ist folgendermaßen vorzugehen: Das zu bearbeitende Höhenprofil muss angelegt sein und in dem zu bearbeitenden Bereich im Lageplan durch Gleiselemente vom Typ „Höhenprofil“ vertreten sein. Dann muss im Lageplan das Höhenprofil in der Symbolleiste ausgewählt werden. Wenn man mit der Maus über den Lageplan fährt, werden die aus dem DEM ermittelten Höhenwerte in der Statusleiste angezeigt. Beim Klicken wird der aktuelle Punkt in das Höhenprofil übernommen. Es wird dabei zur Ermittlung der Lage des Stützpunkts im Höhenprofil das Lot vom Mauspunkt auf das Höhenprofil gebildet, der Höhenwert aber von der tatsächlichen Mausposition übernommen. Die Funktion lässt sich auch benutzen, wenn kein DEM geladen ist. Dann wird für den neu erstellten Punkt die Höhe 0 eingetragen. Diese Funktion kann hilfreich sein, wenn man z.B. im Lageplan den Ort eines Neigungswechsels kennt und genau diesen Punkt im Höhenprofil eintragen möchte. Der Zahlenwert der Höhe muss dann zwar in der Höhenprofil-Tabelle per Hand eingegeben werden, aber er liegt schon an der richtigen x-Koordinate.

Wenn es in den Programmeinstellungen entsprechend ausgewählt ist, wird das DEM in Graustufen als unterste Ebene in der Hintergrunddarstellung gezeichnet.

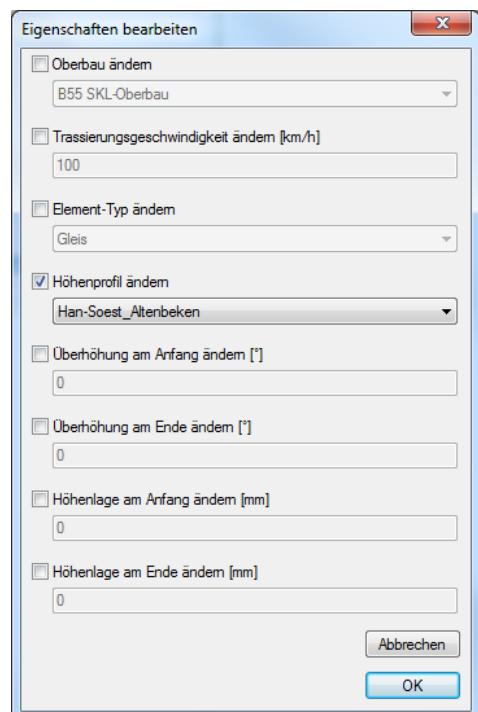
4.3.6 Menü „Lageplan bearbeiten“

4.3.6.1 Rückgängig/Widerrufen

Die zuletzt ausgeführten Funktionen werden rückgängig gemacht. Wie viele alte Zustände noch im Speicher gehalten werden sollen, kann man in den Programm-Einstellungen festlegen. „Widerrufen“ stellt den neueren Zustand wieder her, nachdem man „Rückgängig“ aufgerufen hatte.

4.3.6.2 Element-Eigenschaften

Wenn ein Element markiert ist, wird je nach Elementtyp ein Dialog zur Bearbeitung der Elementeigenschaften aufgerufen (Beschreibung folgt weiter unten bei „Gleiselementtypen“). Wenn mehr als ein Element markiert ist, erscheint ein Dialog, mit dem sich die sinnvoll gemeinsam umstellbaren Werte einrichten lassen. Die zu ändernde Eigenschaft muss zunächst links aktiviert werden. Im dann aktiven Feld daneben wird der neue Wert eingestellt, im nebenstehenden Bild für die Zuordnung zu einem neuen Höhenprofil.



4.3.6.3 Parameter zwischen zwei Elementen ändern

Mit dieser Funktion können die Elementeigenschaften gezielt in einem Gleistrang neu gesetzt werden. Dazu müssen zwei Elemente (ohne dazwischenliegende Weiche) in dem Strang markiert sein. Es werden dann alle Elemente zwischen den beiden markierten (inkl. markierte) entsprechend dem bereits im vorherigen Kapitel gezeigten Dialog neu gesetzt. Zwischen den beiden markierten Elementen muss ein befahrbarer Weg vorhanden sein, sonst kommt eine Fehlermeldung. Der Vorgang startet an dem Element mit der kleineren Nummer, was aber nur für eine neue Kilometrierung relevant ist. Falls das gewünschte Startelement die größere Nummer hat, kann es mit der Funktion „Elemente vertauschen“ nach hinten gesetzt werden.

4.3.6.4 Elemente löschen

Alle markierten Elemente werden gelöscht.



4.3.6.5 Ausrichtung umkehren

Die Elemente werden umgedreht, was aber nur bei Geraden und Kreisbögen geht. Lage und Funktion bleiben also unverändert, die grüne Markierung wechselt aber das Elementende.

4.3.6.6 Elemente verschieben

Die markierten Elemente werden um den abgefragten Vektor verschoben. Diese Verschiebung findet in den lokalen Koordinaten statt; der UTM-Punkt wird also nicht verändert.

4.3.6.7 Elemente teilen

Alle markierten Elemente werden in der Mitte geteilt. Auf Weichen und Markerpunkte hat diese Funktion natürlich keinen Einfluss.

4.3.6.8 Elemente gleich ausrichten

Es wird versucht, den Vorzugsplatz (grüne Markierung) aller markierten Elemente gleich auszurichten (also nicht markierte Elemente werden von dieser Funktion auf keinen Fall verändert). Für die Funktionalität der Strecke ist diese gleiche Ausrichtung nicht relevant, sie mag aber evtl. die Bearbeitung erleichtern. Weichen und Klothoiden können in ihrer Ausrichtung nicht verändert werden.

4.3.6.9 Elemente vertauschen

Die beiden markierten Elemente tauschen ihre laufende Nummer. Das kann u.a. für manche Absteckrechnerfunktionen gebraucht werden.

4.3.6.10 Kilometrierung neu berechnen

Vom markierten Element an (grün markiertes Ende) werden alle Nachfolger (egal ob diese markiert sind oder nicht) in beide Richtungen neu kilometriert. Ausgangspunkt ist der km-Vorgabewert des markierten Elements. Kilometrierung ist nur beim Typ „Höhenprofil“ möglich. Die Entscheidung, in welche Richtung aufsteigend/absteigend kilometriert wird, wird anhand des Endwertes (also das nicht grün markierte Ende) des markierten Elements getroffen. Der tatsächliche Zahlenwert wird ggf. anhand der Elementlänge korrigiert – für die Entscheidung der Richtung ist nur relevant, ob der Endwert größer oder kleiner als der Anfangswert ist.

4.3.6.11 Weichenhöhenlagen anpassen

Für jedes markierte Element wird folgende Prozedur durchgeführt: Wenn das markierte Element an mindestens einem Endpunkt eine Höhenabweichung zum Nachbarelement aufweist, dann werden von dieser Höhenabweichung ausgehend alle nachfolgenden Elemente ebenfalls angehoben, bis sich die Höhenunterschiede abgebaut haben. Das markierte Element wird also in seiner Lage nicht verändert, wohl aber die Nachbarelemente. Ein typischer Fall ist eine Gleisverbindung in der überhöhten Kurve. Hier wird beim Vorbild das äußere Gleis angehoben. Im Editor würde man dafür die bogeninnere Weiche

markieren und dann diese Funktion aufrufen. Dadurch behält die innere Weiche vorbildgerecht ihre ursprüngliche Lage und das Außengleis wird um das notwendige Maß angehoben. Die Neigung der Anpassungsrampen ist in den Programmeinstellungen konfigurierbar. Die Knicke an den Rampenübergängen werden nicht ausgerundet, was bei üblichen Werten kein Problem darstellt.

Wichtiger Hinweis: Wenn man nach einem Aufruf der Funktion feststellt, dass das Ergebnis mit der eingestellten Rampenneigung nicht den Erwartungen entspricht, dann muss man die Rückgängig-Funktion aufrufen und dann erneut die Höhenlage anpassen. Ohne vorheriges „Rückgängig“ würde ein weiterer Aufruf der Funktion nichts weiter an der Strecke ändern, da ja an den Elementübergängen keine Höhendifferenzen mehr vorliegen. Die gerade erläuterte Funktion würde also schon bei ihrer ersten Eingangsbedingung abbrechen.

Ein anderer Weg die Ausführung der Aktion zu erzwingen, ist die Markierung aller Gleiselemente im Umfeld der Weiche, dann Aufruf der Elementeigenschaften mit der Zuweisung der Höhenabweichung 0 für alle Elemente (die in der Überhöhung eingebauten Weichen behalten zwangsläufig ihre Höhendifferenz) und dann der Aufruf „Weichenhöhenlagen anpassen“ bei markierter Ausgangsweiche.

4.3.6.12 An anderes Höhenprofil anpassen

Mit dieser Funktion lässt sich ein abzweigendes Höhenprofil exakt an ein vorhandenes Höhenprofil heranführen; es wird also ein in Höhenlage und Neigung passender Übergang zwischen den beiden Profilen hergestellt. Damit die Funktion aufgerufen werden kann, muss im Lageplan ein Element (vom Typ „Höhenprofil“) markiert sein, das zu dem Höhenprofil gehört, welches in der Lage angepasst werden soll. Nach Aufruf der Funktion „An anderes Höhenprofil anpassen“ wird das Profil abgefragt, an das angeglichen werden soll. Beispiel: Es existiert ein Höhenprofil mit dem Namen „Strecke“, von dem irgendwo ein Profil „Abzweig“ abzweigen soll. Folgende Schritte sind zu unternehmen, um den Abzweig exakt passend anzuschließen:

1. „Projekt → Neues Höhenprofil hinzufügen“ und diesem den Namen „Abzweig“ geben.
2. „Projekt → Höhenprofile neu zuordnen“ aufrufen.
3. Im Lageplan an der vorgesehenen Abzweigstelle das erste Element vom Typ „Höhenprofil“ und dem Profilnamen „Abzweig“ verlegen.
4. Die Funktion „An anderes Höhenprofil anpassen“ aufrufen, in der Auswahl das Profil „Strecke“ wählen und OK drücken. Damit sind im Höhenprofil „Abzweig“ zwei Punkte eingefügt worden, die in Lage und Neigung exakt an das Profil „Strecke“ anschließen.

4.3.6.13 Alles markieren

Es werden alle Elemente markiert, die derzeit dargestellt werden. Also ausgeblendete Typen (Höhenprofil usw.) bleiben unmarkiert und werden daher von nachfolgenden Operationen nicht betroffen.

4.3.6.14 Alle Markierungen aufheben

Alle Elemente sind anschließend nicht markiert. Der Aufruf dieser Funktion geht ggf. schneller als ein Klick mit dem Auswahlwerkzeug ins Leere.

4.3.6.15 Markierung umkehren

Alle aktuell markierten Elemente werden demarkiert und umgekehrt. Elementtypen, die gar nicht sichtbar sind, bleiben unmarkiert und werden daher von nachfolgenden Operationen nicht betroffen. Die Funktion kann helfen, wenn sich durch eine unglückliche Bedienhandlung ein Element weit außerhalb der Arbeitsfläche befindet. Dann markiert man alle korrekten Elemente durch Aufziehen mit der Maus über das gesamte Modul und wählt „Markierung umkehren“. Somit sind nur die weit außerhalb liegenden Elemente markiert und können gelöscht werden.

4.3.6.16 Element-Nummer markieren

Ein Element kann per Eingabe seiner auch im Gleisplan angezeigten Nummer (wenn diese Anzeige aktiviert ist) markiert werden. Es wird dabei zu den schon markierten Elementen hinzugefügt.

4.3.6.17 TOP50-ASCII-Overlay-Datei importieren

Es kann eine (auch Mehrfachselektion möglich) Overlay-Datei importiert werden, wie man sie in der TOP50-Karte (digitale topografische Karten der deutschen Landesvermessungsämter) abstecken kann. Diese Datei muss im TOP50-Betrachter im ASCII-Format gespeichert worden sein. Für jeden Eckpunkt des Vektorzuges wird ein Markerpunkt im Lageplan angelegt. Eine durchgehende Verbindung gemäß der Darstellung im TOP50-Betrachter entsteht also nicht.

4.3.6.18 Georeferenziertes Bitmap öffnen

Siehe [Kapitel 4.3.3.2](#)

4.3.6.19 DEM-Datei festlegen

Dieser Menüpunkt bewirkt dasselbe wie eine Änderung der DEM-Datei in den Lageplaneinstellungen.

4.3.7 Menü „Neue Elemente erstellen“

In diesem Menü findet man Funktionen zum Gleisbau, die nicht mit der Maus ausgeführt werden.

4.3.7.1 Absteckrechnerfunktionen

Siehe eigenes Kapitel zum Absteckrechner ([Kapitel 4.3.4](#)).

4.3.7.2 Neuer Markerpunkt per Eingabe

Neben dem mausorientierten Werkzeug eine weitere Möglichkeit einen Markerpunkt zu setzen. Es werden die lokalen Koordinaten (nicht UTM) abgefragt.

4.3.7.3 Schnittpunkt aus markierten Geraden erstellen

Dieses ist noch eine Möglichkeit, einen Markerpunkt zu erstellen: Es müssen zwei Geraden markiert sein – im Schnittpunkt entsteht dann der neue Markerpunkt.

4.3.7.4 Parallelgleise für alle markierten Elemente erstellen

Gemäß dem als „Abstand Parallelbau“ in der Symbolleiste festgelegten Wert erhalten alle markierten Geraden, Kreisbögen und Klothoiden ein Parallelement. Die Seite, an der das neue Element erstellt wird, richtet sich bei jedem Element einzeln nach dessen jeweiliger Ausrichtung (grüne Markierung). Bei positiven Abstandswerten wird von der grünen Markierung aus an der rechten Seite gebaut. Die neu erstellten Gleiselemente übernehmen die Trassierungsgeschwindigkeit aus dem vorhandenen Element (nicht aus dem Feld der Symbolleiste).

4.3.7.5 Parallelgleise vom markierten Element an

Bei jedem markierten Element wird folgender Vorgang angestoßen: Es wird am markierten Element ein Parallelgleis erzeugt (wie in der zuvor erläuterten Funktion) und zusätzlich wird in beide Richtungen der gesamte Streckenstrang bis zum Ende oder einer Weiche verfolgt und ebenfalls ein Parallelgleis erzeugt. Ein Wechsel der Elementausrichtung wird dabei berücksichtigt.

Im Zuge der Strecke wird also ein durchgehendes Parallelgleis erstellt, auch wenn das Vorzugsende der Ausgangselemente zwischendurch die Seite wechselt. Die neu erstellten Gleiselemente übernehmen die Trassierungsgeschwindigkeit aus dem vorhandenen Element (nicht aus dem Feld der Symbolleiste).

4.3.7.6 Hüllkurvenpunkte senkrecht zum markierten Element erstellen

Diese Funktion ist hilfreich, um die Hüllkurve für den Geländeformer an den Modulgrenzen exakt senkrecht zu den Gleisenden anlegen zu können. Dazu wird das letzte Streckenelement markiert, diese Funktion aufgerufen und in dem Abfragedialog der Abstand eingegeben, in dem die beiden Stützpunkte rechts und links vom Streckenelement gesetzt werden sollen.

Wenn das Streckenelement gerade so gelegen ist, dass die grüne Markierung am falschen Ende liegt, dann sollte man das Element umdrehen oder provisorisch eine kurze neue Gerade anbauen und nach dem Setzen der Hüllkurvenpunkte wieder löschen. (Weiteres zur Hüllkurve s. [Kapitel 5.4.1.6](#)).

4.3.8 Menü „Ansicht“

4.3.8.1 Globale Ansicht

Die Navigation wird so ausgerichtet, dass der gesamte Plan aus allen Hintergrundbildern und allen Gleiselementen dargestellt wird. Hinweis: Falls man versehentlich zwei Hintergrundbilder geladen hat, die sehr weit auseinander liegen, so kann bei Globalansicht u.U. nur ein weißes Fenster erscheinen, da die Pläne so klein dargestellt werden, dass man sie nicht mehr erkennen kann.

4.3.8.2 Globale Ansicht ohne Nordausrichtung

Während die zuvor erläuterte Funktion die Navigation so ausrichtet, dass Norden oben ist, bleibt bei dieser Funktion die Ausrichtung des Plans unverändert. Das ist für den Fall gedacht, dass man an einem Bahnhof baut, der sich am besten entlang seiner Hauptachse darstellen lässt. Es erspart die Neuausrichtung des Plans entlang der Hauptachse nach einem Aufruf der globalen Ansicht.

4.3.8.3 Gleise darstellen

Mit dieser Funktion lassen sich die Gleise ausblenden, z.B. um Details auf dem Hintergrundbild besser ablesen zu können.

4.3.8.4 Hervorhebung aufheben

Dieselbe Funktion wie schon im Höhenprofil erläutert.

4.3.8.5 Raus-/Reinzoomen

Mit jedem Aufruf wird zentral an die Szene heran- bzw. herausgezoomt (die Stärke des Zooms ist nicht beeinflussbar), die gleiche Funktion wird auch über das Drehen des Mausrades aufgerufen.

4.3.8.6 Stauchen/Strecken

Die Darstellung des gesamten Lageplanes kann in der Querrichtung gestreckt und gestaucht werden. Sinn dieser Funktion ist die Anpassung an übliche Längenausdehnungen von Bahnhöfen (sie sind ja meistens deutlich länger als breit). So lässt sich ein kompletter Bahnhof übersichtlich im Fenster darstellen (eine derartig verzerrte Darstellung ist ja auch von Vorbildplänen bekannt). Die Bearbeitung der Pläne ist auch in gestreckter/gestauchter Darstellung uneingeschränkt möglich und z.B. Längenmessungen ergeben die korrekten Werte.

4.3.8.7 An markiertem Element ausrichten

Der Drehungswert der Navigation wird so eingestellt, dass das markierte Element waagerecht liegt. Damit lässt sich z.B. ein Bahnhof sehr schnell und exakt in seiner Hauptachse darstellen. Wenn der Plan um 180° gegenüber dem Wunschwert gedreht ist, dann kann man entweder zweimal die Funktion „Um 90° drehen“ aufrufen oder die Ausrichtung des Elements umkehren und diese Funktion noch einmal aufrufen.

4.3.8.8 An globalen Koordinaten ausrichten

Der Plan wird so gedreht, dass Norden oben ist.

4.3.8.9 Um 90° drehen

Der Plan wird um 90° gegen den Uhrzeigersinn gedreht.

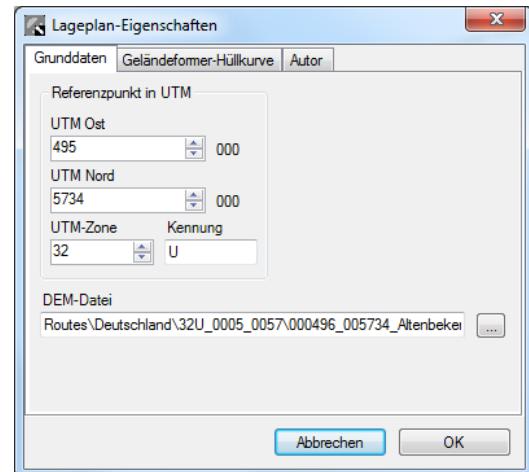


4.3.8.10 Lageplan-Eigenschaften

4.3.8.10.1 Registerkarte „Grunddaten“

UTM-Referenzpunkt: Siehe Information in [Kapitel 4.1.4](#). Dieser Punkt sollte hier im Normalfall nicht verändert werden, denn bei einer Änderung seiner Koordinaten werden die Koordinaten der Gleiselemente nicht angepasst. Eine vorher korrekt georeferenzierte Strecke würde also durch eine Änderung der UTM-Daten ihre Georeferenzierung verlieren.

DEM-Datei: Relative Pfadangabe für ein digitales Höhenmodell. Die Datei wird mit abgespeichert und beim Öffnen des Projekts automatisch wieder geladen. Weiteres zur Anwendung bei „Neuer DEM-Höhenpunkt“. Die DEM-Datei sollte nur etwa Modulgröße haben, da der Zeichenalgorithmus bisher nicht für große Dateien ausgelegt ist. Falls doch eine sehr große Datei geladen werden soll, dann sollte die Darstellung des DEM in den Einstellungen deaktiviert werden, um einen flüssigen Arbeitsablauf zu gewährleisten.



4.3.8.10.2 Registerkarte „Hüllkurve“

Hier werden die Stützpunkte der Hüllkurve für den Geländeformer aufgelistet. In der ersten Spalte ist ein Kurvenindex, der beginnend von 0 die Hüllkurven indiziert. So lassen sich mehrere Hüllkurven anlegen, falls das in besonderen Fällen nötig sein sollte. Über das Kontextmenü lassen sich Punkte löschen/erstellen und verschieben. Laufende Nummer und Index werden auch im Lageplan eingeblendet.

4.3.8.10.3 Registerkarte „Autor“

Angaben zum Autor, welche im Dateiheader gespeichert und beim Export in die st3-Datei übernommen werden. Weitere Informationen zu Autorenangaben siehe [Kapitel 8.2.8.2](#).

4.3.9 Die Gleiselementtypen

4.3.9.1 Allgemeines

4.3.9.1.1 Endpunkte

Allen Elementtypen gemein ist die Art der Endpunktdefinition. Diese Schnittstellenpunkte werden insbesondere für den Anbau weiterer Elemente benutzt. Sie sind definiert über die Punktkoordinaten in Meter (x entspricht Osten, y entspricht Norden), den Winkel gegenüber der Ost-Achse, die Überhöhung in Grad, den Radius in Meter (0 bedeutet keine Krümmung, also gerader Verlauf) und die Höhendifferenz aus dem Weichenhöhenplan. Sie werden immer zur Information unten in einer ausgegrauten Tabelle dargestellt.

4.3.9.1.2 Weitere Werte

Ebenfalls bei allen Elementtypen vorhanden ist eine Auswahl für den Elementtyp und das zugeordnete Höhenprofil sowie Oberbauart und die Trassierungsgeschwindigkeit. Die Oberbauart wird im Gleisplaneditor nicht ausgewertet, sondern dient nur der Vorbelegung beim st3-Export. Ein Wert für die Kilometrierung kann nur eingegeben werden, wenn das Element vom Typ „Höhenprofil“ ist (beim Export im 3D-Format beziehen die Elemente vom Typ „Gleis“ ihren Kilometrierungswert aus dem zugeordneten Höhenprofil).

4.3.9.1.3 Arbeiten mit der Zwischenablage

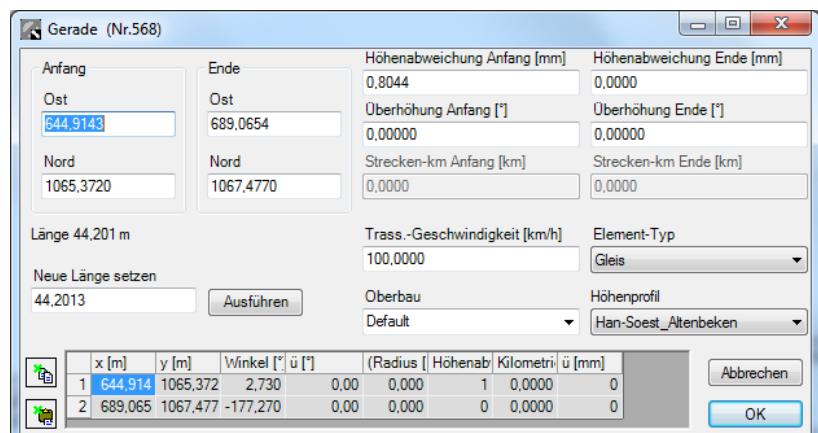
Die Endpunkte können über die Windows-Zwischenablage bearbeitet werden. Dazu gibt es neben den Endpunkt-Tabellen und anderen Punkteingabefeldern jeweils einen Schalter „Kopieren“ und „Einfügen“. Der Inhalt der Zwischenablage kann auch in einem Texteditor eingefügt werden (also kopieren im Gleisplaneditor und einfügen in einem Texteditor). Zum Kopieren muss zunächst die zu kopierende Zeile in der Tabelle markiert werden (ein Feld der Zeile genügt) und dann der Schalter „Kopieren“ gedrückt werden. Zum Einfügen ist ebenfalls zunächst die Zeile zu markieren und dann der Schalter „Einfügen“ zu drücken. Bei Weichen, Klothoiden und Kreisbögen wird das Gleiselement lediglich so zum neuen Ort verschoben, dass der entsprechende Endpunkt auf den Punkt der Zwischenablage fällt, das Element behält seine Ausrichtung und Geometrie aber bei.

Bei Kreisbögen, Weiche und Klothoide kann außerdem noch der separate Anfangsstützpunkt/Mittelpunkt analog mit der Zwischenablage zusammenarbeiten.

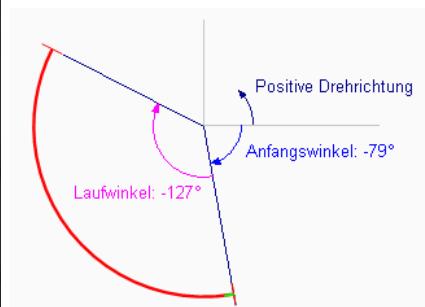
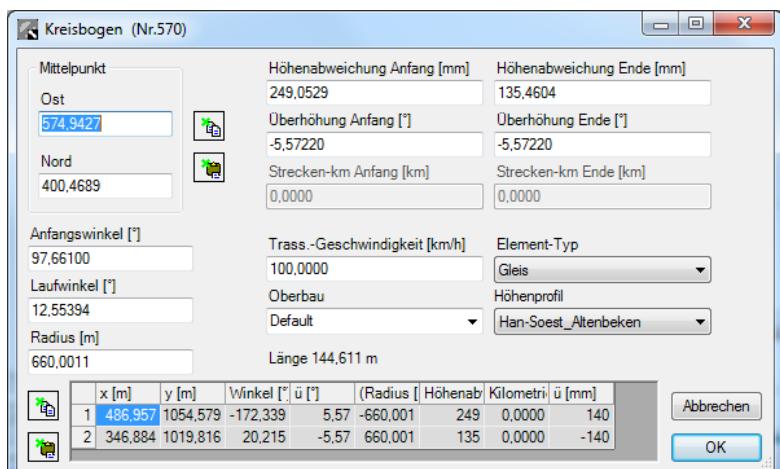
Hinweis: Diverse Parameter des Elements (z.B. In der Endpunkttafel) werden erst neu berechnet, wenn das Fenster mit OK verlassen wird.

4.3.9.2 Gerade

Eine Gerade wird über ihre beiden Endpunkte („Anfang“, „Ende“) definiert. Für die beiden Endpunkte kann jeweils ein Wert für Höhenabweichung und Überhöhung frei eingegeben werden. Über das Eingabefeld „Neue Länge setzen“ kann die Länge der Geraden neu festgelegt werden. Dabei wird der 2. Punkt entsprechend verschoben. Falls die Änderung so ausgeführt werden soll, dass Punkt 1 verschoben wird, ist die Gerade vorher mit der Funktion „Ausrichtung umkehren“ umzudrehen.



4.3.9.3 Kreisbogen

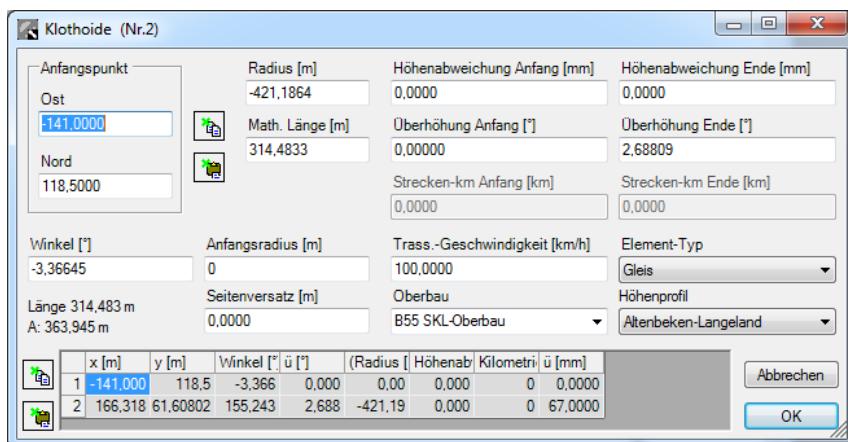


Die Lage des Kreises wird über den Kreismittelpunkt, den Radius, einen Anfangswinkel und einen Laufwinkel definiert. Die Zusammenhänge sind in der Skizze dargestellt. Der Radius ist immer ein positiver Wert, die Ausrichtung des Kreises wird über das Vorzeichen des Laufwinkels definiert.

Für die beiden Endpunkte kann jeweils ein Wert für Höhenabweichung und Überhöhung frei eingegeben werden.

Bei einer Änderung des Radius-Wertes bleibt der Kreismittelpunkt unverändert. Damit kann der Kreisbogen je nach Einbausituation an einen ungewollten Ort springen. Wenn der Anschlusspunkt an ein vorhandenes Element erhalten bleiben soll, kann dieses über die Zwischenablage erreicht werden. Dabei geht man z.B. für Punkt 2 folgendermaßen vor: Kopieren von Punkt 2 in die Zwischenablage, Ändern des Radius', Schließen des Fensters mir OK (damit die internen Werte neu berechnet werden), erneuter Aufruf des Fensters und Einfügen von Punkt 2 aus der Zwischenablage.

4.3.9.4 Klohoide, Klohoidensektor und verschobene Klohoide



4.3.9.4.1 Mathematische Grundlagen

Eine Klohoide ist eine Kurve mit linear zunehmender Krümmung. Sie erlaubt damit einen ruckfreien Übergang zwischen unterschiedlichen Radien. Eine Klohoide hat einen charakteristischen, konstanten Wert A, der den Grad der Zunahme der Krümmung beschreibt.

Es gilt für jeden Punkt der Klothoide $R \cdot L = A^2$, also der örtliche Radius, multipliziert mit der Lauflänge vom Ursprungspunkt ergibt immer die Konstante A^2 . Als Klothoidensektor wird eine Klothoide bezeichnet, die nicht mit der Krümmung 0 beginnt. Das entspricht einer normalen Klothoide, bei der man den Anfangspunkt entlang der Kurve verschoben, also sozusagen am Anfang ein Stück abgeschnitten hat. Eine Klothoide kann (im Gleisplaneditor) nicht das Vorzeichen der Krümmung wechseln (kann also nicht über den Anfangspunkt hinaus „nach hinten“ verlängert werden).

Eine Kurve, die parallel zu einer Klothoide verläuft, ist keine Klothoide. Um trotzdem Parallelgleise exakt bauen zu können, kann die Klothoide noch zusätzlich mit einem Seitenversatz versehen werden. Es wird dann eine zu einer Klothoide parallele Kurve erzeugt. Auch im Original wird so verfahren (man steckt die Trassenmitte ab und verlegt parallel dazu die Gleise).

4.3.9.4.2 Definition im Editor

Die Klothoide wird im Editor über ihren Klothoidenursprung, den Radius am Endpunkt und die Lauflänge definiert. Es handelt sich bei dem Eingabefeld „Math. Länge“ um die Länge der mathematischen Grundfunktion, die bei Seitenversatz oder Klothoidensektor von der Länge des Gleisstücks abweicht. Die tatsächliche Länge wird in dem Infofeld und in der Statusleiste des Lageplaneditors angezeigt. Die Konstante A wird intern aus diesen Werten berechnet und zur Information angezeigt. Rechts- oder Linksbogen wird über das Vorzeichen des Radius' festgelegt.

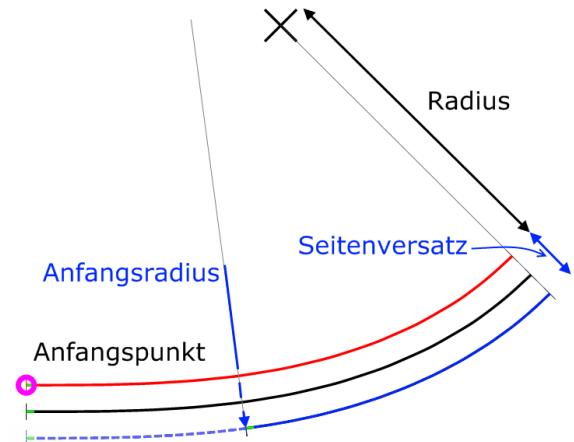
Das nebenstehende Bild zeigt in roter Farbe eine „reine“ Klothoide mit ihrem Ursprung (Anfangspunkt, Kreis in magenta). Die mathematische Länge ist dann die Länge der roten Linie und der Radius die eingezeichnete Länge, welche dem Radius der Klothoide am Endpunkt entspricht.

Darunter ist in schwarz eine Klothoide mit Seitenversatz dargestellt. Diese weicht in den Editeureinstellungen nur durch die Änderung des Werts „Seitenversatz“ von der roten Klothoide ab. Sie hat also denselben Anfangspunkt und dieselbe mathematische Länge wie die rote Klothoide. Die sich daraus ergebende tatsächliche Länge ist entsprechend größer als bei der roten Klothoide und wird zur Info auch so angezeigt.

Als drittes ist in blau ein Klothoidensektor mit Seitenversatz dargestellt. Er wird durch einen von 0 (0 bedeutet keine Krümmung) abweichenden Wert für den „Anfangsradius“ erzeugt. Der Klothoidenursprung bleibt dabei unverändert immer noch im Ursprung der mathematischen Grundfunktion (Kreis in magenta) und auch die mathematische Länge ist immer noch dieselbe wie bei der roten Klothoide. Der Klothoidensektor beginnt also erst an dem Punkt, an dem der Anfangsradius auftritt; der abgeschnittene Teil ist hier dünn gestrichelt dargestellt.

Für die beiden Endpunkte kann jeweils ein Wert für Höhenabweichung und Überhöhung frei eingegeben werden.

Für die Darstellung der Klothoide im Editor wird eine Spline-Funktion benutzt. Damit lässt sich die Klothoide annähern, kleine Abweichungen sind aber möglich (etwas „eiernder“



Verlauf o.ä.). Das betrifft aber nur die Darstellung der Kurve im Editor, gerechnet wird mit ausreichender Genauigkeit, auch die Endpunkte werden ausreichend exakt berechnet.

Außerdem wird die Klothoide intern durch eine Reihenfunktion angenähert (es gibt keine geschlossene Lösung für die Berechnung einer Klothoide). Die Genauigkeit dieser Annäherung ist endlich; wenn man also eine Klothoide in eisenbahntypische Bereiche ausdehnt, dann kann der Kurvenverlauf völlig entarten.

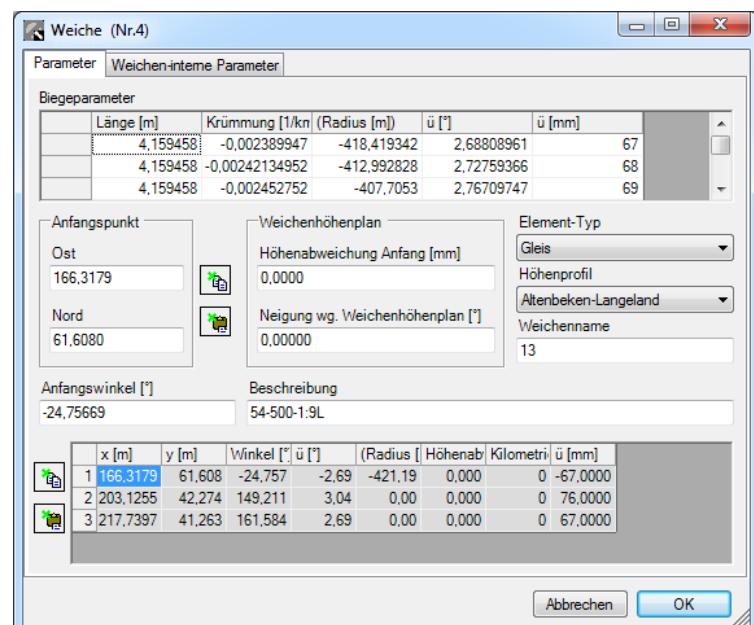
4.3.9.5 Weiche

4.3.9.5.1 Aufbau eines Weichenbausatzes

Ein Weichenbausatz besteht streng genommen nur aus den Übergangspunkten, also bei einer normalen Weiche den drei Abzweig-Endpunkten. Damit aber auch im Lageplan eine sinnvolle Optik erscheint, kann man aus mehreren der grundlegenden Elemente Gerade, Klothoide und Kreisbogen eine Weichenoptik erstellen. Die Daten der Weichen werden in einer eigenen kleinen st2-Datei gespeichert, die zur Unterscheidung von einer normalen Strecke die Endung .turnout.xml erhält. Zusätzlich ist in dieser Datei noch der Dateiname des 3D-Weichenbausatzes (st3-Datei) verzeichnet. Der Ersteller des Bausatzes muss sicherstellen, dass die Endpunkt-Koordinaten der turnout.xml-Datei mit den Endpunkten der st3-Datei übereinstimmen. Damit die Optik im Gleisplaneditor stimmt, sollten auch die Elemente, die die Weiche im Editor repräsentieren (Kreis, Gerade, Klothoide) zu diesen Koordinaten passen. Eine gleistechnische Funktion hat die Optik des Bausatzes aber nicht, diese wird allein durch den st3-Bausatz definiert.

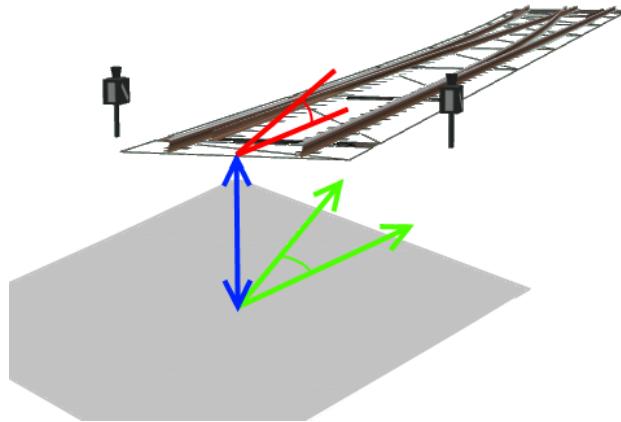
4.3.9.5.2 Registerkarte „Parameter“

Biegeparameter: Aus der Grundweiche gemäß Bausatz lassen sich Bogenweichen ableiten. Dazu dient die Tabelle „Biegeparameter“. Es wird – ausgehend vom 1. Punkt der Weiche – angegeben, welche Länge der Weiche um welchen Radius und mit welcher Überhöhung verbogen werden soll. Bei einem Kreisbogen ist das nur eine Zeile mit dem Längenwert der Weiche und einem konstanten Radius, dem des Kreises. Im Bild oben liegt der Fall einer in einer Klothoide eingebauten Weiche vor, die Klothoidenform wird dabei durch eine Reihe von Biegewerten mit zunehmendem Radius angenähert. Die Werte der Tabelle werden beim Einbau der Weiche automatisch erzeugt, können hier aber auch manuell verändert werden.



Anfangspunkt, winkel und Weichen-

höhenplan: Die Lage der Weiche wird durch die Koordinaten des ersten Punktes (grüne Markierung im Gleisplan) und dem Winkel gegenüber der Ost-Achse (im Bild grün eingetragen), sowie einer Höhenabweichung (blaue Höhe in der Skizze) an diesem Punkt definiert. Der Rest der Weichenlage ergibt sich dann aus der Geometrie des Bausatzes und den Biegewerten. Das Ergebnis der Berechnungen findet man in der gewohnten ausgegrauten Tabelle. Die „Neigung wegen Weichenhöhenplan“ (roter Winkel in der Skizze) sollte normalerweise 0 sein.

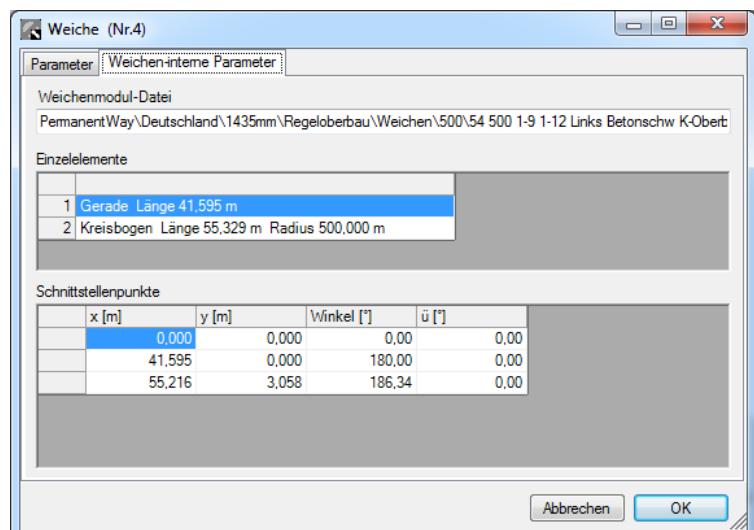


Weichenname: Ein freier Text zur Benennung der Weiche, der auch in die st3-Datei exportiert wird und z.B. später bei der Analyse von Fahrstraßen usw. hilfreich sein kann und daher passend belegt werden sollte. In Deutschland haben Weichen in der Regel eine pro Bahnhof fortlaufende Nummer.

Beschreibung: Die Beschreibung ist ein freier Text, der die Bauform der Weiche enthalten sollte.

4.3.9.5.3 Registerkarte „Weichen-interne Parameter“

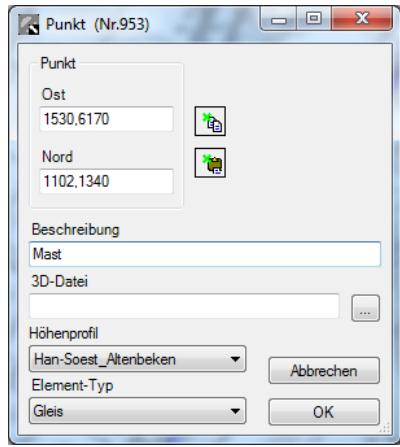
Diese Werte zeigen die internen Parameter der Weiche und sollten vom Streckenbauer nicht verändert werden. Es sind also oben die zu gehörige st3-Datei, die beim Export der Strecke ins st3-Format importiert wird, in der Mitte die Basiselemente, die die Weiche im Editor optisch darstellen und unten die eigentlich relevanten Anbaupunkte in ihren unverbogenen Originalkoordinaten.



4.3.10 Markerpunkt

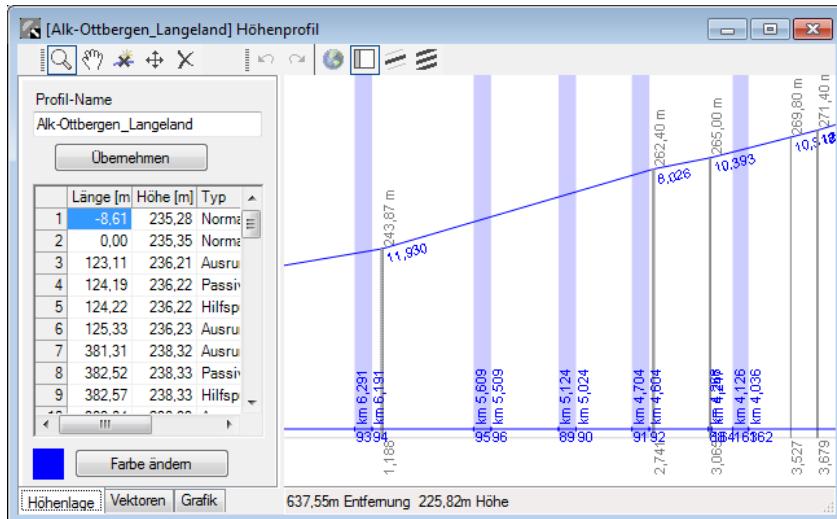
Markerpunkte können als Orientierungspunkt und als Konstruktionshilfe benutzt werden. Sie werden über ihre Koordinate definiert und beim Export in das 3D-Format in die ls3-Datei übernommen und als 3D-Fähnchen dargestellt. Die Höhenlage richtet sich dabei nach der Angabe „Elementtyp“, wobei die Auswahl „Höhenprofil“ für Markerpunkte dabei keinen Sinn ergibt. Die Beschreibung ist ein freier Text, der im Lageplan eingeblendet wird.

Bei „3D-Datei“ kann der Dateiname einer Datei relativ zum Zusi-Datenverzeichnis angegeben werden. Beim Export in das st3-/ls3-Format wird diese Datei dann sofort berücksichtigt und als 3D-Objekt importiert. Die z-Drehung richtet sich dabei zum Höhenprofil aus. Wenn man hier also z.B. Lampen oder Oberleitungsmasten hinterlegt, sind diese gleich passend zum Gleis ausgerichtet.



4.4 Höhenprofil

4.4.1 Überblick über die Bedienoberfläche



Im Höhenprofil findet man oben waagerecht die Symbolleiste, die einen direkten Zugriff auf die wichtigsten Menüfunktionen erlaubt. In der Statuszeile werden die aktuellen Mauskoordinaten angegeben. Links befinden sich drei Registerkarten mit den Höhenpunkten und weiteren Einstellungen, siehe folgende Kapitel.

4.4.2 Registerkarte „Höhenlage“

Hier sind die Eckpunkte des Höhenprofils in Tabellenform aufgeführt. Wenn die Werte in der Tabelle geändert werden, müssen sie mit „Übernehmen“ bestätigt werden. Normalerweise sollten aber alle Änderungen komfortabel mit der Maus gemacht werden können.

Ein Punkt besteht aus zwei Koordinatenwerten für die Entfernung und die Höhe sowie einer Angabe über den Typ und

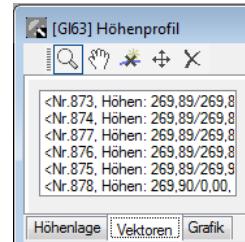
	Länge [m]	Höhe [m]	Typ	Radius [m]
1	-235,69	246,13	Normal	2000,0
2	74,73	249,47	Normal	2000,0
3	232,00	251,13	Norm	2000,0
4	520,00	253,76	Normal	
5	649,85	255,00	Ausrundungswechsel	
6	1155,54	259,63	Hilfspunkt	
7	1260,73	259,84	Passiv	
8	1522,52	260,00	Normal	2000,0

den vorgesehenen Ausrundungsradius an diesem Punkt.

Der Farbwert wird neben der Darstellung hier im Höhenprofil auch für die Darstellung der zu diesem Profil gehörenden Gleiselemente und der Neigungswechsel im Lageplan benutzt, sofern das in den Einstellungen entsprechend aktiviert ist.

4.4.3 Registerkarte „Vektoren“

In dieser Liste werden die Elemente aufgelistet, die dieses Höhenprofil im Lageplan repräsentieren. Die Darstellung dient nur der Information, die Reihenfolge ergibt aus der Lage der Elemente im Lageplan. Durch den Pfeil vor der Element-Nummer wird die erkannte Ausrichtung des Lageplan-Elements angegeben. (> Element liegt in Laufrichtung des Höhenprofils, < Element liegt entgegen der Richtung).



4.4.4 Registerkarte „Grafik“

In der Registerkarte „Grafik“ lässt sich die Darstellung der Grafik beeinflussen. Alle Änderungen werden erst durch den Schalter „Übernehmen“ wirksam.

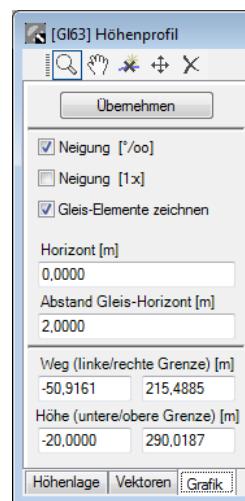
Neigung: Bei aktiviertem Kontrollkästchen werden die Neigungswerte (in Promille oder der Darstellung „1m Höhe/Länge“) an der Kurve angetragen.

Gleiselemente zeichnen: Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird die Lage der Gleisvektoren unten im Diagramm dargestellt. Klothoiden werden durch eine farbige Hinterlegung gekennzeichnet, damit sie leichter mit dem Höhenprofil verglichen werden können (denn Klothoiden dürfen nicht in Neigungswechseln liegen).

Horizont: Höhenlage der waagerechten Linie. Bei Strecken mit geringer oder sehr großer Differenz von 0 kann durch eine Absenkung des Horizonts die Darstellung der Grafik etwas übersichtlicher werden. Weitere Einflüsse hat der Horizont nicht.

Abstand Gleis-Horizont: Der Abstand zwischen der waagerechten Linie und der Darstellung der Gleisvektoren, dient ebenfalls nur der übersichtlichen Gestaltung der Grafik.

Weg/Höhe: Die vier Eingabefelder geben den dargestellten Bereich an (hier wird man eher selten etwas per Hand eingeben – die entsprechenden Navigationswerkzeuge sind per Maus schneller zu bedienen).



4.4.5 Menü „Werkzeuge“

4.4.5.1 Zoom

Klicken mit der linken Maustaste zoomt (zentriert um den Klickpunkt) näher in den Plan, Klicken mit der rechten Maustaste zoomt aus dem Plan heraus. Außerdem kann auch ein Rechteck mit der Maus aufgezogen werden. Dieses Rechteck wird exakt herausgezoomt. Hinweis: Die Schrift wird unabhängig von der Skalierung immer in derselben Zeichengröße dargestellt, was unter Umständen anfangs etwas verwirrend beim Zoomen ist.

4.4.5.2 Verschieben

Der Blickpunkt wird verändert, indem man den Plan mit gedrückter linker Maustaste in die gewünschte Richtung verschiebt.

4.4.5.3 Neuen Höhenpunkt setzen

Klicken mit der Maus setzt einen weiteren Stützpunkt. Der Punkt wird anhand der waa gerechten Koordinate in die Liste eingesortiert.

4.4.5.4 Höhenpunkt verschieben

Ein Höhenpunkt lässt sich mit der Maus anfahren - wenn er getroffen wird, verfärbt er sich rot und in der Punktetabelle wird die zugehörige Zeile markiert. Dann kann er mit gedrückter linker Maustaste frei verschoben werden. Wenn er so weit verschoben wird, dass die horizontale Position nicht mehr schlüssig ist, dann kann die Reihenfolge über die Sortieren-Funktion wiederhergestellt werden.

4.4.5.5 Höhenpunkt löschen

Ein Höhenpunkt lässt sich mit der Maus anfahren - wenn er getroffen wird, verfärbt er sich rot. Drücken der linken Maustaste löscht dann den Punkt.

4.4.6 Menü „Höhenprofil bearbeiten“

4.4.6.1 Rückgängig/Widerrufen

Die zuletzt ausgeführten Funktionen werden rückgängig gemacht. Wie viele alte Zustände noch im Speicher gehalten werden sollen, kann man in den Programm-Einstellungen festlegen. Widerrufen stellt den neueren Zustand wieder her, nachdem man „Rückgängig“ aufgerufen hatte.

4.4.6.2 Neuer Punkt per Koordinateneingabe

Neben dem Mausklick gibt es noch diese Möglichkeit einen neuen Stützpunkt zu erstellen. Es werden die Koordinaten per Eingabefeld abgefragt.

4.4.6.3 Leere Zeile einfügen

Es werden „leere“ neue Punkte in der Liste ergänzt. Diese Funktion ist für den Fall gedacht, dass man eine Liste von Punkten per Tastatur eingeben will (man kann also so die nötigen Leerzeilen erzeugen, bevor man die Daten eingibt).

4.4.6.4 Gesamtes Profil verschieben

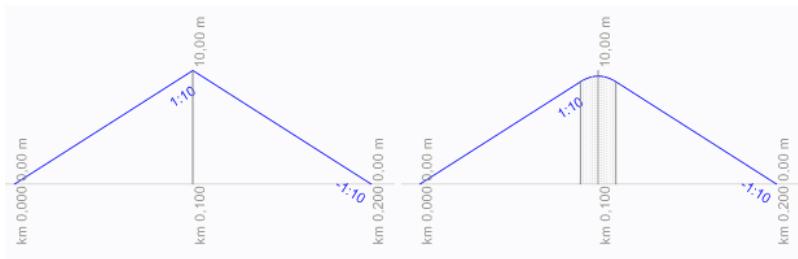
Das gesamte Profil wird um den abgefragten Wert nach rechts (positives Vorzeichen) oder links verschoben. Diese Funktion kann dann sinnvoll sein, wenn man das Höhenprofil im Nachhinein im Lageplan um weitere Elemente ergänzt hat und nun die Lage des Profils anpassen muss.

4.4.6.5 Ecken ausrunden

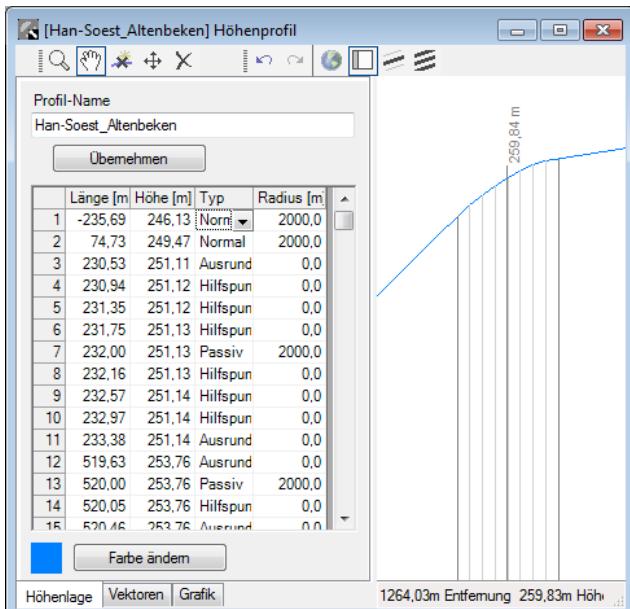
Diese Funktion rundet alle Knickpunkte im Profil gemäß dem zugeordneten Radius durch zusätzlich eingefügte Stützpunkte aus.

Dabei werden die Typ-Einstellungen der Stützpunkte verändert, damit diese Funktion bei Bedarf wieder rückgängig gemacht werden kann. Das folgende Beispiel soll die Funktion verdeutlichen.

Links vor der Ausrundung, rechts danach:



Wenn man sich die Ausrundung näher anschaut, dann ergibt sich folgendes Bild:



Der ursprüngliche Eckpunkt wird passiv gesetzt, wird also für die Konstruktion der Kurve nicht mehr benutzt, bleibt aber in der Grafik enthalten. Zwei neue, als Ausrundungswechsel gekennzeichnete Punkte leiten den Wechsel ein, dazwischen sind weitere Hilfspunkte für einen sanften Neigungswechsel gesetzt.

4.4.6.6 Ausrundungen entfernen

Diese Funktion macht die bei „Ecken ausrunden“ vorgenommenen Änderungen wieder rückgängig. Es werden also alle als „Hilfspunkt“ und „Ausrundungswechsel“ gekennzeichneten Punkte gelöscht und die passiven wieder auf „Normal“ gesetzt.

4.4.6.7 Punkte sortieren

Die Liste der Höhenpunkte wird nach waagerechter Koordinate sortiert.

4.4.7 Menü „Ansicht“

4.4.7.1 Globalansicht

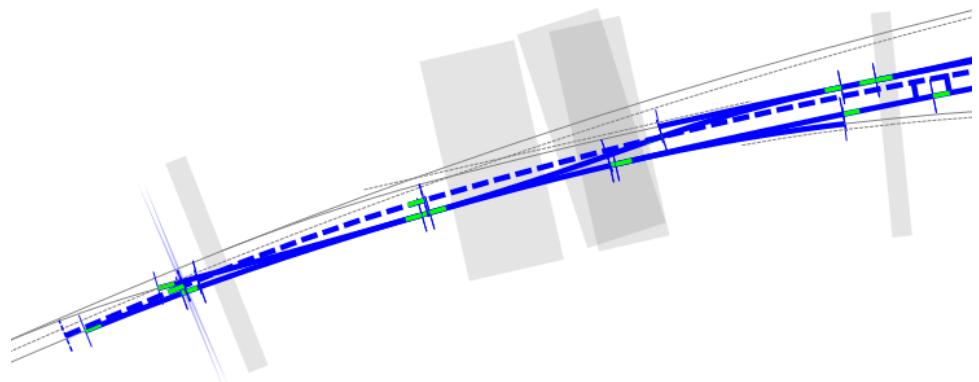
Die Skalierung wird so eingestellt, dass das gesamte Profil sichtbar ist.

4.4.7.2 Editorfeld sichtbar

Die drei Registerkarten am linken Fensterrand können mit dieser Funktion ein- und aus-geblendet werden.

4.4.7.3 Dieses Höhenprofil im Lageplan hervorheben

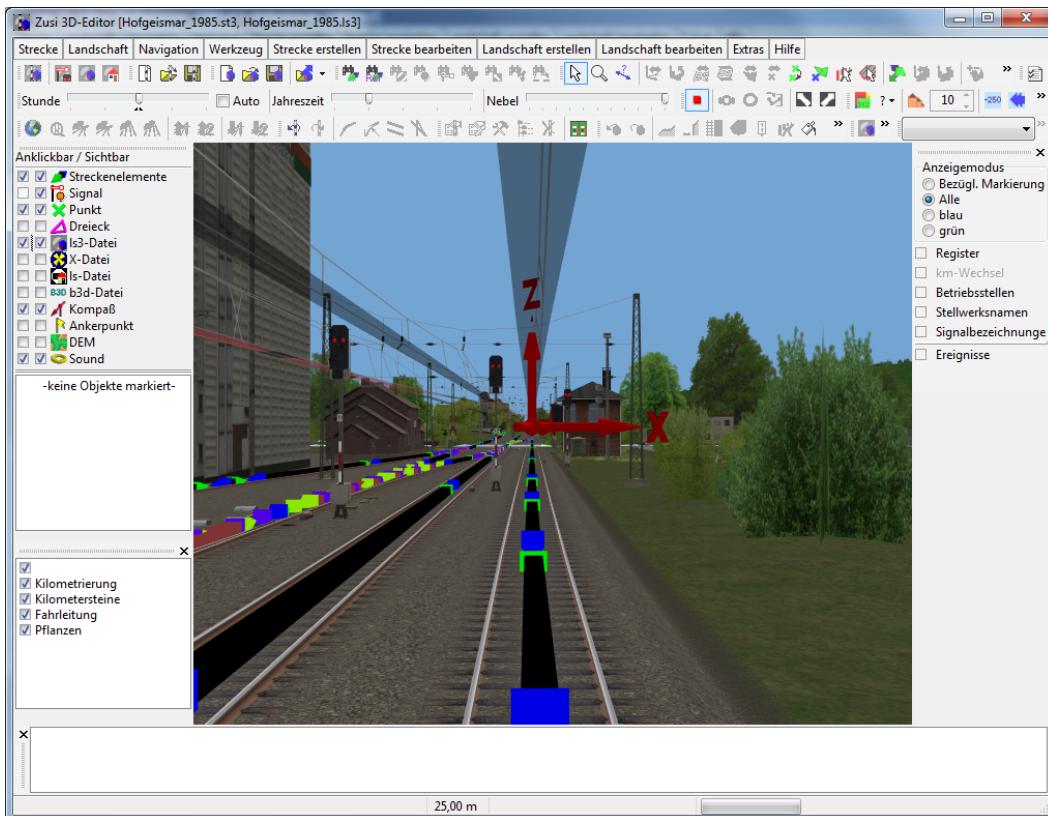
Alle Gleiselemente, die nicht zu diesem Höhenprofil gehören, werden im Lageplan blass, dünn und ohne die senkrechten Hilfsmarkierungen dargestellt. So lässt sich sehr schnell überprüfen, ob die gewünschten Gleiselemente auch wirklich dem gewünschten Höhenprofil zugeordnet sind.



4.4.7.4 Hervorhebung aufheben

Hebt die im vorigen Abschnitt erläuterte Markierung wieder auf.

5 3D-Editor



Mit dem 3D-Editor lassen sich Strecken, Landschaften und Objekte im 3D-Raum bearbeiten. Die Darstellung der Grafik entspricht dabei der späteren Darstellung im Fahrsimulator. Während der Fahrsimulator nur die Landschaft im Umfeld des aktuellen Standorts lädt, behält der 3D-Editor immer die gesamte Landschaft des geladenen Moduls im Speicher. Somit können keine geänderten Daten verloren gehen, egal wo sich gerade der Betrachterstandort befindet. Andererseits sollte man aber auch keine zu großen Module bauen, da sonst irgendwann der Arbeitsspeicher knapp wird.

Idealerweise entwirft man eine neue Strecke im Gleisplaneditor, so dass bereits eine geometrisch fertiggestellte Strecke in den 3D-Editor geladen wird. Es ist aber auch möglich, eine Strecke von Grund auf im 3D-Editor zu erstellen.

Nach dem Bau der Streckenstruktur erfolgt die Ausstattung der Welt mit Landschaft, also Oberbau, Terrain, Gebäuden, Vegetation usw. Der 3D-Editor bietet dafür zahlreiche Funktionen und ermöglicht auch den Import von 3D-Objekten, die mit speziellen externen Editoren wie 3DCanvas, Blender o.ä. erzeugt wurden. Als Austauschformat wird das .x-Format (Microsoft DirectX) benutzt.

Funktional muss zwischen der Streckeninformation und der Landschaft unterschieden werden. Zur Streckeninformation gehören die Lage der Streckenelemente und die Signale inklusive ihrer optischen Darstellung. Zur Landschaft gehört alles andere was man sieht. Die Landschaft dient nur der Optik und hat keinen Einfluß auf die Abläufe der Simulation.

Diese beiden Teilbereiche werden getrennt in einer st3-Datei (Strecke) und ls3-Datei (Landschaft) gespeichert.

Dieses Kapitel behandelt im wesentlichen alle Menüpunkte der Reihe nach. Für ein systematisches Vorgehen beim Streckenbau gibt es den Bau einer Übungsstrecke im [Kapitel 3](#). Bevor die Funktionen in der Reihe der Menüeinträge erläutert werden, folgen die wichtigsten grundlegenden Aspekte jetzt im Kapitel „Grundlagen“.

Einige Aspekte sind in den Anhang ausgelagert, insbesondere die tiefer gehenden Funktionen wie z.B. das Erstellen von Befehlsvorlagen, die der normale Streckenbauer nur anwenden muss. Die Anwendung ist dann hier im 3D-Editor erklärt, das Erstellen der Vorlagen, was ja nur einmalig durch einen Experten geschieht, findet sich im Anhang.

5.1 Grundlagen

5.1.1 3D-Modellbau allgemein

Dieses Kapitel befasst sich mit den Grundlagen zum 3D-Bau, zwar mit Zusi-Bezug, aber ohne auf konkrete Editorfunktionen einzugehen. Die Beschreibung des Editor-Konzepts beginnt im [Kapitel 5.2](#).

Die 3D-Objekte (Landschaft, Häuser, Fahrzeughüllen usw.) bestehen aus einer im dreidimensionalen Raum definierten Hülle, die optional mit einer Textur (zweidimensionales Bitmap) zur Darstellung besonders realistischer Oberflächen belegt wird. Um gut aussehende und trotzdem performancefreundliche Objekte zu erstellen, sind einige Regeln zu beachten, und natürlich ist auch etwas Übung und Erfahrung nötig.

5.1.1.1 Texturen

Texturen sind gewöhnliche Bitmaps und werden in einer externen Datei gespeichert. Sie enthalten die Oberflächendarstellung, die für ein 3D-Objekt benutzt werden soll. Es sollten nur quadratische Texturen mit 2^n Pixel Kantenlänge ($2x2$, $4x4$, $8x8$, $16x16$ usw.) benutzt werden, wobei Texturen mit mehr als $1024x1024$ Kantenlänge vermieden werden sollten, da sie eventuell von älteren Grafikkarten nicht unterstützt werden. Werden Bitmaps mit anderen Abmessungen als 2^n Pixel geladen, füllt DirectX den Rest auf (eine Textur aus $3x65$ -Bitmap braucht den Grafikspeicher eines $128x128$ -Bitmaps).

Texturen sollten immer mit strukturierter Oberfläche erstellt werden, denn selbst glatte Waggonwände sind nicht exakt einfarbig. Wenn die Flächen nur einfarbig gefüllt werden, entsteht kein besserer Eindruck als mit schlichten, untexturierten Dreiecken. Da Dreiecke ohne Textur schneller berechnet werden können als mit Textur, sollte daher ohne Texturen gearbeitet werden, wenn doch einmal eine einfarbige Fläche dargestellt werden soll.

Die Lichtberechnung erfolgt durch DirectX, darum sollten Texturen auf Fotobasis nicht bei Sonnenschein aufgenommen werden. Es ergibt sich dann nämlich am Ende eine falsche doppelte Lichtdarstellung, die ein nicht harmonisches Gesamtbild der Objekte bewirkt. Texturen sollten immer kleiner sein als die Bildschirm-Abmessungen des Modells in der Simulation, da sonst unnötig Ressourcen verbraucht werden. Beispiel: Ein Gebäude, das selbst bei direkter Vorbeifahrt nur 100 Pixel auf dem Bildschirm einnimmt, braucht also keinesfalls eine Textur mit mehr als 100 Pixeln Ausdehnung, da eine größere Textur immer herunterskaliert würde. Auch eine gewisse Hochskalierung lässt sich ohne deutliche optische Einbußen durchführen. Hier ist der Objektbastler gefragt, einen guten Kompromiß aus Ressourcenbedarf und guter Optik zu finden. Mehr dazu unter „Performance-Aspekte“.

Zur Erstellung der Texturen sind Bildbearbeitungsprogramme wie Adobe-Photoshop oder das kostenlose Gimp zu empfehlen.

5.1.1.2 Material

Unter „Material“ versteht man die drei Farbwerte, mit denen sich die Oberfläche eines Mesh-Subsets einfärben lässt. Diese Farbwerte werden mit den Farben der Textur vermischt. Die drei Farbwerte haben folgende Bedeutung:

- Ambient: Die Farbe, die auf das Licht der Grundhelligkeit reagiert (die Grundhelligkeit ist überall immer mindestens vorhanden und entspricht dem Streulicht der Atmosphäre)

- Diffus: Die Farbe, die auf das Sonnenlicht reagiert (das Sonnenlicht addiert sich je nach Ausrichtung zur Sonne zur Grundhelligkeit hinzu)
- Nachtfarbe („emissive“): Farbe, die der Körper selbst ausstrahlt (selbstleuchtende Objekte)

Ambient- und Diffusfarbe sind bei normal dargestellten Objekten identisch zu wählen. Die Nachtfarbe wird immer zu den Ambient- und Diffus-Farben addiert. Ein Objekt, das nicht leuchtet und mit einer Textur belegt ist, würde normalerweise weiß bei Ambient und Diffus sowie schwarz bei der Nachtfarbe erhalten. Ein selbst leuchtendes Objekt (Signallampe o.ä.) bekäme die Nachtfarbe weiß und für den Rest schwarz. Wenn die Tagfarben nicht schwarz wären, würde dieser Wert bei Sonnenschein noch zur Nachtfarbe addiert und zu einer überbelichteten Darstellung führen.

Um z.B. mit nur einer Textur verschiedenfarbige Flächen zu gestalten, können die Farbwerte mit der Textur vermischt werden. So könnte man eine reine Graustufentextur für das Terrain benutzen und nur über die Tag-Farben des Meshes verschiedenfarbige Äcker/Wiesen erzeugen, was effizienter sein kann als der Umgang mit diversen unterschiedlichen Texturen.

5.1.1.3 Meshes

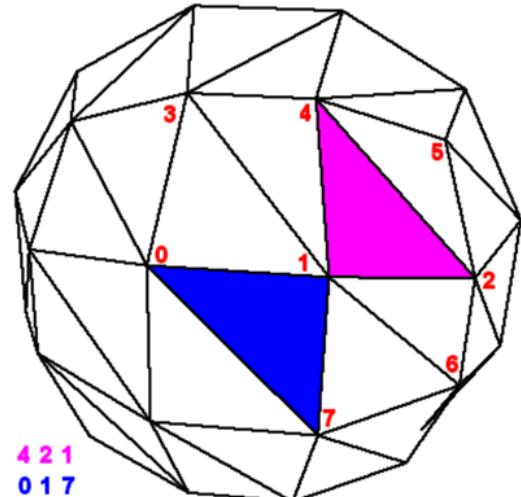
Alle sichtbaren Objekte sind aus sogenannten Meshes konstruiert, welche sich aus Untergruppen, den Mesh-Subsets zusammensetzen. Sie enthalten die 3D-Geometrie des Objekts.

Ein Mesh-Subset ist eine Sammlung von 3D-Koordinaten (Vertices, Singular: Vertex) und 3er-Indices (Singular: Index). Das folgende Bild verdeutlicht das Prinzip:

Die ganze Kugel ist ein Mesh-Subset, das alle Eckpunkte enthält, welche von 0 beginnend durchnumeriert sind. Jeweils drei Punkte bilden ein Dreieck (auch Face genannt), wobei die Reihenfolge des Dreiecks durch die Angabe der Indices festgelegt wird. Im Beispiel sollen die Vertices mit den Nummer 0, 7 und 1 das blau markierte Dreieck bilden. Es wird also eine Index-Dreiergruppe 0, 1, 7 gebildet, womit das Dreieck definiert ist. Für das magentafarbene Dreieck gilt entsprechend 4, 2, 1. Auf diese Weise muss die gesamte Oberfläche des Körpers dargestellt werden, wobei es nicht möglich ist, als kleinste Einheit andere Körper als Dreiecke zu definieren.

Ein einziges Mesh-Subset kann also einen komplexeren Aufbau mit u.U. mehreren 100 Koordinatenpunkten enthalten. Ein Mesh-Subset muss dabei keineswegs eine zusammenhängende Fläche bilden.

Die Dreiecke habe einen definierten Umlaufsinn, und zwar die Vorderseite betrachtend vom 1. Punkt beginnend im Uhrzeigersinn bis zum letzten Punkt. Dadurch wird die Vorderseite definiert. Wenn das Element gerade so liegt, dass man von Punkt 1 zu Punkt 3 gegen den Uhrzeigersinn läuft, dann bedeutet das, dass das Dreieck von hinten betrachtet wird. In diesem Fall wird das Dreieck gar nicht gezeichnet, um Rechenleistung zu sparen.

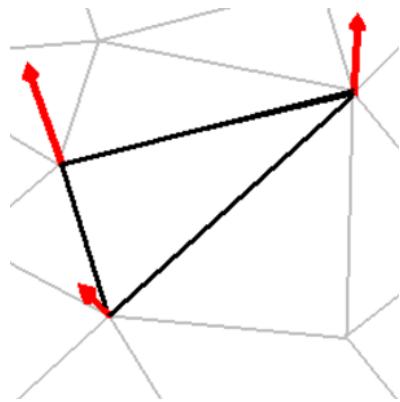


Ein Mesh enthält ein oder mehrere solcher Mesh-Subsets. Oft ist auch von Polygonen die Rede - damit sind Vielecke gemeint, also mehrere Dreiecke, wobei man damit in der Regel eine zusammenhängende Geometrie meint. Ein Polygon wäre also der Sonderfall eines Mesh-Subsets. Für die rein technische Betrachtung in DirectX spielt es aber keine Rolle, ob die Dreiecke eine zusammenhängende Fläche bilden.

5.1.1.4 Normalenvektor

Jeder Vertex hat neben seinen 3D-Koordinaten einen Normalenvektor. Der Normalenvektor dient ausschließlich der Lichtberechnung. Für normal beleuchtete Objekte wird man den Normalenvektor immer senkrecht zur Oberfläche ausrichten.

Auf den ersten Blick ist dieser Ansatz, den Normalenvektor einem Punkt zuzuordnen, etwas kurios, da ein Punkt gar keine Fläche darstellen kann. Vielmehr würde man einen Normalenvektor für jedes Dreieck erwarten. Der Ansatz ist aber trotzdem sehr sinnvoll; man muss nur wissen, wie damit umzugehen ist. Für jeden Vertex eines Dreiecks wird einzeln mit Hilfe des Normalenvektors der Lichteinfall berechnet. Entscheidend ist dabei der Winkel zwischen Normalenvektor und Sonnenlicht. Je mehr der Normalenvektor Richtung Sonne zeigt, desto heller wird das Ergebnis für diesen Punkt. Es gibt jetzt zwei Möglichkeiten, mit den Helligkeitswerten der drei Ecken zu verfahren:



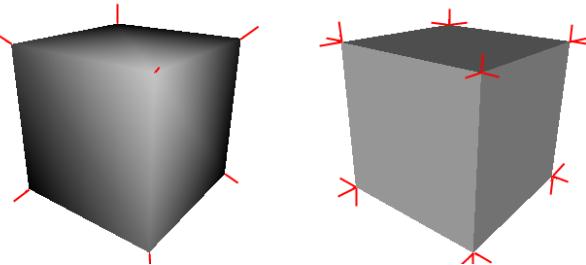
Flat-Shading (im folgenden Bild links): Das Dreieck wird mit dem Mittelwert der drei Farben gefüllt.

Gouraud-Shading (im folgenden Bild rechts): Die Füllfarbe der Dreiecksfläche wird zwischen den 3 Punkten interpoliert. Nahe am Punkt 1 erhält das Dreieck also den Farbwert von Punkt 1, in der Nähe von Punkt 2 den Farbwert von Punkt 2 und dazwischen entsprechend stufenlos übergeblendete Farben. Die Geometrie des Dreiecks bleibt unverändert "platt", es entsteht aber durch die Farbverteilung die Illusion einer gewölbten Fläche.



Zu beachten sind insbesondere auch korrekte Normalenvektoren bei der Darstellung scharfer Kanten. Wenn man sich einen einfachen Würfel anschaut, so hat dieser 8 Vertices. Also jede Seite teilt sich Vertices mit den Nachbarsseiten. Es ergibt sich aber ein nicht zu lösender Konflikt für die Eckpunkte. Das Dreieck auf der sonnenzugewandten Seite muss komplett hell dargestellt werden, das auf der sonnenabgewandten Seite komplett dunkel. Der gemeinsame Punkt bräuchte also zwei Normalenvektoren, für beide Seiten je einen. Das ist in DirectX aber nicht möglich, man braucht also einen zweiten Vertex

an derselben Stelle mit anders ausgerichtetem Normalenvektor. Es geht auch nicht, den Normalenvektor auf 45° zu legen. Es würde dann lediglich für die Vertex-Farbe ein Mittelwert aus heller und dunkler Hausseite gebildet (im folgenden Bild links), womit sich ebenfalls eine falsche Beleuchtungsrechnung ergäbe, denn es gibt dann seltsame Farbverläufe über jeder Hausfläche, die ja eigentlich gleichmäßig mit Farbe belegt werden müssen.



Erst durch zusätzliche Vertices und jeweils eigene Normalenvektoren entsteht eine korrekte Beleuchtung (im Bild rechts, 3 Vertices je Eckpunkt).

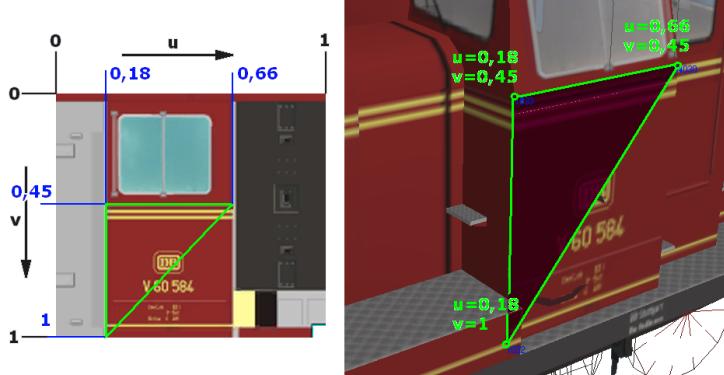
Der 3D-Editor bietet eine Funktion, die die Normalenvektoren automatisch entsprechend der Oberflächenorientierung ausrichtet. Zwingend ist diese Ausrichtung aber nicht. Für besondere Effekte könnte es auch sinnvoll sein, die Normalenvektoren völlig anders auszurichten.

Für die Erstellung der Meshes erfolgt für Gleise, Landschaft, Fahrleitung usw. mit speziellen Funktionen des 3D-Editors. bieten sich externe Editoren wie Blender, 3D-Studio oder 3DCanvas an.

5.1.1.5 Texturbelegung

Die Zuordnung der Textur zu den Dreiecken des 3D-Modells erfolgt über die Texturkoordinaten u , v . Die Koordinaten u und v laufen innerhalb der Textur von 0 bis 1, wobei Koordinatenwert multipliziert mit der Bitmapbreite das jeweilige Pixel ergibt. Die folgende Skizze verdeutlicht das anhand eines Dreiecks, das einen Teil der Fahrzeugseite darstellt.

An der Textur sind die Koordinaten u und v angetragen. Ausmessen der drei Eckpunkte auf der Textur liefert die Werte $u=0,18/v=0,45$, $u=0,66/v=0,45$ und $u=0,18/v=1$. Diese müssen jetzt lediglich den Vertices zugeordnet werden. Jeder Vertex besteht also neben den 3D-Koordinaten und dem Normalenvektor aus Texturkoordinaten u und v .

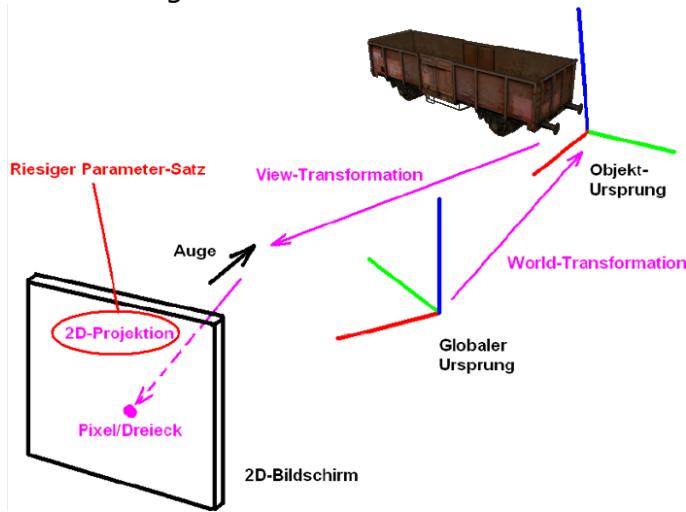


Es sind auch Texturkoordinaten größer 1 und kleiner 0 möglich, die Textur wird dann endlos gekachelt. So kann mit einer recht kleinen Textur und großflächigen Polygonen eine gleichmäßig texturierte Fläche erstellt werden.

Wenn eine Textur in den Original-Bitmapfarben dargestellt werden soll, müssen die Diffus- und Ambient-Farbe des Meshes weiß sein.

5.1.1.6 Hintergrundinformation zum Rendervorgang

Es folgt ein kleiner Ausflug in die Details des Rendervorgangs (also wie bei DirectX das Modell auf den Bildschirm kommt), was für den 3D-Bastler als Hintergrundwissen empfehlenswert, wenn auch nicht zwingend erforderlich ist. Zunächst wird der Rendervorgang im Detail geschildert (nur soweit, wie es hier für das Verständnis nötig wird, bei genauer Betrachtung wird die Liste etwas länger), anschließend folgen die Konsequenzen, die sich dadurch ergeben.



Renderpipeline

Es wird jedes Dreieck eines Modells einzeln betrachtet, DirectX zeichnet also letzten Endes einfach alle Dreiecke in gegebener Reihenfolge auf den Bildschirm. Das lässt sich grob in zwei Schritte unterteilen:

1. Vertextransformation

- „World-Transformation“: Transformation der Vertices aus den Modellkoordinaten in die globalen Koordinaten (Lage des Objekts in der 3D-Welt).
- „View+Projection--Transformation“: Transformation der Vertices vom 3D in die Bildschirmkoordinaten. Dabei wird für jeden Vertex neben der x-y-Lage auch ein Farbwert berechnet. Dieser richtet sich nach den Materialeigenschaften, dem Winkel zwischen Licht und Normalenvektor des Vertex und weiteren Rendereinstellungen (später mehr dazu). Ein Dreieck besteht jetzt also aus drei Punkten auf der 2D-Bildschirmfläche mit je einem Farbwert. Gezeichnet wurde bisher aber noch nichts, die Werte sind nur intern gespeichert.

Jetzt muss die Fläche des Dreiecks ausgefüllt werden:

2.) Pixeltransformation

- Prüfen, ob das Dreieck nach vorne zum Betrachter oder nach hinten zeigt. Wenn es nach hinten ausgerichtet ist → Abbruch des Vorgangs - sonst: Alle Pixel der Dreieckfläche der Reihe nach durchgehen:
- Farbwert des Pixels bestimmen, indem (bei Gouraud-Shading) entsprechend je nach Abstand zwischen den Farbwerten der drei Vertices interpoliert wird und zusätzlich die entsprechenden Texturinformationen hinzugezogen werden
- Prüfen, ob das Pixel eventuell wegen eines bereits weiter vorne liegenden Polygons gar nicht mehr gezeichnet werden darf. Das macht der z-Buffer, der für jedes Bildschirmpixel einen Entfernungswert vom Auge speichert. Wenn an der Position unseres Pixels

schon ein weiter vorne liegendes Pixel gezeichnet wurde, steht also ein kleinerer Wert im z-Buffer als unser Pixel aufweist. Wenn Pixel weiter vorne vorhanden → Abbruch des Vorgangs

d) Zeichnen des Pixels auf den Bildschirm, Setzen des Abstandswertes im z-Buffer, damit das Pixel nicht von später noch zu zeichnenden weiter hinten liegenden Dreiecken überschrieben wird.

Das wäre der ganz normale Vorgang für nicht transparente Dreiecke. Allererster Schritt, den nicht DirectX sondern Zusi selbst vornimmt, ist noch die Überprüfung, ob ein Modell überhaupt im Blickbereich liegt. Wenn das nicht der Fall ist (es liegt im Rücken des Betrachters o.ä.), wird das Modell gar nicht erst bearbeitet.

Transparenz

Es muss grundsätzlich zwischen Voll- und Halbtransparenz unterschieden werden. Bei Volltransparenz sind Bereiche der Textur komplett unsichtbar (Gittermast o.ä.), während bei Halbtransparenz ein Rest der Fläche zu sehen ist (dreckiges oder getöntes Fenster).

1.) Volltransparenz: Flächen mit volltransparenten Bereichen sind recht einfach zu behandeln: Bei 2.c. wird festgestellt, dass das Pixel transparent ist und der Vorgang abgebrochen. Das Pixel braucht damit weniger Rechenzeit als ein zu zeichnendes Pixel, das bis 2.d. durchgerechnet wird. Die Technik, die den Abbruch hier ermöglicht, heißt alpha-testing und sollte von allen Zusätzlichen Karten unterstützt werden. Große transparente Flächen sind aber trotzdem nicht sinnvoll, denn immerhin wird auch für die transparenten Bereiche von 1.a bis 2.c gerechnet.

2.) Halbtransparenz: Dieser Fall ist besonders undankbar. Punkt 2.d. muss dabei noch erweitert werden. Es wird also bei 2.c. ein Farb- und ein Halbtransparenzwert („alpha“) ermittelt. Entsprechend der Stärke der Halbtransparenz muss das schon vorhandene Pixel mit dem neuen Pixel gemischt werden. Also Auslesen des Farbwerts vom Bildschirm, Berechnen eines neuen Mischfarbwertes, Zeichnen des neuen Farbwertes, Setzen des Abstandswertes im z-Buffer, damit das Pixel nicht von später noch zu zeichnenden weiter hinten liegenden Dreiecken überschrieben wird.

Wie man schnell erkennt, ist das das performancemäßig Aufwendigste von allen.

Und es ergibt sich noch ein weiteres Problem: Wenn zum Zeitpunkt der Farbmischung noch gar nicht alle Dreiecke gezeichnet wurden, die hinter der halbtransparenten Fläche zu sehen sein sollen, dann hat man ein Problem. Denn ein später gezeichnetes und weiter hinten liegendes Dreieck wird schon bei 2.c scheitern und damit keinen Einfluß mehr auf das Ergebnis haben.

Es gibt nur eine Maßnahme dagegen: Die Polygone müssen von hinten nach vorne sortiert werden.

Zusi macht darum folgendes:

- Das Terrain, das ja nicht transparent ist, wird zuerst von vorne nach hinten sortiert und gezeichnet. Das hat den Vorteil, dass relativ viele Punkte schon bei 2.c abbrechen können. Wenn man die Berge hingegen von hinten nach vorne zeichnen würde, würden fast alle Pixel bis 2.d durchlaufen, nur um dann doch später noch von den weiter vorne liegenden Bergen überschrieben zu werden.
- Die anderen Objekte hingegen werden von hinten nach vorne sortiert und gezeichnet. Damit ist bis auf (hoffentlich wenige) sehr spezielle Fälle sichergestellt, dass beim Zeichnen von halbtransparenten Flächen bereits alle dahinter liegenden Pixel gezeichnet wurden.

Wie es aussieht, wenn falsch sortiert wird, sieht man hier:

Es wurden zuerst die Drehgestelle gezeichnet. Die halbtransparenten Flächen wurden also mit dem Himmel vermischt und im z-Buffer gegen Überschreiben durch weiter hinten liegende Polygone gesichert. Dann wurde das Gleis gezeichnet, wobei die hinter den Drehgestellpolygone liegenden Pixel wg. z-Buffer-Test bei 2.c nicht weiter verfolgt wurden. Dieser Fall ist extra zur Anschauung erzeugt worden und wäre nicht vom Anwender zu beeinflussen.

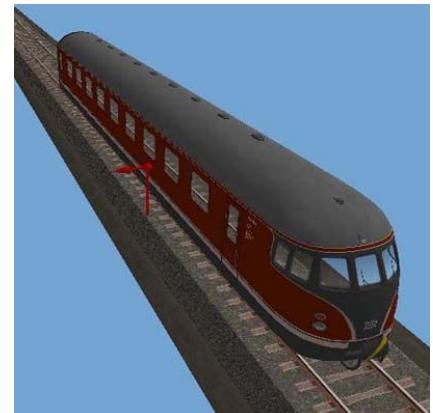


Bei Modellen mit Inneneinrichtung muss auch noch innerhalb des Modells die korrekte Reihenfolge sichergestellt werden. Das macht man über mehrere Mesh-Subsets, die von innen nach außen gezeichnet werden. Mehr dazu im Transparenz-Kapitel.

5.1.1.7 Transparenz

Durch geschickten Einsatz von Transparenzen lassen sich gute optische Effekte und auch Performancevorteile erzielen. Die Transparenz wird im Alphakanal der Textur definiert und durch Auswahl der entsprechenden Mesh-Einstellungen aktiviert. Während Volltransparenz nur minimal mehr Rechenaufwand als eine undurchsichtige Fläche erfordert, ist Halbtransparenz durchaus performancekritisch und sollte zurückhaltend benutzt werden. Bei Modellen mit halbtransparenten Flächen muss außerdem sichergestellt sein, dass die Meshes in der richtigen Reihenfolge gezeichnet werden (s. Kapitel vorher).

Am Beispiel eines Fahrzeugs soll das Problem eines mit halbtransparenten Flächen ausgestatteten Modells gezeigt werden. Bei zunächst zufällig sortierten Meshes zeigt sich z.B. folgendes Bild: Die Reihenfolge des Meshes ist offensichtlich nicht korrekt. Die Scheiben werden also schon vor der Inneneinrichtung gezeichnet, so dass diese dann nicht mehr dargestellt wird. (Hinweis zum Verständnis: Bei Volltransparenz würde dieser Effekt nicht auftreten, da dort die Reihenfolge egal ist).



Es müssen jetzt die Meshes passend sortiert werden. Der 3D-Editor bietet für das Zusi-eigene Format entsprechende Funktionen dafür, wo man jetzt lediglich die Außenscheiben ans Ende der Liste schieben muss, damit diese ganz am Ende (zumindest aber nach der Inneneinrichtung) gezeichnet werden. Anschließend sieht das Ganze korrekt aus:



Zu guter Letzt noch der Extremfall, von dem aber für den Modellbau abzuraten ist. Zur Erklärung des Prinzips ist er aber gut geeignet. Hier wurden auch noch die Trennwände zwischen Abteil und Gang sowieso die Abteilscheiben von innen halbtransparent angelegt. Für die korrekte Darstellung ist das eine besondere Herausforderung (mehrere Halbtransparenzen gestaffelt). Dazu müssen alle halbtransparenten Meshes von innen nach außen sortiert werden. Hier müssen also zunächst die Innenseite der Außenfenster, dann die Abteiltüren, dann die Außenseite der Außenfenster gezeichnet werden. Dann spielt es keine Rolle mehr, ob man von außen nach innen oder von innen nach außen oder durch den ganze Wagen durchschaut – die korrekte Reihenfolge ist immer automatisch gewährleistet. Im Bild ist das mittlere Abteil entsprechend sortiert worden. Man erahnt den blauen Himmel ganz außen nur noch, da durch 3 halbtransparente Scheiben durchgeschaut wird und damit das Himmelblau schon fast komplett weggefiltert ist. Dazwischen ist die Inneneinrichtung zu sehen.



Es sollte auch für ein hochdetailliertes Modell völlig ausreichend sein, nur die Außenscheiben von außen halbtransparent zu gestalten. Ob Innenscheiben volltransparent oder halbtransparent sind, ist von außen praktisch nicht zu unterscheiden.

Ein Waggonkasten mit Inneneinrichtung enthält also idealerweise zwei Mesh-Subsets, eines für die Inneneinrichtung, das als erstes gezeichnet wird und ein zweites für die Außenhülle mit Fenstern.

5.1.1.8 Mipmaps

Ein Problem ergibt sich bei der Darstellung entfernter Polygone. Die Textur wird dann sehr stark herunterskaliert. Das führt einerseits u.U. zu Darstellungsfehlern, andererseits kostet es unnötig viel Rechenzeit, kleine Flächen mit großen Texturen zu belegen. Genau genommen wird die Textur nicht herunterskaliert, sondern beim Ausfüllen der Dreiecke werden nur einzelne Pixel aus einer für die Fläche zu großen Textur herausgegriffen. Die Farbtöne dieser Pixel sind eine mehr oder wenige zufällige Auswahl aus dem Farbbereich der Textur, was zu Flimmern auf dem Bildschirm führt.

Mipmapping hilft bei der Lösung dieses Problems. Dabei wird eine Textur nicht nur in ihrer Ursprungsgröße, sondern auch in gestaffelten, kleineren Abmessungen geladen (z.B. 512x512, 256x256, 128x128 usw. bis 1x1). Je nach Entfernung vom Betrachter wird automatisch die am besten passende Textur für das Zeichnen benutzt.

Damit werden die Farbwerte der Textur passend zur Darstellungsgröße sinnvoll gemittelt, was normalerweise die Darstellungsqualität verbessert und Rechenzeit spart.



Allerdings erhöht sich der Speicherbedarf, da mehrere Texturen bereitgehalten werden müssen. Bei manchen Texturen, insbesondere bei dünnen, kontrastreichen Linien, neigt automatisches Mipmapping zur Bildung von Artefakten. Hier kann durch speziell bearbeitete Mipmaps gegengesteuert werden, weiteres siehe im Kapitel zur dds-Datei.

5.1.1.9 LOD (Level of Detail)

Level of Detail hilft den Konflikt zwischen Performance und detailliertem Modellbau zu entschärfen. Schöne, detailreiche Modelle erfordern recht viel Rechenleistung, so dass nur eine eingeschränkte Anzahl gleichzeitig dargestellt werden kann. Diesen Konflikt durch eine Verringerung der Sichtweite zu lösen, wäre unbefriedigend. Das Problem wird dadurch gelöst, dass das Objekt in z.B. drei unterschiedlich detaillierten Modellen vorliegt. Je nach Entfernung vom Betrachter wird ein einfaches oder ein detaillierteres Modell dargestellt. Als einfachster Fall reicht dabei ein simpler Quader, der kaum Rechenleistung braucht. Der Rechenaufwand sinkt dadurch trotz großer Sichtweite drastisch.

Außerdem lassen sich Detaildarstellungen an die Leistungsfähigkeit des jeweiligen PCs anpassen.

Für den Modellbauer bedeutet das, dass er mehrere Modelle seines Objekts bauen muss. Eine Anzahl von 3 sollte brauchbare Ergebnisse liefern. Die drei Modelle sollten untereinander in ausgewogenen Detailstufen gebaut werden. Also ein detailliertes Modell, eine ganz einfache Kiste und ein Modell in der Mitte dazwischen. Folgende Werte haben sich als brauchbare Lösung herausgestellt und sollten als Anhaltspunkt dienen, wobei je nach Art des Modells auch etwa andere Werte sinnvoll sein können:

- Level 1: (bis ca. 200 m) Detailliertes Modell, wichtige Schriften auf der Textur lesbar.
- Level 2: (ab ca. 20 bis ca. 500 m) Wesentliche Konturen des Modells noch erkennbar.
- Level 3: (ab ca. 500 m): Einfache Kiste. Texturen sind nicht nötig - können aber u.U. sinnvoll sein.



Technisch wird es folgendermaßen gehandhabt: Die drei Level liegen als eigene ls3-Datei vor. Dazu gibt es eine übergeordnete Datei ohne eigene Polygone, die nur diese drei Dateien als Verknüpfung enthält. Zu jeder Verknüpfung ist angegeben, in welchem Abstand die jeweilige verknüpfte Datei sichtbar sein soll.

Bei Einbau in die Streckenlandschaft oder die Fahrzeugdatei wird nur die übergeordnete Datei angegeben; damit ist Zusi in der Lage, alle Aspekte der Darstellung selbst zu regeln.

Unter den Simulatorfans gibt es bekanntlich verschiedene Ausprägungen und auch Rechner unterschiedlicher Leistungsklassen. Für die Fans höchstdetaillierter „Vitrinenmodelle“ gibt es noch zusätzlich den LOD 0: (0 bis ca. 50 m). Dieser ist aber optional, standardmäßig also nicht aktiv. Wer einen schnellen Rechner hat oder aber nur mit wenigen Modellen im Diorama fahren will (mit dann eher etwas spärlicheren Gleisanlagen bzw. Betriebsdichte), der kann diesen Modus in den Fahrsimulator-Einstellungen aktivieren. Für den Normalnutzer geht es aber erst mit Level 1 los.

Neben der Abschaltung einzelner LODs bietet der Simulator auch die Möglichkeit, die Umschaltgrenzen über eine globale Einstellung zu variieren und damit die Simulation an die vorhandene Rechnerleistung oder auch die aktuelle Bildschirmauflösung anzupassen. Wenn man z.B. LOD 1 deaktiviert, dann wird LOD 2 bis auf 0 m Abstand dargestellt, anstatt an der LOD1/2-Grenze zu verschwinden.

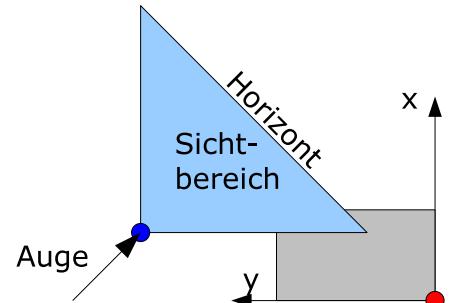
Beim Bau von LOD-Modellen sollte man das Thema Mipmaps nicht vergessen. Ein LOD-1-Modell, das nur auf vielleicht 100 Meter dargestellt wird, wird nie so klein auf dem Bildschirm erscheinen, dass man die komplette Mipmap-Kette braucht. Solch ein Modell sollte also nur mit wenigen Mipmaps ausgerüstet werden.

Auf den ersten Blick könnte man als Objektbauer dazu neigen, den entfernteren LOD weniger Aufmerksamkeit zu schenken als den Detail-Stufen. Allerdings ist eher das Gegenteil angebracht. Wenn man sich die in der Landschaft belegte Fläche der LOD vor Augen hält, wird die Bedeutung deutlich (Beispielwerte: LOD 1: 150 m Radius entspricht 70.000 m², LOD 2: 600 m Radius entspricht 1.000.000 m², LOD 3: 5.000 m Radius entspricht 77.000.000 m²). LOD 3 umfaßt ein Vielfaches der LOD 2- und erst recht der LOD 1-Bereichs. Unter der Annahme, dass die Objekte gleichmäßig in der Landschaft verteilt sind, werden hier also mehr als 1000mal so viele LOD-3-wie LOD-1-Objekte gezeichnet. Darum sollte gerade bei den niedrigen LOD auf performancefreundlichen Bau geachtet werden.

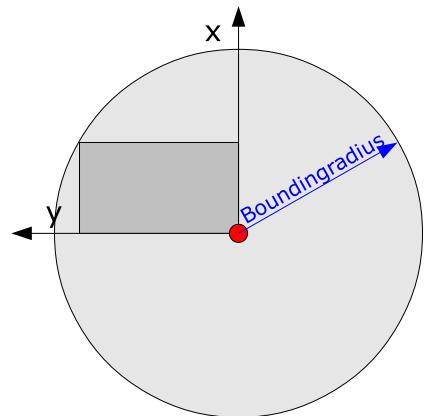
Der 3D-Editor bietet extra eine LOD-Test-Navigation, um die Wirkung am Objekt testen zu können. Die Verwendung wird dringend empfohlen, da man aus dem Gefühl heraus oft zu übermäßig detailliertem Bau neigt.

5.1.1.10 Objektsichtbarkeit und Boundingradien

Um Rechenleistung zu sparen, werden nur die Objekte berechnet und gezeichnet, die sich im Blickfeld des Beobachters befinden (blau hinterlegter Bereich im nebenstehenden Bild). Objekte, die im Rücken oder zu weit seitlich liegen, müssen deshalb sicher identifiziert werden, damit sie einerseits wirklich gezeichnet werden, wenn man sie sieht und anderseits nicht unnötig gezeichnet werden, wenn man sie sowieso nicht sieht. Allein die Lage des Objektursprungs ist dafür nicht aussagekräftig, wie das im Bild eingezeichnete graue Objekt zeigt. Der Objektursprung (roter Punkt) liegt außerhalb des Sichtbereichs, trotzdem ragt ein Teil des Objekts in den Sichtbereich hinein, so dass das Objekt gezeichnet werden muss.

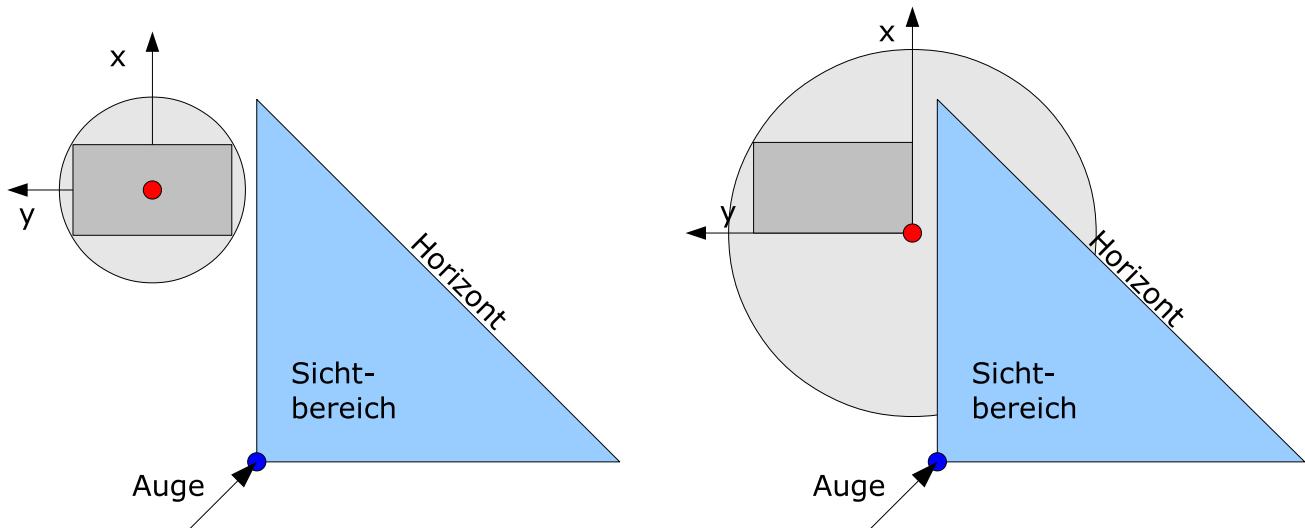
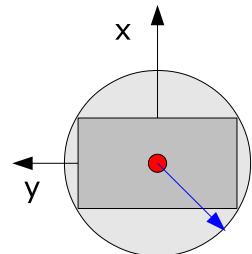


Um diese Problematik beherrschen zu können, muss bei jedem 3D-Objekt neben dem Einbauort noch ein sogenannter „Boundingradius“ definiert werden, der vom Objektsprung aus die maximale Ausdehnung des Objekts beschreibt. Es wird bei der Sichtbarkeitsprüfung festgestellt, ob der Boundingradius im Sichtbereich liegt.



Aus der Skizze ergibt sich auch die Vorgabe, den Objektsprung möglichst in die Mitte der Objektgeometrie zu legen. So kann der Boundingradius möglichst klein gehalten werden, womit die Sichtbarkeitsprüfung besonders präzise möglich ist. Das folgende Bild zeigt dasselbe Objekt wie zuvor mit in das Zentrum verlegtem Ursprung. Der Boundingradius kann damit deutlich kleiner ausfallen und deckt trotzdem das Objekt vollständig ab.

Zur Verdeutlichung zeigt das folgende Bild eine Lage des Objekts, in der ein Zeichenvorgang nicht nötig ist. Links mit optimalem Boundingradius, rechts mit der ersten Version. Im rechten Fall wird festgestellt, dass das Objekt gezeichnet werden muss (Boundingradius ragt in den Sichtbereich), was entsprechende Rechenzeit kostet, obwohl das Objekt tatsächlich komplett außerhalb des Sichtbereichs liegt.



5.1.1.11 Billboards

Aus einer einfachen Fläche gebaute Bäume wirken „flach“, sobald man sie nicht frontal sieht. Ein Lösungsansatz ist der Bau komplexerer 3D-Baummodelle. Das kostet aber naturgemäß mehr Performance.

Ein kleiner Trick hilft hier, das sogenannte Billboarding. Das Objekt dreht sich dabei automatisch immer zum Betrachter. Alle Billboard-Objekte richten sich parallel aus - also

ganz am Bildschirmrand sind sie nicht also mehr ganz exakt in Betrachterrichtung, was aber praktisch nicht auffällt. Die Objekte drehen sich dabei nur um ihre Hochachse. Billboardobjekte drehen sich immer um den Ursprung, welcher deshalb in der optischen Achse liegen muss.

Billboards wirken bei nahen Objekten u.U. nicht so überzeugend, hier sind dann eher ausgeformte Modelle zu bevorzugen.

5.1.1.12 Multitexturing

Beim Multitexturing können zwei Texturen vermischt werden, um besondere Effekte zu erzielen. Die in Frage kommenden Möglichkeiten werden in [Kapitel 5.4.4.5.3](#) erläutert.

5.1.1.13 Performance-Aspekte

Bei der Performance ist zu beachten, wieviel Speicher ein Objekt benötigt, wie schnell es geladen werden kann und wie lange der Zeichenvorgang dauert.

Beim Speicherbedarf sind insbesondere die Texturen kritisch, während Polygone nicht viel Speicher beanspruchen.

5.1.1.13.1 Objekte mehrfach benutzen

Wenn ein 3D-Objekt oder eine Textur mehrfach in der Strecke vorkommen, werden sie nur einmal geladen. Es ist also sinnvoll, wenn Objekte mit gleichen Texturinhalten auch nur eine gemeinsame Texturdatei benutzen. Eine Textur kann aber nur von mehreren Objekten benutzt werden, wenn sie mit gleichen Parametern erstellt wurde. Die Parameter sind die Anzahl der Mipmap-Stufen und die Transparenzerstellung. Wenn also z.B. eine Datei testtextur.dds für ein Objekt mit einer Mipmapstufe und für ein anderes Objekt mit zwei Mipmapstufen benutzt wird, dann muss sie zweimal separat im Speicher gehalten werden.

5.1.1.13.2 Meshgrößen

Von entscheidender Bedeutung ist die Größe der Meshes. Es ist für DirectX wesentlich effizienter, ein großes Mesh-Subset zu zeichnen als viele kleine. Erst bei Mesh-Subsets von über ca. 4000 Vertices dreht sich dieses Verhalten um. Für ein Objekt unter 4000 Vertices (das wird der Normalfall sein) sollte also idealerweise ein einziges Mesh-Subset benutzt werden. Da ein Mesh-Subset aber immer auch nur mit einer Textur und einem Material zusammenwirken kann, muss also in diesem Fall der gesamte Texturbedarf dieses Mesh-Subsets auf einer Textur untergebracht werden.

Ein Mesh-Subset ist die kleinste Geometrie-Einheit, ist in sich starr und kann immer nur ganz oder gar nicht dargestellt werden. Sobald also Teile animiert oder ausgebendet werden sollen (z.B. Signallampen), ist zwingend ein weiteres Mesh-Subset nötig.

Etwas detaillierter: Wenn man ein großes Mesh mit mehreren Texturen belegt, dann wird (schon im x-File zu sehen, wenn man es mit einem Texteditor öffnet), für jede Textur/jedes Material ein Subset angelegt. Beim Zeichnen durchläuft Zusi dann eine Schleife mit vielen einzelnen Render-Aufrufen nach dem Schema:

- Benutze ab jetzt Textur 1

- Benutze ab jetzt Material 1
- Zeichne die Dreiecke des Meshes, die mit Textur 1 + Material 1 dargestellt werden sollen
- Benutze ab jetzt Textur 2
- Benutze ab jetzt Material 2
- Zeichne die Dreiecke des Meshes, die mit Textur 2 + Material 2 dargestellt werden sollen
- usw.

Gegenüber dem Aufruf eines einzigen großen Mesh-Subset sind hier weitaus mehr Aufrufe an die Grafikkarte zu schicken, was deutlich Performance kostet.

Der 3D-Editor bietet bei „Landschaft → Landschaftsobjekt verknüpft importieren“ die Möglichkeit eines Massentests. Dort lässt sich das 3D-Objekt vielfach importieren, so dass bei einem anschließenden fps-Test auch wirklich relevante Messwerte entstehen können. Wird ein Objekt nur einmal dargestellt, ist der fps-Meßwert nicht besonders aussagefähig,

Der Aufwand für die Render-Aufrufe eines zusätzlichen Mesh-Subsets kann erheblich sein. Ein Objekt mit einem texturierten Mesh-Subset kann deshalb im Vergleich mitunter schneller rendern als ein Objekt mit zwei untexturierten Mesh-Subsets. Dies sollte insbesondere beim Bau der LOD-Stufe 3 berücksichtigt werden, wenn man die Wahl hat, das LOD3-Objekt entweder zu texturieren oder aus mehreren untexturierten Mesh-Subsets zusammenzusetzen.

Für die Performance ist es nicht relevant, ob Mesh-Subsets in der gleichen Datei liegen. Eine Datei mit 10 Mesh-Subsets wird genauso schnell gezeichnet wie 10 Dateien mit je einem Mesh-Subset.

Dem Prinzip der großen Meshes steht ein effektives Arbeiten mit Bausatzmodulen für Fahrzeugstandardteile entgegen. Es wird darum empfohlen, die gängigen Module (Pufferbohlen, Kupplungen, Lampen usw.) aus einer Modulbibliothek fest in das Modell zu übernehmen. Also die Texturen der Bauteile in die Textur des Modells zu kopieren und die Geometrie in das Mesh des Modells einzubinden.

Wenn Drehgestelle sowieso animiert werden sollen, dann ist zwingend ein eigenes Mesh nötig. Für Drehgestelle bietet sich also eine Bibliothek an, auf die nur verknüpft wird.

5.1.1.13.3 Texturen

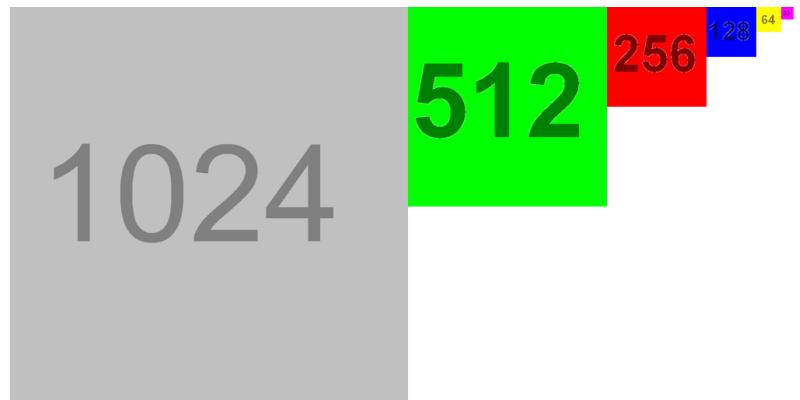
Es sollten möglichst kleine Texturen benutzt werden, und die Textur sollte möglichst optimal ausgefüllt werden. Bevor man leere Bereiche auf der Textur hinterlässt, lieber die nächst kleinere Texturabmessung benutzen.

Bei Festlegung der Größe der Textur muss man die spätere Abmessung auf dem Monitor im Auge behalten. Die Textur muss kleiner sein als die spätere Darstellung auf dem Bildschirm, schließlich wäre es nicht sinnvoll, eine Textur für die Darstellung immer nur herunterzuskalieren. Es ist dringend zu empfehlen, die Wirkung der Texturen unter echten Simulatorperspektiven zu testen. Oft neigt man zunächst dazu, unnötig große Texturen

zu verwenden. Beim Aufziehen der Texturen auf die Polygone kommen verschiedene Filter zum Einsatz, die Glättungen vornehmen. Es zeigt sich dabei, dass Texturen durchaus um einiges kleiner sein können (also hochskaliert werden), ohne dass es wahrnehmbare Qualitätsunterschiede gegenüber hochauflösten Texturen kommt. Ein praktisches Beispiel dazu folgt am Ende des Abschnitts.

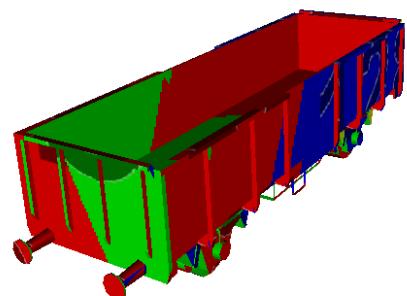
Eine Art Abfallprodukt des Mipmapping kann dem Objektbastler Informationen darüber liefern, wo er unnötig hohe Auflösungen für seine Texturen benutzt. Denn wenn DirectX bei der Darstellung der Datei in der üblichen Größe nur eine niedrige Mipmap-Stufe benutzt, ist das ein klares Indiz dafür, dass die Originalauflösung der Textur zu groß ist.

Man sieht einem Objekt allerdings auf dem Bildschirm nicht ohne weiteres an, welche Mipmap-Stufe für welche Pixel verwendet wird. Durch eine speziell präparierte Textur lässt sich das ändern. Es wird jeder Mipmap-Stufe eine markante Farbe zugeordnet und die Gesamttextur manuell aus den unterschiedlichen Farben zusammengesetzt (das TextureTool aus dem DirectX-SDK ermöglicht das, eine entsprechende Test-Textur ist bei Zusi mit dabei - %Zusi-Programm%_InstSetup\mipmaptest_1024_dx1.dds - und kann im Editor mit einem Knopfdruck aktiviert werden). Durch die Verwendung der markanten Farben sieht man so auf den ersten Blick, welche Mipmap-Stufe bei welchen Pixeln zum Einsatz kommt. Oben zunächst ein Abbild der Textur, um die Farben den Auflösungen zuordnen zu können.



Am Beispiel eines Güterwagens wird das Prinzip deutlich.

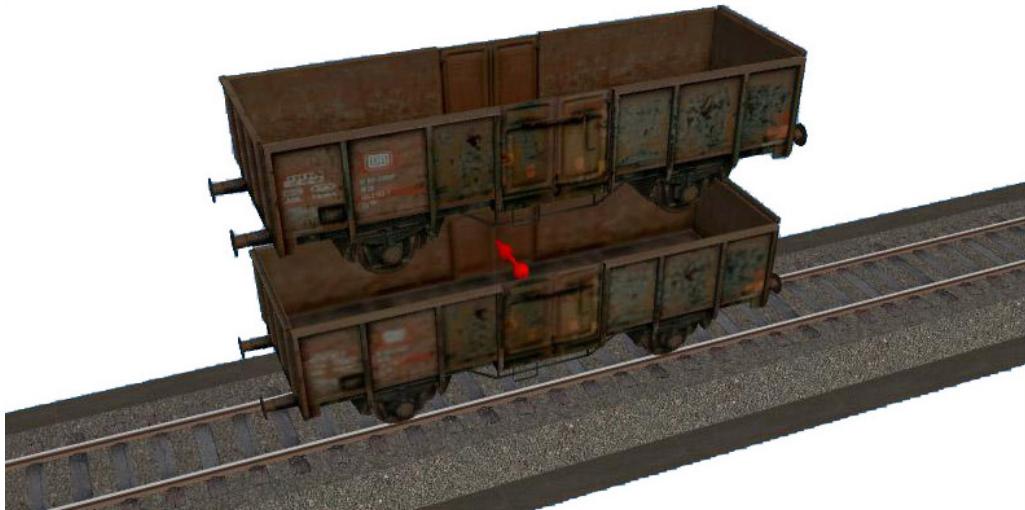
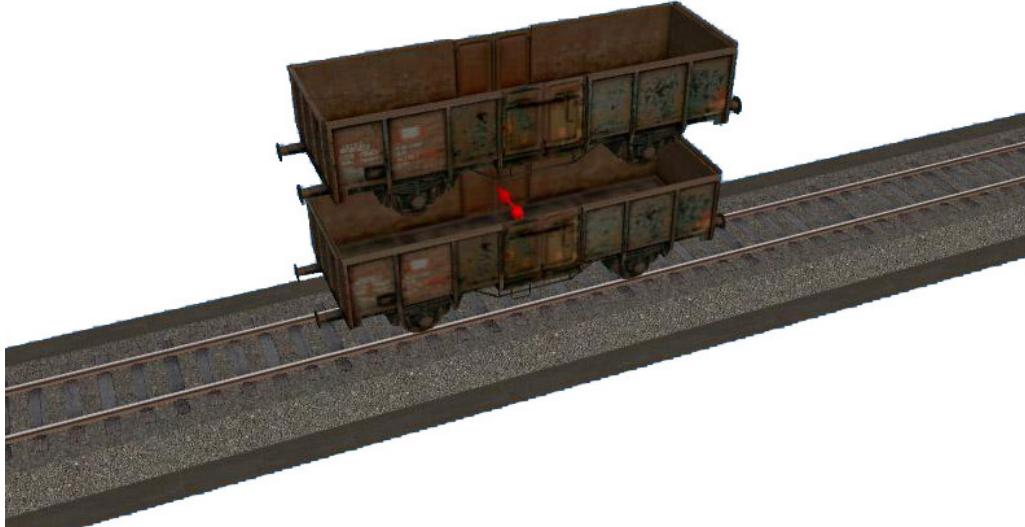
Man muss das Objekt zunächst in der relevanten Größe auf den Bildschirm bringen, also maximal so groß, wie das Objekt später im Simulator zu sehen sein wird. Jetzt wird anhand der Farben deutlich, welche Mipmap-Stufe DirectX wo benutzt. Im Beispiel sieht man, dass bereits erhebliche Teile der Wand nur noch mit der blauen 128er Textur belegt werden. Nur für die grünen Bereiche wird wirklich die volle 512er Auflösung benutzt. Und auch für die grünen Bereiche zeigt ein kleiner Test mit der Originaltextur, dass eine Verwendung der 256er Auflösung keine wahrnehmbaren Qualitätsunterschiede bewirkt.



Mit dieser Mipmap-Methode kann man elegant nach Ressourcenfraß suchen. Wenn also recht nahe Flächen bereits mit niedrigen MipMap-Stufen gezeichnet werden, dann ist für diese Flächen eine unnötig hohe Texturauflösung wirksam. Gegenüber der 512er Textur benötigt eine 256er Textur nur ein Viertel des Speichers. Es ist jedem Objektbauer dringend zu empfehlen, seine Werke in dieser Hinsicht kritisch zu begutachten und zu optimieren, da sie der Schlüssel zu einer flüssig laufenden Simulation sind.

Als Beispiel sei noch einmal ein Blick auf den Güterwagen geworfen. Auf den folgenden Bildern ist jeweils der obere Wagen mit einer Textur 512x512 belegt, der untere mit derselben Textur, aber auf 128x128 herunterskaliert.

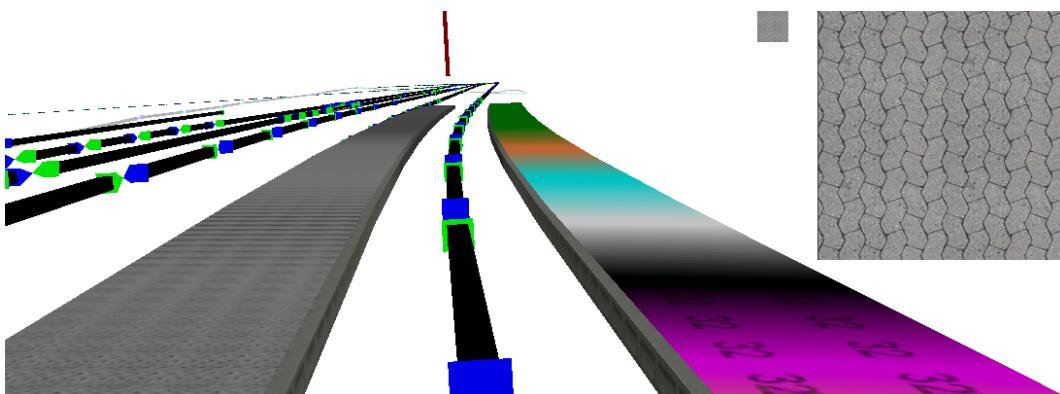
Erst bei großer Annäherung fällt die deutlich niedriger skalierte Textur auf, und das auch im wesentlichen nur im Bereich der Beschriftung. Es könnte also durchaus ausreichend sein, den Wagen mit einer 128x128-Textur auszurüsten und die Beschriftungen in etwas größerer Skalierung auf separate Polygone zu setzen.





Ein weiteres Beispiel zeigt einen Bahnsteig. Links ein Bahnsteig, der mit der in der rechten oberen Ecke eingeblendeten Textur belegt ist. Zu sehen ist die 256er Textur mit automatisch generierten Mipmaps, so wie man sie wohl aus dem Gefühl heraus bauen würde.

Der rechte, identische Bahnsteig ist mit der schon bekannten Testtextur belegt (s. oben). Durch den spitzen Blickwinkel ergibt sich der wohl durchaus überraschende Effekt, dass selbst direkt vor der Lok nur die 32er-Mipmapstufe zum Einsatz kommt. Diese ist übrigens links neben der Ursprungstextur in ihrer Originalgröße eingeblendet.



Es folgen dann in kurzer Abfolge die 16er, 8er usw. bis am Ende nach bereits wenigen dutzend Metern nur noch die grüne 1x1-Textur zum Einsatz kommt. Diese hat natürlich nur noch einen einzigen Farbwert und damit keine strukturierte Oberfläche mehr. Am linken Bahnsteig erkennt man das analog an der einfarbigen, grauen Farbe (auf Höhe der grünen Fläche am rechten Bahnsteig). Diese graue Fläche wirkt hier sehr unnatürlich, sieht es doch nach einer deutlichen Verfärbung gegenüber den höher aufgelösten nahen Bereichen aus. Grund ist der Automatismus bei der Mipmapgenerierung, welcher hier einen ungünstigen Farbwert für die 1x1er ermittelt.

Einige Möglichkeit, hier gegenzusteuern, ist die manuelle Erzeugung der 1x1-Mipmap-Stufe mit dem MS-TextureTool unter Einbau einer besser passenden Farbe.

Zur Klarstellung: Es ist keine Macke von DirectX, dass es schnell quasi untexturiert wird. Diese Erscheinung ergibt sich einfach zwangsläufig aus der Geometrie. Beim

Verschieben der Mipmapgrenzen über die Einstellung Mipmap-Bias in den Programmeinstellungen sieht man, dass sich zwar die Mipmap-Übergänge nach hinten verschieben, es aber nicht zu einer besseren Darstellung kommt. Die Fläche ist dann zwar am Ende nicht mehr einfarbig, aber dafür wird sie nach zufälligem Muster mit irgendwelchen Pixeln belegt, was bei Bewegung zu entsprechendem Flimmern führt.

Bei dem Güterwagen oben waren die Mipmap-Stufen scharf getrennt; beim Bahnsteig sieht man weiche Übergänge. Dieser Effekt wird mit dem Mipmap-Filter in den Programmeinstellungen gesteuert. Bei „Point“ entstehen scharfe Trennungen, bei „Linear“ wird interpoliert.

Bei langen, schmalen Objekten (z.B. Telegraphenmast) setzt man besser ein paar Zwischenpolygone und zerlegt den Mast in mehrere Abschnitte, die dann nebeneinander auf einer kleinen Textur liegen. Die Vorteile der kleineren Textur überwiegen gegenüber den zusätzlich nötigen Vertices. Ein andere Möglichkeit, freie Texturräume sinnvoll zu nutzen ist die gemeinsame Benutzung einer Textur durch verwandte Objekte. Man könnte also mehrere Arten von Telegraphenmasten oder zwei Waggons auf einer Textur unterbringen. Da die Textur nur einmal geladen wird, entsteht eine sinnvolle gemeinsame Ressourcenverwendung.

Einfarbige Flächen und unwichtige Flächen, die man nur aus der Ferne oder sehr selten zu Gesicht bekommt (also z.B. Unterböden von Waggons, Waggon-Inneneinrichtungen), können ohne Textur erstellt werden. Denn untexturierte Flächen können schneller gezeichnet werden als texturierte, und der Speicher für die Textur wird auch nicht belegt. Siehe allerdings die Anmerkungen in [Kapitel 5.1.1.13.2](#), wenn sich dadurch die Zahl der Mesh-Subsets erhöht.

Für die Gesamtperformance muss man zumindest bei texturierten Flächen nicht nur die Anzahl der Vertices im Auge behalten, sondern auch die auf dem Bildschirm auszufüllende Fläche. Auch wenn es ein paar zusätzliche Polygone kostet, kann es sinnvoller sein, unsichtbare/überdeckte Polygonbereiche herauszutrennen, als sie verdeckt zeichnen zu lassen. Weitere Details im Kapitel Hintergrundinformation zum Rendervorgang.

Es ist für Texturen das komprimierte dds-Format zu benutzen (siehe [Kapitel 5.1.2.2](#)).

5.1.2 Dateiformate

5.1.2.1 3D-Objekte

Der 3D-Editor kann einzig das Zusi-eigene ls3-Format schreiben. Die anderen Formate können nur gelesen und dargestellt, nicht aber geschrieben werden.

5.1.2.1.1 ls3-Format

Das ls3-Format ist das Zusi 3-eigene 3D-Format, welches ein Mesh pro Datei enthält. Es wird für das Gelände, die Gleisbettung usw. benutzt und bietet sich auch für alle anderen 3D-Objekte an. Möglichkeiten und Handhabung werden später erläutert.

5.1.2.1.2 x-Format

Das .x-Format ist das von Microsoft entwickelte DirectX-eigene Format für 3D-Modelle und kann als ASCII- und Binärdatei vorliegen. Die Nutzung ist lizenziertlich unbedenklich, es ist komplett dokumentiert und wird auch von den meisten 3D-Editoren unter-

stützt. Im x-File sind nur Angaben über die zu verwendenden Texturen und die Materialeigenschaften (Farben) gespeichert. Weitere Informationen zu den Rendereinstellungen sind nicht hinterlegbar. Ein x-File kann nicht auf andere x-Files verlinken (so wie man es von Zusi 3D-Dateien kennt). Es kann aber intern eine Hierarchie enthalten. Das ist insbesondere dann sinnvoll, wenn Animationen erzeugt werden sollen, was vom x-Format unterstützt wird.

Der 3D-Editor bietet einen Import von .x in das .ls3-Format. Beim Import werden alle Meshes auf „Ohne Transparenz“ gesetzt (beim MSTS werden solche Infos über die co-dierten Gruppennamen des Meshes mitgeteilt, diese wertet Zusi bisher aber nicht aus). Das Modell ist also zunächst mit undurchsichtigen Fenstern ausgestattet und muss ggf. nachbearbeitet werden.

5.1.2.1.3 ls-Format

Das ls-Format entstammt der Vorgängerversion Zusi 2. Es unterstützt keine Texturen und kann aus Kompatibilitätsgründen angezeigt werden. Eine weitere Verwendung ist nicht sinnvoll.

5.1.2.1.4 b3d-Format

Dieses Format wird u.a. von dem japanischen Simulator BVE benutzt. Ein Bau im b3d-Format ist mangels guter Editoren nicht sinnvoll, für BVE-Umsteiger könnte es ggf. übergangsweise von Interesse sein.

5.1.2.2 Texturen

DirectX (und damit auch Zusi) bietet diverse direkt unterstützte Texturformate an. Diese sind z.T. sehr unterschiedlich in ihren Fähigkeiten und sollen darum kurz vorgestellt werden. Bei verlustbehafteter Komprimierung gehen beim Komprimieren Farbinformationen verloren. Bei Texturen mit separatem Alphakanal ist die Information über transparente Bereiche in der Textur enthalten (im sogenannten Alphakanal). Für Texturen ohne Alphakanal ist ebenfalls Transparenz möglich, indem ein definierter Farbwert beim Laden in Transparenz umgewandelt wird.

.bmp (Bitmap)	Nicht komprimiert
.dib (Device-independent Bitmap)	Kein separater Alphakanal
.tga (Targa)	Nicht komprimiert/verlustfrei komprimiert Separater Alphakanal möglich
.png (Portable Network Graphics)	Verlustfrei komprimiert Separater Alphakanal (Volltransparenz) möglich
.jpg (JPEG)	Verlustbehaftet komprimiert Kein separater Alphakanal
.dds (Direct Draw Surface)	Nicht komprimiert/verlustbehaftet komprimiert Separater Alphakanal möglich

Von besonderem Interesse ist die Frage der Ladegeschwindigkeit. Bekanntlich müssen die Objekte während der Simulation im Hintergrund geladen werden. Je schneller das geht, desto geringer ist das Risiko, dass die Simulation ruckelt.

Entsprechende Tests zeigen, dass das komprimierte dds-Format mit Alphakanal allen anderen Formaten hoch überlegen ist (es ist ja auch von Microsoft speziell für Texturen unter DirectX entwickelt worden und bietet dadurch auch noch weitere Vorteile). Außerdem zeigt sich, dass es wesentlich schneller geht, Transparenz über einen eigenen Alphakanal zu bestimmen, als beim Laden einen Farbwert in Transparenz umzuwandeln.

Zusätzlich bietet auch die Möglichkeit an, die Transparenz über den Farbwert oder auch die „Farbe Pixel unten links“ zu regeln. Transparenz über den Punkt links unten ist auf jeden Fall noch aufwendiger als die Transparenz über den Farbwert zu regeln, da ja erst einmal die Farbe des Punktes unten links ermittelt werden muss. Das ist beides also nur während der Bau- und Testphase sinnvoll (ggf. ist das in der Handhabung schlichtweg schneller als extra dds-Texturen mit Alphakanal zu erzeugen). Wenn das Modell fertig ist, muss die Textur in dds konvertiert werden, wobei transparente Bereiche über den Alphakanal und nicht über den Farbwert erzeugt werden müssen.

Für den 3D-Bau kommt also als Endprodukt nur dds in Frage, welches darum etwas näher vorgestellt wird.

5.1.2.2.1 Hilfsprogramme für das dds-Format

Zunächst muss festgestellt werden, dass dds nicht sehr verbreitet ist, weshalb es viele Bildbearbeitungsprogramme nicht direkt unterstützen. Um die Handhabung zu erleichtern, sei auf folgende Helfer verwiesen:

- dds-Miniaturvorschau für den Explorer: http://developer.nvidia.com/object/dds_thumbnail_viewer.html
- dds-Plugins für Photoshop, PaintshopPro: http://developer.nvidia.com/object/photoshop_dds_plugins.html
- dds-Plugin für 3D-Studio: <https://developer.nvidia.com/content/3ds-max-dds-plugin-1008271100>
- dds-Viewer (kann nur laden): http://developer.nvidia.com/object/windows_texture_viewer.html
- dds-Viewer (kann laden und speichern): <http://www.amnoid.de/ddsview>
- dds-Plugin für Gimp: <http://code.google.com/p/gimp-dds>

Hinweis zur Installation des Photoshop-Plugins: Dieses berücksichtigt nicht die Sprache der installierten Photoshop-Version und kopiert auch bei nicht-englischen Installationen die Dateien dds.8bi und NormalMapFilter.8bf in die dann neuen Verzeichnisse %Photoshop%\Plug-Ins\File Formats und %Photoshop%\Plug-Ins\Filters statt bei z.B. bei deutscher Installation %Photoshop%\Zusatzmodule\Dateiformat und %Photoshop%\Zusatzmodule\Filter

Erst durch Verschieben der beiden Dateien in die deutschsprachigen Verzeichnisse können diese Module nach dem nächsten Programmstart von Photoshop benutzt werden.

Außerdem gibt es im DirectX-SDK noch ein kleines aber feines „DirectX Texture-Tool“, das für diejenigen interessant sein kann, die keines der teureren Fotoprogramme haben. Es kann gängige Texturformate laden und als dds wieder speichern. Außerdem sind

Alphakanal- und Formatwandlungen möglich; insbesondere kann ein dds mit Alphakanal aus zwei separaten Bitmaps erzeugt werden. Man könnte also eine bmp-Datei laden, den Alphakanal in einer zweiten bmp-Graustufen-Datei definieren und dann in diesem Tool beide bmp zu einem dds mit Alphakanal verschmelzen. Das TextureTool kann auch Mipmaps erzeugen und in der Textur speichern.

Das SDK ist kostenlos auf der Microsoft-Homepage herunterzuladen. Es ist aber sehr groß (> 400 MB) und eine andere Quelle für das Programm ist nicht bekannt. Nach Installation des DirectX9-SDK findet man das Programm unter %DirectX-SDK%\Bin\DXUtils\DtTex.exe. Die Zusi-Dateiverwaltung und der x-Import des 3D-Editors bieten ebenfalls die Möglichkeit an, kompatible Dateiformate in dds umzuwandeln.

5.1.2.2.2 dds-Unterformate

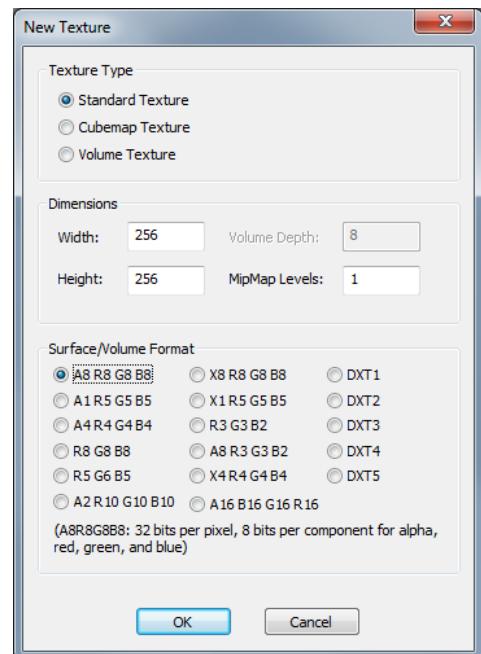
Das dds-Format hat zahlreiche Unterformate, die man z.B. im DirectX Texture-Tool oder auch bei Anwendung des Photoshop-Plugin findet:

Die Abkürzungen der verschiedenen Formate sind wie folgt zu lesen: Der Buchstabe steht für den jeweiligen Kanal, die Ziffer für die pro Kanal verwendeten Bits. A8 R8 G8 B8 bedeutet also je 8 Bits für Alpha, Rot, Grün und Blau, was die völlig verlustfreie und aufwendigste Form der Speicherung wäre (von „Exotenformaten“ wie A16 R16 G16 B16 abgesehen). Natürlich sollte man hier ein Format wählen, das für den jeweiligen Anwendungsfall geeignet ist, ohne unnötig große Dateien zu erzeugen.

Ein Bitmap ohne Alphakanal könnte z.B. als R8 G8 B8 gespeichert werden. Wenn nur Volltransparenz (keine Halbtransparenz) vorgesehen ist, dann reicht 1-Bit Alpha. Die DXT-Formate sind besonders zu empfehlen, da sie komprimiert sind und damit zu kleineren Dateien führen und zusätzlich auch noch deutlich schneller laden als die unkomprimierten. Die Komprimierung ist zwar nicht völlig verlustfrei aber sehr schonend. Ein Unterschied zum Ausgangsbild ist mit dem bloßen Auge selbst im Fotoprogramm normalerweise nicht auszumachen und damit schon gar nicht in der Simulation. Der Ersteller sollte aber trotzdem ein Original in unkomprimierter Fassung aufbewahren. Die DXT-Formate bedeuten im einzelnen:

DXT1	Ohne Alpha/1-Bit Alpha (bei 1-Bit-Alpha geht aber beim Speichern die ursprüngliche Farbinformation für die transparenten Bereiche verloren und wird durch schwarz ersetzt)
DXT2	Eigener Alphakanal, Alpha und RGB vormultipliziert
DXT3	Eigener Alphakanal
DXT4	Interpolierter Alphakanal, Alpha und RGB vormultipliziert
DXT5	Interpolierter Alphakanal

Bei „Alpha und RGB vormultipliziert“ werden die RGB-Werte bereits in der Textur mit den Alpha-Werten multipliziert, was für die normale Anwendung nicht so gut geeignet ist. Es ist zu empfehlen, für nicht transparente Texturen DXT1 und für Halbtransparenz DXT3



zu benutzen. DXT1 mit 1-Bit-Transparenz kann für Volltransparenz geeignet sein, wenn die durch Reduzierung auf Schwarz entstehenden Ränder nicht stören.

5.1.2.2.3 dds-integrierte Mipmaps

Das dds-Format bietet die Möglichkeit, Mipmaps in der Textur zu speichern. Die Alternative besteht darin, dass die Mipmaps beim Laden aus der Grundtextur errechnet werden. Vorteil der in der Textur gespeicherten Mipmaps ist die kürzere Ladezeit und die Möglichkeit, in kritischen Fällen das Ergebnis der Mipmapberechnung beeinflussen zu können. Vorteil der beim Laden berechneten Mipmaps ist die kleinere Dateigröße. Im Normalfall sollten die in Mipmaps in der Datei gespeichert werden.

Das DirectX Texture-Tool bietet Funktionen, die Mipmaps zu erzeugen und in der dds-Datei zu speichern.

5.1.3 Externe Werkzeuge

Hier werden ohne jeden Anspruch auf Vollständigkeit ein paar Programme genannt, die sich bei den Arbeiten rund um den 3D-Editor bewährt haben:

Ziegler-Tools: Roland Ziegler pflegt eine Sammlung von Programmen, die den Bau von Strecken für Zusi 3 unterstützen können: Absteckrechner: Arbeitet mit dem Zusi-3D-Editor zusammen und ermöglicht die vorbildgerechte Trassierung von Bögen, Doppelbögen, Übergangsbögen und Neigungswechseln gemäß der Trassierungsregeln der Bahn. Geländeformer: Formt Gelände-Grundplatten für Zusi-3-Streckenmodule aus digitalen Geländehöhenmodellen. TransDEM: Ermöglicht den Download und die Georeferenzierung von Karten und Luftbildern, so dass sie im Zusi-3D-Editor als Bauhilfe eingeblendet werden können. Bietet außerdem Funktionen zur Nachbearbeitung digitaler Geländehöhenmodelle. www.rolandziegler.de

Notepad++: Notepad++ ist ein freier Texteditor, der das komfortable Bearbeiten von Quelltext erlaubt. Er eignet sich im Zusi-Kontext für die effiziente Durchführung kleiner Änderungen an xml-basierten Daten wie den Tausch von Datei-Verknüpfungen oder das Modifizieren von Fahrplandaten. Quelle und Download: <http://notepad-plus-plus.org>

xml-Notepad: Ein ebenso altes wie praktisches Tool ist das kostenlose xml-Notepad von Microsoft. Am besten ist die schlichte, alte Beta-Version 1.5 geeignet, um xml-Dateien einfach bearbeiten zu können. Ein offizieller Download ist nicht mehr bekannt.

GIMP: GIMP ist ein leistungsfähiges, kostenlos verfügbares Bildbearbeitungsprogramm, mit dem alle notwendigen Arbeitsschritte zur Erstellung von Texturen für Zusi-Modelle erledigt werden können. Das Programm erfreut sich im Zusi-Umfeld breiter Nutzung, und es steht ein speziell auf die Belange von Zusi ausgerichteter Video-Lehrgang zur Verfügung. GIMP-Download: <http://www.gimp.org>

Paint.NET: Hierbei handelt es sich um eine weiteres kostenloses Bildbearbeitungsprogramm mit recht umfangreichen Funktionen. <http://www.getpaint.net>

DirectX Texture Tool: Dieses Programm zur Bearbeitung von dds-Dateien wurde bereits in [Kapitel 5.1.2.2.1](#) erläutert.

Blender: Blender ist das im Zusi-Umfeld überwiegend genutzte Programm zur Erstellung von 3D-Modellen. Es ist kostenlos verfügbar, und es existieren einige speziell auf Zusi zugeschnittene Hilfen, um die Bedienung des Programms zu erlernen. Dies sind ein Lehrgang im Anhang dieser Dokumentation, und alternativ ein Video-Lehrgang. Mit

Hilfe der optionalen und ebenfalls kostenfrei verfügbaren Programmerweiterung „Blender ls3“ kann Blender direkt das Zusi-3D-Datenformat ls3 schreiben. Blender-Download: <http://www.blender.org>

DirectX Meshviewer: Wie auch das Texture Tool wird dieses kleine Programm (mview.exe) mit dem Microsoft DirectX-SDK ausgeliefert wird. Es kann x-Dateien anzeigen und kann im Zweifelsfall als Microsoft-Referenz-Betrachter für x-Dateien betrachtet werden, z.B. um festzustellen, ob eine x-Datei wirklich den erwarteten Inhalt hat.

Google Earth: Google Earth bietet ein weltweites Angebot von Senkrecht-Luftbildern verschiedener Jahrgänge und Qualitäten zur Ansicht an. Dies kann eine große Hilfe bei der originalgetreuen Ausgestaltung von Streckenmodulen sein. Download: <http://earth.google.de>

Der Vollständigkeit wegen sei noch auf folgende Software hingewiesen:

3D Canvas: 3dc = 3D Canvas ist ein weiteres Modellierungstool, das spezielle Stärken hat, wenn es um den Microsoft Train Simulator geht.

3ds Max: Ein Profi-Modellierungstool (alter Name: 3D-Studio), das außerhalb des üblichen Hobbybudgets liegt.

Adobe-Photoshop: Professionelle Bildbearbeitung, die außerhalb des üblichen Hobby-budgets liegt.

5.2 Allgemeine Funktionen des 3D-Editors

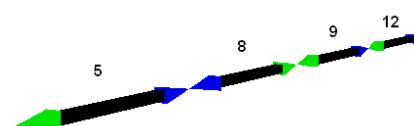
In diesem Kapitel geht es um die übergreifenden Editorfunktionen, während in den Kapiteln [Kapitel 5.3](#) und [Kapitel 5.4](#) die Konzepte und Strukturen von Strecke und Landschaft erläutert werden.

5.2.1 Zusammenspiel Landschaft/Strecke

Bei Zusi sind Strecke (wo können Züge wie fahren) und Landschaft (alles was man sieht) zwei völlig getrennte Dinge, die auch in zwei getrennten Dateien abgespeichert werden. Ein Zug bewegt sich entlang der unsichtbaren Vektoren, die das Streckennetz definieren. Die Landschaft besteht aus vielen Polygonen, die beliebig im 3D-Raum positioniert werden können. Die Aufgabe des 3D-Editors besteht darin, beides so zu erstellen, dass aus Strecke und Landschaft ein realistisches Gesamtbild entsteht. Der 3D-Editor bietet diverse Funktionen, damit die Landschaftspolygone relativ zur Gleislage erstellt werden können. Es entstehen dann zum Beispiel die grafischen Elemente „Schiene“ so, dass sie immer in richtigem Abstand zu den Streckenvektoren liegen und somit ein optisch korrekter Eindruck eines auf dem Gleis fahrenden Zuges entsteht.

Das Grundkonzept des 3D-Editors sieht vor, dass zuerst die Funktionsstruktur der Streckenelemente erstellt wird. Erst wenn die gesamte Funktionsstruktur steht, wird rund um die Strecke die Landschaft erstellt. Wenn im nachhinein noch die Funktionsstruktur erweitert werden soll, wird es im allgemeinen nicht ohne weiteres möglich sein, die Landschaft, also Gleisbettung usw. ohne größeren Aufwand anzupassen.

Die Streckenelemente werden durch quadratische Pfeile beschrieben, die mittig im Gleis liegen und natürlich



nur im Editor derartig angezeigt werden.

5.2.2 UTM-Punkt

Beim Bau in echten geografischen UTM-Koordinaten ergeben sich in der Regel sehr große Koordinatenwerte, was aus verschiedenen Gründen problematisch sein kann. Deshalb wird in Zusi ein UTM-Referenzpunkt benutzt, der ungefähr in dem Bereich liegt, in dem die Strecke erstellt wird. Alle Koordinaten werden relativ zu diesem UTM-Punkt angegeben und liegen somit nur in der Größenordnung einiger km, ohne dass die Information über die tatsächliche geographische Lage verloren geht. Verschiedene Streckenmodule müssen nicht alle denselben Referenzpunkt benutzen, da der Fahrsimulator beim Laden der Gesamtstrecke auch mit unterschiedlichen Referenzpunkten korrekt umgehen kann.

5.2.3 Koordinatensysteme

5.2.3.1 Zusi-3D

Für Zusi gilt verbindlich folgendes Koordinatensystem:

x, y-Ebene: Die Erdoberfläche

z: Nach oben

Die Strecken-Elemente erstrecken sich also in x- und y-Richtung, Höhenunterschiede werden durch die z-Koordinate beschrieben.

Zur Orientierung der Achsen stelle man sich einen Schraubverschluß vor: Drehung der x-Achse in Richtung der y-Achse ergibt eine Schraubbewegung in positive z-Richtung.

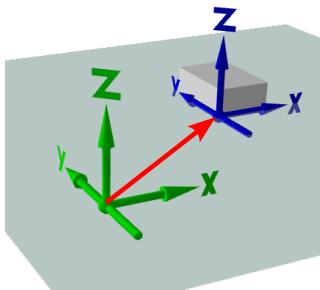
- **st2** x: Ost; y: Nord
- **st3** x: Ost; y: Nord; z: Höhe
- **Bogenkrümmung** positive Krümmung: Linkskurve
- **Überhöhung** positiv: Rechtsneigung (Rechtskurve)

Im 3D-Editor geht der Block vom grünen in Richtung des blauen Elementendes, beim Gleisplaneditor muss der Wert am „auslaufenden“ Ende beim 2. Punkt betrachtet werden.

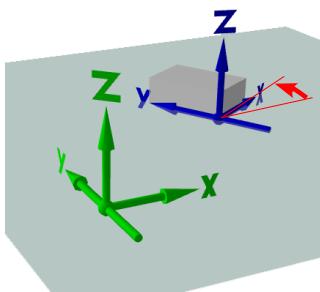
Drehwinkel

Wenn ein Element im 3D-Raum gedreht werden soll, dann kann das über die drei Drehwinkel - im folgenden meistens als phiX, phiY und phiZ bezeichnet - durchgeführt werden. Die Transformation erfolgt dabei folgendermaßen:

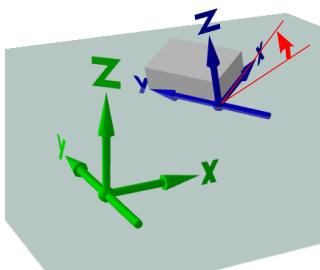
- Erster Schritt: ggf. Verschiebung des Elements
- Zweiter Schritt: Drehung des Elements mit Winkel phiZ um die z-Achse.
- Dritter Schritt: Drehung des Elements mit Winkel phiY um die lokale y-Achse, also nicht die globale „Welt-y-Achse“ sondern die aktuelle y-Achse des Elements
- Vierter Schritt: Drehung des Elements um die lokale x-Achse des Elements.



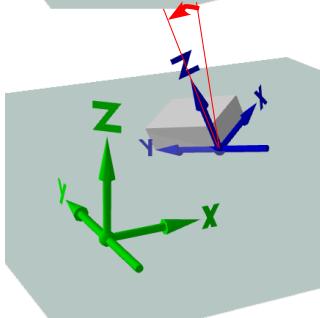
1. Schritt:
Verschieben um den
Vektor (x, y, z)



2. Schritt:
Drehung um den Winkel
phiZ im lokalen System



3. Schritt:
Drehung um den Winkel
phiY im lokalen System



4. Schritt:
Drehung um den Winkel
phiX im lokalen System

5.2.3.2 Geografisches System

Die Ausrichtung des UTM-Systems entspricht dem Zusi-System mit x: Ost; y: Nord

5.2.3.3 x-Datei

In der Computergrafik wird traditionell ein System benutzt, bei dem y nach oben und z in die Tiefe weist und welches in entgegengesetzter Richtung gedreht ist. Entsprechend ist auch der Standard beim DirectX-eigenen x-Format.

- **Zusi x-Achse:** x-Format: z-Achse
- **Zusi y-Achse:** x-Format: negative x-Achse
- **Zusi z-Achse:** x-Format: y-Achse

5.2.3.4 Zusi 2

Zusi hat ein Koordinatensystem, bei dem z nach oben weist. x und y sind aber im Gegensatz zu Zusi 3 nicht wie UTM ausgerichtet, sondern um 90° gedreht (x nach Norden, y nach Westen).

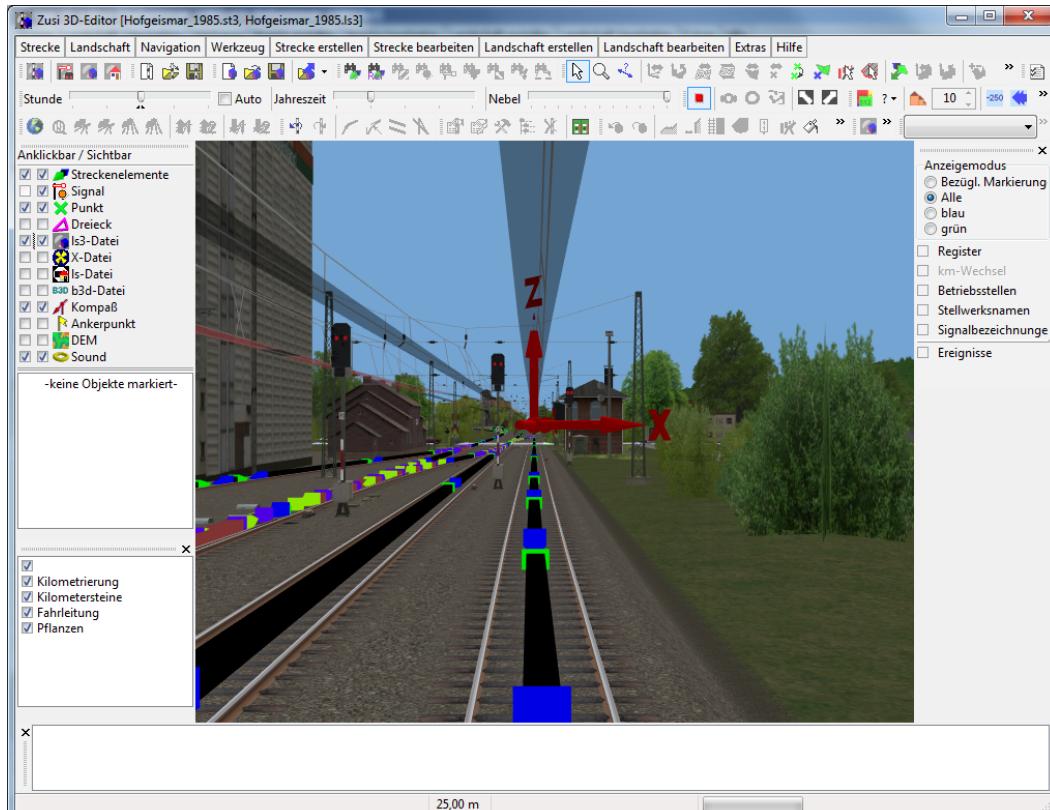
5.2.4 Bedienoberfläche

Im Hauptbereich des Fensters wird die Strecke/Landschaft im 3D so wie später im Fahrsimulator dargestellt. Die Symbolleisten können mit der Maus verschoben und bewegt werden; der letzte Stand wird beim erneuten Aufruf des Programms wieder hergestellt. Standardmäßig am linken Rand sind folgende Fenster angeordnet: Im Bild oben links: „Klicken und Anzeige“: Die linke Spalte legt fest, welche 3D-Objekte mit der Maus markiert werden können, die rechte Spalte legt fest, welche Objekte sichtbar sind. Im Bereich darunter werden alle markierten Elemente aufgelistet. Durch Deaktivieren des Kontrollkästchens vor jedem Element lässt sich auch gezielt ein schlecht mit der Maus erreichbares Element demarkieren.

Der Editor unterstützt Mehrfachselektion in der Windows-üblichen Art: Durch Anklicken weiterer Objekte bei gedrückter Strg-Taste werden diese markiert und die bereits markierten Elemente bleiben markiert.

Im linken, unteren Fenster sind die Gruppen dargestellt. Durch Deaktivieren einzelner Gruppennamen werden die entsprechenden Objekte ausgeblendet.

Am rechten Rand ist das Bauhilfe-Fenster zu sehen, das insbesondere bei der funktionalen Ausrüstung der Strecke durch Einblendungen ins 3D-Fenster hilfreich ist.



Ganz unten waagerecht ist das Meldungsfenster, wo auflaufende Meldungen aller Art gesammelt werden. Die letzte Meldung steht jeweils oben.

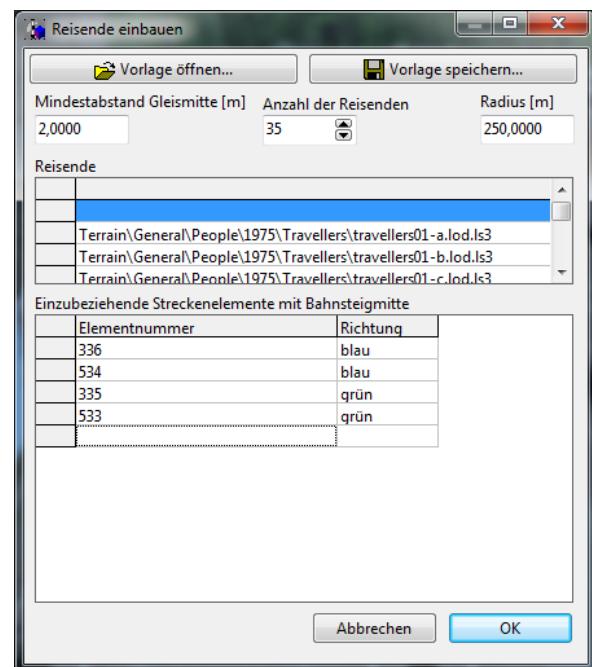
Der 3D-Editor enthält einige Funktionen für die Konvertierung von Zusi 2-Daten. Diese sind gebündelt im Anhang dokumentiert.

Zum einfacheren Einstieg bzw. Verbesserung der Übersicht kann die Oberfläche des Editors je nach Tätigkeit reduziert werden, siehe [Kapitel 5.5.3](#).

5.2.5 Fenster-Vorlagen öffnen/speichern

Etliche Dialoge haben die Möglichkeit, den Formularinhalt in einer xml-Datei zu speichern bzw. früher abgespeicherte Inhalte wieder zu laden. Es werden alle Felder gespeichert, die man typischerweise mit eigenen Konfigurationen belegt und nicht jedes Mal neu eingeben möchte. Im Bild sind das die beiden Schalter oben, die sich auch in anderen Dialogen an ähnlicher Stelle befinden. Im Datenbestand finden sich ggf. schon vorbereitete Dateien für verschiedene typische Konfigurationen.

Darüber hinaus gibt es für jedes Formular eine Standarddatei, mit der es bei jedem Programmstart vorbelegt wird. Diese liegen im Verzeichnis `_Setup` mit dem Schema `default.*.xml`, bei der * für den jeweiligen Datentypen steht.



5.2.6 Menü „Navigation“

5.2.6.1 Grundlegendes Bewegen im 3D

Folgende Möglichkeiten bieten sich an, um den Betrachterstandort im 3D-Editor zu bewegen:

- Pfeil rechts/links/oben/unten: Drehen um den aktuellen Standort
- Rechte Maustaste: Um den aktuellen Standort im 3D drehen (bei Bewegen der Maus)
- Strg + Pfeil rechts/links/oben/unten: Wandern in/gegen Blickrichtung oder senkrecht dazu, Strg + Bild auf/ab geht um den Faktor 10 schneller in/gegen die Blickrichtung, Strg + Mausrad drehen funktioniert analog
- Strg + rechte Maustaste: Im 3D wandern (bei Bewegen der Maus)
- Shift + rechte Maustaste: Bei Klick auf ein Polygon (ohne Mausbewegung) springt der Betrachterstandort dorthin. Außerdem kann man auch mit dieser Tastenkombination über Meshes wandern, indem man die Maus in der gewünschten Richtung vom Kompaßfußpunkt entfernt. Je weiter die Maus vom Kompass entfernt wird, desto schneller wandert der Blickpunkt.

- Alt + Pfeil oben/unten, Mausrad drehen bzw. Bild auf/ab ändert den Radius, mit dem man sich um den Kompass dreht. Die Funktion „Standard-Kompass-Schwenkradius“ stellt wieder den Standardwert her
- Bei markiertem Streckenelement lässt sich mit dem Rädchenrad der Maus durch das Streckennetz fahren, Runterdrücken des Mausrades dreht die Fahrtrichtung um.

Das Schema für die freie Navigation ist einfach zu merken: Ohne Zusatztaste ergibt sich eine Rotation, mit Strg ergibt sich eine Translation (also geradlinige Bewegung) und mit Alt ergibt sich eine Änderung des Kompass-Rotationsradius (also Entfernung vom Objekt).

5.2.6.2 Globalansicht

Mit dieser Funktion wird der Beobachterpunkt zentral hoch über die Strecke gesetzt, so dass (fast) die gesamte Strecke/Landschaft sichtbar ist. Diese Aktion setzt den Kompaßradius auf einen entsprechend großen Wert. Um sich der Landschaft zentral zu nähern, drückt man am besten „Alt“+„Bild auf“ oder „Alt“+Mausrad.

5.2.6.3 Detailansicht

Hier wird das gleiche ausgeführt wie vorher bei der Globalansicht, allerdings werden nur markierte Meshes und Streckenelemente beachtet. Damit lässt sich also eine Perspektive oberhalb eines Arbeitsbereichs einnehmen, indem z.B. ein Streckenelement markiert und dann diese Funktion aufgerufen wird. Markieren und Auswahl der Detailansicht ist in einem Ablauf über das Werkzeug „Markieren + Detailansicht“ möglich.

5.2.6.4 Zu größtem Bahnhof navigieren

Hier wird Stelle angefahren, die meistens eine recht schnelle Orientierung im Modul ermöglicht. Die Funktion durchsucht alle Signale, zählt die Anzahl pro Betriebsstelle und ermittelt so die größte Betriebsstelle. In dieser wird dann das am zentralsten gelegene Signal gesucht und der Navigationspunkt dorthin gesetzt. Die Funktion ist darum erst wirksam, wenn mindestens ein Signal vorhanden ist.

5.2.6.5 Lokführeransicht blau/grün

Es wird eine Position am markierten Streckenelement eingenommen, die etwa der Lokführerperspektive an diesem Element entspricht, wobei das markierte Element i.d.R. noch im Blickfeld liegt. Blau/grün gibt die Ausrichtung des Blickpunkts an (also „blau“ schaut in Richtung des blauen Elementendes).

5.2.6.6 Standardblick blau/grün

Es wird in Bezug auf das markierte Streckenelement ein Standort eingenommen, der gegenüber der Strecke um 30 m in z-Richtung verschoben ist. Damit bekommt man meist einen recht guten Überblick über Weichenstraßen usw.

5.2.6.7 Koordinate aufsuchen

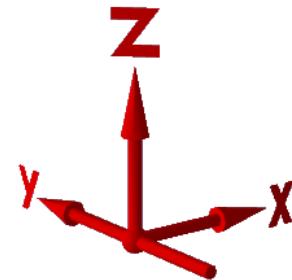
Mit dieser Funktion wird die abgefragte Koordinate direkt aufgesucht und in der Vogelperspektive dargestellt.



5.2.6.8 Kompass

Immer in Bildschirmmitte befindet sich der Kompass, der die aktuelle Ausrichtung der Arbeitskoordinaten anzeigt. In Grundstellung zeigt der Kompass in Richtung des Zusatzkoordinatensystems.

Wenn der Kompass gedreht wird, dann richten sich fast alle anschließend durchgeföhrten Operationen am gedrehten Koordinatensystem aus. Die Drehung des Kompass' wird durchgeführt wie die Drehung eines normalen Objekts in der Landschaft (Hinweis: Standardmäßig ist der Kompass nicht anklickbar und muss erst in der linken Symbolleiste aktiviert werden). Damit lässt sich sehr einfach auch relativ zu einem schräg im Raum stehenden Bezugsobjekt arbeiten. Außerdem kann der Kompass mit einem Aufruf an die Ausrichtung des aktuell markierten Streckenelements angepaßt werden, um sofort senkrecht bzw. parallel zu einem Gleis arbeiten zu können. Für die meisten Fälle ist es sinnvoll, nur die z-Drehung des Kompass am Streckenelement auszurichten, da Häuser, Lampen, Masten usw. sich nicht auch an der Quer- und Längsneigung orientieren sondern senkrecht stehen.



5.2.6.9 Erster/zweiter Nachfolger/Vorgänger

Es wird der Nachfolger/Vorgänger des aktuellen Elements markiert und die Lokführerperspektive eingenommen. Diese Funktion eignet sich zum Abfahren eines Streckenabschnitts, besonders in Kurven. Schneller und komfortabler wird diese Funktion über das Drehen des Mausrades aufgerufen.

Wenn beim aktuellen Element zwei Nachfolger vorhanden sind (Weiche), dann kann über „zweiter Vorgänger/Nachfolger“ auch der abzweigende Strang angewählt werden (während das Mausrad immer nur im Vorrangstrang unterwegs ist).

5.2.6.10 Suche

5.2.6.10.1 Streckenelement

Ein Streckenelement wird über seine Nummer gesucht und markiert.

5.2.6.10.2 Streckenelement über Referenz

Es wird die eingegebene Referenznummer in der Referenztabelle gesucht und das dort zugeordnete Streckenelement gesucht und markiert.

5.2.6.10.3 Nächstes Ereignis, Weiche usw.

Vom markierten Element an (es muss genau ein Streckenelement markiert sein) wird in Richtung der derzeitigen internen Laufrichtung (siehe [Kapitel 5.3.1.3](#)) das nächste Ereignis, die nächste Weiche usw. gesucht. Es wird dabei immer im Vorrangstrang gesucht, an Weichen also dem ersten Nachfolger nachgegangen.

5.2.6.10.4 Springe

Vom markierten Element an (es muss genau ein Streckenelement markiert sein) wird in Richtung der derzeitigen internen Laufrichtung das Element aufgesucht, das in der abgefragten Entfernung liegt. Es wird dabei immer der Vorrangstrang verfolgt.

5.2.6.11 Probefahrt

Mit diesem Menü lässt sich bereits im Editor eine Fahrt in gleichmäßiger Bewegung darstellen, um alle relevanten Grafikeffekte überprüfen zu können. Zum Start der Fahrt muss ein Streckenelement markiert sein. An Weichen wird immer dem Vorrangstrang gefolgt. Abbiegen kann man durch Aktivierung der Funktionen „Immer rechts/links abbiegen“. Der entsprechende Schalter muss vor Erreichen der Weiche eingerastet sein.

5.2.6.12 LOD-Test

Hinter diesem Menü verbergen sich diverse Testfunktionen für den Objektbau.

5.2.6.12.1 Mipmap-Testtextur benutzen

Solange dieser Schalter eingerastet ist, werden alle ls3-Dateien mit der Mipmap-Testtextur gezeichnet. Die Texturdatei muss unter %Zusi-Programm%_InstSetup\mipmaptest_1024_dx1.dds liegen. Weiteres zur Anwendung im [Kapitel 5.1.1.13.3](#). Unter dem Fragezeichen im Menü lassen sich sofort die Farbcodierungen zur Testtextur ablesen.

5.2.6.12.2 LOD-Testmodus

Wenn dieser Schalter eingerastet ist und dann eine LOD-Datei ganz normal geladen wird, so wird zusätzlich jeder LOD dieser Datei einzeln nebeneinander gestellt. Der Abstand zwischen den Dateien kann (vor dem Laden) über das Zahlenfeld an die Größe des Objekts angepasst werden.



Die linke Datei verhält sich normal, schaltet also je nach Entfernung zwischen den LODs um. Die rechts daneben aufgereihten LODs hingegen bleiben zum direkten Vergleich immer sichtbar. In Verbindung mit der nachfolgend erläuterten Navigation lassen sich auf diese Weise LODs austesten.

Achtung: In diesem speziellen Ladeverfahren werden zusätzliche Verknüpfungen in der LOD-Datei angelegt. Die LOD-Datei darf also nicht einfach wieder gespeichert werden.

5.2.6.12.3 LOD-Navigation

Mit diesen Funktionen lässt sich ein Objekt in definierte Entfernung bringen und bewegen. Das dient zum Testen von LOD-Übergängen und Detaillierungsgraden einzelner Objekte; weiteres siehe [Kapitel 5.1.1.9](#).

Über die Schalter 10, 50, 100 usw. wird der Betrachterpunkt auf die angegebene Entfernung vom Ursprung versetzt. Mit den Pfeilen „Annähern“ und „Entfernen“ lässt sich der Betrachterpunkt bewegen und mit der Stop-Taste wieder anhalten. Über +/-250 lässt sich der Abstand in 250 m-Schritten ändern.

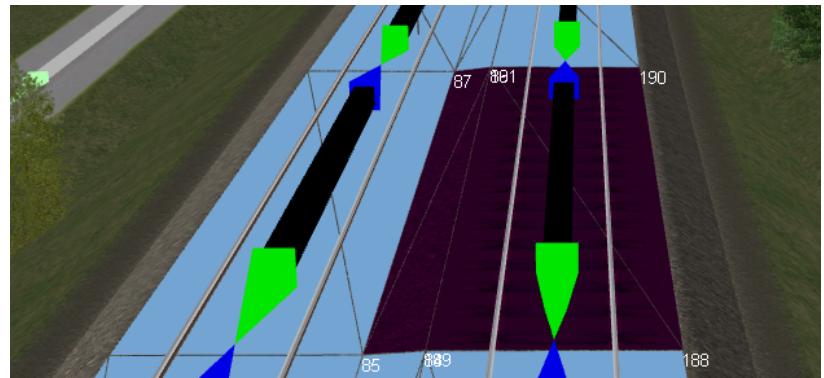
5.2.7 Menü „Werkzeuge“

Es kann immer nur ein Werkzeug gleichzeitig aktiv sein. Je nach Werkzeug werden beim Drücken oder Ziehen der Maus unterschiedliche Vorgänge ausgelöst.

5.2.7.1 Markieren

Die angeklickten Elemente werden markiert, wenn sie in der linken Symbolleiste als anklickbar definiert sind. Die meisten 3D-Dateien lassen sich auch noch markieren, indem mit der Maus ein Rechteck aufgezogen wird, das mindestens einen Vertex des Objekts enthält.

Markierte Mesh-Subsets werden als Gitterstruktur dargestellt. Markierte Dreiecke werden bordeauxfarben angelegt. Beide Fälle sind in nebenstehendem Bild zu sehen.



Bei gedrückter Strg-Taste werden neu angeklickte Elemente markiert und vorher bereits markierte Elemente bleiben markiert.

5.2.7.2 Markieren + Detailansicht

Diese Funktion kombiniert das zuvor erklärte Markieren mit der Detailansicht aus dem Navigationsmenü. So lässt sich z.B. aus der Globalansicht schnell in einen Zielbereich hereinfahren.

5.2.7.3 Brennweite

Die Brennweite wird beim Klicken mit den linken Maustaste erhöht, beim Klick mit der rechten Maustaste reduziert. Der Standardzoom kann z.B. durch Aufrufen der Lokführerperspektive wieder hergestellt werden. In gewissen Grenzen kann auch durch Aufziehen eines Rechtecks mit der Maus gezoomt werden.

5.2.7.4 Entfernung messen

Mit diesem Werkzeug lassen sich Entfernungen im 3D-Raum messen. Dazu setzt man die Maus am Startpunkt an, drückt die linke Maustaste und zieht mit gedrückter Maustaste über die Landschaft. Es wird dann in der Statuszeile der Abstand zwischen dem Startpunkt und aktueller Position angezeigt. Es können nur Werte ermittelt werden, wenn die Maus 3D-Objekte oder ein DEM trifft.

5.2.7.5 Verknüpfte Dateien verschieben

Die markierten Dateien (es reicht bei Is3-Dateien, wenn ein Mesh-Subset der Datei markiert ist) werden in y-Richtung verschoben, wenn die Maus mit gedrückter linker Taste im Editor bewegt wird. Für ein Verschieben in x- und z-Richtung müssen die Tasten x oder z zusätzlich gedrückt werden. x/y/z bezieht sich dabei immer auf das aktuelle Koordinatensystem des Kompass'. Die Taste ESC unmittelbar nach dem Verschieben setzt das Objekt wieder auf den Anfangspunkt des Verschiebevorgangs zurück.

Alternativ zur Mausbedienung können auch Werte in dem aufklappenden Fenster eingegeben werden.

Wenn ein 3D-Modell einer LOD-Datei angeklickt ist, wird nach folgendem Prinzip verfahren: Es wird nicht die angeklickte Datei verschoben, sondern die übergeordnete LOD-Datei, so dass alle LODs der Verschiebung folgen und somit das LOD-Prinzip mit verschiedenen Detail-Dateien am selben Standort weiterhin funktioniert. Da die zu verschiebenden LOD-Datei keine eigenen Mesh-Subsets hat und daher nicht direkt angeklickt werden kann, erkennt der Editor anhand der LOD-Einstellungen in der übergeordneten Datei, dass eine LOD-Datei angeklickt wurde und daher nach diesem abweichenden Verfahren verfahren werden muss.

5.2.7.6 Verknüpfte Dateien drehen

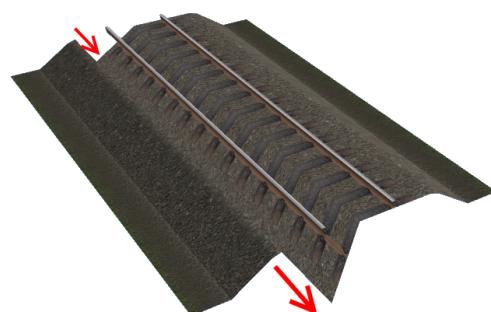
Funktioniert wie „Verknüpfte Dateien verschieben“, nur dass die Datei rotiert wird und standardmäßig um die z-Achse gedreht wird.

5.2.7.7 Mesh-Subset verschieben

Funktioniert wie „Verknüpfte Dateien verschieben“, nur dass hier die markierten Mesh-Subsets verschoben werden. Hier ändern sich also die Geometrie-Daten der markierten Dateien, während beim Verschieben der ganzen Datei nur der Verknüpfungspunkt in der übergeordneten Datei geändert wird.

5.2.7.8 Mesh-Subset scheren

Die markierten Subsets werden im Kompass-Koordinatensystem gescheret. Als Ursprung/Bezugspunkt der Scherung dient der aktuelle Standort des Kompass. Gescherzt wird immer entlang einer Achse. Von den sechs möglichen Scherungen (parallel zur x-Achse in der xy- und der xz-Ebene und dito für y- und z-Achse) werden drei unterstützt, die üblicherweise benötigt werden.



Hinweis: Wegen der komplexeren Transformation wird die Funktion per ESC bisher nicht vollständig rückgängig gemacht.

5.2.7.9 Dreiecke verschieben

Funktioniert wie „Mesh-Subset verschieben“, beschränkt sich aber auf die markierten Dreiecke eines Subsets.

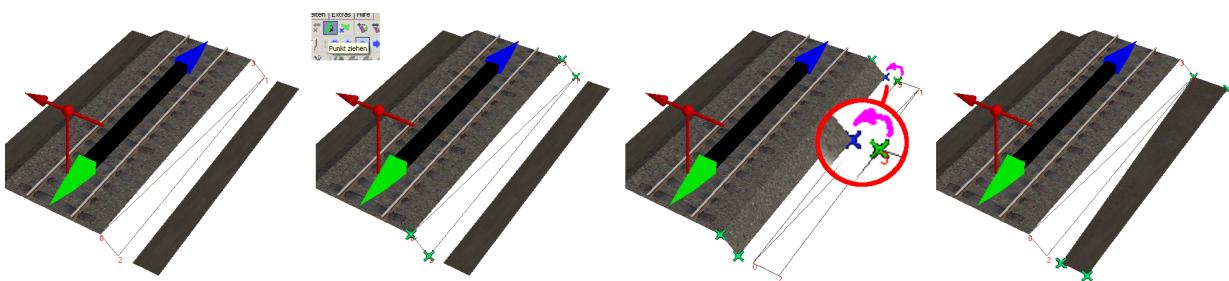
5.2.7.10 Punkte verschieben

Funktioniert wie „Mesh-Subset verschieben“, beschränkt sich aber auf die markierten Punkte.

5.2.7.11 Punkt zu anderem Punkt ziehen

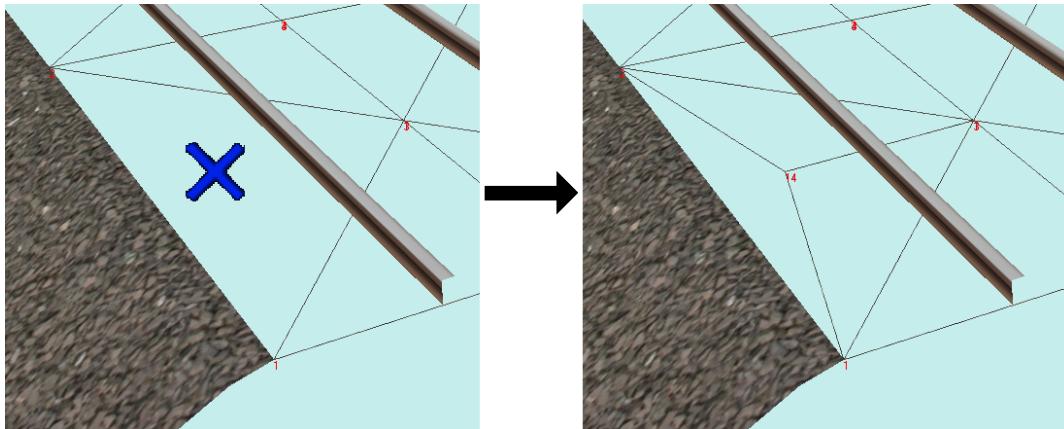
Mit diesem Werkzeug lässt sich ein Punkt an einen anderen Punkt ziehen. Folgende Schritte sind dafür nötig (vergleiche mit nachfolgender Bilderserie):

1. Markieren des Mesh-Subsets, das den Zielpunkt enthält
2. Werkzeug „Punkt zu anderem Punkt ziehen“ wählen (alle in Frage kommenden Zielpunkte des Ziel-Meshes werden markiert). Wenn Punkt 1 entfällt, also kein Mesh markiert ist, werden die Zielpunkte aller geladenen Meshes markiert.
3. Linke Maustaste am zu verschiebenden Punkt drücken und mit gedrückter Taste zum Zielpunkt ziehen. Wenn dieser getroffen wird, verfärbt er sich blau und die Maus kann losgelassen werden.
4. Der Punkt wird verschoben und die Texturkoordinaten des veränderten Mesh-Subsets werden automatisch so angepasst, dass weiterhin eine unverzerrte Darstellung vorliegt.



5.2.7.12 Zusätzlichen Punkt einfügen

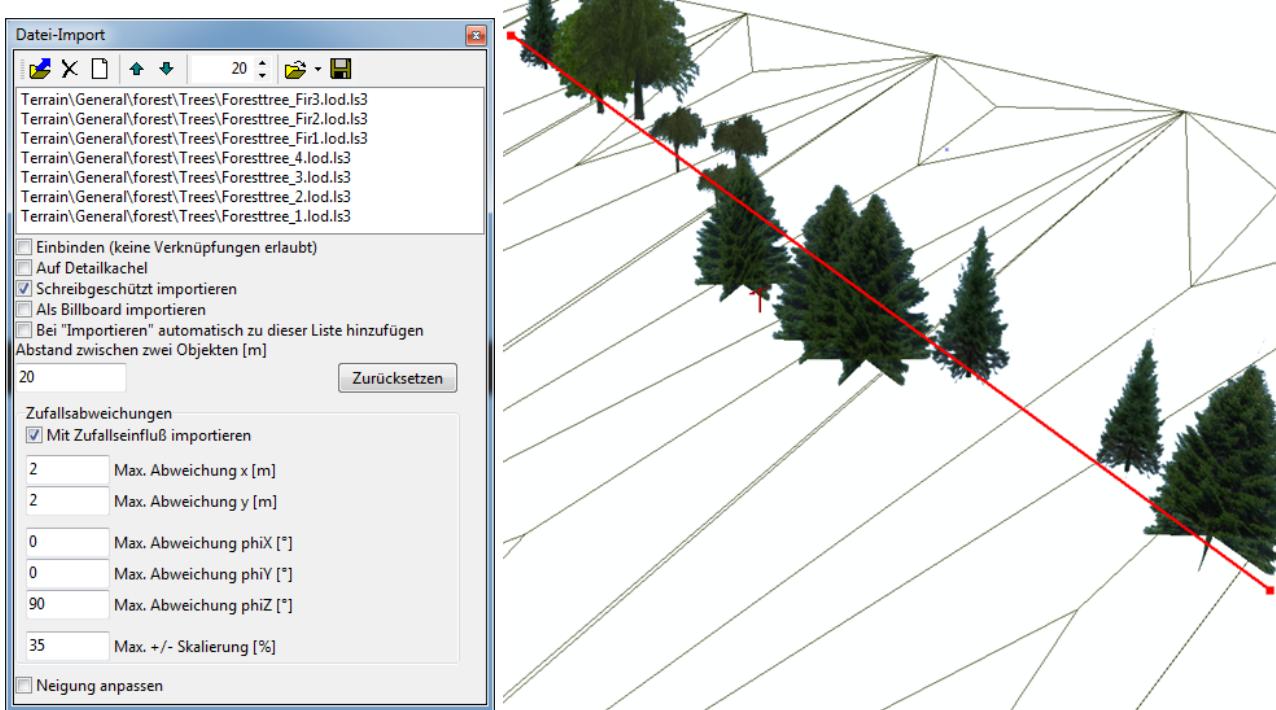
Mit dieser Funktion lässt sich ein Mesh-Subset verdichten. Es wird sofort ein blaues Kreuz gezeichnet, welches den Schnittpunkt der Maus mit dem Mesh kennzeichnet (diese Funktion wirkt auf alle sichtbaren Mesh-Subsets, egal ob markiert oder nicht). Beim Klicken mit der linken Maustaste wird an der Stelle ein zusätzlicher Vertex eingefügt.



Gedrückte Strg-Taste zieht den Einfügepunkt immer auf die nächste Kante des angefahrenen Dreiecks.

5.2.7.13 Objekte per Mauspur importieren

Mit diesem Werkzeug lassen sich schnell größere Mengen an Objekten in die Landschaft importieren. Es ist besonders geeignet für natürlich verteilte Objekte (wie Bäume). Das Fenster entspricht dem bei „Drag&Drop-Import“ in [Kapitel 5.4.3.11](#) (Beschreibung der Funktionen s. dort), ist aber im unteren Bereich um weitere Funktionen ergänzt. Importiert wird immer zwischen zwei Mausklicks im Gelände. Nach dem ersten Mausklick passiert also zunächst noch nichts, nach dem zweiten Klick werden Objekte im vorgegebenen Abstand in einer Linie zwischen den beiden Punkten importiert. Mit dem dritten Mausklick wird in der Linie vom 2. zum 3. Punkt importiert. Nach Drücken des Schalters „Zurücksetzen“ kann eine neue Linie mit einem ersten Mausklick begonnen werden. Wenn mehrere Objekte in der Dateiliste stehen, erfolgt die Auswahl jedes einzelnen Objekts zufällig. Weitere zufällige Abweichungen können im unteren Bereich des Fensters eingestellt werden. Die x- und y-Abweichung bezieht sich dabei auf die Ausrichtung des Kompaß'. Angegeben wird jeweils der maximale Wert für die einzelnen Achsen, der per Zufall addiert oder subtrahiert wird. Das folgende Bild zeigt mit Zufallseinfluß entlang einer Linie aufgestellte Bäume.



Die Höhenlage jedes einzelnen Objekts wird (nach Festlegung der x-/y-Koordinaten) anhand der vorhandenen Terrain-Polygone oder eines geladenen DEMs bestimmt. Es lassen sich also auch mit zwei Mausklicks über Berg oder Tal hinweg Objekte auf Terrainhöhe aufstellen.

Bei aktiviertem Kontrollkästchen **Neigung anpassen** wird die Querneigung der Objekte an die Neigung der direkten Verbindungsgeraden zwischen den Mausklicks angepasst, was aber in den meisten Fällen nicht erwünscht sein wird (schließlich stehen Bäume oder Masten auch am Berghang senkrecht nach oben). Die Neigung wird dabei nicht für jeden einzelnen Importvorgang anhand des Terrains ermittelt, sondern ist zwischen zwei Mausklicks für alle Importe gleich.

Damit Objekte in gleichmäßigen Abständen aufgestellt werden können, berücksichtigt diese Funktion bei Linienzügen aus mehreren Mausklicks den Abstand der Objekte an den Stützpunkten, so dass immer auch über einen Stützpunkt hinweg der gewählte Abstand gegeben ist. Dafür darf natürlich kein Zufall eingestellt sein.

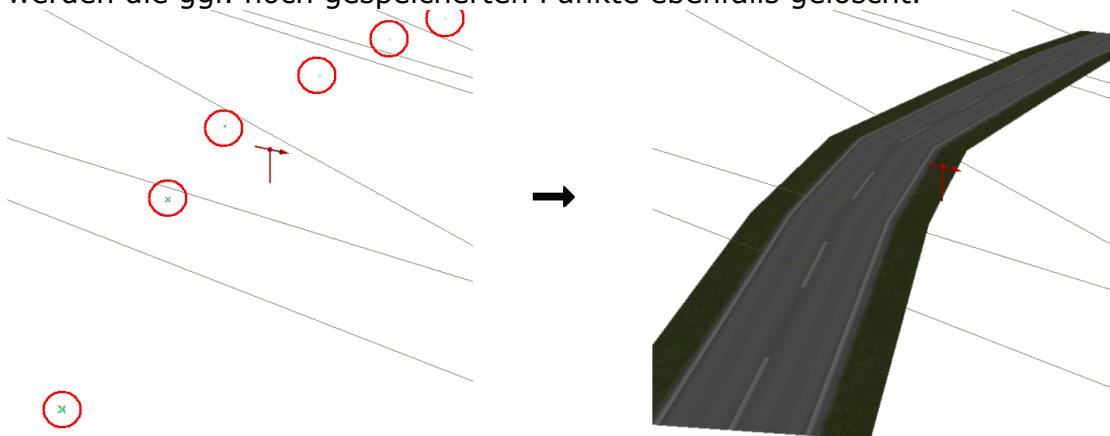
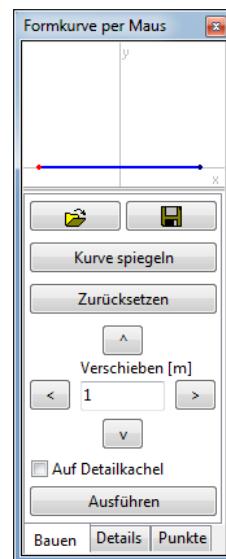
Die normale Funktion des Objektimports per Drag&Drop ist in diesem Modus parallel möglich. Es lassen sich also jederzeit Objekte aus der Liste in die Landschaft ziehen, wenn z.B. der Zufall mal ein ungünstiges Ergebnis liefert. Auch beim manuellen Import kann der Zufallseinfluss aktiviert werden. Mit Zufall versehen werden dann die Skalierung und die Winkellage gemäß eingetragenen Werten.

Hinweis zur Performance: Da beim Arbeiten der Importvorgänge nach jedem einzelnen Objektimport mehrere Zeichenvorgänge der gesamten geladenen Landschaft nötig sind, kann die Ausführung recht träge werden, wenn bereits ein komplexes Modul geladen ist. In so einem Fall sollte man alles Typen, Gruppen, Signale usw. ausblenden, die nicht unbedingt zum Bauen benötigt werden.

5.2.7.14 Formkurve per Mauspur anwenden

Mit diesem Werkzeug lässt sich eine Formkurve interaktiv in die Landschaft einfügen. Zu Funktion und Prinzip der Formkurve siehe [Kapitel 5.4.3.6](#). Die Funktionen zur Gestaltung der Formkurve sind auch in dem Werkzeugfenster verfügbar, einige aber nur über das Kontextmenü. Anwendet wird die Funktion durch Klicken von Stützpunkten mit der Maus in der 3D-Landschaft und/oder auf einem DEM. Die angeklickten Punkte werden zunächst nur mit einem grünen Kreuz markiert. Drücken des Schalters „Ausführen“ baut dann entlang des Linienzuges in der Reihenfolge des Anklickens eine Formkurve. Das folgende Bild zeigt das am Beispiel eines Straßenzuges. Links die angeklickten Punkte (hier mit rotem Kreis stärker hervorgehoben) und rechts die daraus entstandene Formkurve.

Die bereits angeklickten Punkte können mit dem Schalter „Neu“ wieder gelöscht werden, ohne dass eine Formkurve gebaut wird. Nach dem Ausführen der Formkurve sind die alten Punkte automatisch gelöscht, so dass sofort die nächste Formkurve begonnen werden kann. Nach dem Schließen des Werkzeugfensters oder Wahl eines anderen Werkzeugs werden die ggf. noch gespeicherten Punkte ebenfalls gelöscht.



5.2.7.15 Gleiselemente freihändig verlegen

In diesem Modus wird eine Reihe von Gleiselementen verlegt, die standardmäßig als „Ohne Gleisfunktion“ gekennzeichnet werden. Jeder Klick mit der linken Maustaste auf ein Mesh-Subset oder DEM erzeugt eine neuen Streckenelement als Verbindung zwischen dem aktuellem und dem vorherigen Klickpunkt. Gedacht ist diese Funktion insbesondere zum schnellen Anlegen von Straßen auf einem DEM.

5.2.7.16 Gleis verschieben

Die markierten Streckenelemente werden in x-Richtung verschoben, wenn die Maus mit gedrückter linker Taste im Editor bewegt wird. Für ein Verschieben in y- und z-Richtung müssen die Tasten y oder z zusätzlich gedrückt werden. x/y/z bezieht sich dabei immer auf das aktuelle Koordinatensystem des Kompass'.

Alternativ können auch Werte in dem aufklappenden Fenster eingegeben werden.

5.2.7.17 Gleis drehen

Funktioniert wie „Gleis verschieben“, nur dass die Streckenelemente rotiert werden und standardmäßig um die z-Achse gedreht wird.

5.2.7.18 Textur skalieren

Die U/V- und U2/V2-Texturkoordinaten der markierten Mesh-Subsets werden durch Bewegen der Maus bei gedrückter linker Taste skaliert - die Textur wird also vergrößert/verkleinert. Alternativ kann auch ein fester Wert in dem aufklappenden Fenster eingegeben werden. Es ist ggf. sinnvoll, in den Einstellungen den Gitternetz-Modus zu aktivieren, so dass nur die nicht markierten Subsets als Gitter gezeichnet werden.

5.2.7.19 Textur drehen

Funktioniert wie „Textur skalieren“, nur dass die Textur gedreht wird.

5.2.7.20 Textur verschieben

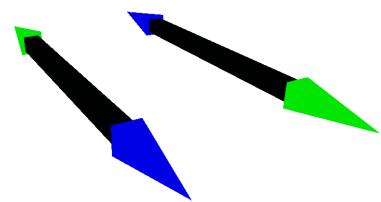
Funktioniert wie „Textur skalieren“, nur dass die Textur verschoben wird.

5.3 Strecke

5.3.1 Streckenkonzept

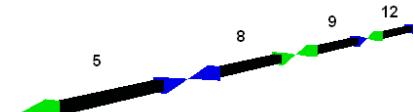
5.3.1.1 Vektorzüge aus Streckenelementen

Streckenelemente können in beide Richtungen befahren werden, wobei es keine Vorzugsrichtung gibt. Um die beiden Enden trotzdem eindeutig identifizieren zu können, ist das eine blau und das andere grün gefärbt. In den Elementeigenschaften finden sich die entsprechenden Farben ebenfalls wieder, um die Zuordnung zu den Koordinaten zu erleichtern. Bei einem Export vom Gleisplaneditor in 3D entspricht das vormalss „grüne Ende“ des Gleiselements auch dem „grünen Ende“ des 3D-Streckenvektors.



Die Größe der Darstellung kann in den Editor-Einstellungen angepasst werden. Außerdem kann die farbliche Darstellung des Mittelstücks je nach Funktion des Elements eingestellt werden.

Die Züge bewegen sich später entlang der durch diese Streckenelemente gebildeten Vektorketten. Deshalb muss jedes Element wissen, welche Nachbarn es hat. Definiert wird das über die Nummer und Richtung der Nachfolgeelemente jeweils am grünen und am blauen Ende.

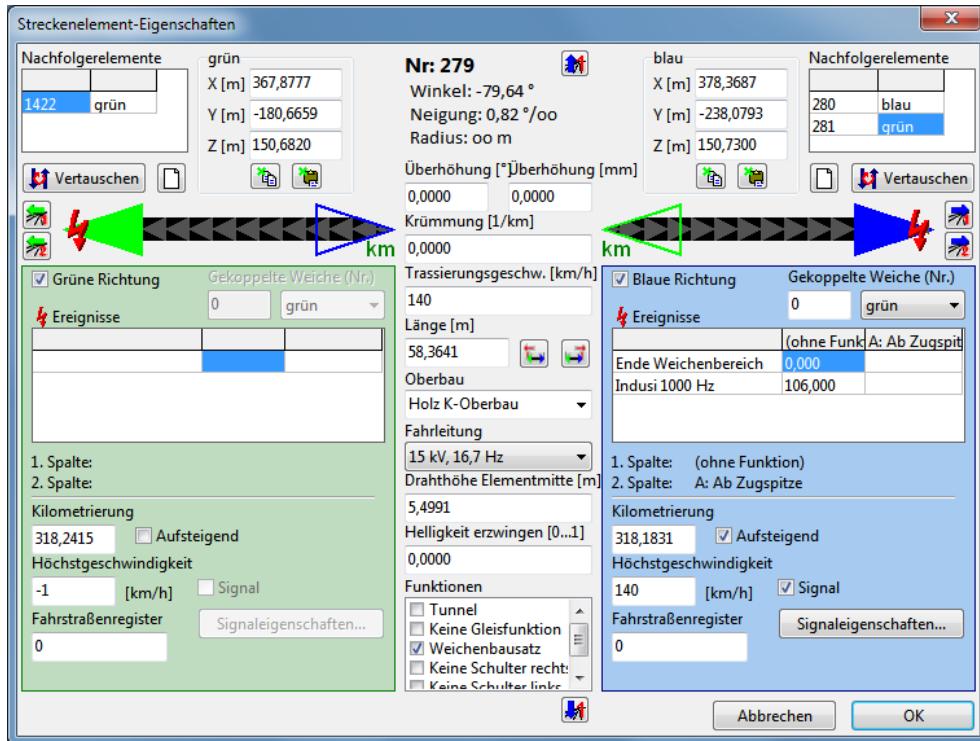


Im nebenstehenden Bild gilt also z.B. für Nr. 8 folgendes: Am grünen Ende folgt Nr. 9 blau (blau, da in Nr. 9 in der blauen Richtung weitergefahren wird), am blauen Ende folgt Nr. 5 grün.

Weichen werden ermöglicht, indem einem Element zwei Elemente folgen. Der Editor unterscheidet dabei zwischen dem Vorrangstrang (1. Nachfolger) und dem Abzweig (2. Nachfolger). Es gibt diverse Fälle (z.B. Bauen entlang des Gleises, Fahrstraßengenerierung), wo die Reihenfolge entscheidenden Einfluß auf das Ergebnis hat. Es sollte so gebaut werden, dass der Vorrangstrang immer das durchgehende Gleis kennzeichnet.

5.3.1.2 Dialog Streckenelement-Eigenschaften

Die Parameter eines jeden Streckenelements werden in dem folgenden Dialog eingestellt:



5.3.1.2.1 Allgemeine Parameter

Die allgemeingültigen Einstellungen befinden sich im mittleren Bereich des Dialogs; diese gelten in beide Fahrtrichtungen:

Nummer: Die Nummer des Streckenelements. Diese kommt innerhalb der st3-Datei nur einmal vor und wird automatisch vom 3D-Editor vergeben.

Info: Unter der Nummer werden einige Parameter zur Information angezeigt. Weiteres zum Radius dazu folgt unten.

Überhöhung: Die Überhöhung beschreibt die Schräglage des Gleises zur Kompensation von Fliehkräften. Zusi benutzt intern einen Winkel, um spurweitenunabhängig zu sein, während beim Vorbild die Angabe in mm üblich ist, die die Anhebung der einen Schiene gegenüber der anderen angibt. Über das Eingabefeld „Überhöhung [mm]“ wird der Winkel unter Berücksichtigung der unten folgenden Oberbau-Bauart in mm umgerechnet, so dass mit der gewohnten mm-Angabe gearbeitet werden kann.

Krümmung: Durch die Zerlegung von Gleisbögen in kurze Geraden käme es zu einem sehr unrunden Fahreindruck, wenn die Fahrzeugenden exakt auf den Streckenvektoren entlanggeführt würden. Stattdessen errechnet der Simulator einen Ausgleichsbogen zwischen den beiden Streckenelement-Enden. Für die Berechnung dieses Bogens ist der hier

vorgesehene Bogenradius nötig. Die Werte werden beim Export aus dem Gleisplaneditor automatisch erzeugt und bedürfen darum im Regelfall keiner Nachbearbeitung. Intern wird nicht der Radius, sondern dessen Kehrwert, also die Krümmung benutzt, da sich so der Fall der Geraden mathematisch sinnvoll behandeln lässt (Gerade: Radius ist unendlich, Krümmung ist 0). Da der Radius anschaulicher als der Krümmungswert ist, wird die Krümmung umgerechnet und als „Radius“ oben in der Info angezeigt. Der geschätzte Radius wird aus der Lage der Nachbarelemente errechnet. Weicht er stark vom hinterlegten Radius ab, dann deutet das auf einen Fehler bei angegebenen Krümmungswert hin.

Trassierungsgeschwindigkeit: Dieser Wert wird von Zusi nicht benutzt, sondern ist lediglich eine Information über die Auslegungsgeschwindigkeit der Streckenführung, die höher sein kann als die tatsächlich zugelassene Geschwindigkeit. Der Wert kann ggf. von Drittsoftware benutzt werden.

Länge: Die Länge des Streckenelements, die durch Eingabe eines neuen Werts geändert werden kann. Nach Eingabe eines neuen Werts muss einer der beiden Schalter rechts neben dem Feld gedrückt werden. Es wird dann der jeweilige Endpunkt entsprechend neu berechnet.

Oberbau: Diese Angabe wird z.B. von der Funktion ausgewertet, die die Gleispolygone erstellt. Zur Auswahl stehen die in den 3D-Editor-Einstellungen hinterlegten Oberbau-Bauarten.

Fahrleitung: Dieses Feld wählt die Fahrleitungsspannung aus, die an diesem Gleis zur Verfügung steht. Eine Elektrolokomotive kann nur fahren, wenn das zum Antriebssystem der Lok passende System in den befahrenen Gleisen hinterlegt ist.

Drahthöhe Elementmitte: Diese Höhenangabe des Fahrdräht über der Schienenoberkante wird gebraucht, um die Stromabnehmeranimation passend zur Fahrdrahthöhe anzusteuern. Der Wert kann von den Oberleitungsbauroutinen automatisch gesetzt werden. Ist an einem Streckenelement der Fahrleitungstyp „ohne“ eingestellt, so läuft die Animation in die Grundlage (gesenkt). Soll der Stromabnehmer oben bleiben, der Abschnitt aber spannungslos sein, so muss „unbestimmt“ angegeben und die passende Drahthöhe eingetragen werden.

Helligkeit erzwingen: Ein Wert von 0 ist der Standardfall, dann werden die Fahrzeuge auf diesem Streckenelement gemäß Sonne/Tageszeit dargestellt. Für Bereiche mit einer abgedunkelten Lage kann hier ein Wert zwischen etwas über 0 (dunkel) und 1 (aktuelle Tageshelligkeit) vorgegeben werden. Für Abschnitte mit tageszeitlich konstanter Helligkeit wie z.B. Bahnhöfe ohne Sonnenlicht kann ein Wert zwischen etwas unter 0 (dunkel) und -1 (maximale Helligkeit) vorgegeben werden, mit dem die Fahrzeuge unabhängig von Sonne/Tageszeit immer gleich hell dargestellt werden. In normalen Tunneln kann der Wert auch auf 0 bleiben, da der Tunnelparameter automatisch für die Abdunklung sorgt.

Funktionen: Hier sind einige Einstellungen möglich, die die Verwendung des Streckenelements beschreiben:

- **Tunnel:** Anzuklicken bei Elementen in Tunneln. Auswirkungen: Ein Fahrzeug wird dunkel dargestellt. Die Gleisbettung wird abgedunkelt erstellt. Die Fahrleitung wird als Tunnelfahrleitung ausgeführt (wenn die Fahrleitungs-dll das unterstützt). Das Symbol des Streckenelements wird zur schnellen Erkennung dunkler dargestellt.
- **Keine Gleisfunktion:** Anzuklicken bei Hilfselementen, auf denen keine Züge fahren, z.B. Elemente zum Straßenbau. Auswirkungen: Keine Berücksichtigung des Elements bei allen bahnrelevanten Vorgängen vom Erstellen der Gleisbettung bis

hin zu Funktionen der Fahrstraßenerstellung. Das Symbol des Streckenelements wird zur schnellen Erkennung stark aufgehellt dargestellt.

- **Weichenbausatz:** Alle Weichenbausätze bringen diese Einstellung von Haus aus mit. Auswirkungen: Diese Elemente erhalten eine spezielle Bettung zur Einpassung des Bausatzes in die Gleisbettung. Das Symbol des Streckenelements wird zur schnellen Erkennung rötlich eingefärbt dargestellt.
- **Keine Schulter links/rechts:** Unterdrückt die Erstellung von Gleisbettungsschultern und ist in den Weichenbausätzen schon passend eingestellt.

5.3.1.2.2 Richtungsspezifische Parameter

Im linken Bereich finden sich die Parameter, die zum grünen Element-Ende bzw. für die grüne Fahrtrichtung gelten. Dieselben Eingaben gibt es rechts für das blaue Element-Ende.

Nachfolgerelemente: Die Nummern und Richtungen der nächsten Streckenelemente, in die man an diesem Ende weiterfahren kann, siehe auch [Kapitel 5.3.1.1](#). Mit dem Schalter „Neu“ kann ein weiteres Nachfolgeelement hinzugefügt werden. Mit dem Schalter „Vertauschen“ können bei Weichen die beiden Nachfolgeelemente vertauscht werden. In dem Zuge wird auch das zur Weiche gehörende Signal so umkonfiguriert, dass es optisch weiterhin passend zur Logik dargestellt wird.

grün/blau Koordinaten: Neben den Nachfolgeelementen werden die 3 globalen Koordinaten des Endpunkts angegeben. Darunter sind zwei Schalter zum Kopieren in/aus der Zwischenablage.

Symbolgrafik: Die Grafik zeigt die Wirkungsposition von Ereignis und km-Angabe in Bezug zur Laufrichtung des Streckenelements.

Zum Nachfolger gehen: Mit den beiden Schaltern links bzw. rechts der Symbolgrafik kann das erste und (wenn vorhanden) das zweite Nachfolgelement aus der Nachfolgetabelle direkt angesteuert werden. Zusätzlich gibt es oben und unten in Fenstermitte noch einen Schalter zum Wandern in/entgegen der optischen Lage, so dann sich wie mit dem Mausrad durch die Strecke gehen lässt.

Grüne/Blaue Richtung: Alle Eingaben in dem grün/blau hinterlegten Bereich sind optional. Sind keine Angaben vorhanden (Kontrollkästchen deaktiviert), dann werden die Parameter (Kilometrierung usw.) in der Simulation aus den Vorgängerelementen weitergerechnet.

Gekoppelte Weiche: Wenn in diesem Streckenelement eine Weiche vorhanden ist, kann bei der gekoppelten Weiche eine zweite Weiche angegeben werden, die immer mit dieser synchron geschaltet wird. Gedacht ist das für Konstruktionen wie DKWs, bei denen zwei Weichenspitzen über einen Antrieb gestellt werden. Es muss dann Streckenelement-Nummer und Richtung der zweiten Weiche hier angegeben.

Ereignisse: In dieser Tabelle können beliebig viele Ereignisse angegeben werden, die am Element-Ende in dieser Richtung wirksam sein sollen. Über das Kontextmenü können Ereignisse gelöscht/hinzugefügt werden. Die Bedeutung der ggf. vorhandenen Parameter zum Ereignis wird unter der Tabelle angezeigt.

Kilometrierung: Die Kilometrierung wird in [Kapitel 5.3.1.9](#) erläutert.

Höchstgeschwindigkeit: Die Höchstgeschwindigkeit, die gemäß Fahrplan an diesem Streckenelement gültig ist. Geschwindigkeiten werden in [Kapitel 5.3.1.10](#) erläutert.

Signal: Wenn ein Signal in der entsprechenden Richtung vorhanden ist, kann der Schalter angeklickt werden. Es öffnet sich der Signaleditor, dessen Funktionalität komplett im Kapitel [Kapitel 5.3.1.11](#) erläutert wird.

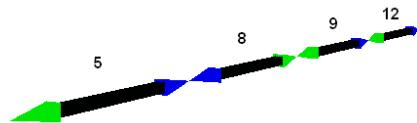
Soll das Signal gelöscht werden, so muss das Kontrollkästchen deaktiviert werden. Soll ein Signal neu erstellt werden, dann muss die Funktion „Signal laden“ aus dem Menü aufgerufen werden.

Fahrstraßenregister: Die Nummer des Registers, wird in [Kapitel 5.3.1.12.1](#) erläutert.

5.3.1.3 Interne Laufrichtung

Für diverse richtungsabhängige Funktionen, die in den folgenden Kapiteln erläutert werden, muss eindeutig geregelt sein, in welche Richtung ein markiertes Element betrachtet wird. Editor-intern wird dafür ein Wert für die Laufrichtung („grüne Richtung“ oder „blaue Richtung“) gespeichert, der sich immer auf das gerade markierte Element bezieht und aussagt, in welche Richtung dieses betrachtet wird. Wenn mehr als ein Element markiert ist, gibt es keine eindeutige Darstellung. Diese interne Laufrichtung kann durch die Funktionen „Navigation → Lokführerperspektive (blaue Richtung)“ bzw. „(grüne Richtung)“ explizit gesetzt werden. Beim Scrollen durch die Strecke mit dem Mausrad wird die interne Laufrichtung automatisch geändert, wenn man auf Elemente trifft, deren Ausrichtung entgegengesetzt ist.

Wenn man also z.B. in nebenstehenden Bild von links ausgehend nach rechts scrollen möchte, dann würde man das linke Element (Nr. 5) markieren und die Funktion „Navigation → Lokführerperspektive (blaue Richtung)“ aufrufen, da man in die blaue Richtung blicken möchte. Beim Drehen des Mausrades wird das nachfolgende, anders orientierte Element Nr. 8 markiert und die interne Laufrichtung auf „grüne Richtung“ geändert. Unter dem Strich schaut man also wie erwartet weiterhin in die gleiche Richtung. Statt die Menüfunktion aufzurufen, kann auch direkt das Mausrad gedreht werden. Wenn man dann feststellt, dass man in die falsche Richtung schaut, wird durch Drücken des Mausrades die Blickrichtung – also die interne Laufrichtung – gewechselt.

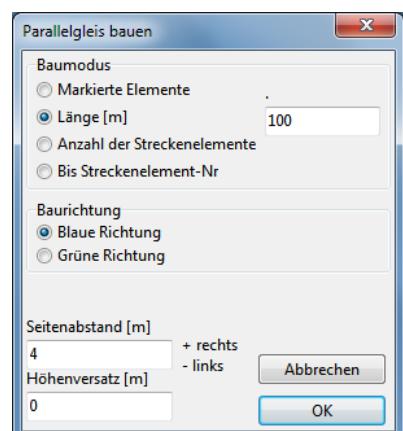


5.3.1.4 Interne Laufrichtung und Baufunktionen

Am Beispiel des Parallelgleis-Dialogs soll das Zusammenspiel der internen Laufrichtung mit dem Gleis- und Landschaftsbaufunktionen erläutert werden:

Im mittleren Bereich des Fensters findet sich hier die Angabe, in welche Richtung die Funktion angewendet werden soll. Wenn man vorher mit dem Mausrad zu diesem Element gegangen ist, dann wird diese Auswahl immer automatisch so vorbelegt, dass in aktuelle Blickrichtung gebaut wird. Bau gegen die Blickrichtung ist zum Beispiel hilfreich, wenn sich das Bauende gerade an einem ganz bestimmten Streckenelement befinden soll.

Funktionen mit Seitenabhängigkeit wie hier der Seitenabstand des Parallelgleises werden immer automatisch korrigiert, wenn sich die Orientierung der Elemente ändert. Wenn also in diesem Fall ein rechtes Parallelgleis gebaut werden soll, so wird auf jeden Fall in Blickrichtung rechts gebaut, auch wenn sich unterwegs die Orientierung des Bezugselements ändert.



In zahlreichen Funktionen wird wie hier in der oberen Auswahl festgelegt, wie weit eine Funktion angewendet werden soll. Bei „Markierte Elemente“ werden nur exakt und isoliert die markierten Elemente betrachtet. Bei einer Angabe über Länge oder Anzahl der Elemente wird von jedem markierten Element aus ein Bauprozess über die jeweilige Länge bzw. Elementzahl gestartet. Die Angabe „Bis Streckenelement-Nr.“ sucht vom markierten Element an die angegebene Nummer als Ziel im Vorrangstrang. Wird die Nummer nicht gefunden, wird nichts ausgeführt. Der Baumodus „Bis Streckenelement-Nr.“ ist nur bei einem markierten Element sinnvoll.

5.3.1.5 Element-Nummern und Referenzpunkte

Jedes Streckenelement hat eine laufende Nummer, beginnend von 1. Wenn Elemente gelöscht werden, rutschen die höheren Elemente zunächst nicht (wie im Gleisplaneditor) nach unten, sondern behalten ihre Nummern und die Nummern der gelöschten Elemente bleiben unbenutzt. Erst die Funktion „Strecke packen“ in den abschließenden Arbeiten ordnet die Elemente neu, wodurch Elemente neue Nummern bekommen können. Es gibt nun diverse Fälle, wo auf bestimmte Streckenelemente Bezug genommen wird. Dabei würde eine sich ändernde Nummer zum Verlust der gewünschten Funktion führen. Wegen dieser Probleme gibt es Referenznummern. Die Referenz ist also eine „ewige Nummer“, die streckenintern auf das gewünschte Element zeigt. Auf diese Referenz beziehen sich z.B. der Fahrplan des Zuges und andere externe Bezüge. Neben der Nummer des zugehörigen Streckenelements muss natürlich auch noch die Richtung (grün oder blau) und bei modulexternen Bezügen die Streckendatei mit angegeben werden. Wenn streckenintern umsortiert wird, ändert der 3D-Editor automatisch die Streckenelement-Nr. der Referenz, so dass ein externer Bezug über die immer gleich bleibende Referenz-Nummer weiterhin auf das gewünschte Element zeigt.

Um die diversen Funktionen, die über Referenz-Nummern geregelt werden, etwas übersichtlicher verwalten zu können, wird bei jeder Referenz noch ein Referenz-Typ angegeben. Das Referenz-Prinzip ist aber bei allen Typen das gleiche.

5.3.1.6 Modulübergreifende Funktionen

Durch die Modulbauweise und das Zusammenladen der Gesamtstrecke erst zu Beginn der Simulation müssen Bezüge auf andere Module ermöglicht werden. Wenn z.B. eine Fahrstraße von einem Modul A-Stadt.st3 zum Modul B-Stadt.st3 verläuft, dann muss das Modul A-Stadt, welches die Fahrstraße verwaltet, Weichen, Signale, Register im Modul B-Stadt enthalten können. Technisch ist das lediglich ein Bezug auf eine externe Referenz, welche mit den Angaben Dateiname und Referenznummer eindeutig ist.

Um die Arbeit im Editor aber möglichst unkompliziert zu halten, können die Nachbarmodule der aktuellen Streckendatei im Hintergrund geladen werden. Diese sind zwar nicht sichtbar und können nicht bearbeitet werden, die Daten stehen aber für diverse Funktionen zur Verfügung. Die Information über die angrenzenden Module ist nur für den 3D-Editor interessant, nicht aber für den Fahrsimulator (dieser lädt nur die Module gemäß Fahrplandatei).

5.3.1.7 Ereignisse

An jedem Streckenelement-Ende können beliebig viele Ereignisse definiert werden. Diese können je nach Typ bei der Überfahrt auf den Zug einwirken, wobei je nach Ereignistyp

die Zugspitze oder das Zugende reagiert (z.B. Zugbeeinflussung oder das Auflösen von Fahrstraßen).

Außerdem werden zahlreiche Regelungen über Ereignisse getroffen, die vom 3D-Editor beim Erstellen von Fahrstraßen usw. ausgewertet werden können.

Bei manchen Ereignistypen können bis zu zwei weitere Parameter eingestellt werden, deren Bedeutung bei der Eingabe jeweils mit angezeigt wird.

5.3.1.8 Buchfahrplan

Der Fahrsimulator generiert beim Start der Simulation aus den Zug- und Streckendaten automatisch eine Rohdatei (xml-Format) im temporären Verzeichnis, welche die Buchfahrplan-Daten in einem allgemeingültigen Format darstellt. Aus dieser Rohdatei kann in einem zweiten Schritt eine grafische Darstellung erzeugt werden. So lässt sich beispielsweise aus dieser Rohdatei sowohl eine Darstellung in der Art des elektronischen Buchfahrplans also auch eine klassische Papierform generieren. Führt das automatische Generieren nicht zum gewünschten Ergebnis, so kann die Rohdatei auch manuell erzeugt und in den Einstellungen des Zuges vorgegeben werden, womit auch die Rechenzeit für die automatische Generierung entfällt.

5.3.1.8.1 Funktionsweise des Automatismus

Der Automatismus analysiert die in der Strecke eingebauten Signale, Ereignisse und sonstige Angaben, um die Rohdatei zu erzeugen. Im einzelnen finden Eingang in die Datei:

- Zugdaten, Fahrplan
- Streckenhöchstgeschwindigkeit aus den Streckenelement-Informationen
- Kilometrierung aus den Streckenelement-Informationen, bei Sprüngen ab 80 m wird ein Sprung eingetragen
- Signalstandorte anhand der Signalfunktion und den Signaltyp-Angaben (berücksichtigt werden Hauptsignale vom Typ Esig, Zsig, Asig, Bksig, Dksig, LZB-Block, Hilfssignal)
- Ereignis Buchfahrplaneintrag für diverse Texte
- Ereignis Ende Weichenbereich
- Ereignisse LZB-Anfang, LZB-Ende, GNT-Anfang, GNT-Ende
- 2000 Hz-Geschwindigkeitsprüfabschnitt
- Ereignisse Hauptschalter aus ankündigen/aus/ein und Stromabnehmer senken/heben

Der Automatismus analysiert bei zweigleisigen Streckenabschnitten Regel- und Gegen-gleis, egal welchen Fahrweg der Fahrplan vorsieht und schreibt beide Fahrwege separat in die Rohdatei. Soll nur der gemäß Fahrplan definierte Fahrweg untersucht werden, so kann bei den Zugeinstellungen eine vereinfachte Analyse angeklickt werden, was aber im Regelfall nicht sinnvoll ist, da die Rohdatei möglichst viele Daten enthalten soll und es Aufgabe der grafischen Anzeige ist, die Informationen ggf. zu filtern. In Bahnhöfen und auf eingleisigen Streckenabschnitten wird nur ein Fahrweg analysiert.

5.3.1.8.1.1 Analyse der Fahrwege

Entspricht das Ergebnis nicht den Erwartungen, so kann eine weitere Datei zu Rate gezogen werden, die bei jeder Fahrplanerzeugung zusätzlich abgespeichert wird. Sie liegt im TEMP-Verzeichnis, hat den Dateinamen <Zugnummer>.txt und listet die für die Fahrplanerzeugung analysierten Fahrstraßen auf. Die Datei sieht beispielsweise folgendermaßen aus:

```
N 5826
Gl. 0 (Lauflänge 0,00): Altenbeken B -> Altenbeken R23
Gl. 2 (Lauflänge 1508,54): Altenbeken R23 -> Sbk 11 Sbk 11
Gl. 2 (Lauflänge 4148,24): Sbk 11 Sbk 11 -> Sbk 13 Sbk 13
Gl. 2 (Lauflänge 7043,88): Sbk 13 Sbk 13 -> Sbk 15 Sbk 15
Gl. 2 (Lauflänge 9479,69): Sbk 15 Sbk 15 -> Benhausen A
Gl. 0 (Lauflänge 12076,58): Benhausen A -> Benhausen N1
Gl. 2 (Lauflänge 13463,84): Benhausen N1 -> Paderborn Hbf A401
Gl. 0 (Lauflänge 17438,31): Paderborn Hbf A401 -> Paderborn Hbf R30
-- Anderes Gleis --
Gl. 0 (Laufweg 0,00m): Altenbeken B -> Altenbeken R23
Gl. 3 (Laufweg 1508,54m): Altenbeken R23 -> Benhausen B
Gl. 0 (Laufweg 12080,58m): Benhausen A -> Benhausen N1
Gl. 3 (Laufweg 13467,84m): Benhausen Gleis 3 -> Paderborn Hbf a400
Gl. 0 (Laufweg 17444,90m): Paderborn Hbf A401 -> Paderborn Hbf R30
```

Gl. 0/1/2/3 zeigt, welcher Gleistyp jeweils identifiziert wurde. 0 ist ein Gleis im Bahnhof, 1 eine eingleisige Strecke, 2 das Regelgleis einer zweigleisigen Strecke und 3 das Gegengleis einer zweigleisigen Strecke.

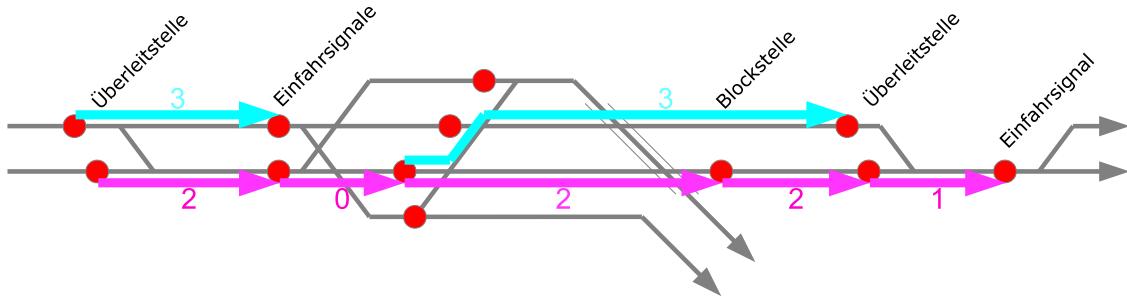
Im ersten Abschnitt wird der Regellaufweg des Zuges aufgeführt (jeweils gemäß 1. Signaleintrag im Fahrplan). Im zweiten Teil folgt das andere Gleis. Hier führte der Regellaufweg nur über das Regelgleis, was man daran erkennt, dass im ersten Abschnitt nur die 2 vorkommt und erst beim anderen Gleis die 3 zu finden ist. Auch erkennt man die ungleiche Blockteilung durch zusätzliche Sbk im Regelgleis. Maßgebend für die Zuordnung zu derselben Strecke ist die hinterlegte Streckenbezeichnung (in der Art „1776a“).

Wenn diese Datei eine nicht zur Strecke passende Gleisstruktur offenbart, dann ist das ein Hinweis auf falsch definierte Ereignisse in der Strecke, was dann auch zu fehlerhaften Buchfahrplänen führen kann. Es muss jeweils ein durchgehender Fahrweg für das erste und das zweite Gleis gefunden werden. In den Bereichen zweigleisiger Strecken muss jeweils einmal Gegen- und Regelgleis für jeden Abschnitt gefunden werden. Die Angabe 0/1/2/3 wird aus dem xml-Eintrag RglGgl der Fahrstraße entnommen. Nach Korrekturen der Ereignisse müssen also zunächst die Fahrstraßen neu erzeugt werden, um wirksam zu werden.

5.3.1.8.1.2 Weitere Hinweise zur Fahrstraßenanalyse

Die Aufgleisfahrstraße dient immer für beide Gleise, da nicht sicher ein Pendant im anderen Gleis zu finden ist. Beim Aufgleisen auf der freien, zweigleisigen Strecke wird darum erst ab dem folgenden Signal ein für beide Gleise korrekter Fahrplan erstellt.

Die folgende Grafik zeigt weitere Effekte am Beispiel einer kleinen Streckenstruktur:



Die Suche des Regellaufwegs ist immer auch in der Länge exakt passend genau der vom Zug gefahrene Weg (im Bild magenta). Das andere Gleis muss auf der freien 2-gleisigen Strecke passend dazu ermittelt werden (im Bild türkis).

Zunächst wird nach einer Fahrstraße mit dem gleichen Startsignal gesucht (im Bild die rechte Gegengleisfahrstraße), wenn das nicht möglich ist eine Fahrstraße von anderen Signalen (im Bild die linke Gegengleisfahrstraße).

Es kann Abschnitte geben, die nicht untersucht werden, wie z.B. der kurze Abschnitt im Gegengleis an der rechten Überleitstelle. Liegen in diesem Bereich buchfahrplanrelevante Ereignisse, so müssen sie immer in allen Parallelgleisen eingetragen werden. Das gleiche Prinzip gilt für den Bahnhof, in dem in diesem Fall nur das 3. Gleis von oben betrachtet wird.

Laufwegdifferenzen sind möglich zwischen Regel- und Gegengleis, wenn die Signal nicht auf gleicher Höhe stehen. Das ist hier bei beiden Gegengleisfahrstraßen je einmal dargestellt (links am Anfang, rechts am Ende). Es kann dadurch systembedingt zu entsprechenden Ungenauigkeiten in der Regelgleis-/Gegengleisdarstellung kommen.

5.3.1.8.2 Sonderfunktionen beim Ereignis „Buchfahrplaneintrag“

Das Ereignis „Buchfahrplaneintrag“ kommt überall dort zum Einsatz, wo eine Zeile im Buchfahrplan erscheinen soll. Der Ereignisparameter „Wichtigkeit“ (Standardwert 0) kann mit 1 oder 2 höher gesetzt werden, so dass die Buchfahrplanroutine diese Einträge z.B. in einer größeren Schrift o.ä. darstellen kann. Für den Parameter „Text“ gibt es folgende Funktionalitäten:

- Freier Text: Der Text wird unverändert in den Buchfahrplan übernommen, inklusive der am Ereignis gültigen Kilometrierung
- Bleibt das Feld leer, so wird der Betriebsstellenname des nachfolgenden Hauptsignals ermittelt und in den Buchfahrplan übernommen, inklusive der am Ereignis gültigen Kilometrierung

Besondere Formatierungen lassen sich zusätzlich in den Text codieren. Diese werden vom Simulator beim Erstellen der Rohdatei entsprechend ausgewertet, z.B. in Symboleinträge umgewandelt und dabei aus dem Text entfernt. Es gibt im einzelnen:

- Teiltextrightsbündig schreiben mit Eintrag @sep=E 60@ (dieser Eintrag interpretiert das „E 60“ als eigenen Eintrag als rechtsbündige Ausgabe).
- Unterdrücken der Kilometrierung mit @km@. Beispiel „- G-Bahn - @km@“ erzeugt den Eintrag „- G-Bahn -“ ohne die sonst übliche Kilometrierungsangabe
- Vorgabe einer abweichenden Kilometrierung (hier km 25,6 anstelle der am Element tatsächlich vorhandenen km-Angabe) mit @km=25,6@. Diese Angabe beeinflusst

nicht die Reihenfolge, in der die Einträge erscheinen, sondern ändert nur diese km-Angabe

- Tunnel: @tunnel=Name@ für den Tunnelanfang (Name enthält dabei eine Bezeichnung des Tunnels) und @tunnelende@ für den Standort des Tunnelendes
- Einfügen von Symbolen über @icon=13@, wobei die Nummer (hier als Beispiel die 13) in der Tabelle aufgeschlüsselt ist. Für individuelle Anwendungen können weitere Nummern vergeben werden, die dann von der Buchfahrplandarstellung verstanden werden müssen. Soll ein automatisch aus den Streckendaten erzeugtes Symbol unterdrückt werden, so geht das über den Eintrag @icon=0@

0	Kein Symbol	13	Hauptschalter ein (El 2)
1	Zugfunk Anfang	14	Ankündigung Stromabnehmer senken (El 3)
2	Zugfunk Ende	15	Stromabnehmer senken (El 4)
3	GNL-Anfang	16	Stromabnehmer heben (El 5)
4	GNL-Ende	17	Ende Weichenbereich (Yen)
5	LZB-Anfang	18	Oberstrombegrenzung (blaues I)
6	LZB-Ende	19	Oberstrombegrenzung Ende
7	Verkürzter Bremsabstand (Dreieck)	20	Zugsammelschiene aus
8	Stumpfgleis (liegendes T)	21	Zugsammelschiene ein
9	Hinweis Vorsignal (Ne 2/Vorsignaltafel)	22	Geschwindigkeitsprüfabschnitt
10	Hinweis Hauptsignal (Ne 4/Schachbrettafel)	23	Gleisbogen
11	Ankündigung Hauptschalter aus (El 1v)	24	Brücke
12	Hauptschalter aus (El 1)	25	Gefälle
		26	Pfeil nach links

- Soll ein automatisch erzeugter Signaleintrag unterdrückt werden, so ist am Streckenelement des Signals ein Buchfahrplanereignis mit @signal=0@ zu setzen. Auf die gleiche Weise kann ein Signaleintrag generiert werden, der ein Signal im Fahrplan erscheinen lässt, was dort nicht oder mit anderem Typen steht. Die Nummer entspricht dabei dem Signaltypen wie er in den Signaleinstellungen in der ersten Registerkarte aufgelistet ist, beginnenden von 0. @signal=9@ trägt z.B. ein Ausfahrsignal in die Rohdatei ein.

0	kein Signal	8	Zwischensignal
1	Tafel	9	Ausfahrsignal
2	Weiche	10	Blocksignal
3	Gleissperre	11	Deckungssignal
4	Bahnübergang	12	LZB-Block
5	Rangiersignal	13	Hilfshauptsignal
6	Vorsignal	14	Sonstiges
7	Einfahrsignal		

5.3.1.8.3 Eingleisige Strecke, Regelgleis/Gegengleis

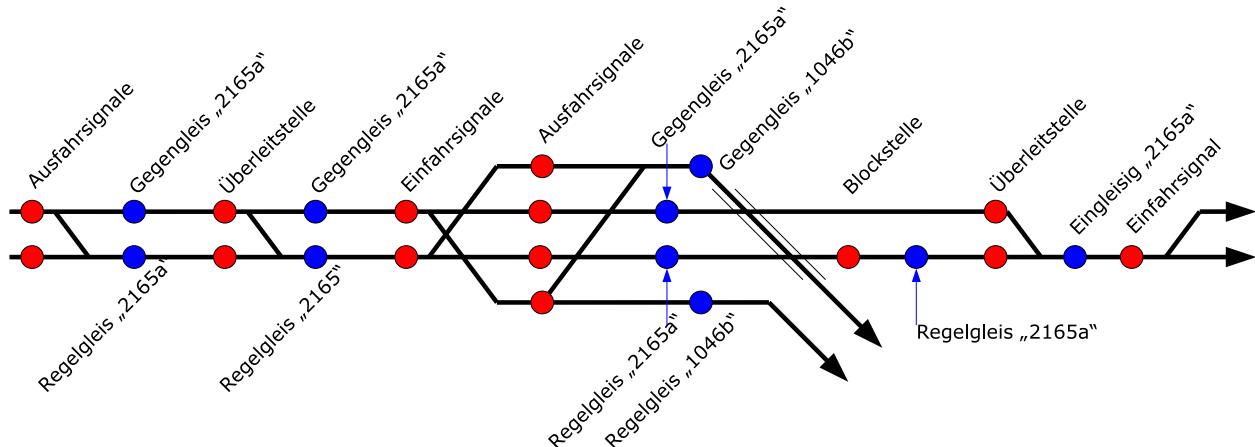
Für die eindeutige Interpretation der Streckendaten durch die Buchfahrplanroutinen müssen die Streckenabschnitte als Bahnhof, ein- oder zweigleisige Strecke identifiziert werden können, damit z.B. der elektronische Buchfahrplan auf den Gegengleisbetrieb umgeschaltet werden kann. Dafür muss in jedem Blockabschnitt ein Ereignis „Eingleisige Strecke kennzeichnen“, „Regelgleis kennzeichnen“ oder „Gegengleis kennzeichnen“ eingebaut werden. Wird kein Ereignis eingebaut, so wird ein Bahnhof angenommen. Bei den

Ereignissen „Eingleisige Strecke“, „Gegengleis“ und „Regelgleis“ ist beim Textfeld eine richtungsabhängige Streckennummer einzutragen. Über diese Nummer kann der Simulator auch bei mehreren Fahrmöglichkeiten eindeutig erkennen, welche Gleise Regel- und Gegengleis einer Strecke darstellen. Ende der Zuordnung ist am nachfolgenden Hauptsignal, ohne dass dort ein eigenes Ereignis gesetzt werden muss.

Regel- und Gegengleis werden infrastrukturmäßig eigenständig ausgerüstet als ob sie eingleisige Strecken wären. Höchstgeschwindigkeiten, Signale, Ereignisse usw. werden also nur für das befahrene Gleis gesetzt. Die Überführung in eine korrekte Buchfahrplandarstellung wird durch die Anzeigesoftware durchgeführt.

5.3.1.8.4 Beispiele

Eingleisige Strecke/Regelgleis/Gegengleis: Die folgende Skizze zeigt die typischen Fälle für die Anordnung der Ereignisse „Eingleisige Strecke“ „Gegengleis“ und „Regelgleis“, um die Fahrplanerstellung zu gewährleisten. Das Prinzip ist also immer, dass nach einem Hauptsignal, auf das freie Strecke folgt, eine Kennzeichnung für eingleisige Strecke, Gegen- oder Regelgleis folgen muss. Es ist zu empfehlen, die Kilometrierungsrichtung mit „a“ und die andere Richtung mit „b“ zu kennzeichnen. Hier hätte also die durchgehende Strecke 2165 nach rechts aufsteigende Kilometrierung, die in der Mitte ausfädende Strecke 1046 hätte nach rechts unten absteigende Kilometrierung. Im Bahnhof zwischen Ein- und Ausfahrtsignal dürfen keine Ereignisse gesetzt werden.



Hilfshauptsignale: Bei Hilfshauptsignalen (weiteres dazu siehe [Kapitel 5.3.1.15.2](#)) in Bahnhöfen sollte für den Buchfahrplan ein normales Hauptsignal imitiert werden. Dadurch ist gewährleistet, dass immer das entsprechende Signal im Fahrplan erscheint, egal ob für einen Zug ein Fahrweg über ein Haupt- oder ein Hilfssignal vorgesehen ist. Im Bild rechts wird für die Rohdatei ein Ausfahrtsignal mit dem Zusatz A50 am Streckenelement des Hilfshauptsignals erzeugt. Zusi-technisch (Fahrstraßen usw.) bleibt das Signal unverändert ein Hilfshauptsignal.

<input checked="" type="checkbox"/> Blaue Richtung	Gekoppelte Weiche (Nr.)
<input checked="" type="checkbox"/> Ereignisse	grün
WIC	Text
Buchfahrplaneintrag	@signal=9@@sep=A50@

Bei Einfahrtsignalen und anderen Signalen der freien Strecke gilt diese Regelung nicht, da für diese Signale ein gleisspezifischer Eintrag erzeugt wird und daher auch nur dort Signaleinträge gewünscht sind, wo auch tatsächlich Signale stehen.

Symbole unterdrücken: Die Kennzeichnung des Ende des Weichenbereichs im Fahrplan entfällt beispielsweise in Deutschland bei Blockstellen. Da Zusi aber auch dort ein Ereignis „Ende Weichenbereich“ benötigt (für Fahrt auf Ersatzsignal) und somit das entsprechende Symbol generiert würde, muss das Nichterscheinen im Fahrplan zusätzlich gesteuert werden. Dafür wird am Streckenelement des Weichenbereichsendes ein Ereignis Buchfahrplaneintrag mit dem Text @icon=0@ hinterlegt.



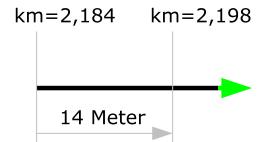
Anwendungsfälle: Länderspezifische Beispiele sind in [Kapitel 10.4.1.1](#) zu finden.

5.3.1.9 Kilometrierung

Die Kilometrierung ist ein im Streckenelement hinterlegter Parameter, der zu verschiedenen Anlässen ausgewertet werden kann, für den eigentlichen Simulationsablauf aber irrelevant ist. Die Kilometerierung wird im 3D-Editor von der Routine zum Aufstellen von Hektometertafeln/Kilometersteinen ausgewertet. Der Fahrsimulator erstellt anhand der Kilometrierung die Buchfahrpläne und gibt während der Fahrt den aktuellen Wert aus (Netzwerk, Schummelinfo).

5.3.1.9.1 Definition in Zusi

Der Wert wird in der Dimension km in den Eigenschaften der Streckenelemente getrennt für beide Fahrtrichtungen hinterlegt (siehe Element-Eigenschaften in [Kapitel 5.3.1.2](#)). Zu beachten ist, dass der km-Wert am Streckenelement-Anfang der jeweiligen Fahrtrichtung liegt. Das Kontrollkästchen „Aufsteigend“ legt fest, ob der laufende Wert in der Wirkrichtung größer oder kleiner wird. Bei dem im Bild rechts skizzierten Streckenelement wäre der für die grüne Richtung im Editor hinterlegte km-Wert 2,184. Bei aufsteigender Kilometrierung wäre damit 14 Meter weiter der km-Wert 2,198 erreicht. Ohne das Kontrollkästchen „Aufsteigend“ würde an der derselben Stelle der Kilometer 2,170 ermittelt.



5.3.1.9.2 Kilometersprünge

Die Kilometrierung kann Sprünge enthalten, zum einem beim Wechsel auf eine andere Strecke, zum anderen durch unstetige Kilometrierung innerhalb einer Strecke, weil sich z.B. die Streckenlänge durch Umbauten geändert hat.

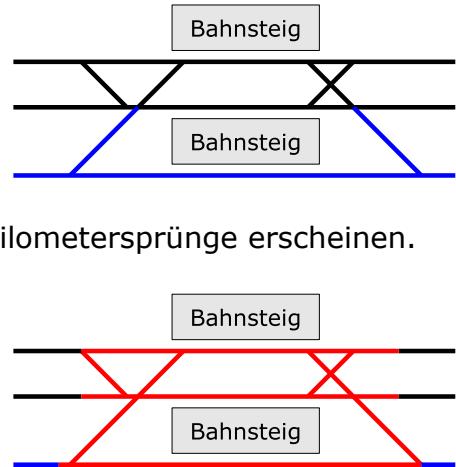
Genaugenommen ergeben sich bei Zusi auch in jeder Kurve geringe Sprünge, da eine Strecke beim Vorbild bezüglich der Trassen-Mittelachse kilometriert wird, so dass die Gleislänge im Außenbogen etwas länger und im Innenbogen etwas kürzer als der km-Wert ausfällt. Die gleiche Thematik ergibt sich in Weichenverbindungen. Zusi behandelt die Kilometrierung deshalb mit einer Toleranz von 80 Metern, bevor ein Kilometersprung tatsächlich als solcher erkannt wird.

Das nebenstehende Bild zeigt die Darstellung eines Kilometersprungs von 107,8 auf 3,3 und gleich anschließend von 3,4 auf 107,8 in der Darstellung des elektronischen Buchfahrplans. In diesem Fall ist der Sprung so eigentlich gar nicht erwünscht, siehe dazu das nachfolgende Kapitel.

80	106,9 106,9 107,6 107,8	Asig Langeland
60	3,4 3,3	
	107,8 107,9 109,6 110,4 110,8	Esig Asig Altenbeken
		¥

5.3.1.9.3 Streckenverzweigungen

Bei Streckenverzweigungen kann es je nach Gleisgeometrie zu unerwünschten Kilometersprüngen kommen. Ein Beispiel ist rechts für einen Bahnhof mit einer zwei- und einer eingleisigen Strecke dargestellt. Würde ein auf der blauen Strecke verkehrender Zug im mittleren Gleis halten sollen, so würde im Buchfahrplan für das kurze Stück am Bahnsteig die Kilometrierung der schwarzen Strecke ermittelt, womit zwei eigentlich unerwünschte Kilometersprünge erscheinen. Die Lösung dieser Problematik besteht darin, die km-Werte für die möglicherweise zu mehreren Strecken gehörenden Elemente auf 0 zu setzen, was hier großzügig (aber unproblematisch) für die rot angelegten Elemente dargestellt ist. Dann wird im Simulator für jeden Zug der letzte Wert weitergezählt, bis wieder Daten in den Streckenelementen angetroffen werden. Wenn das mittlere Gleis also von der schwarzen Strecke aus erreicht wird, zählen die km fortlaufend bezüglich der schwarzen Strecke, im selben Gleis von der blauen Strecke kommend entsprechend gemäß den letzten Werten der blauen Strecke. Bei einem Übergang von der blauen auf die schwarze Strecke würde der Buchfahrplan so erstellt, dass der Kilometersprung an der Stelle verzeichnet wird, wo der Übergang vom blauen in den undefinierten (hier rot gezeichneten) Bereich stattfindet.



5.3.1.10 Geschwindigkeiten

Die für den Lokführer zulässigen Geschwindigkeiten ergeben sich aus folgenden Einstellungen:

Streckengeschwindigkeit: Die Streckengeschwindigkeit ist die grundlegende Geschwindigkeit der Strecke, die in den Eigenschaften des Streckenelements für jede Richtung separat hinterlegt ist. Der Lokführer findet sie im Buchfahrplan. Zu beachten ist, dass der Buchfahrplan eine niedrigere Geschwindigkeit anzeigt, wenn die Fahrzeuge des Zug nur eine niedrigere Geschwindigkeit zulassen als die Strecke eigentlich ermöglicht oder auch unter LZB, wo im Buchfahrplan maximal 160 km/h steht.

Wird in den Streckenelementen die Geschwindigkeit -1 angegeben, dann wird die letzte Geschwindigkeit beibehalten. Damit lassen sich Fragestellungen mit Streckenverzweigungen, wie zuvor bei der Kilometrierung erläutert, lösen.

Signalgeschwindigkeit: Die Streckengeschwindigkeit kann durch Hauptsignale fahrstraßenspezifisch herabgesetzt werden. Die Signalgeschwindigkeit gilt ab dem Standort des Signals und endet am nächsten Signal oder am Ereignis „Ende Weichenbereich“. Eine Signalgeschwindigkeit -1 bedeutet „keine Begrenzung“, es gilt dann also die Streckengeschwindigkeit.

Langsamfahrstellen ohne Eintrag im Buchfahrplan werden ebenfalls über die Signalgeschwindigkeit umgesetzt. Ein Beispiel folgt weiter unten.

5.3.1.11 Signale

5.3.1.11.1 Konzept

Es gibt in Zusi nur ein allgemeingültig definiertes Signal. Je nach Konfiguration dieses Signals kann es sehr unterschiedliche Aufgaben wahrnehmen, von der einfachen Tafel über ein Mehrabschnittssignal bis hin zu einer Bahnübergangssteuerung.

Ein Signal mit mehreren Signalbildern bzw. Schaltzuständen setzt sich folgendermaßen zusammen: Es gibt einen statischen Anteil, also alle Landschaftselemente des Signals, die bei allen Signalstellungen gleich aussehen wie Mast oder Schaltkästen. Für die schaltbaren Signalbilder werden eine oder mehrere Landschaftsdateien eingeblendet und/oder Animationen angesteuert. Die statische und die schaltenden Dateien ergeben dann zusammen das Signalbild. Die Ansteuerung geschieht über die in der Strecke hinterlegten Fahrstraßen.

Die Signalbilder kann man gemäß einem Baukastensystem zusammensetzen, was beim Aufstellen durch den Signalassistenten erledigt wird. So kommt eine Bibliothek mit relativ wenigen Dateien aus und kann trotzdem vielfältige Signalvarianten erzeugen. Ein Signal kann neben der interaktiven Aufstellung per Signalassistent auch komplett in einer Datei gespeichert und dann an einem anderen Streckenelement wieder importiert werden.

Der komplexeste Fall ist der eines Kombinationssignals, das Haupt- und Vorsignalinformation enthält. Vom Informationsgehalt lässt sich zwar weiterhin eine Hauptsignalfunktion (Geschwindigkeit gilt ab diesem Signal) und Vorsignalfunktion (Geschwindigkeit am nächsten Signal erwarten) trennen, die Signalbilder ergeben sich aber aus einer Kombination der Vor- und Hauptsignalinformation.

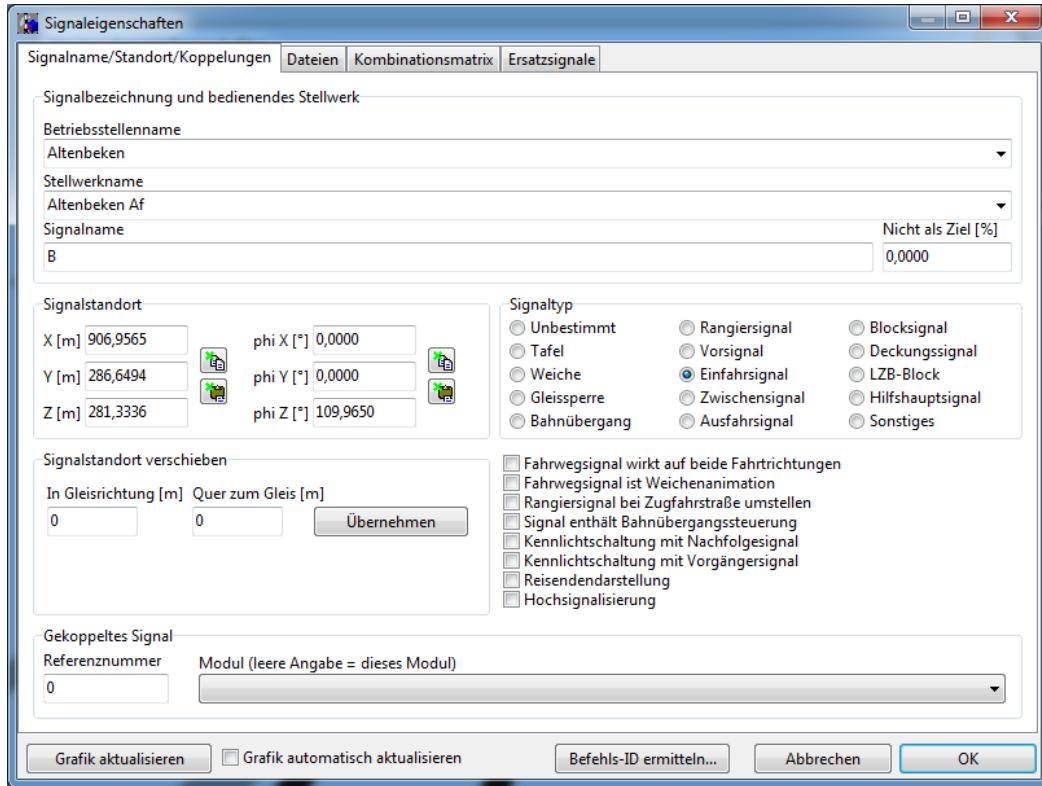
Klassische Signalsysteme wie H/V-Form- oder Lichtsignale können als Sonderfall der Kombinationssignale betrachtet werden und bedürfen darum keiner besonderen Funktionalität.

Als Sonderfall des Kombinationssignals kann man auch den Fall betrachten, dass nur eine Hauptsignal- oder nur eine Vorsignalfunktion vorhanden ist. Welche Bedingungen die Signaleinstellungen dafür erfüllen müssen folgt etwas weiter unten. Wenn im folgenden von Hauptsignal oder Vorsignal die Rede ist dann ist damit immer Haupt- oder Vorsignalfunktionalität des Kombinationssignals gemeint.

Damit Signallampen wie beim Vorbild bereits aus größerer Entfernung zu sehen sind, kann Dateien ein Vergrößerungsfaktor gegeben werden, der das Mesh mit zunehmendem Abstand größer darstellt.

Damit keine separaten Bibliotheken für im Tunnel bzw. im Dunklen stehende Signale nötig sind, kann einem Signal eine Zwangshelligkeit gegeben werden.

5.3.1.11.2 Registerkarte „Signalname/Standort/Koppelungen“



Betriebsstellenname: Text, der die Betriebsstelle angibt (z.B. „Braunschweig Hbf“). Alle Signale dieser Betriebsstelle sollten hier exakt den gleichen Wortlaut aufweisen.

Stellwerkname: Name des Stellwerks, an dem dieses Signal angeschlossen ist, z.B. „Braunschweig Hbf Bhf“. Für den unmittelbaren Simulationsablauf ist die Stellwerksbezeichnung irrelevant. Sie erleichtert aber für Stellwerksschnittstellen usw. die Organisation/Strukturierung.

Signalname: Eindeutige Bezeichnung des Signals. Die Kombination aus Betriebsstel- lenname und Signalname darf nur einmal in der Strecke vorkommen, wenn dieses Signal als Zielpunkt im Fahrplan dienen soll. Das ist der Fall für alle Haupt- und Rangiersignale sowie Weichen.

Nicht als Ziel: In gewissen Konstellationen ist es wünschenswert, dass eine Fahrstraße im Regelfall nicht oder selten benutzt wird (z.B. Zugdeckungssignale, um bei Durchfahrten ein etappenweises Durchschalten der Fahrstraßen über das Zugdeckungssignal zu verhindern). Dann kann hier ein Wert zwischen 0 und 100% eingetragen werden, der bei der Erstellung der Fahrstraßen in die zu diesem Signal führende Fahrstraße übernommen wird. Soll ein Zug diese Fahrstraße trotzdem benutzen, so muss diese Fahrstraße im Fahrplan des Zuges ausdrücklich vorgegeben werden, womit der „Nicht als Ziel“-Wert außer Kraft gesetzt wird.

Signalstandort: Koordinaten des Signals. Diese sollten in der Nähe des Streckenelements liegen. Die logische Wirkung des Signals ist unabhängig von diesen Koordinaten immer am Ende des zugehörigen Streckenelements.

Signalstandort verschieben: Um den Signalstandort relativ zum Gleis zu verschieben, kann hier der passende Wert in Fahrtrichtung (erstes Feld) und nach links (zweites Feld) eingetragen werden. Jedes Drücken auf „Übernehmen“ verschiebt um die aktuell eingetragenen Werte.

Signaltyp: Diese Angabe hat keinen unmittelbaren Einfluß auf den Simulationsablauf.

Sie kann aber für diverse Hilfsfunktionen (Buchfahrplaneinträge, automatische Streckenberechnungen usw.) herangezogen werden. Auch beim automatischen Ausfüllen von Befehlsformularen wird diese Angabe verwendet.

Fahrwegsignal wirkt auf beide Fahrtrichtungen: Bei gesetztem Kontrollkästchen wird ein Signal vom Typ „Fahrweg“ auch in Fahrstraßen eingebunden, die entgegen der Einbaurichtung des Signals liegen. Gedacht ist das für alle Fahrwegelemente, die in beide Fahrtrichtungen wirksam sind, wie z.B. Gleissperren.

Fahrwegsignal ist Weichenanimation: Bei aktivem Kontrollkästchen wird dieses Signal nicht als eigenes Signal in Fahrstraßen eingebunden, sondern beim Stellen der Weiche direkt an die Weichenumstellung gekoppelt.

Rangiersignal bei Zugfahrstraße umstellen: Bei gesetztem Kontrollkästchen wird das Signal auch in Zug- und LZB-Fahrstraßen mit eingebunden, wenn es vom Typ Rangiersignal ist. Ein Anwendungsfall sind Gleissperrsignale bei deutscher Signalechnik.

Signal enthält Bahnübergangssteuerung: Dieses Kontrollkästchen aktiviert ein Zählwerk für das angekoppelte Signal, näheres siehe beim Thema Bahnübergang in [Kapitel 5.3.3.4](#).

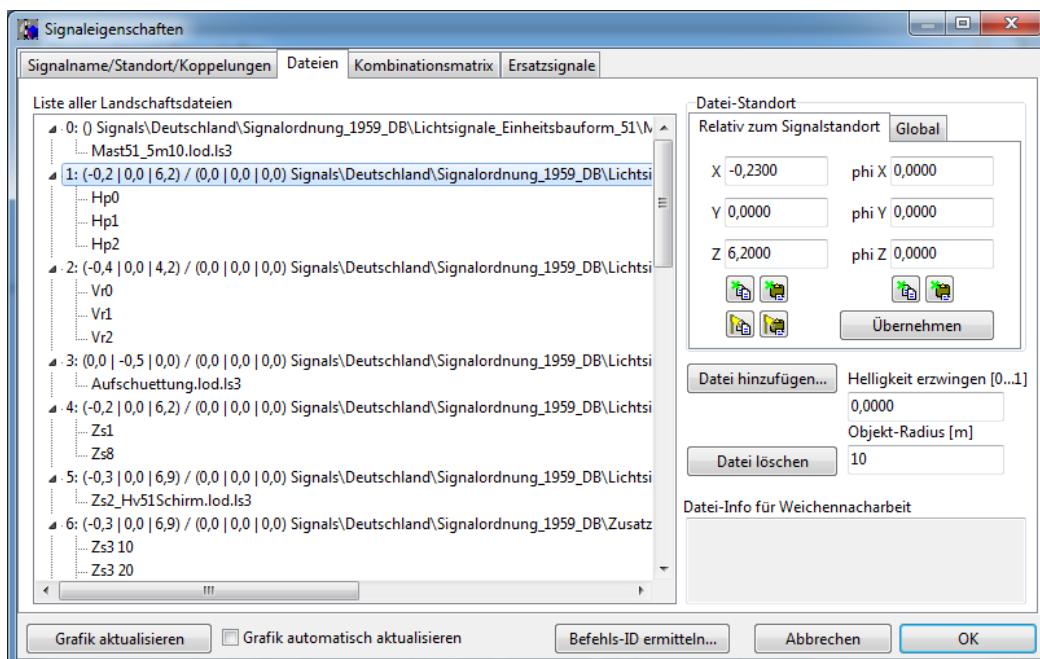
Kennlichtschaltung mit Nachfolgesignal/Vorgängersignal: Diese Kontrollkästchen sind zu setzen, wenn zusätzliche überlappende Fahrstraßen zur Umsetzung z.B. von Kennlichtschaltungen eingerichtet werden sollen. Weitere Ausführungen finden sich in den Anwendungsbeispielen der Signale.

Reisendarstellung: Die Option ist bei Signalen anzuklicken, die Reisende auf Bahnsteigen ansteuern, siehe [Kapitel 5.3.3.5](#)

Hochsignalisierung: Die Option ist bei Signalen anzuklicken, die mit Hochsignalisierung geschaltet werden können, siehe [Kapitel 5.3.1.11.6.17](#)

Gekoppeltes Signal: Hier kann über Modul und Referenznummer ein weiteres Signal definiert werden, welches beim Stellen dieses Signals ebenfalls mitgestellt wird. Es wird dabei dieselbe Position in der Signalmatrix angesteuert.

5.3.1.11.3 Registerkarte „Dateien“



Liste aller Landschaftsdateien: Hier werden alle Dateien aufgeführt, aus denen die-

ses Signal besteht. Sind im Signal Animationen definiert, so sind diese unterhalb des Dateinamens aufgeführt, sonst wird nur der Dateiname wiederholt.

Datei-Standort: Beim Anklicken eines Eintrags werden die Koordinaten rechts in die Eingabefelder übernommen und können bearbeitet werden. Setzen der neuen Werte geschieht durch den Schalter „Übernehmen“. Die Angaben in der ersten Registerkarte sind relativ zum Signalursprung im lokalen Koordinatensystem des Signals angegeben. Die Werte in der zweiten Registerkarte sind ins globale Koordinatensystem transformiert, um eine Signaldatei direkt an einen Ort setzen zu können, dessen Lage nur in globalen Koordinaten bekannt ist. „Übernehmen“ in der Registerkarte „Global“ transformiert die Werte passend zurück ins lokale System bezüglich Signaleinbaukoordinaten.

Von 0/0/0 abweichende Koordinaten werden direkt in der Baumansicht links mit angezeigt.

Datei hinzufügen: Eine weitere ls3-Datei kann am Ende der Liste angehängt werden.

Datei löschen: Die markierte Datei wird entfernt.

Helligkeit erzwingen: Hiermit kann das Signal dem Einfluss des Sonnenstands entzogen werden (z.B. für Signale im Tunnel). Es wird dann immer mit der selben Helligkeit dargestellt. Weiteres siehe auch [Kapitel 5.4.4.5.2](#).

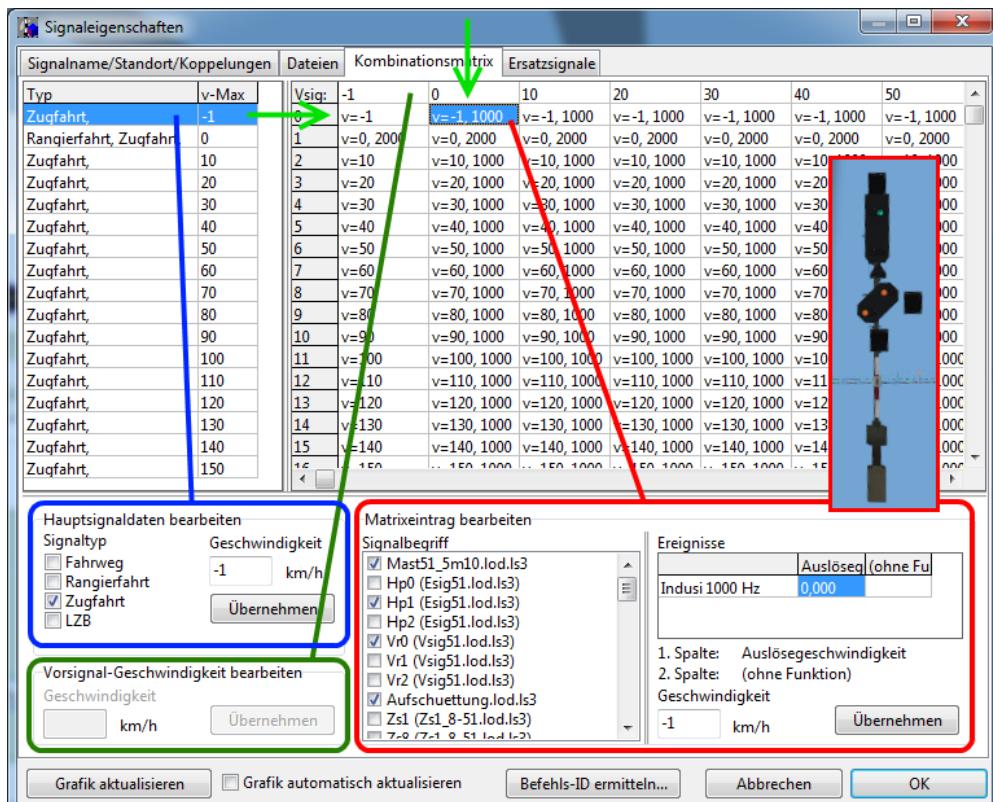
Objekt-Radius: Der Boundingradius des Signals. Er kann über die entsprechende Funktion im Hauptmenü automatisch berechnet werden.

Handweichenbauart: Vorbereitung für Rangierfunktionen.

Handweichengrundstellung: Vorbereitung für Rangierfunktionen.

Datei-Info für Weichennacharbeit: Zu Kontrollzwecken werden hier die Einträge der Weichennacharbeit der aktuell markierten Datei angezeigt.

5.3.1.11.4 Registerkarte „Kombinationsmatrix“



Die Kombinationsmatrix ist das Herz des Signals, hier wird die Schaltlogik festgelegt. Die

Hauptsignalfunktionalität ist senkrecht angeordnet (Typ, v-Max), die Vorsignalfunktionalität waagerecht (Vsigt), bei Mausklick in die Tabellen wird der jeweilige Eintrag unten zur Bearbeitung eingelesen, zum Rücklesen veränderter Daten ist „Übernehmen“ zu drücken. Das ganze ist folgendermaßen zu lesen: Wenn z.B. als Hauptsignalbegriff Zeile 0 (hier die markierte Zeile links; es gilt vMax=-1, also ohne Limit) geschaltet wird, ist die erste Zeile aktiv, man muss dann „über den Schieber rüber lesen“ in die rechte Tabelle (grüner Pfeil). Jetzt kommt als zweiter Aspekt die Vorsignalstellung dazu (also das was das nachfolgende Kombinationssignal anzeigt). Dieses legt fest, welche Spalte aktiv ist. Angenommen, es zeige Halt, also vMax=0 (grüner Pfeil), dann wäre die zweite Spalte aktiv. Im Schnittpunkt der aktiven Zeile und der aktiven Spalte finden wir den aktuell aktiven Eintrag und können unten ablesen, was dann am Signal gilt, nämlich hier: 1000 Hz-Magnet, keine Geschwindigkeitsbegrenzung und die Signaldateien, die nötig sind, um das eingebundene Signalbild darzustellen. Über den Schalter „Grafik aktualisieren“ kann die Signalgrafik im 3D-Editor in diesen Zustand gebracht werden, so dass sich das Signalbild sofort optisch kontrollieren lässt.

Hauptsignaldaten bearbeiten: Hier werden die Daten der linken Spalte beim Anklicken zum Bearbeiten eingelesen. Zum Rücklesen veränderter Daten ist „Übernehmen“ zu drücken.

Matrixeintrag bearbeiten: Hier werden die Signalbilder aus der Matrix beim Anklicken zum Bearbeiten eingelesen. Die Liste der Ereignisse kann per Kontextmenü erweitert werden. Die Ereignisse sind unabhängig von ihrer Reihenfolge gleichberechtigt. Zum Rücklesen veränderter Daten ist „Übernehmen“ zu drücken.

Vorsignal-Geschwindigkeit bearbeiten: Hier wird die Vorsignalgeschwindigkeit aus der oberen waagerechten Liste beim Anklicken zum Bearbeiten eingelesen. Zum Rücklesen veränderter Daten ist „Übernehmen“ zu drücken.

In der Matrix-Tabelle werden die Geschwindigkeit und der Zahlenwert der Ereignisse direkt angezeigt, um einen schnellen Überblick zu bekommen, die anderen Infos werden erst beim Anklicken unter „Matrixeintrag bearbeiten“ sichtbar.

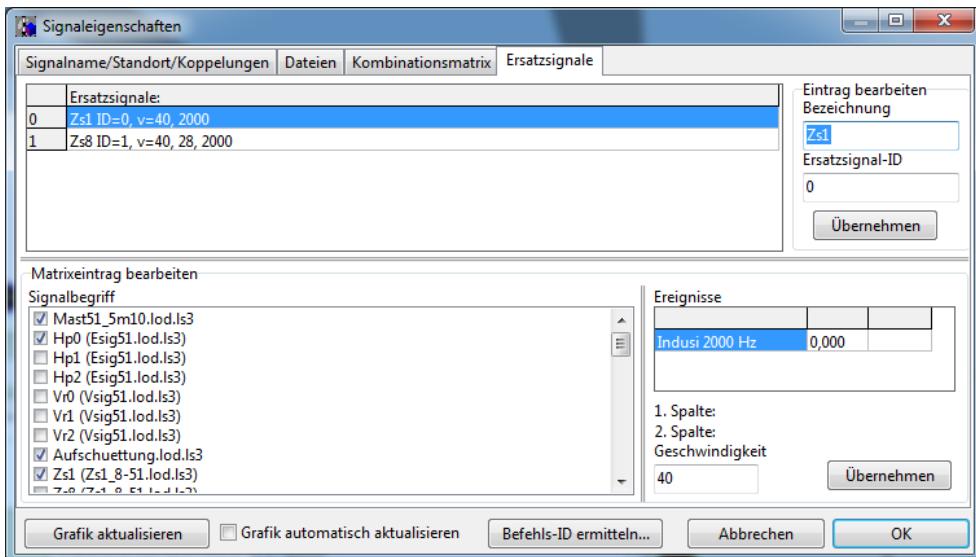
Etwas verwirrend ist wohl zunächst der doppelt vorhandene Eintrag für die zulässige Geschwindigkeit, einmal in der linken Tabelle bei v-Max und dann noch einmal in jedem Matrixeintrag. Der Eintrag links gibt an, was der nachfolgende Gleisabschnitt strecken-technisch hergibt, der Eintrag in der Matrix kann dann diese streckentechnisch mögliche Geschwindigkeit in Abhängigkeit des Vorsignals (also des nachfolgenden Hauptsignals) ändern. Für alle Signale, die keine Mehrabschnittsfunktion haben, sind diese beiden Geschwindigkeitsangaben identisch, so wie in diesem Fall (links steht -1, also steht in der ganzen Zeile -1). Die für den Zug gültige Geschwindigkeit ist immer die in der Matrix, die Angabe in der v-Max-Spalte bekommt der Zug nicht zu Gesicht.

In der Matrix gibt es per rechter Maustaste die benötigten Funktionen zur Bearbeitung der Matrixeinträge. Ein weiteres Popup-Menü gibt es bei der Auswahl der Signalbegriffe. Mit diesem lässt sich ein Signalbegriff mit einem Klick in der gesamten gerade gewählten Zeile/Spalte aktivieren/deaktivieren.

Wie man die Möglichkeiten der Kombinationsmatrix praktisch anwendet, wird in den folgenden Kapiteln anhand diverser Beispiele erläutert.

5.3.1.11.5 Registerkarte „Ersatzsignale“

Zusätzlich zu den regulären Signalbegriffen können Ersatzsignale definiert werden, die im Störungsfall zum Einsatz kommen können. Die möglichen Ersatzsignale sind in der Tabelle oben aufgeführt:



Beim Anklicken eines Eintrags werden dessen Daten zum Bearbeiten in die verschiedenen Eingabefelder eingetragen. Zum Rücklesen veränderter Daten ist „Übernehmen“ zu drücken.

Eintrag bearbeiten: Bezeichnung des Signals und eine ID. Die ID ist für jeden Typ (Zs1, Zs7, Zs8 usw.) innerhalb des Signalsystems eindeutig festzulegen, was bei Benutzung der Standardbibliotheken automatisch gegeben sein sollte.

Signalbegriff: Auswahl der anzuzeigenden Dateien/Animationen

Ereignisse: Auszulösende Ereignisse; die Liste der Ereignisse kann per Kontextmenü erweitert werden. Die Ereignisse sind unabhängig von ihrer Reihenfolge gleichberechtigt.

Geschwindigkeit: Die am Signal zulässige Geschwindigkeit.

Über den Schalter „Befehls-ID ermitteln“ kann die Konfigurationskennung für einen einzublendenden Befehl generiert werden, weiteres im [Kapitel 5.3.1.14](#).

5.3.1.11.6 Anwendungsbeispiele

Zur Verdeutlichung der Möglichkeiten und praktischen Anwendung folgen jetzt diverse typische Anwendungsbeispiele. Die endgültige Funktionalität ergibt sich erst im Zusammenhang mit der Erstellung der Fahrstraßen.

Um zu überprüfen, ob Zusi das Signal wie gewünscht erkennt, kann der Streckenstrukturbau aufgerufen werden, der den Signaltyp durch das entsprechende Symbol kennzeichnet.

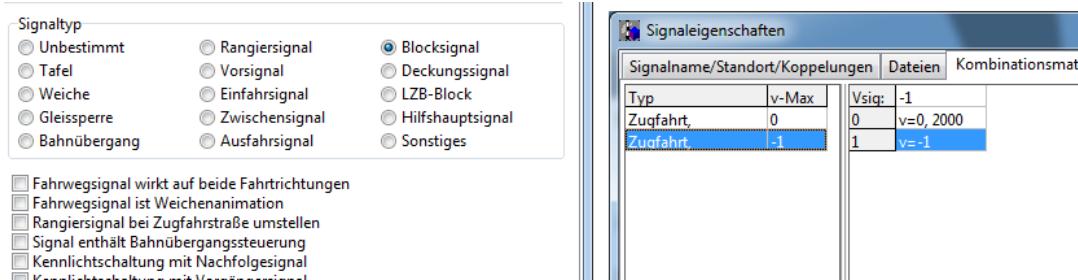
Die Beispiele zeigen Anwendungsfälle aus dem deutschen Bahnbetrieb, die ggf. auf andere Systeme übertragen werden können.

Die Signale sollten bei Verwendung der Bibliotheken im Normalfall automatisch korrekt gebaut werden. Die folgenden Abschnitte sind also vor allem zum Verständnis und ggf. zur Kontrolle und Fehlersuche gedacht.

5.3.1.11.6.1 Hauptsignal alleinstehend

Charakteristisch für das Hauptsignal ist eine Matrix mit mindestens zwei Zeilen mit den Typen Zugfahrt und ggf. LZB. Eine Zeile muss Halt ($v\text{-Max}=0$) und die andere eine Geschwindigkeit angeben; die Vsig-Geschwindigkeit wäre -1. Die Matrix kann deutlich komplexer ausfallen, wenn mehrere Fahrtbegriffe möglich sind (weitere Zeilen).

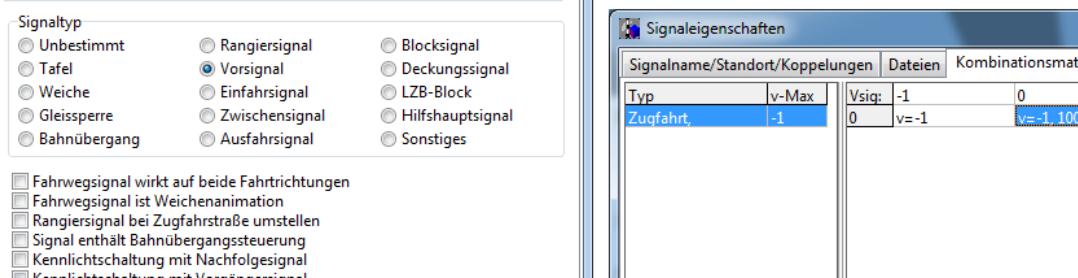
Als Typ ist Einfahr-, Ausfahr-, Zwischen- oder Blocksignal angegeben. Kontrollkästchen für besondere Funktionen sind nicht aktiv. Das folgende Bild zeigt die charakteristischen Einstellungen:



5.3.1.11.6.2 Vorsignal alleinstehend

Charakteristisch für das Vorsignal ist eine Matrix mit mindestens zwei Spalten und einer Zeile mit den Typen Zugfahrt und ggf. LZB. Eine Spalte muss Halt ($v\text{-Max}=0$) und die andere eine Geschwindigkeit angeben; die Hsig-Geschwindigkeit ist -1. Die Matrix kann deutlich komplexer ausfallen, wenn mehrere Vorsignalbegriffe möglich sind (weitere Spalten).

Als Typ ist Vorsignal angegeben. Kontrollkästchen für besondere Funktionen sind nicht aktiv. Das folgende Bild zeigt die charakteristischen Einstellungen:



Maßgebend für eine reine Vorsignalfunktion ist die Frage, ob das Signal selbst eine Geschwindigkeitsreduzierung anzeigen kann. Wenn also in der v-Max-Spalte überall -1 steht, dann handelt es sich um ein reines Vorsignal. Die Matrixeinträge werden bei dieser Fragestellung nicht untersucht, Zusi entscheidet die Frage allein aufgrund der Einträge in der linken v-MaxSpalte. Man darf bei einem reinen Vorsignal in der rechten Tabelle keine Werte für v-Max eintragen, wenn in der linken v-Max-Spalte nur -1 steht (diese Einschränkung gilt nur beim reinem Vorsignal - genaugenommen ist es keine Einschränkung, ein anderer Eintrag hat dort schlichtweg keinen Sinn). Ebenfalls keinen Sinn würde eine weitere Zeile in der Matrix haben, ein Vorsignal hat also immer eine einzeilige Matrix (der Umkehrschluß gilt nicht: Ein einzeilige Matrix muss nicht automatisch reines Vorsignal sein, entscheidend ist die -1 in der vMax-Spalte).

5.3.1.11.6.3 Kombiniertes Haupt- und Vorsignal

Stehen Haupt- und Vorsignal am selben Standort, so ergibt sich eine Kombination aus den beiden zuvor erläuterten Fällen. Hier wird der einfachste Fall dargestellt, bei dem Haupt- und Vorsignal nur Fahrt und Halt zeigen können. Es gibt also vier mögliche Zustände, wobei bei „Halt“ am Hauptsignal immer das gleiche Signalbild eingestellt wird, unabhängig von der Vorsignalstellung.

Typ	v-Max	Vsig:	v=
Zugfahrt,	-1	0	v= -1, 1000
Zugfahrt,	0	1	v= 0, 2000

Als Typ wird das entsprechende Hauptsignal gewählt, da es die größere Relevanz als das Vorsignal besitzt.

5.3.1.11.6.4 Rangiersignale

Rangiersignale sind grundsätzlich wie Hauptsignale eingerichtet, aber in der Matrix ist als Typ Rangierfahrt angegeben und auch bei „Signaltyp“ sollte „Rangiersignal“ angeklickt sein. Im Normalfall besteht die Matrix aus zwei Einträgen für Halt und Fahrt (hier mit 25 km/h).

Typ	v-Max	Vsig:	v=
Rangierfahrt,	-1	0	v= 25
Rangierfahrt,	0	1	v= 0

Soll es – wie beispielsweise deutsche Gleissperrsignale – auch bei einer Zugfahrstraße auf Fahrt gestellt werden, so ist das Kontrollkästchen „Rangiersignal bei Zugfahrstraße umstellen“ zu aktivieren. Bei einem deutschen Wartesignal würde dieses Kontrollkästchen nicht gesetzt.

5.3.1.11.6.5 Rangiersignale als Fahrstraßenabschluß

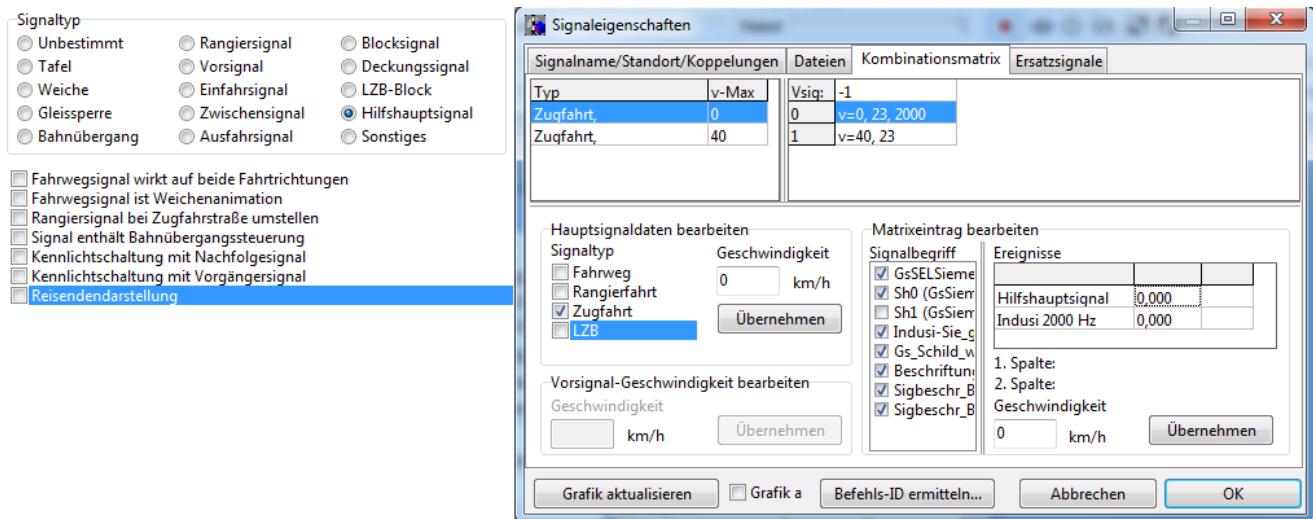
Soll ein Sperrsignal nicht nur für Rangierfahrten gelten, sondern auch als Abschluß einer Zugfahrstraße dienen, von der aus es aber nur per Rangierfahrt weitergeht, so ist folgende Konfiguration einzubauen (hier mit 2000 Hz-Magnet):

Typ	v-Max	Vsig:	v=
Rangierfahrt,	-1	0	v= 25
Rangierfahrt, Zugfahrt.	0	1	v= 0

5.3.1.11.6.6 Sperrsignal als Behelfseinfahrtsignal

In Deutschland gibt es Sperrsignale, die hilfsweise die Funktion eines Einfahrtsignals am Gegengleis wahrnehmen. Betrieblich gesehen erfüllen sie also die Funktion eines Hauptsignals. Die Matrix muss konfiguriert werden wie bei einem Hauptsignal, ergänzt um das

Ereignis 23 „Hilfshauptsignal“, damit die Fahrstraßenroutinen keine normalen Zugfahrstraßen zu diesem Signal erzeugen.



5.3.1.11.6.7 Hauptsignal mit Rangiersignalfunktion

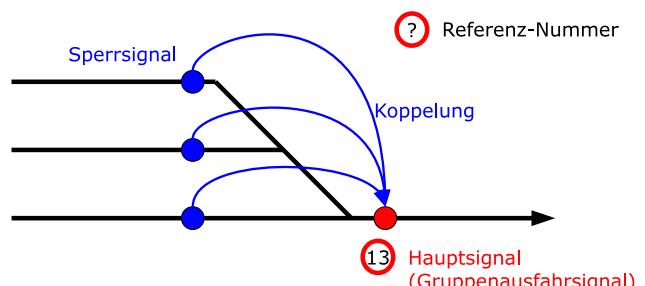
Soll ein Hauptsignal auch für Rangierfahrten gelten (wie in Deutschland), so muss die Rangierfunktion mit in das Hauptsignal integriert werden. Die Zeile für vMax=0 muss also auch für Rangierfahrten gelten und für die Rangierfunktion muss eine eigene Zeile eingerichtet werden.

Signalname/Standort/Koppelungen		Dateien	Kombinationsmatrix	Ersatzsignale
Typ	v-Max	Vsig:		
Zugfahrt,	0	-1		
Rangierfahrt, Zugfahrt,	0	0	v=0, 2000	
Rangierfahrt,	-1	1	v=40, 2000	

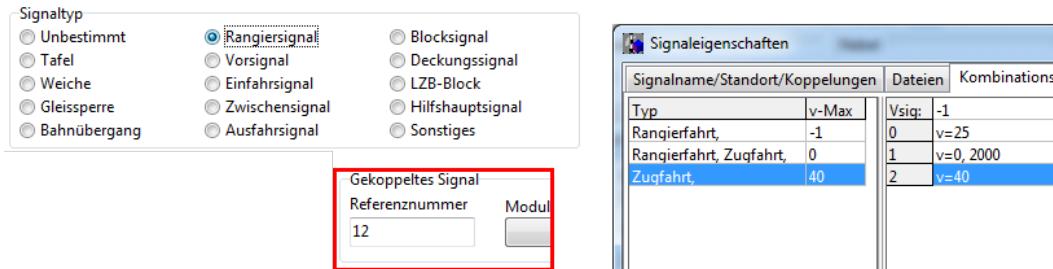
Einfahrtsignale benötigen die Rangierfunktion eigentlich nicht, da an ihnen keine Rangierfahrstraßen beginnen. Allerdings stört der Eintrag auch nicht weiter, und durch eine einheitliche Ausrüstung der Signalbibliotheken wird die Variantenvielfalt etwas reduziert.

5.3.1.11.6.8 Gruppenausfahrtsignal

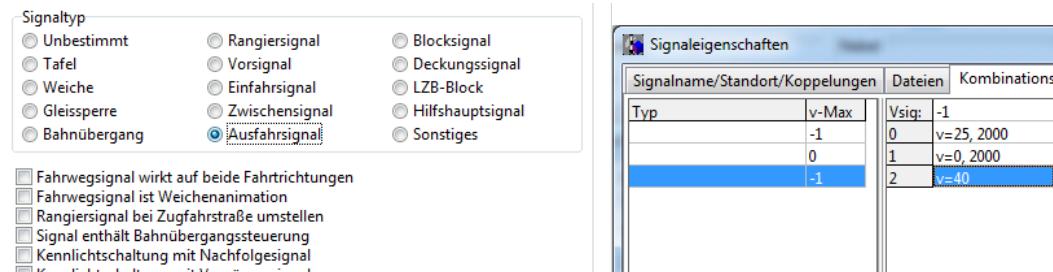
Gruppenausfahrtsignale bestehen aus Sperrsignalen an jedem Gleis und einem gemeinsamen Hauptsignal nach dem Zusammenlauf der Gleise. Die Zugfahrstraße beginnt dabei am Sperrsignal und geht über das Gruppenausfahrtsignal hinweg bis zum nächsten Hauptsignal. Die standardmäßigen Signale müssen daher wie folgt verändert werden, um eine automatische Generierung der Fahrstraßen zu ermöglichen. Das Sperrsignal muss Hauptsignalfunktionalität erhalten (da Beginn der Zugfahrstraße) und das Gruppenausfahrtsignal muss ohne Hauptsignalfunktionalität eingerichtet werden, da sonst eine Zugfahrstraße vom Sperrsignal zum Gruppenausfahrtsignal eingerichtet würde. Die zunächst aus der normalen Signalbibliothek erstellten Signale sind also im Nachgang wie folgt zu modifizieren:



Beim Sperrsignal muss ggf. das Kontrollkästchen „Rangiersignal bei Zugfahrstraße umstellen“ entfernt werden, und das Sperrsignal bekommt je eine Zeile für Rangier- und eine für Zugfahrt und koppelt das Gruppenausfahrtsignal mit an (hier Referenz-Nummer 13):

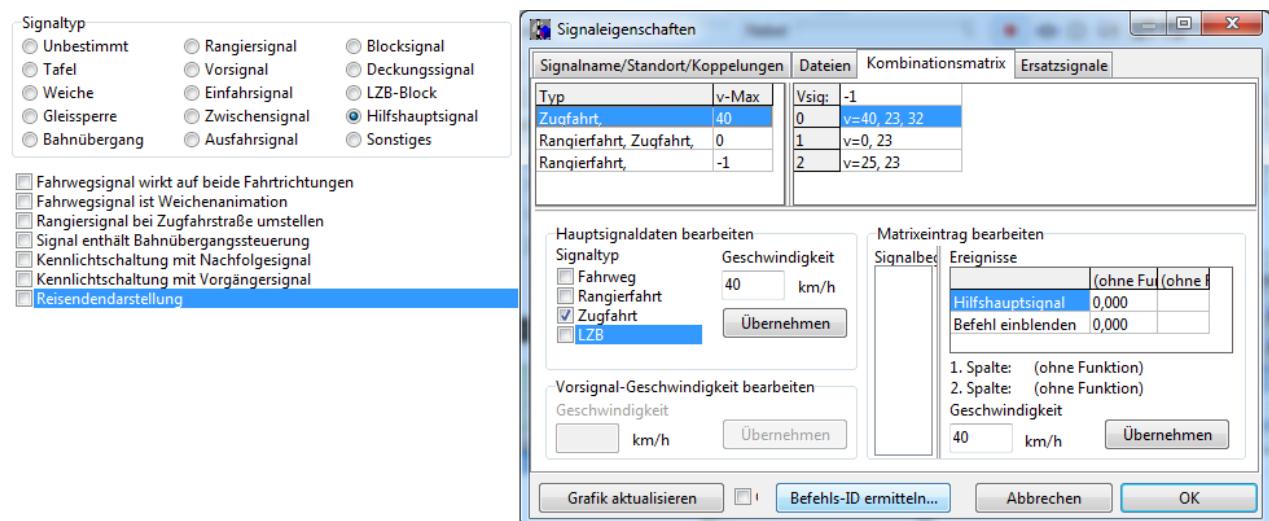


Das Gruppenausfahrtsignal wird unspezifisch konfiguriert. Wichtig ist der identische Aufbau der Kombinationsmatrizen, da bei der Koppelung immer dieselben Zeilen angesteuert werden. Zur Rangierfahrt am Sperrsignal (jeweils Zeile 0) muss das Gruppenausfahrtsignal also das Signalbild „Halt“ mit 2000 Hz-Magnet zeigen. Zur Zugfahrt am Sperrsignal muss es „Fahrt“ zeigen (jeweils Zeile 2):



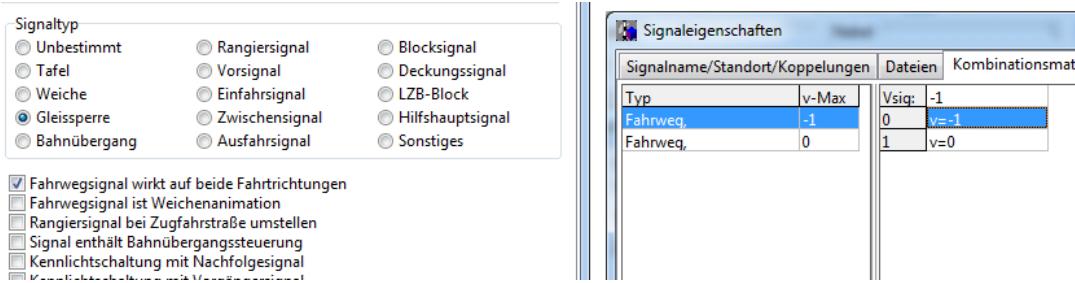
5.3.1.11.6.9 Hilfshauptsignale

Beim Vorbild können auch Zugfahrten in und aus Gleisen stattfinden, an denen kein Hauptsignal steht, was dann aber nur mit Befehl o.ä. möglich ist. Zur Umsetzung dieser Funktionalität in Zusi gibt es unsichtbare Hilfshauptsignale, die so konstruiert sind, dass die Fahrstraßen gleich automatisch passend konfiguriert werden. Zur Definition dieses speziellen Signaltyps muss in den Matrixeinträgen das Ereignis 23 „Hilfshauptsignal“ gesetzt sein und auch der Signaltyp sollte als Hilfshauptsignal gekennzeichnet werden.



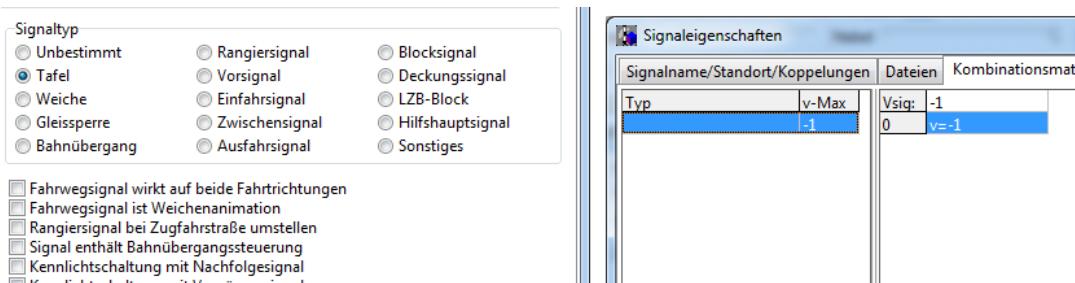
5.3.1.11.6.10 Gleissperre

Eine Gleissperre ist ein Fahrwegsignal (es muss für jede Fahrbewegung auf dem Gleis umgestellt werden) und soll in beide Fahrtrichtungen wirken. Folgende Einstellungen sind vorzunehmen:



5.3.1.11.6.11 Signatafel

Statische Tafeln (Vorsignalbaken, Geschwindigkeitstafeln usw.) werden als Tafel gekennzeichnet und erhalten eine „leere“ Matrix. Stellwerk, Betriebsstelle und Signalname sollten leer bleiben, schließlich gehören diese Signale technisch und logisch nicht zu einem Stellwerk. Bei Geschwindigkeitstafeln kann in der Matrix ggf. ein Ereignis für die Zugbeeinflussung gesetzt werden, als Geschwindigkeit ist aber -1 zu setzen, solange es sich um die Streckengeschwindigkeit handelt, da diese ja im Element hinterlegt ist.

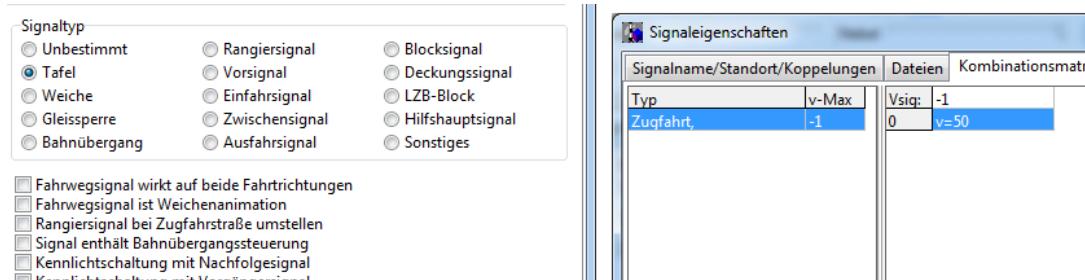


5.3.1.11.6.12 Geschwindigkeitssignal

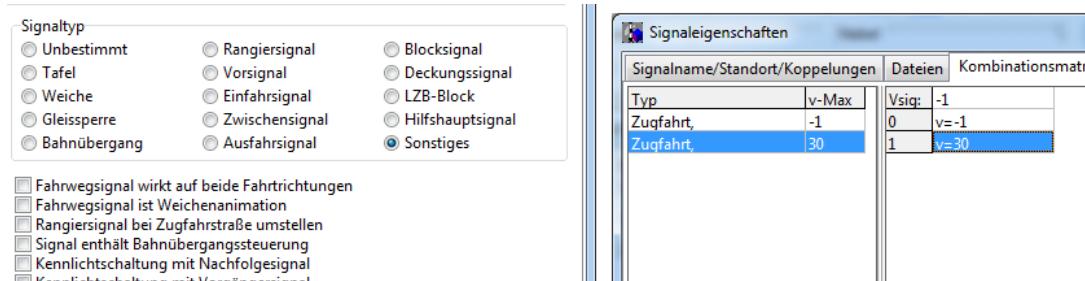
Hiermit sind alleinstehende Signale gemeint, die kein Hauptsignal sind, aber trotzdem eine Signalgeschwindigkeit mitteilen. Im deutschen System wären das Lf 2, Lf 3, alleinstehendes Zs 3 sowie Zs 10. Nicht darunter fallen Lf 4, Lf 5, Lf 6 und Lf 7, da diese keine Signal- sondern die Streckengeschwindigkeit gemäß Buchfahrplan anzeigen und somit nur eine sowieso in der Strecke angegebene Geschwindigkeitsinformation grafisch anzeigen.

Um als Geschwindigkeitssignal erkannt zu werden, muss der Signaltyp „Zugfahrt“ angegeben sein, und es darf keine Zeile mit vMax=0 vorhanden sein (dann wäre es ein Hauptsignal) und außerdem darf nur eine Spalte in der Matrix vorhanden sein, schließlich ergibt eine Vorsignalfunktion hier keinen Sinn.

Es folgt ein Beispiel für ein Lf 2-Signal (vorübergehende Langsamfahrstelle) für 50 km/h. Eine feststehende Zs 3-Tafel wird identisch aufgebaut. Das Lf 3-Signal (Ende der vorübergehenden Langsamfahrstelle) sieht ebenfalls gleich aus bis auf die Geschwindigkeit in der Matrix (-1 statt 50 km/h).

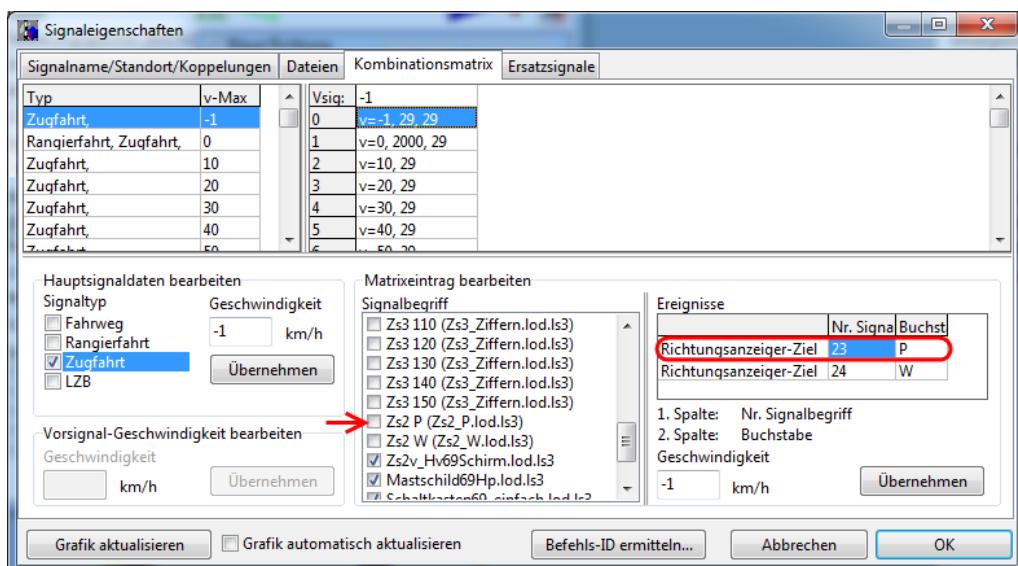


Unten ein Beispiel für ein schaltbares Geschwindigkeitssignal, wie in Deutschland z.B. ein alleinstehendes Zs 3 als Lichtsignal. Es enthält also weitere Zeilen für alle darstellbaren Geschwindigkeiten, wobei 0 km/h nicht dabei sein darf, da es dann ein vollwertiges Hauptsignal wäre. Beim Erstellen der Fahrstraßen wird die passende Geschwindigkeit nach dem auch sonst üblichen Prinzip anhand der Geschwindigkeitssereignisse ausgewählt. Die Grundstellung (das wird meist ein dunkles Signalbild sein) ist die erste Zeile, da die sonst als Grundstellung identifizierte Zeile mit vmax=0 hier nicht vorhanden ist.

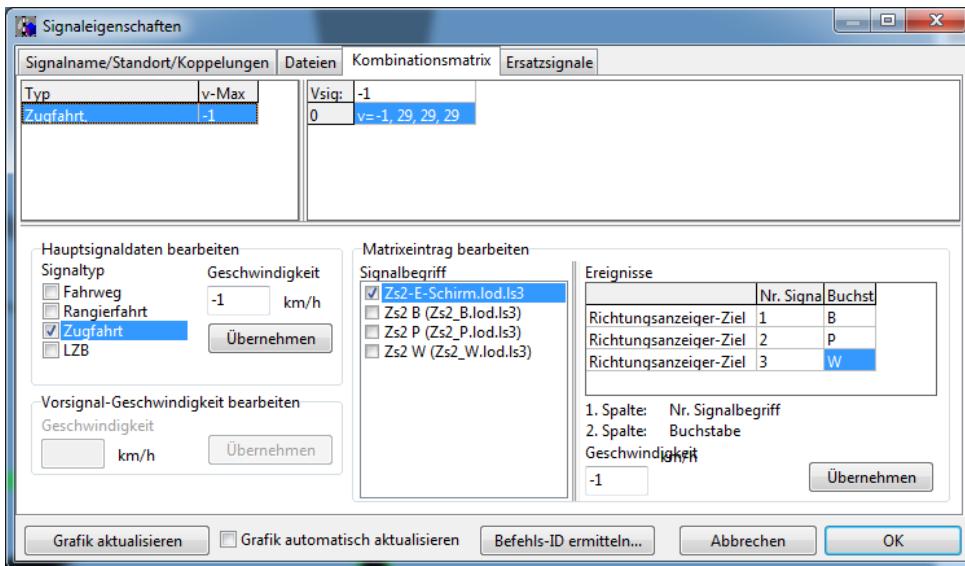


5.3.1.11.6.13 Richtungs(vor)anzeiger, Gleiswechselanzeiger

Fahrtrichtungsanzeiger, -voranzeiger und Gleiswechselanzeiger können am Hauptsignal und alleinstehend so gebaut werden, dass sie automatisch korrekt eingerichtet werden. Ist der Richtungsanzeiger im Hauptsignal eingebaut, muss in den Matrixeinträgen für jede Richtung (im folgenden Beispiel die Richtungen „P“ und „W“) ein Ereignis „Richtungsanzeiger-Ziel“ hinterlegt sein. Im Zusatzwert des Ereignisses muss die Zeile (Zählung von 0 beginnend) eingetragen werden, in der das zuständige Signalbild hinterlegt ist. Hier im rot umrandeten Fall für das „P“ ist das die Zeile 23 (roter Pfeil). Mit dem so konfigurierten Signal kann die Fahrstraßenerstellung korrekt umgehen.



Steht der Richtungsanzeiger alleine, so ist nur ein Eintrag nötig, wie im folgenden Bild für die Richtungen „B“, „P“ und „W“ dargestellt:



Gleiswechselanzeiger und Fahrtrichtungsvoranzeiger werden mit den Ereignissen „Kennzeichnung Gegengleis“ und „Richtungsvoranzeiger“ analog eingerichtet.

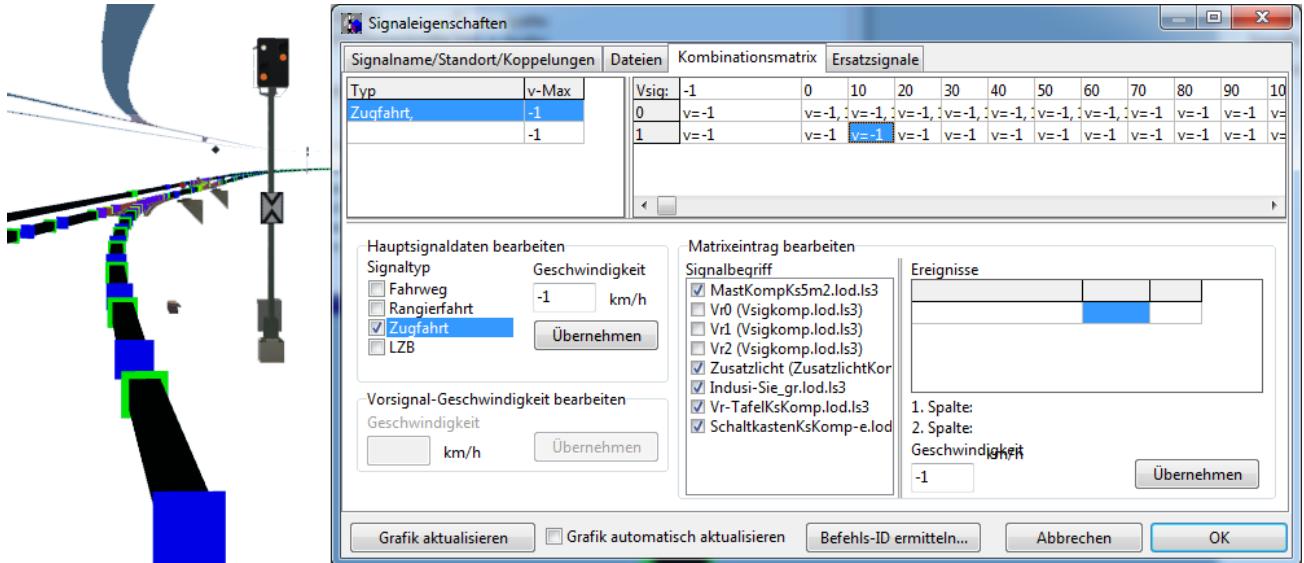
Beim Erstellen der Fahrstraßen wird die Matrix des Signals erweitert, indem aus dem Grundsignalbegriff und der Info zum Index des Zusatzanzeigerbilds eine weitere Zeile/Spalte in der Matrix generiert wird.

Ein Sonderfall ist die Situation, dass zwischen Richtungsvoranzeiger und -anzeiger eine Modulgrenze liegt. Die Fahrstraßenroutine kann dann mangels Schreibzugriff auf das Nachbarmodul den Voranzeiger nicht einrichten. Das Signal muss dafür entweder manuell passend konfiguriert werden oder es muss einmalig im selben Modul wie das Hauptsignal aufgebaut werden, damit die Automatik die notwendigen Änderungen an der Matrix durchführen kann. Anschließend kann das Vorsignal als signal.xml-Datei abspeichert, wieder abgerissen und im Nachbarmodul am endgültigen Standort aus der signal.xml-Datei wieder geladen werden.

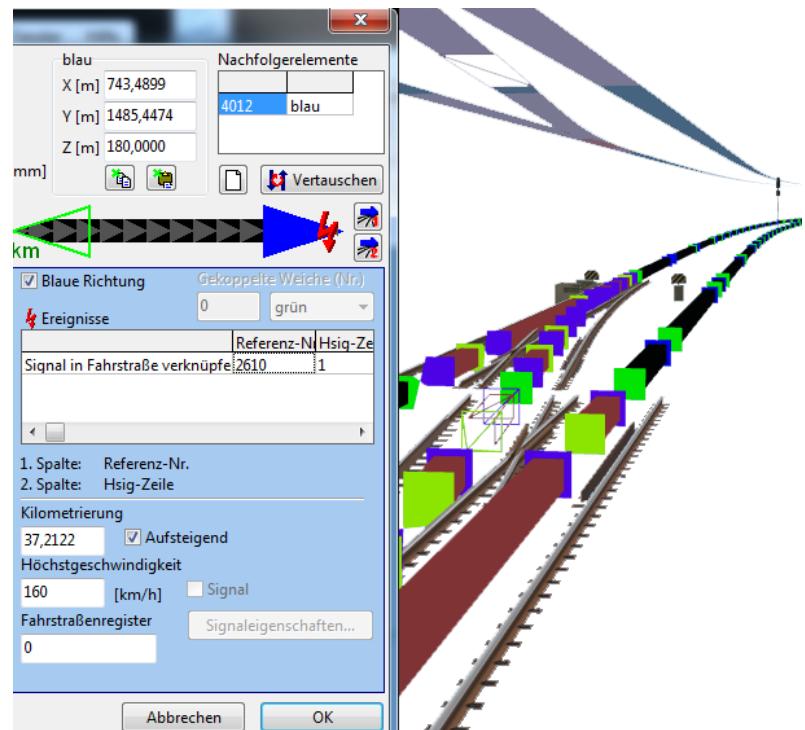
5.3.1.11.6.14 Vorsignal mit Dunkelschaltung

Ein alleinstehendes Vorsignal kann je nach Fahrweg dunkelgeschaltet werden (nur ein Kennlicht leuchtet), wenn es für die eingestellte Fahrstraße keine Bedeutung hat, weil auf dem Weg kein Hauptsignal folgt. Das lässt sich folgendermaßen umsetzen:

Beim Vorsignal wird eine zusätzliche Zeile eingefügt, die in sämtlichen Matrixfeldern das auf Kennlicht geschaltete Signal darstellt.



An einer Stelle im Fahrweg, die zur Dunkelschaltung korrespondiert (die also nur dann überfahren wird, wenn das Signal dunkelgeschaltet werden soll), wird ein Ereignis „Signal in Fahrstraße verknüpfen“ gesetzt. Als Referenznummer muss die des Vorsignals angegeben werden und als Zeile die 1, da hier ja in Zeile 1 des Vorsignals die dunkle Darstellung eingerichtet wurde. Im folgenden Bild soll das Vorsignal bei Fahrt ins Gegengleis dunkelgeschaltet werden, so dass als Standort ein Streckenelement in der Überleitung ins Gegengleis gewählt wurde.



5.3.1.11.6.15 Kennlichtschaltungen

Die Funktionen zur Kennlichtschaltung ermöglichen die automatische Erzeugung alternativer, parallel liegender Fahrstraßen auf demselben Gleistrang. Welche Fahrstraße im Simulator gewählt werden soll, kann im Fahrplan des Zuges festgelegt oder dem Zufall überlassen werden. Zum Verständnis ist ggf. zunächst das nachfolgende Kapitel zu den Fahrstraßen zu lesen. Um alle Signalkonstruktionen gebündelt darzustellen, werden die Kennlichtschaltungen aber bereits hier erklärt. Eine typische Anwendung sind die in Deutschland üblichen Kennlichtschaltungen, wobei diese Funktionalität natürlich auch für andere Umsetzungen als nur für Kennlichtschaltungen benutzt werden kann. Es soll so nur ein einfach zu merkender Begriff für diese Funktionalität eingeführt werden.

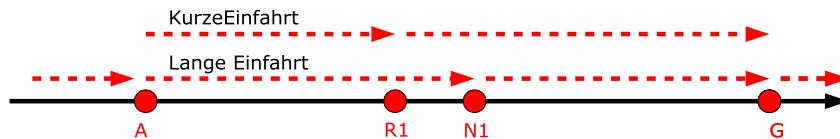
Die Steuerung bei der Erzeugung der Fahrstraßen erfolgt über die Kontrollkästchen „Kennlichtschaltung mit Nachfolgesignal“, „Kennlichtschaltung mit Vorgängersignal“ und Hauptsignalbegriffe mit der Geschwindigkeit -2. Die Einstellungen bewirken folgendes:

Kennlichtschaltung mit Nachfolgesignal: Wenn bei der Analyse des Streckennetzes zur Erstellung der Fahrstraßen ein Signal mit dieser Einstellung angetroffen wird, dann wird die bis hierhin aufgebaute Fahrstraße (wie bei jedem anderen Signal auch) abgeschlossen und eingetragen, aber zusätzlich eine zweite Fahrstraße über dieses Signal hinaus bis zum nächsten Signal aufgebaut und in dieser zweiten Fahrstraße das mittlere Signal mit dem Kennlichtbegriff (vMa=-2) in die Fahrstraße aufgenommen.

Kennlichtschaltung mit Vorgängersignal: Wenn ein Signal mit dieser Einstellung bei der Analyse angetroffen wird, dann wird die aufgebaute Fahrstraße abgeschlossen und eingetragen, wenn sie zuvor bereits ein Signal mit „Kennlichtschaltung mit Nachfolgesignal“ aufgenommen hatte. Hat sie vorher nicht so ein Signal aufgenommen, dann wird dieses Signal mit Kennlicht in die Fahrstraße eingetragen und die Fahrstraßenanalyse fortgesetzt.

Ereignis „Signal-Geschwindigkeit“ in der Signalmatrix: Jede an diesem Signal endende Fahrstraße zeigt an ihrem Startsignal die hier angegebene Geschwindigkeit, egal ob Kennlichtschaltungen beteiligt sind oder nicht

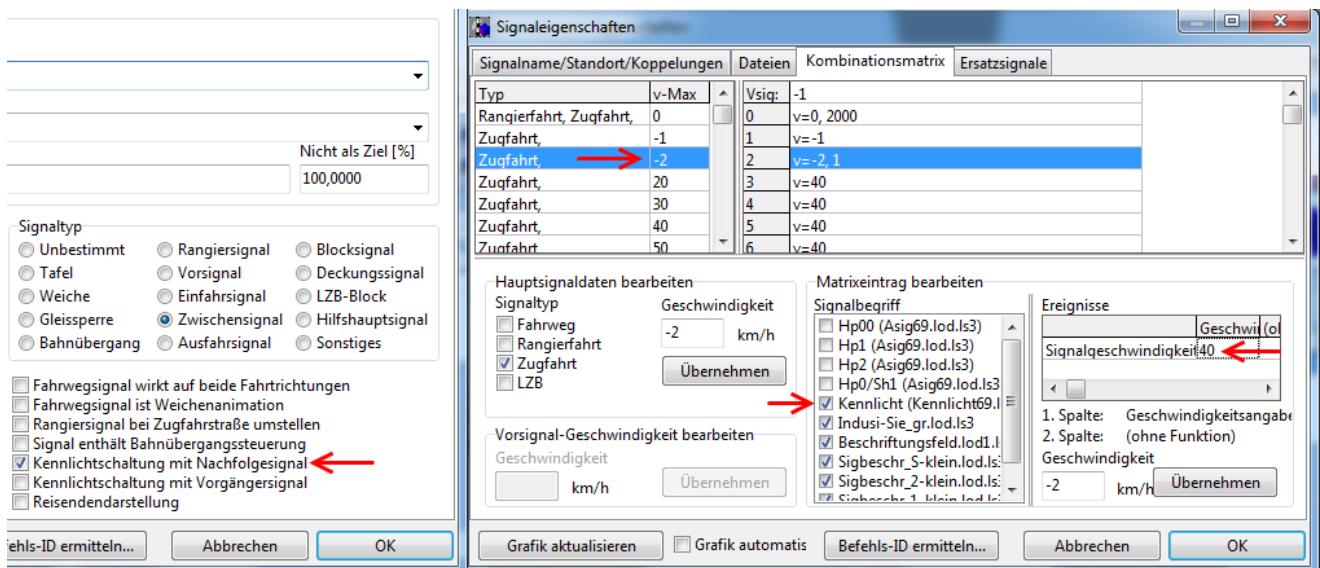
1.) Lange/kurze Einfahrt: Das folgende Beispiel zeigt einen typischen Anwendungsfall:



Vom linken Einfahrtsignal A aus kann wahlweise eine sogenannte „kurze Einfahrt“ zum Signal R1 oder eine „lange Einfahrt“ zum etwas weiter hinten liegenden Signal N1 gestellt werden. Die kurze Einfahrt kann z.B. sinnvoll sein, wenn der Durchrutschweg hinter dem Signal N1 durch andere Zugfahrten blockiert ist und unser Zug kurz genug ist, um trotzdem am Bahnsteig stehen zu können. Beim Vorbild ist für die kurzen Einfahrten wegen des kürzeren Bremswegs oft eine niedrigere Geschwindigkeit ab dem Signal A vorgesehen. Für die Ausfahrt zum nachfolgenden Bahnhof (rechtes Einfahrtsignal G) ist eine Fahrstraße von R1 bis G nötig, wobei N1 dann betrieblich abgeschaltet ist und nur Kennlicht zeigt. Entsprechend zeigt R1 bei der langen Einfahrt Kennlicht. Folgende Konfiguration ist nötig, wobei nur die Signale R1 und N1 zu modifizieren sind, während die Signale A und G in Standardkonfiguration verbleiben:

Signal R1:

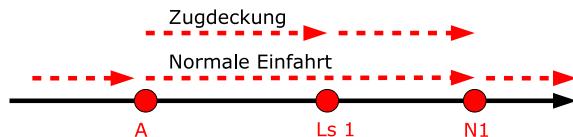
- Kontrollkästchen „Kennlichtschaltung mit Nachfolgesignal“ aktivieren
- Eine Zeile mit der v-Max -2 in der Signalmatrix erzeugen, welche für den Kennlichtfall benutzt wird
- Irgendwo in einem beliebigen Feld in der Signalmatrix einmal das Ereignis „Signalgeschwindigkeit“ mit einem Geschwindigkeitswert eintragen, wenn das Signal A für diese Fahrstraße eine abweichende Geschwindigkeit anzeigen soll, die sich nicht aus den in den Strecken-Elementen hinterlegten Geschwindigkeiten ergibt (im folgenden Bild die 40 km/h im markierten Matrixfeld – Für die Fahrstraße zum Signal R1 würde am Signal A also 40 km/h signalisiert).



Signal N1:

- Kontrollkästchen „Kennlichtschaltung mit Vorgängersignal“ aktivieren
- Eine Zeile mit der v-Max=-2 in der Signalmatrix erzeugen, welche für den Kennlichtfall benutzt wird

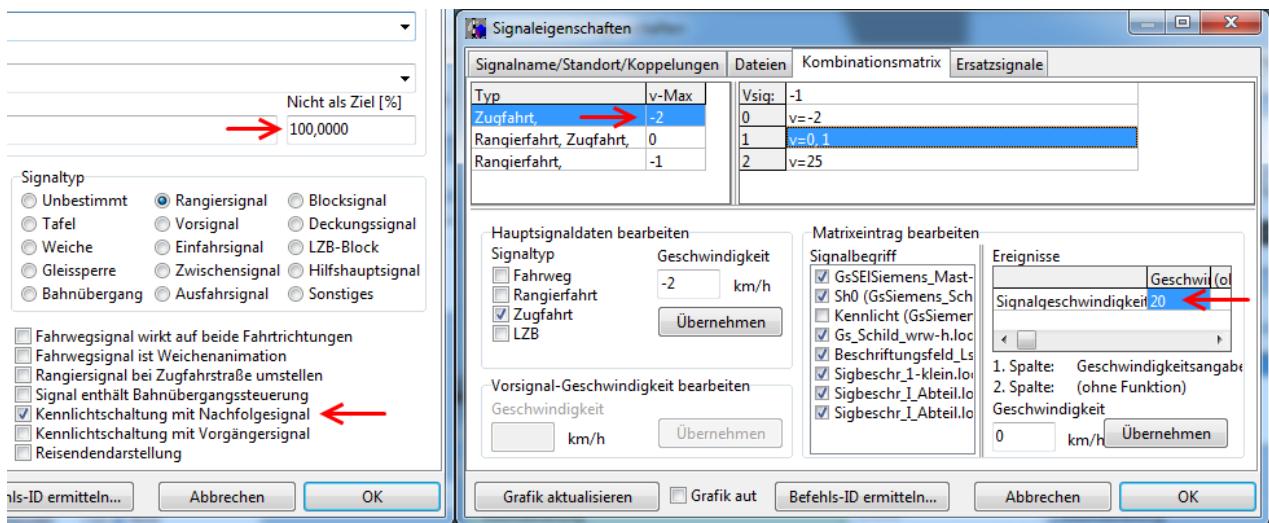
2.) Zugdeckungssignal: Die folgende Anordnung kann für Zugdeckungssignale oder andere Schaltungen benutzt werden, bei denen keine gegenseitige Überlappung der Fahrstraßen nötig ist. Mit Zugdeckungssignalen lassen sich z.B. Bahnsteige in mehrere Abschnitte unterteilen, wobei eine Einfahrt zum Zugdeckungssignal (hier Ls 1 genannt) typischerweise mit 20 km/h erfolgt und dann zwischen Ls 1 und N1 ein weiterer Zug stehen kann.



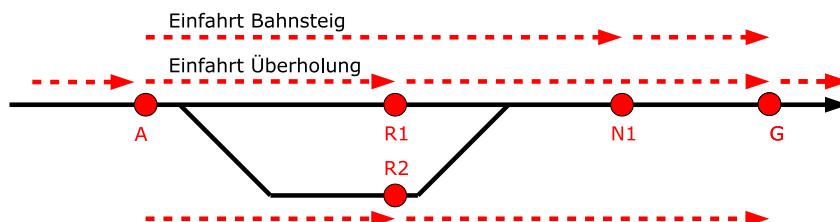
Angepaßt werden muss nur das Signal Ls 1, während A und N1 in Standardkonfiguration bleiben.

Signal Ls 1:

- Kontrollkästchen „Kennlichtschaltung mit Nachfolgesignal“ aktivieren
- Eine Zeile mit der v-Max=-2 in der Signalmatrix erzeugen, welche für den Kennlichtfall benutzt wird
- Irgendwo in der Signalmatrix einmal das Ereignis „Signalgeschwindigkeit“ mit einer Geschwindigkeit eintragen, wenn das Signal A für diese Fahrstraße eine abweichende Geschwindigkeit anzeigen soll, die sich nicht aus den in den Strecken-Elementen hinterlegten Geschwindigkeiten ergibt (im folgenden Bild 20 km/h).
- Den Wert „Nicht als Ziel“ auf 100% setzen, damit nicht jeder durchfahrende Zug eine Fahrstraße mit 20 km/h zum Zugdeckungssignal erhält. Für Züge, die tatsächlich auf Zugdeckung fahren sollen, muss die Fahrstraße dann im Fahrplan explizit ausgewählt werden.



3.) Nachgelagerter Bahnsteig: Bei der folgenden Anordnung liegt vor dem Signal N1 ein Bahnsteig, während das Ausweichgleis vorgelagert ohne Bahnsteig liegt. Ein zur Überholung anstehender Zug fährt zum Signal R2. Wenn er Ausfahrt erhält, wird die Fahrstraße zur nächsten Betriebsstelle (Signal G) gestellt, und N1 zeigt Kennlicht. Für einen direkt zum Bahnsteig fahrenden Zug zeigt R1 Kennlicht. Wenn ein Zug im durchgehenden Hauptgleis überholt werden soll, wird die Fahrstraße von A zum Signal R1 gestellt. Ausfahrt erfolgt dann direkt zum Signal G bei Kennlicht an N1.



R1 und N1 werden wie im Beispiel 1.) „kurze/lange Einfahrt“ eingerichtet. R2 bleibt in Standardkonfiguration.

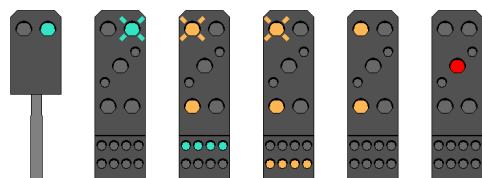
Soll eine der überlappenden Fahrstraßen im Regelfall nicht benutzt werden, so kann das über die Einstellung „Nicht als Ziel“ in den Signaleigenschaften des Zielsignals beeinflusst werden.

5.3.1.11.6.16 Bahnübergang

Bahnübergänge werden über eine recht komplexe Signalanordnung realisiert. Es gibt zur Einrichtung eine eigene Funktion „Strecke erstellen → Bahnübergang einbauen“, Kapitel 5.3.3.4, bei deren Dokumentation auch das Verfahren mit Beispielen ausführlich erläutert wird.

5.3.1.11.6.17 Hochsignalisierung

Bei der typischen Anwendung dieser Funktion wird der Zug über mehrere Blöcke auf ein Haltsignal heruntergebremst, weil die Bremswege zu kurz wären, wenn es direkt von der Höchstgeschwindigkeit auf Halt ginge. Ein Beispiel zeigt die folgende Skizze anhand des HI-Systems: Es gilt Freie Fahrt - 100 km/h



- 60 km/h - 40 km/h - Halt. Wenn das Haltsignal umspringt, springen auch die vorliegenden Signale in den nächsthöheren Begriff, der Lokführer kann also auf Signale zufahren, die plötzlich von einem Fahrtbegriff in einen höheren umspringen.

Hinsichtlich der Schaltlogik bedeutet es, dass ein Hauptsignal in die Abhängigkeit des nächsten Hauptsignals gebracht werden muss, was über die Signalmatrix umgesetzt werden kann, da das nachfolgende Hauptsignal in der Matrix durch die Vsig-Geschwindigkeit repräsentiert wird. Im Gegensatz zum Standardsignal wird in der Matrix eine abweichende Geschwindigkeit eingetragen, wie es im nebenstehenden Bild zu sehen ist. Wenn also das Signal für einen Fahrweg ohne abzweigende Weichen geschaltet wird (Zeile mit $v=-1$), dann wird je nach Vorsignalspalte -1, 40, 60 oder 100 km/h wirksam.

Signaleigenschaften							
Signalname/Standort/Koppelungen		Dateien	Kombinationsmatrix	Ersatzsignale			
Typ	v-Max	Vsig:	-1	0	40	60	100
Zugfahrt, -1	0	v=-1		v=40	v=60	v=100	v=-1
Zugfahrt, 0	1	v=0		v=0	v=0	v=0	v=0

Zur Verdeutlichung der Fall der HI-Signale im Detail, die Betrachtung erfolgt von hinten nach vorne: Das letzte Signal hat den Fahrweg in den nächsten Block geschaltet, ohne dass eine streckentechnische Beschränkung vorliegt ($v\text{-Max}=-1$, erste Zeile aktiv), das folgende - hier nicht mehr sichtbare - Hauptsignal zeigt Halt, also steht die Vorsignalfunktion unseres Kombinationssignals auf 0 km/h (zweite Spalte), im Schnittpunkt der Matrix (magenta-farbener Kreis) findet sich $v\text{Max}=40$. Die am Signal gültige Geschwindigkeit ist also 40 km/h mit dem dargestellten Signalbegriff. Diese 40 km/h werden an das vorliegende Signal

Signaleigenschaften							
Signalname/Standort/Koppelungen		Dateien	Kombinationsmatrix	Ersatzsignale			
Typ	v-Max	Vsig:	-1	0	40	60	100
Zugfahrt, -1	0	v=-1	v=40	v=60	v=100	v=-1	
Zugfahrt, 0	1	v=0	v=0	v=0	v=0	v=0	v=0

Signaleigenschaften							
Signalname/Standort/Koppelungen		Dateien	Kombinationsmatrix	Ersatzsignale			
Typ	v-Max	Vsig:	-1	0	40	60	100
Zugfahrt, -1	0	v=-1	v=40	v=60	v=60	v=100	v=-1
Zugfahrt, 0	1	v=0	v=0	v=0	v=0	v=0	v=0

Signaleigenschaften							
Signalname/Standort/Koppelungen		Dateien	Kombinationsmatrix	Ersatzsignale			
Typ	v-Max	Vsig:	-1	0	40	60	100
Zugfahrt, -1	0	v=-1	v=40	v=60	v=60	v=100	v=-1
Zugfahrt, 0	1	v=0	v=0	v=0	v=0	v=0	v=0

Signaleigenschaften							
Signalname/Standort/Koppelungen		Dateien	Kombinationsmatrix	Ersatzsignale			
Typ	v-Max	Vsig:	-1	0	40	60	100
Zugfahrt, -1	0	v=-1	v=40	v=60	v=60	v=100	v=-1
Zugfahrt, 0	1	v=0	v=0	v=0	v=0	v=0	v=0

übertragen, womit dort die 40 km/h-Spalte aktiv ist. Im Schnittpunkt der Matrix finden sich jetzt 60 km/h, ab hier gelten also 60 km/h für den Zug. Auf diese Weise wird das System fortgesetzt, bis schließlich Freie Fahrt erreicht wird.

Man beachte, dass alle Signale komplett identisch aufgebaut sind, also auch eine identische Matrix haben. Ausnahme ist natürlich das Vorsignal, das die Strecke einleitet.

Die Umsetzung der Definition und Ansteuerung in Zusi erfolgt in gewohnter Weise über die Fahrstraßen. Im Gegensatz zu den üblichen Fahrstraßen reichen die Fahrstraßen für die Hochsignalisierung rückwärts über das vorgelegene Hauptsignal hinaus, da ja die Vorsignalinformation über mehrere rückwärtige Hauptsignale hinaus gestellt werden muss. Um dieses Verhalten zu steuern, muss bei den betroffenen Hauptsignalen das Kontrollkästchen „Hochsignalisierung“ aktiviert werden. Es hat zwei Funktionen:

1.) Im Editor wird beim Erstellen der Fahrstraßen bei der Suche nach den Vorsignalen des zu untersuchenden Hauptsignals nicht wie sonst am rückgelegenen Hauptsignal abgebrochen, sondern nach weiteren Vorsignalen gesucht. Die Funktion verfolgt dabei die

Matrixgeschwindigkeiten und bricht die Suche selbstständig ab, wenn -1 erreicht wurde. 2.) Während der Simulation wird anhand der Einstellung „Hochsignalisierung“ beim Stellen der Fahrstraße die Zuordnung vom Vorsignal zum geschalteten Hauptsignal auch über ein zwischengelegenes Hauptsignal hinaus geprüft.

Eine Fahrstraße enthält also für jedes rückgelegene Kombinationssignal, das sie als Vorsignalfunktionalität schalten muss, einen Vorsignaleintrag.

5.3.1.11.7 Signalassistent

Die Signalbibliotheken bestehen aus einer Vielzahl von Signalkomponenten signal.xml-Datei), aus denen die verschiedensten Signale zusammenge stellt werden können. Damit die Einstellungen und Anbaukoordinaten der Signalkomponenten korrekt zusammenspielen, kann der Ersteller der Bibliotheken entsprechende Abfragemasken für den Signalassistenten hinterlegen. Der Streckenbauer ruft für ein Signalsystem nur eine Basis-Signaldatei auf und wird anschließend durch die Abfragedialoge geführt.



Bei jedem Signaleinbau werden einmal der Standort und die Bezeichnungen abgefragt (Bild rechts). Bei der Standortabfrage sind je nach Signalsystem Standardeinbauorte hinterlegt und außerdem besteht mit „Individuell“ die Möglichkeit der Eingabe anderer Koordinaten (relativ zum Streckenelement). Ist vor dem Aufruf des Signalassistenten ein Anker markiert, so kann das Signal auf durch Auswahl des entsprechenden Standorts an die Anker-Koordinaten importiert werden.

Das Laden eines Signals erfolgt über die Menüfunktion „Signale laden/speichern“, siehe Kapitel 5.3.3.2.

5.3.1.12 Fahrstraßen

Eine Fahrstraße regelt die Fahrt von einem Signal zum nächsten. Sie definiert die Begriffe der beteiligten Signale, die Stellung der Weichen, die enthaltenen Register und die Signalhaltfall- und Auflösepunkte und wird von den Zusi-Stellwerksfunktionen automatisch gemäß Betriebslage und Fahrplan der Züge eingelegt.

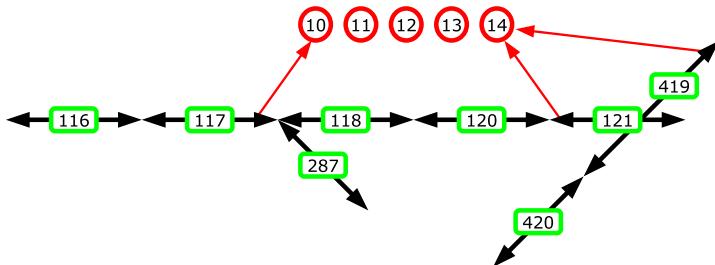
Eine Fahrstraße besteht immer aus mindestens einem Anfangs- und einem Endpunkt, welche beide an einem Signal liegen müssen (Sonderfall Aufgleisfahrstraße ausgenommen). Weiterhin muss hinter dem abschließenden Signal ein Ereignis „Fahrstraße auflösen“ folgen, welches die Fahrstraße bei Überfahrt des Zugendes auflöst. Optional ist ein Ereignis „Signalhaltfall“ nach dem abschließenden Signal, welches zwar bei Überfahrt das vorliegende Signal zurückfallen lässt, nicht aber die Fahrstraße auflöst.

Unter „Abschließende Arbeiten“ gibt es Funktionen, um die Fahrstraßen automatisch erzeugen zu lassen. Voraussetzung sind korrekt aufgestellte Signale und die gesetzten

Ereignisse, die für die Fahrstraßen gebraucht werden („Fahrstraße auflösen“ und ggf. Signalhaltfall“) sowie manuell oder automatisch gesetzte Register. Mehr dazu unter „Abschließende Arbeiten“ in [Kapitel 5.3.4.20](#). Das Ereignis „Vorher keine Fahrstraße“ ist nicht Bestandteil einer Fahrstraße, sondern wird automatisch während der laufenden Simulation ausgewertet. Weiteres zu Fahrstraßen in [Kapitel 5.3.4.15.2](#).

5.3.1.12.1 Registerpunkte

Die Register legen fest, welche Fahrstraßen nicht gleichzeitig gestellt werden dürfen. Das wird nach folgendem Prinzip gemacht: Alle Streckenelemente, die irgendwie fahrstraßenrelevant sind (Weichen, Signale, Kreuzungen) bekommen eine Nummer im Fahrstraßenregister. Wenn zwei Elemente sich gegenseitig fahrstraßentechnisch ausschließen sollen, dann verweisen sie auf dieselbe Registernummer (im Beispiel die Streckenelemente Nr. 121 und 419). Wenn im Beispiel eine Fahrstraße über 420-419 gestellt wird, ist Registerpunkt 14 danach gesperrt und damit kann auch keine Fahrstraße über Element 121 gestellt werden. Es gibt zwei Typen von Registern: Die allermeisten kann der 3D-Editor automatisch berechnen. Diese werden mit Nummern ab 5000 versehen. Von 1 bis 4999 können manuelle Register gesetzt werden, wenn in gewissen Situationen ein Register erforderlich ist, dass nicht automatisch gesetzt wird. Nach Änderungen an der Strecke können also alle Register ab 5000 gelöscht und neu ermittelt werden, ohne dass die Funktion der Strecke beeinträchtigt wird. Die manuellen Register überleben diesen Prozess.



5.3.1.12.2 Funktionalität im Simulator

Soll für einen Zug während der Fahrt im Simulator ein Signal auf Fahrt gestellt werden, so prüfen die Stellwerksroutinen, welche Fahrwege und Fahrstraßen zum Zielsignal führen. Damit eine als geeignet identifizierte Fahrstraße gestellt und damit das Signal auf Fahrt geschaltet werden kann, müssen alle Registerpunkte der Fahrstraße frei sein. Ist das der Fall, werden die in der Fahrstraße hinterlegten Register blockiert, die Weichen und Signale in ihre Position gestellt und der Zug kann die Fahrt fortsetzen. Überfährt er dann in der Fahrstraße hinterlegte Auflösepunkte, wird der bereits befahrene Teil der Fahrstraße wieder freigegeben, also die Signale werden in Grundstellung gebracht und die Register wieder freigegeben.

5.3.1.12.3 Automatische Erzeugung

Die Fahrstraßen können automatisch erzeugt werden (Abschließende Arbeiten) und sollten dann im Normalfall gleich vollständig funktionieren. Sonderfälle können im Nachgang manuell eingebaut werden. Da diese manuelle Nacharbeit aufwendig ist, sollten Strecke und Signale möglichst so gebaut werden, dass der Automatismus sofort das endgültige Ergebnis erzeugt.

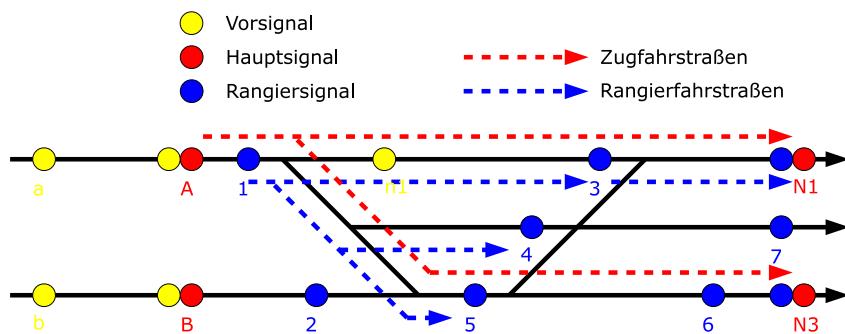
Wenn bei einem Signal die passende Geschwindigkeit nicht vorhanden ist, dann wird nach restriktivem Schema gearbeitet. Es wird also immer die nächst kleinere Geschwindigkeit

gewählt. Auf diese Weise lässt sich z.B. sehr einfach ein 500 Hz-Magnet umsetzen, man braucht nur zwei Einträge, einen für 0 km/h mit 500 Hz-Ereignis und einen für 40 km/h ohne Ereignis. Wenn 40 km/h oder mehr ermittelt werden, wird der Magnet passiv, bei weniger als 40 km/h wird die 0 km/h Spalte aktiv und der Magnet ist scharf. Wird bei Hauptsignalen keine passende oder niedrigere Geschwindigkeit ermittelt, dann wird die nächsthöhere Geschwindigkeit gewählt, da das Signal sonst gar nicht auf Fahrt schalten könnte.

5.3.1.12.4 Fahrstraßentypen

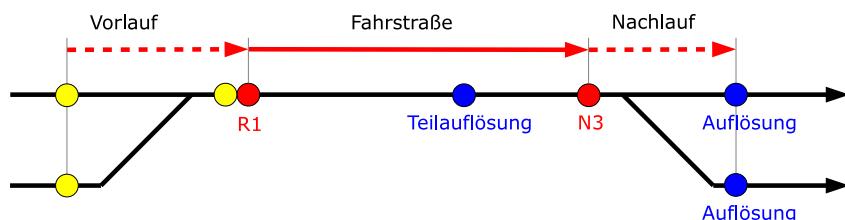
Es gibt drei Ebenen von Fahrstraßen: Rangierfahrten, Zugfahrten und LZB. Diese werden unabhängig voneinander im gesamten Streckennetz erzeugt und in der Simulation je nach Zugtyp benutzt.

An jedem Signal mit hinterlegtem Fahrstraßentyp wird für jedes zum Typ passende Ziel eine Fahrstraße generiert. Im nebenstehenden Bild ist das für das Hauptsignal A dargestellt, von dem aus je eine Zugfahrstraße zu jedem anderen erreichbaren Hauptsignal erstellt wird (rot gestrichelt dargestellt). Die unterwegs liegenden Weichen, Fahrwegsignale und ggf. Rangiersignale sowie die hier nicht dargestellten Register usw. werden in die Fahrstraße aufgenommen, ebenso die rückwärtig liegenden Vorsignale (hier nur das Signal a). Im Normalfall wird nur die Fahrstraße für den ersten Weg zum Zielsignal erstellt. Die Fahrstraße von A über 4 zu N1 würde also nicht erstellt. Auf der Ebene der Rangierfahrstraßen (blau gestrichelt) wird nach demselben Prinzip je eine Fahrstraße von Rangiersignal zu Rangiersignal erstellt. Das Signal N1 hat hier sowohl Haupt- als auch Rangiersignalfunktion und ist daher Zielpunkt einer Zug- und einer Rangierfahrstraße.



Wie sich Haupt- und Rangiersignale definieren, ist im Kapitel zu den Signalen erläutert worden.

Das folgende Bild zeigt noch einmal zur Verdeutlichung den Wirkungsbereich einer Zugfahrstraße. Neben dem Kernbereich von Signal zu Signal (durchgezogener roter Pfeil) werden im Vorlauf die Vorsignale erfaßt (bis zu der Stelle, wo im Vorlauf ein Hauptsignal steht) und im Nachlauf die Ereignisse „Fahrstraßenauflösung“ und auch „Signalhaltfall“. Ob ein Auflöseereignis als Teilauflösung wirkt, hängt von der Lage des Ereignisses ab. Ereignisse zwischen den beiden Signalen wirken als Teilauflösung. Für eine andere Fahrstraße kann dasselbe Ereignis eine andere Funktion haben, so wirkt das im Bild als Teilauflösung arbeitende Ereignis für die von links bis zum Signal R1 fühlende Fahrstraße als Auflösung.



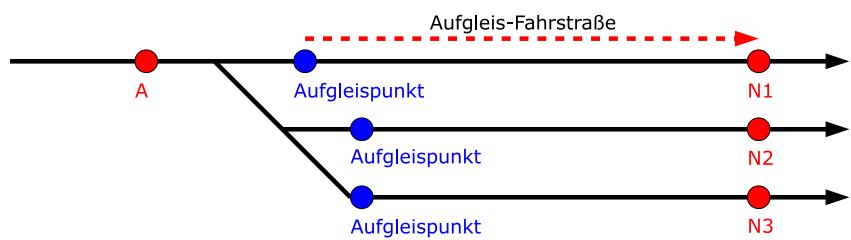
Das Register am Streckenelement des Signals R1 gehört noch nicht mit zur eingezeichneten Fahrstraße. Erst die Register ab dem auf R1 folgenden Streckenelement bis einschließlich dem Streckenelement am Signal N3 gehören zur Fahrstraße.

5.3.1.12.5 Aufgleisfahrstraßen

Zusätzlich werden noch Aufgleisfahrstraßen erstellt. Diese arbeiten nach demselben Prinzip, beginnen aber nicht an einem Signal, sondern an einem als Aufgleiselement gekennzeichneten Streckenelement und reichen bis zum nachfolgenden Signal. Sie sind dafür gedacht, Züge kontrolliert in die Simulation zu setzen und können im Fahrplaneditor als Startfahrstraße ausgewählt werden.

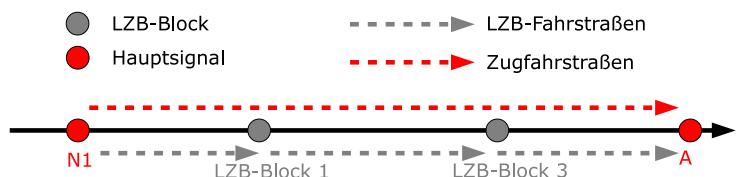
Gegenüber den normalen Fahrstraßen haben sie den Vorteil, dass sie unabhängig von anderen Fahrwegen benutzt werden können. Das nebenstehende Bild zeigt das für eine Aufgleisfahrstraße vor dem Signal N1. Würde man die reguläre Fahrstraße A->N1 zum Aufgleisen benutzen wollen, so geht das immer nur, wenn nicht gerade Fahrstraßen zwischen A und N2 bzw. N3 gestellt sind. Denn ein Zug kann nur aufgeglichen werden, wenn die Register der Aufgleisfahrstraße frei sind. Die hier erzeugte Aufgleisfahrstraße steht aber auch zur Verfügung, wenn gleichzeitig eine Fahrstraße A->N2 gestellt ist.

In der Fahrstraße definierte Weichen und Signale werden so gestellt, wie es beim normalen Stellen einer Fahrstraßen aus der laufenden Fahrt heraus auch geschieht.



5.3.1.12.6 LZB/Teilblock

Der Fahrstraßentyp „LZB“ ist für die Fahrstraßen gedacht, die unter LZB eine engere Blockteilung als die Hauptsignale aufweisen (Teilblock). Diese Technik ist in Deutschland vor allem auf den Schnellfahrstrecken verbaut. Dort gibt es also zusätzliche reine LZB-Blöcke, die an der Strecke nur durch eine Tafel gekennzeichnet sind. Für LZB-geführte Züge ergibt sich somit eine enge Blockteilung, während signalgeführte Züge jeweils nur eine Fahrstraße von Hauptsignal zu Hauptsignal erhalten können. Diese Technik wird in Zusi durch reine LZB-Fahrstraßen umgesetzt, die nur für LZB-geführte Züge benutzt werden. Im Beispiel beginnen am Signal N1 eine normale Fahrstraße zum Signal A und eine LZB-Fahrstraße zum LZB-Block 1. Während der Simulation wird für LZB-geführte vorrangig die Ganzblockfahrstraße gewählt und die LZB-Fahrstraße nur dann gestellt, wenn der Ganzblock belegt ist, soweit dies nicht durch Deaktivierung des defaultmäßig gesetzten Kontrollkästchens in den Simulatoreinstellungen verhindert wird.



Es müssen nur die Signale mit dem LZB-Typ versehen werden, die an diesen Teilblock-Fahrstraßen beteiligt sind. In allen Streckenbereichen, bei denen die LZB- und Signalblöcke identisch sind, funktioniert die LZB auch ohne LZB-Eintrag in den Signalen, indem die normalen Zugfahrstraßen auch für die LZB benutzt werden.

Im gezeigten Beispiel muss die Matrix des Signals N1 wie im nebenstehenden Bild erstellt werden. Wichtig ist die eigene Zeile für den Lzb-Begriff, wobei der zugehörige Signalbegriff ein dunkles Signal darstellen muss: Wird eine Fahrstraße von N1 zum Lzb-Block 1 gestellt, so kann Signal N1 nicht in Fahrtstellung gehen, da nicht der gesamte Block bis zum Signal A belegt wird. Stattdessen wird das Signal N1 in diesem Fall dunkelgeschaltet, um dem Lokführer eine Lzb-geführte Vorbeifahrt am roten Signal zu ersparen.

Signalname/Standort/Koppelungen		Dateien	Kombinationsmatrix	Ersatzsig
Typ	v-Max	Vsig:		
Zugfahrt,	-1	0	v=-1, 1000	
Zugfahrt, Lzb,	0	1	v=0, 2000	v=0, 2000
Lzb,	-1	2	v=-1	v=-1, 2000

Der Lzb-Block selbst enthält nur Lzb- und keine Zugfahrt-Einträge. Die Matrix besteht nur aus je einem Eintrag für Halt und Fahrt wie im zweiten Fall dargestellt. Beim Zielsignal A muss zumindest in der Zeile für Halt (0 km/h) auch der Fahrsträßentyp Lzb aktiv sein, damit das Signal als Ziel der Lzb-Fahrstraße herangezogen wird.

Signalname/Standort/Koppelungen		Dateien	Kombinationsmatrix	Ersatzsig
Typ	v-Max	Vsig:		
Lzb,	0	0	v=0	
Lzb,	-1	1	v=-1	

Die zugehörigen Vorsignale werden ebenfalls dunkelgeschaltet. Dafür muss mit der Geschwindigkeitsvorgabe -2 ein dunkler Eintrag in der Signalmatrix des Vorsignals definiert sein. Zur Erzeugung der Buchfahrplaneinträge sollte man am Streckenelement des Lzb-Bk das Ereignis „Buchfahrplaneintrag“ mit dem Eintrag des Lzb-Bk-Namens vornehmen, da eine automatische Generierung des Eintrags am Lzb-Bk nicht wie bei Hauptsignalen funktioniert. Das Ereignis „Ende Weichenbereich“ ab Zugspitze sollte ebenfalls an diesem Streckenelement gesetzt werden.

Lzb-Bk an einem Standort sollten wie folgt benannt werden: Name der Betriebsstelle z.B. „Lzb-Bk 7/8/107/108“ und die vier Bk (je Richtung einer an Regel- und Gegengleis) erhalten als Signalbezeichnung „Lzb-Bk 7“, „Lzb-Bk 8“ usw. Beim Stellwerk wird der Name des Stellwerks eingetragen, dessen Fahrdienstleiter für diesen Abschnitt zuständig ist.

5.3.1.12.7 Zusatzanzeiger (Richtungs(vor)anzeiger, Gleiswechselanzeiger)

Eine besondere Behandlung erfahren bei der Generierung der Fahrstraßen die Richtungs(vor)anzeiger und Gleiswechselanzeiger. Wie sich diese definieren, ist im Kapitel zu den Signalen erläutert worden. Wird ein entsprechendes Signal angetroffen, verändert die Routine die Signalmatrix, was sie sonst in keinem anderen Fall macht. Hintergrund ist die gewaltige Anzahl an Signalbildvarianten, die sich ergeben würden, wenn man beim Aufstellen des Signals jedes Signalbild mit jeder Art von Zusatzanzeiger kombinieren wollte. Deshalb werden die Informationen über die Zusatzanzeiger zunächst nur in den Ereignissen der Matrix hinterlegt, und die Fahrsträßenerstellung generiert mit Hilfe dieser Informationen im Nachgang die meist nur wenigen nötigen Signalbegriffe zusätzlich.

Am Beispiel des bereits bei den Signalen erläuterten alleinstehenden Richtungsanzeigers wird das Prinzip deutlich: In der Ausgangssituation (im folgenden Bild links) ist nur ein Matrixeintrag mit dem statischen Signalanteil definiert (Zs2-E-Schirm.lod.ls3). Über die Ereignisse ist aber bekannt, in welchen Einträgen sich welche Signalbilder befinden. Wird nun für die Fahrstraße eine Richtungsanzeige W benötigt, so stellt die Routine zunächst fest, dass dafür der statische Anteil plus Zeile 3 (so ist es im Ereignis „Richtung W“ hinterlegt) dargestellt werden muss. Da es das Signalbild „Zs 2 W“ (Zs2W.lod.ls3) plus Zs2-E-Schirm.lod.ls3 noch nicht gibt, wird daher eine neue Zeile mit genau diesen Daten generiert. Im folgenden Fall ist das für P und W passiert. Das B, was der Anzeiger eigentlich auch noch anzeigen könnte, wird nicht benutzt. Der Ursprungseintrag mit

dem statischen Anteil bleibt unangetastet in der Matrix (Zeile 0) erhalten und stellt den ausgeschalteten Grundzustand dar.

Typ	v-Max	Vsig:	Signalbegriff
Zugfahrt,	-1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Zs2-E-Schirm.lod.ls3 Zs2 B (Zs2_B.lod.ls3) Zs2 P (Zs2_P.lod.ls3) Zs2 W (Zs2_W.lod.ls3)
Zugfahrt,	-1	0	<input checked="" type="checkbox"/> Zs2-E-Schirm.lod.ls3 Zs2 B (Zs2_B.lod.ls3) Zs2 P (Zs2_P.lod.ls3) Zs2 W (Zs2_W.lod.ls3)
Zugfahrt,	-1	1	<input checked="" type="checkbox"/> Zs2-E-Schirm.lod.ls3 Zs2 B (Zs2_B.lod.ls3) Zs2 P (Zs2_P.lod.ls3) Zs2 W (Zs2_W.lod.ls3)
Zugfahrt,	-1	2	<input checked="" type="checkbox"/> Zs2-E-Schirm.lod.ls3 Zs2 B (Zs2_B.lod.ls3) Zs2 P (Zs2_P.lod.ls3) Zs2 W (Zs2_W.lod.ls3)

5.3.1.12.8 Zielsignal schalten

Soll ein Signal automatisch bei der Fahrstraßengenerierung so in die Zug- oder LZB-Fahrstraße aufgenommen werden, das es bereits einen von der Grundstellung abweichenden Begriff anzeigen, sobald eine Fahrstraße bis zu diesem Signal gestellt wird, so ist für die zu schaltende Fahrziel-Zeile eine Geschwindigkeit von -999 einzutragen (in den Matrixeinträgen muss natürlich überall 0 stehen, da noch keine Fahrstraße über das Signal hinaus gestellt ist). Das Bild zeigt als Beispiel eine Sh 2-Scheibe, die erscheint, wenn eine Fahrstraße zu dieser Stelle gestellt wird.

Typ	v-Max	Vsig:	Signalbegriff
Zugfahrt,	40	-1	<input checked="" type="checkbox"/> sh_2_tafel.lod.ls3
Rangierfahrt, Zugfahrt,	0	0	<input checked="" type="checkbox"/> sh_2_tafel.lod.ls3
Rangierfahrt,	-1	1	<input checked="" type="checkbox"/> sh_2_tafel.lod.ls3
Zugfahrt,	-999	2	<input checked="" type="checkbox"/> sh_2_tafel.lod.ls3
Zugfahrt,	-999	3	<input checked="" type="checkbox"/> sh_2_tafel.lod.ls3

5.3.1.12.9 Externes Signal schalten

Soll bei der Erstellung einer Fahrstraße ein Signal eingebunden werden, das nicht an dieser Fahrstraße liegt, so kann in einem Streckenelement der Fahrstraße das Ereignis „Signal in Fahrstraße verknüpfen“ hinterlegt werden. Zusätzlich sind die Referenz-Nummer des Signals und die zu schaltende Zeile der Matrix anzugeben.

5.3.1.13 LZB

Die optische Ausrüstung mit LZB-Kabel muss manuell vorgenommen werden, passende Formkurven sind im Lieferumfang.

5.3.1.13.1 LZB-Anfang

Das Ereignis LZB-Anfang ist überall dort einzubauen, wo ein LZB-Bereichskennzeichen steht. Wenn das Zugende dieses Ereignis überfährt, wird der Zug in die LZB aufgenommen. Wenn die LZB bereits aktiv ist, hat das Ereignis keinen Einfluß. Als Parameter muss beim Ereignis das LZB-System angegeben werden, mögliche Werte in genau dieser Schreibweise:

- **LZB72:** klassische LZB

Wird kein Parameter angegeben, gilt LZB72 als Default. Züge werden nur dann aufgenommen, wenn das Fahrzeugsystem kompatibel mit der Streckenausrüstung ist. Weitere LZB-Varianten können später folgen, daher sollte nicht auf den Default gesetzt werden.

5.3.1.13.2 LZB-Ende

Das Ereignis LZB-Ende ist irgendwo nach dem Hauptsignal zu setzen, an dem die LZB-Führung endet. Das LZB-Ende wird dann in der Simulation kurz vor dem Signal erfolgen. Der vielleicht etwas überraschende Standort des Ereignisses hat den Sinn, dass sich hinter dem Signal die Strecke in einen LZB- und einen signalgeführten Strang teilen kann. In diesem Fall muss das Ereignis nach der Weiche im signalgeführten Strang liegen. So wird ein auf dem LZB-Strang fahrender Zug ohne Unterbrechung in der LZB bleiben und auf dem signalgeführten Strang wird der Zug passend vor dem Signal aus der LZB entlassen.

5.3.1.13.3 Teilblöcke

Wie LZB-Teilblöcke eingerichtet werden, ist im [Kapitel 5.3.1.12.6](#) erklärt.

5.3.1.13.4 Ersatzaufträge

Bei den Ersatzsignalen die korrekte Schreibweise zu beachten, damit die Verfahren „Ersatzauftrag“ usw. korrekt gestartet werden. Im Zusi-Signal muss dafür die Bezeichnung „Zs1“, „Zs7“ bzw. „Zs8“ in genau dieser Schreibweise ohne Leerzeichen (und natürlich ohne die Anführungszeichen) als Ersatzsignal definiert sein. Groß-/Kleinschreibung ist allerdings egal.

5.3.1.14 Befehle

Befehle können als eigenes Fenster eingeblendet werden, um schriftliche Befehle oder andere Textbotschaften anzuzeigen. Die Anzeige wird durch in den Streckenelementen und Signalen hinterlegte Ereignisse „Befehl anzeigen“ ausgelöst. Sie werden nur für den selbst gefahrenen Zug angezeigt (auch wenn man mit Autopilot unterwegs ist). Die angezeigte Datei muss im html-Format erstellt sein und wird in einem in Zusi integrierten Fenster des Internet-Explorers angezeigt. Hier wird nur die Anwendung durch den Streckenbauer beschrieben. Die weitergehenden Informationen zum Erstellen eigener Vorlagen sind im Anhang zu finden.

5.3.1.14.1 Konzept

Es gibt zwei Möglichkeiten für die Definition der anzuseigenden html-Datei. Zum einen kann eine fertig definierte Datei unverändert angezeigt werden, zum anderen kann ein allgemeines Formular mit den zur Situation passenden Daten ausgefüllt werden. So mit muss ein bahntypischer Befehlsvordruck nur einmal als Vorlage erstellt werden und kann vom Simulator für jeden Anwendungsfall automatisch ausgefüllt werden. Um das mit größtmöglicher Allgemeingültigkeit gestalten zu können, wird zunächst eine Konfigurationsdatei für jedes Vorschriftenwerk bzw. jede Epoche benutzt, die für verschiedene Anwendungsfälle ein jeweils passendes Formular definiert.

Die Anwendungsfälle (z.B. „Ausfahrt aus dem Bahnhof bei Haltsignal auf das Regelgleis“ oder „Einfahrt in den Bahnhof ohne Signal“) werden durch eine ID codiert, die zusammen mit dem Ereignis in der Strecke zu hinterlegen ist. Der Ersteller der Signalsysteme muss seine ID mit denen in der Konfigurationsdatei abstimmen. Innerhalb der Gültigkeit eines Vorschriftenwerks muss hier also einheitlich gearbeitet werden.

5.3.1.14.2 Aufbau der Befehls-ID

Die Befehls-ID enthält die Informationen über

1. Art der Formular-Grundeinträge
2. Angaben zum Verfahren am Startpunkt
3. Angaben zum Laufweg
4. Angaben zum Verfahren am Zielpunkt

Diese vier Daten werden mit je einem Byte in einer Zahl abgespeichert und zur besseren Lesbarkeit in hexadezimaler Schreibweise dargestellt, mit je einem Byte für Formular, Start, Weg und Ziel (weitere Info siehe Kasten). So lassen sich zahlreiche Kombinationen in einer einzigen Zahl darstellen, theoretisch können bis zu je 255 Varianten für Formular, Start, Weg und Ziel beliebig miteinander kombiniert werden.

So kann z.B. für „Start“ festgelegt werden, ob es sich um eine Ausfahrt aus einem Bahnhof ohne Ausfahrtsignal, Weiterfahrt an einem Abzweig o.ä. handeln soll oder für „Weg“, ob die Fahrt auf dem Gegengleis stattfinden soll.

Info zur Hexadezimal-Schreibweise: Die ID wird intern durch eine ganzzahlige, positive 32bit-Zahl repräsentiert, wobei jeweils 8 bit (=1 Byte oder eine Zahl zwischen 0 und 255) für jeden Eintrag zur Verfügung stehen. Die Struktur wird deutlich klarer, wenn die Zahl statt im üblichen Dezimalsystem (Ziffern 0 bis 9) im Hexadezimalsystem (16er-System mit den Ziffern 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F) gebildet wird (z.B. xFFFFFFFFFF), wobei die unteren beiden blauen Ziffern den Eintrag „Formular“, die nächsten beiden grünen Ziffern den Eintrag „Start“, die roten den Eintrag „Weg“ und die oberen beiden den Eintrag „Ziel“ beinhalten. Um im Text immer gleich zu erkennen, dass eine hexadezimale Schreibweise vorliegt, wird dem Wert in dieser Dokumentation (nicht aber in den Eingabefenstern im Programm) noch ein x vorangestellt. Die Werte für **Formular=xA**, **Start=x5**, **Weg=x0** und **Ziel=x1** ergeben also die ID **x0100050A**.

Die Bytes sind folgendermaßen sortiert:

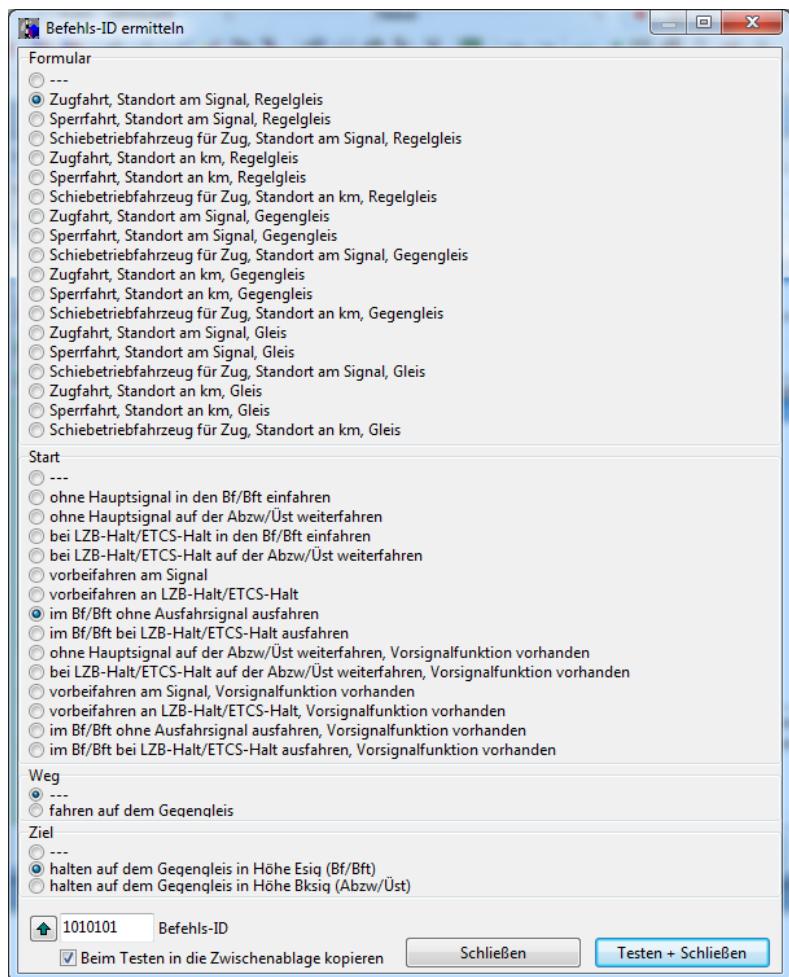
Höchstes Byte		Niedrigstes Byte	
Ziel	Weg	Start	Formular		
Beispiel:					
x1	x0	x5	xA		→ x0100050A

Welches Ergebnis in Form eines ausgefüllten Befehlsvordrucks eine ID liefert, wird in einer Konfigurationsdatei definiert, die für die IDs die Befehlsvordrucke und die Art der Ausfüllung festlegt.

5.3.1.14.3 Anwendung durch den Streckenbauer

Der Streckenbauer muss eine Konfigurationsdatei (*.authority.xml) in den Strecken-Einstellungen festlegen, damit die ID komfortabel in den Signaleinstellungen konfiguriert werden kann. Beim Erstellen des Fahrplans im Fahrsimulator muss die Konfigurationsdatei ebenfalls festgelegt werden. Innerhalb eines Landes sollten die Ersteller der Signale und Befehlsvorlagen die IDs so vergeben, dass sie epochenunabhängig funktionieren. Die Konfigurationsdateien sollten also die Summe aller möglichen Fälle enthalten. Das deutsche System ist z.B. am 2009er Befehlsvordruck ausgerichtet, welches das komplexeste Formular darstellt. Die älteren Vordrucke lassen sich damit ebenfalls korrekt ausfüllen, so dass diese auf derselben Strecke ohne Änderungen in der Streckendatei zum Einsatz kommen können. Umgekehrt hingegen würde der 2009er Befehl nicht immer korrekt ausgefüllt, wenn die Strecke nur anhand einer einfacheren Konfigurationsdatei codiert würde.

Wie der Befehlsvordruck aus der ID einen im jeweiligen Zusammenhang korrekten Befehl erstellt, muss der Streckenbauer im Detail nicht wissen, da sich die ID in lesbare Funktionalität umsetzen lässt. Dafür gibt es in den Signaleigenschaften den Schalter „Befehls-ID ermitteln“, welcher die unterschiedlichen Fälle in einer Auswahloberfläche darstellt. Für jeden der 4 Punkte gibt es eine Auswahlmöglichkeit. Aus der Auswahl ergibt sich die ID. Im nebenstehenden Beispiel wurde gewählt:



Anwendungsfall	Auswahl	Hexadezimalwert
Formular	Punkt 1 („Zugfahrt“)	x1
Start	Punkt 7 („im Bf/Bft ohne Ausfahrtsignal...“)	x7
Weg	Punkt 0 („---“)	x0
Ziel	Punkt 1 („halten auf dem Gegengleis...“)	x1

Gemäß weiter oben erläuterter Byte-Ordnung ergibt sich:

Ziel	Weg	Start	Formular	
x1	x0	x7	x1	→ x01 000701

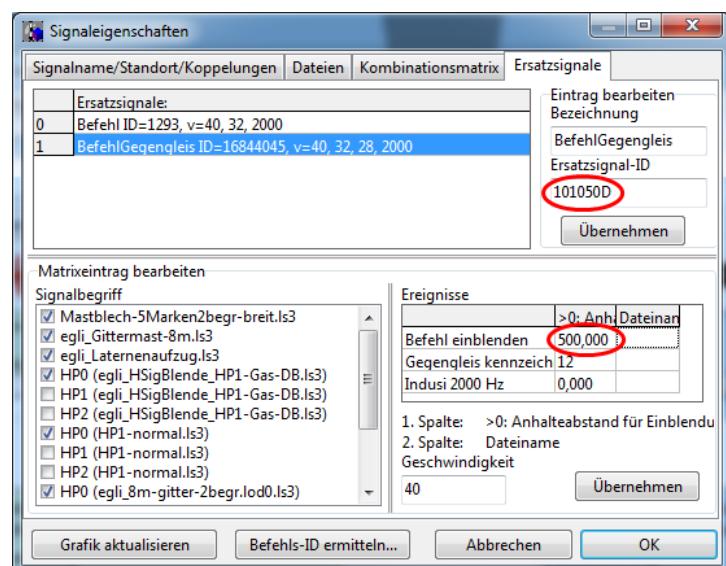
Dieser Wert wird im Formular links unten direkt angegeben. Führende Nullen können selbstverständlich entfallen.

Das entsprechende Formular kann bei „Testen und schließen“ noch zur Kontrolle mit aus gefüllten Standard-Testdaten dargestellt werden. Dabei wird immer das Formular gemäß der Befehls-ID generiert, egal wie oben die Häkchen gesetzt sind. Damit lässt sich auch ein manuell eingegebener Code in einen Testbefehl umsetzen. Der Code wird standardmäßig gleich in die Zwischenablage kopiert und kann dann direkt in die entsprechenden Editor-Felder eingefügt werden (s. nächster Abschnitt).

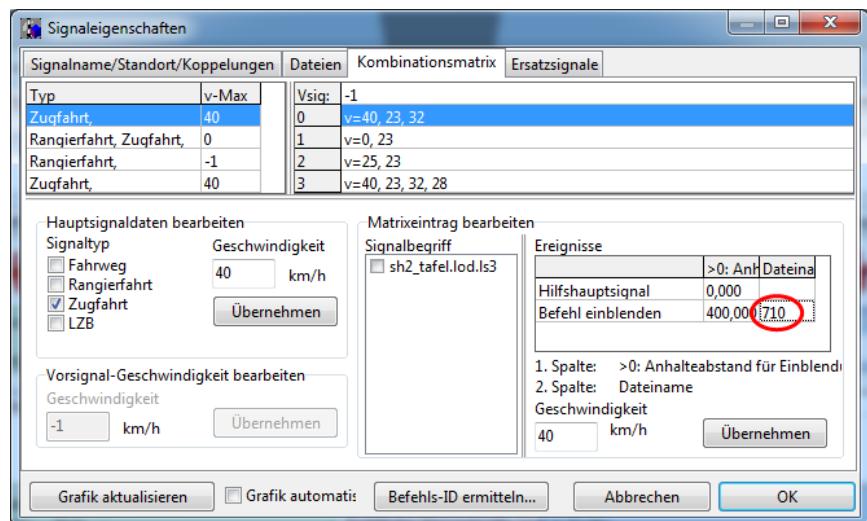
5.3.1.14.4 Ansteuerung der Befehle

Es gibt folgende Möglichkeiten, die Befehle anzuzeigen: Der typische Anwendungsfall wird der Logik eines Ersatzsignals entsprechen. Im dargestellten Fall rechts wäre das bei Zeile 1 die Ersatzsignal-ID x101050D, deren Wert zuvor mit „Befehls-ID ermitteln“ ausgewählt wurde. Mit dieser ID ermittelt Zusi während der Simulation gemäß der Konfigurationsdatei den Vordruck und das Ersetzungsschema und trägt die aktuellen Simulationsdaten in den Befehls vordruck ein (Signaltyp, Signalname, Name der Betriebsstelle usw.).

Beim Ereignis „Befehl einblenden“ ist noch der 2. Wert zu beachten. Dieser legt den Abstand fest, mit dem man maximal vor dem Signal halten darf, damit der Befehl angezeigt wird. Im Beispiel oben muss man also 500 m oder weniger vor dem Signal zum stehen kommen, damit der Befehl angezeigt wird. Bei einem Wert von 0 erscheint der Befehl bereits sofort bei Gültigkeit auch während der Fahrt. Zu beachten ist ein ausreichender Abstand bei der Lage von Bahnsteigen vor dem entsprechenden Signal, so dass der Befehl schon beim Halt am Bahnsteig angezeigt wird. Sonst würde der Lokführer dort ewig warten, da er keinen Hinweis auf die zusi-technisch schon vorliegende Zustimmung Abfahrt erhält.



Für die Fälle, wo ein Befehl außerhalb der Ersatzsignalfunktion angezeigt werden soll, kann die ID über das 2. Feld des Ereignisses definiert werden. Im nebenstehenden Bild soll beispielsweise in der normalen Signalmatrix ein Befehl aktiviert werden. Dafür wird im entsprechenden Feld das Ereignis „Befehl einblenden“ mit 400 (ab 400 m Haltabstand) und der Befehls-ID x0000710 eingebaut.



Soll eine individuelle Datei angezeigt werden, so wird der Dateiname der dafür erstellten html-Datei relativ zum Zusi-Datenverzeichnis anstelle der ID im Ereignis eingetragen.

5.3.1.15 Betriebsstellen

5.3.1.15.1 Regeln für Signalstandorte und Ereignisse

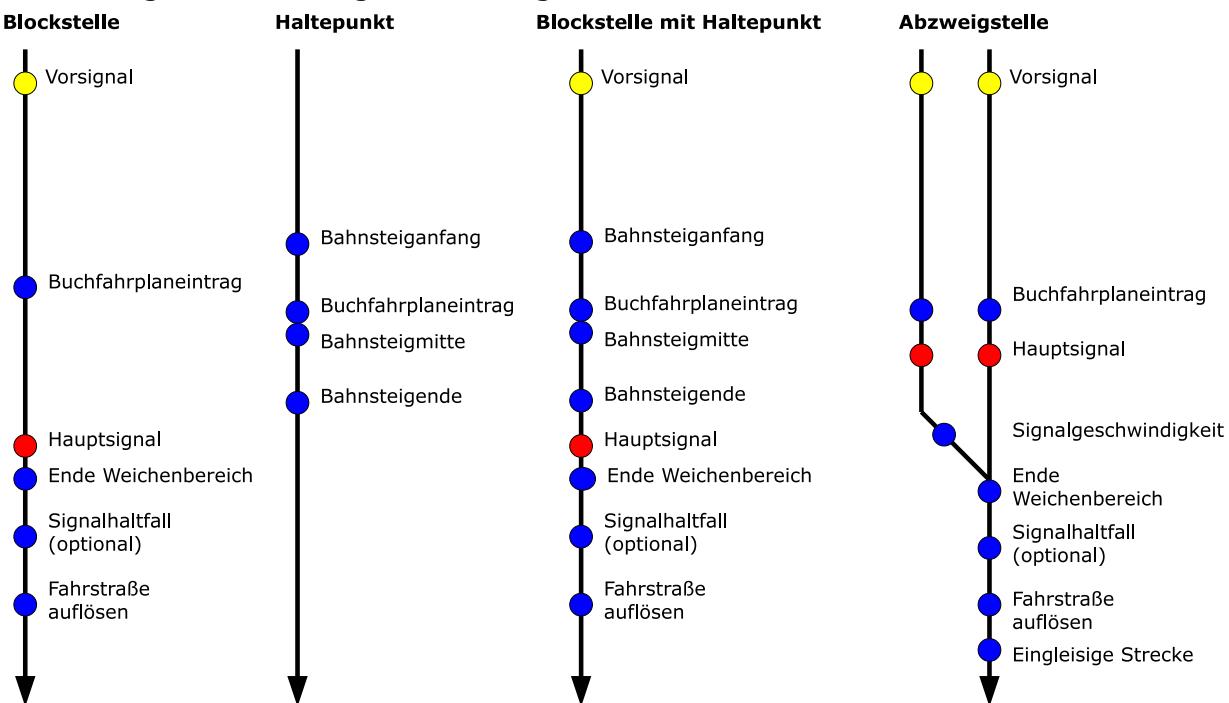
Damit die Betriebsstellen ordnungsgemäß funktionieren, müssen die Signale und Ereignisse nach gewissen Regeln gesetzt werden. Folgendes ist zu beachten:

- Ein Zug muss nach jedem Hauptsignal irgendwo je (mindestens) ein Ereignis „Fahrstraße auflösen“ passieren, damit das zurückliegende Hauptsignal auf Halt fällt und der Gleisbereich wieder für andere Züge freigegeben wird. Es kann vorher bereits das Ereignis „Signalhaltfall“ überfahren werden, was das zurückliegende Signal in Halt zurückfallen lässt, ohne die Fahrstraße freizugeben.
- Ein Zug muss nach jedem Hauptsignal bei Fahrt auf die freie Strecke das Ereignis „Ende Weichenbereich“ passieren, das die durch das Signal angezeigte Geschwindigkeitsbeschränkung aufhebt. Es liegt nach der letzten Weiche, muss aber auch an Blockstellen und anderen Signalen ohne nachfolgende Weiche gesetzt werden, da diese per Ersatzsignal oder Befehl auch eine reduzierte Geschwindigkeit mitteilen können. An Blocksignalen ist es auf das Element zu setzen, das auch das Signal enthält. Ein Eintrag „A“ im Ereignis „Ende Weichenbereich“ bewirkt, dass bereits mit Überfahren der Zugspitze das Ende des Weichenbereichs wirksam wird.
- Soll eine Betriebsstelle oder ein Signal im Buchfahrplan erscheinen, so muss das Ereignis „Buchfahrplaneintrag“ gesetzt werden. Der Wortlaut des Eintrags wird entweder am Ereignis eingetragen oder (wenn dort kein Eintrag vorgenommen wird) aus dem nachfolgenden Hauptsignal ermittelt.
- Die Lage von Bahnsteigen ist durch die drei Ereignisse Bahnsteiganfang, -mitte und -ende zu kennzeichnen. Die Mitte ist ein eigenes Ereignis, um den idealen Halt zu kennzeichnen, der je nach Örtlichkeit nicht unbedingt in der geometrischen Mitte liegen muss. Das Ereignis „Bahnsteigmitte“ sollte also im Bereich des Reisendenzugangs liegen. Weiteres siehe beim Thema Bahnsteigbau.

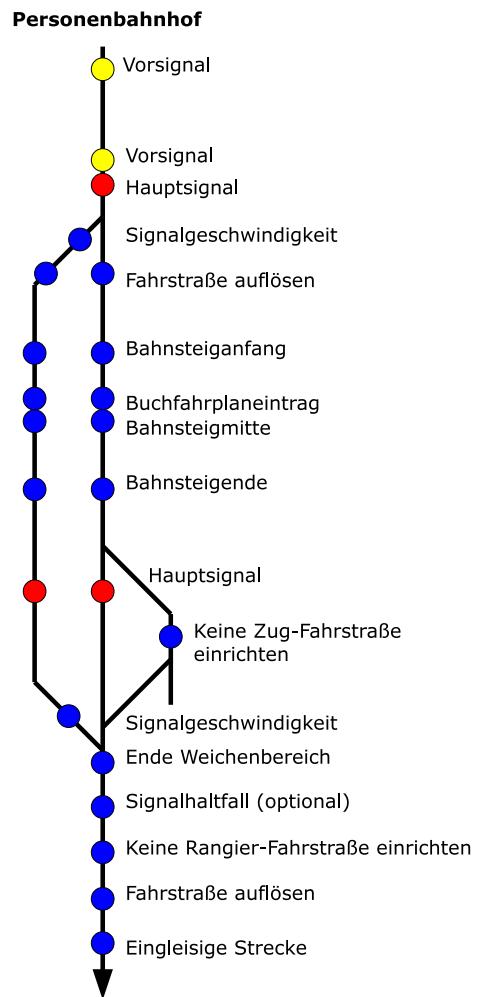
- Abzweigende Weichenstränge müssen ein Ereignis „Signalgeschwindigkeit“ mit dem Wert der im Abzweig zulässigen Geschwindigkeit aufweisen. Diese Ereignisse sind schon in den Weichenbausätzen hinterlegt und brauchen daher i.d.R. nicht manuell gesetzt zu werden. Die Ereignisse regeln, welche Signalbegriffe/-geschwindigkeiten für die entsprechenden Fahrstraßen eingerichtet werden. Bei Bogenweichen kann sich die Abzweiggeschwindigkeit gegenüber der Weichengrundform ändern. Diese Änderung wird nicht automatisch durchgeführt, so dass diese Geschwindigkeitsergebnisse manuell angepaßt werden müssen.

5.3.1.15.2 Beispiele für Signalstandorte und Ereignisse

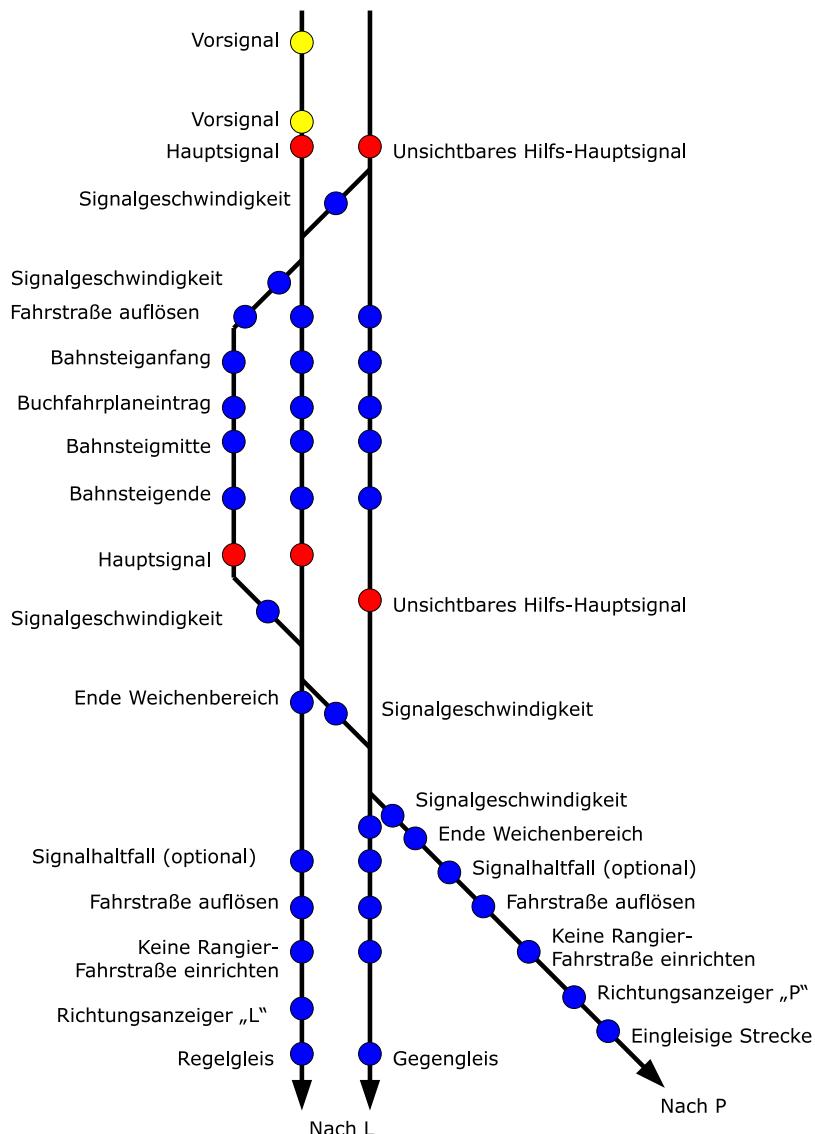
Im folgenden vier Beispiele zur Verdeutlichung der Anordnung, wobei die Ereignisse und Signale nur in der Richtung von oben nach unten dargestellt sind. In der anderen Richtung sind die Signale und Ereignisse analog zu setzen.



Ein kleiner Bahnhof wird in nebenstehenden Bild dargestellt. Die Ereignisse sind schon aus den zuvor gezeigten Beispielen bekannt. Neu ist aber „Keine Zugfahrstraße einrichten“ im Ladegleis an der rechten Seite. Ohne dieses Ereignis würde eine Fahrstraße vom Einfahrtsignal über das Ladegleis unter Umgehung des Ausfahrtsignals direkt zum Einfahrtsignal des nächsten Bahnhofs gestellt. Um diese Fahrstraße nicht immer wieder manuell löschen zu müssen, kann sie mit Hilfe dieses Ereignisses gleich dauerhaft unterbunden werden. Das Ereignis „Ende Weichenbereich“ wird nur nach der letzten Weiche in Richtung freie Strecke gesetzt, nicht aber zwischen Einfahrtsignal und Ausfahrtsignal, da sonst eine am Einfahrtsignal gegebene Geschwindigkeitsreduzierung vorbildwidrig schon vor dem Ausfahrtsignal aufgehoben würde. In Richtung der freien Strecke muss einmal das Ereignis „Keine Rangierfahrstraße“ liegen, da sonst eine Rangierfahrstraße bis zum nächsten Bahnhof eingerichtet würde.



Bei zweigleisigen und abzweigenden Strecken (nächstes Bild) sind noch weitere Funktionen möglich. Ohne weitere Maßnahmen würden ähnlich wie im zuvor dargestellten Ladegleis vorbildwidrige, lange Fahrstraßen über Gleise ohne Ausfahr- oder Einfahrtsignal erzeugt. Beim Vorbild erfordern solche Fahrwege Ersatzsignale oder Befehle, was man hier durch ein (ggf. unsichtbares) Hilfshauptsignal erreicht. Man muss also für jeden möglichen Fahrweg am Einfahr- und Ausfahrtsignal irgendeine Regelung treffen, entweder ein Hauptsignal, ein Hilfshauptsignal, wenn keine vollwertigen Fahrstraßen gestellt werden können oder ein Ereignis „Keine Zugfahrstraße einrichten“.

Personenbahnhof (zweigleisige Strecke mit Abzweig)


Das als Hilfshauptsignal gekennzeichnete Signal sorgt beim Erstellen der Fahrstraßen dafür, dass eine zu diesem Signal führende Fahrstraße nur auf Befehl oder Ersatzsignal eingerichtet wird. Die Startsignale der Fahrstraßen müssen entsprechende Einträge der Ersatzsignale für Fahrt in Regel- und Gegengleis aufweisen, was aber bei Standardsignalen von Hause aus der Fall sein sollte. Die Hilfshauptsignale gibt es ebenfalls als fertig vorbereitete Signal-Dateien (Verzeichnis: signals\Deutschland\Hilfshauptsignale).

Im Gegengleis ist irgendwo nach dem Bahnhof das Ereignis „Gegengleis“ zu setzen. Dieses ist eine Kennzeichnung, die eine automatische Generierung von Fahrstraßen mit angeschalteten Gegengleisanzeigen ermöglicht.

Ebenso kann das Ereignis Richtungsanzeiger mit passendem Kennbuchstaben gesetzt werden, der in Verbindung mit den im Signal hinterlegten Richtungsanzeiger-Informationen dann automatisch korrekt angesteuert wird.

5.3.1.15.3 Namenskonvention für Betriebsstellen und Signale

Über die Einträge „Betriebsstellen-Name“, „Stellwerk-Name“ und „Signal-Name“ in den Einstellungen eines Signals wird die Infrastruktur strukturiert. Wichtig ist, dass eine Kombination aus Betriebsstellen-Name und Signal-Name immer nur einmal im Streckennetz vorkommt, da anhand dieser Daten der Fahrplan der Züge abgewickelt wird.

5.3.1.15.3.1 Betriebsstellen-Name

Der Betriebsstellen-Name umfaßt typischerweise einen Bahnhof oder Bahnhofsteil, also z.B. „Bft Göttingen Gbf“ bzw. eine Abzweigstelle, Haltepunkt usw. („Reelsen Hp“, „Abzw. Okerbrücke“, „Üst Arholzen“).

5.3.1.15.3.2 Stellwerk-Name

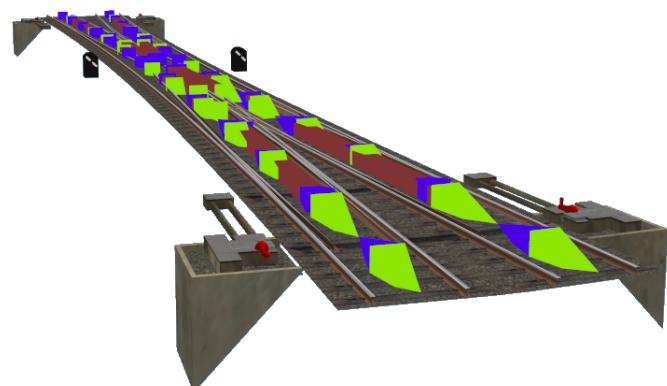
Der Stellwerk-Name ist die Bezeichnung des Stellwerks inkl. Betriebsstellennamen, also z.B. „Göttingen Gf“ oder „Wolfenbüttel Wmf“ und gibt das Stellwerk an, an dem die Weiche oder das Signal angeschlossen ist. Bei Fernsteuerung können auch zwei Betriebsstellen mit demselben Stellwerk-Namen versehen werden.

5.3.1.15.3.3 Signal-Name

Bei den Hauptsignalen wird die Bezeichnung eingetragen, die man auch am Signal findet, z.B. „A“ oder „N14“, entsprechend bei Vorsignalen, auch wenn sie dort beim Vorbild meistens nicht am Signal angeschrieben wird. Weichen sollten nur mit einer Zahl gekennzeichnet werden. Unsichtbare Hilfshauptsignale, die im Bahnhof an einem Gleis ohne Ausfahrsignal aufgestellt werden, sollten eine Gleisbezeichnung bekommen, also z.B. „Gleis 3“. Unsichtbare Hilfshauptsignale am Gegengleis auf Höhe des Einfahrtsignals sollten den Signal-Namen des regulären Einfahrtsignals mit einem zusätzlichen Backslash erhalten, z.B. „A\". Der Backslash wird beim Ausfüllen von Befehlsformularen unterdrückt, so dass Befehle mit Halt im Gegengleis korrekt dargestellt werden. Soll er doch einmal erscheinen, so sind zwei Backslashes vorzusehen, es wird dann nur einer gelöscht.

5.3.1.16 Weichenbausätze

Weichenbausätze sind eigene kleine st3-Dateien, zu denen es eine abgestimmte turnout.xml-Datei für den Gleisplaneditor gibt. Beim Einbau im Gleisplaneditor wird dort eine Verknüpfung auf die st3-Datei der Weiche hinterlegt, so dass beim Export ins st3-Format der Weichenbausatz in die st3-Streckendatei integriert werden kann. Der Weichenbausatz enthält als Streckeninformation die Lage der befahrbaren Gleise mit den Signalen, die zur Darstellung der animierten Zungen, Weichensignale, Umstellgewichten usw. nötig sind. Es können in einem Weichenbausatz mehrere Varianten dieser Signale hinterlegt sein, z.B. Antriebe für mechanische und elektrische Stellwerke oder



auch Handweichen. In dem Menüpunkt „Strecke bearbeiten → Weichen nacharbeiten“ ([Kapitel 5.3.4.19](#)) kann im Nachgang eine Variante für jede einzelne Weiche ausgewählt werden.

Weiterhin enthält der Weichenbausatz als Landschaft eine ls3-Datei, die das Schotterbett im Weichenbereich wiedergibt. Zur Erstellung des Oberbaus im Weichenbereich siehe [Kapitel 5.4.3.10.2](#).

An den Antrieben können Ankerpunkte hinterlegt sein (im Bild rot), an denen im Nachgang eine Weichenbezeichnung importiert werden kann.

5.3.1.17 GNT

Die Funktion von GNT wird über Ereignisse in der Strecke eingestellt. Die optische Ausrüstung mit Balisen/Gleiskoppelspulen muss manuell vorgenommen werden. Es gibt die im folgenden erklärten Ereignisse jeweils für die Systeme ZUB122 und ZUB262.

Das Ereignis GNT-Anfang ist überall dort einzubauen, wo im Buchfahrplan „GNT“ bzw. „GNT-Anfang“ eingetragen ist. Dort erfolgt die Aufnahme in GNT. Wenn GNT bereits aktiv ist, hat das Ereignis keinen Einfluss. An demselben Streckenelement muss auch ein Ereignis „GNT-Geschwindigkeit“ liegen, egal ob die GNT-Geschwindigkeit an dieser Stelle erhöht ist oder nicht.

Entsprechend wird ein Ende-Ereignis am Ende des GNT-Betriebs eingebaut. Auch hier muss ein Ereignis „GNT-Geschwindigkeit“ eingebaut werden, das einen nahtlosen Übergang in das konventionelle Geschwindigkeitsprofil sicherstellt.

Das GNT-Geschwindigkeitsprofil wird über das Ereignis „GNT-Geschwindigkeit“ festgelegt. Es ist völlig unabhängig vom konventionellen Profil. Bei der Streckenausrüstung muss also an jeder Stelle, die gemäß Buchfahrplan eine neue GNT-Geschwindigkeit aufweist, ein Ereignis mit der neuen GNT-Geschwindigkeit gesetzt werden.

Haben konventionelles und GNT-Profil an derselben Stelle eine Geschwindigkeitsänderung, so ist zu beachten, dass das Ereignis erst am Ende des Streckenelements wirkt, während der Wert für die Streckengeschwindigkeit für das ganze Element, also schon ab Anfang wirkt.

Das Ereignis „GNT Indusi-Unterdrückung“ muss maximal 150 m vor Lf 6-Tafeln mit Ziffer 1 bis 9 und vor 2000 Hz-Prüfabschnitten gesetzt werden, um diese für das GNT-Profil zu deaktivieren.

5.3.2 Menü „Strecke“

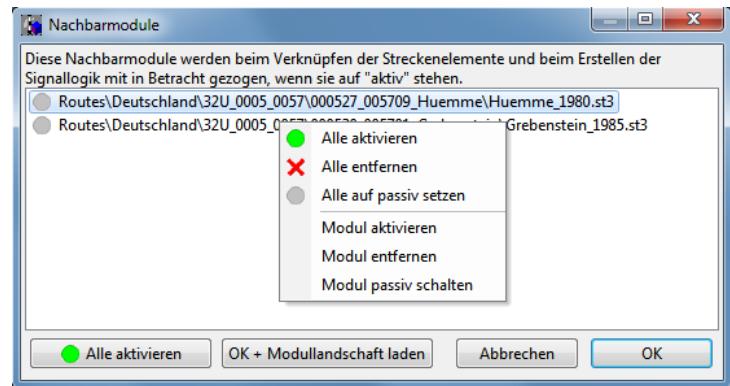
5.3.2.1 Strecke neu/laden/speichern

Hier kann ein Streckenmodul geladen oder gespeichert werden. Mit der Streckendatei ist immer auch eine Landschaftsdatei verbunden. Diese muss aber nicht auch geladen werden. Solange nicht ausdrücklich eine andere Landschaftsdatei zugeordnet wird, bleibt die bisherige Dateiverknüpfung aktuell. Wer also nur etwas an der Streckenfunktion ändern möchte, lädt nur die st3-Datei.

Wenn eine Strecke mit festgelegten Nachbarmodulen geöffnet wird, wird automatisch das Fenster „Strecken-Module“ geöffnet. Man kann dann direkt entscheiden, was mit den Modulen geschehen soll:

Standardmäßig werden die Nachbar-Module nicht geladen. Wenn man aber schon weiß, dass Arbeiten an den Fahrstraßen anstehen, dann können die Module über das Kontextmenü oder den Knopf „Alle aktivieren“

aktiviert werden, womit sie der Editor im Hintergrund lädt. Mit dem Knopf „OK + Modullandschaft laden“ wird zusätzlich die Landschaft geladen, mit dem Knopf „OK“ wird nur die Streckendatei geladen.



Wenn in einem Modul noch keine Nachbarmodule festgelegt sind, aber die Landschaft ebenfalls geladen werden soll, muss der Menüpunkt „Landschaft → Öffnen“ aufgerufen werden, dessen Dateieintrag schon mit der Streckenlandschaft vorbelegt ist und nur mit „OK“ bestätigt werden muss.

5.3.2.2 Strecke importieren

Über diesen Menüpunkt kann eine weitere st3-Datei in die aktuelle Strecke importiert werden. Es sind zwei Modi zu unterscheiden:

5.3.2.2.1 Import in absoluter Lage

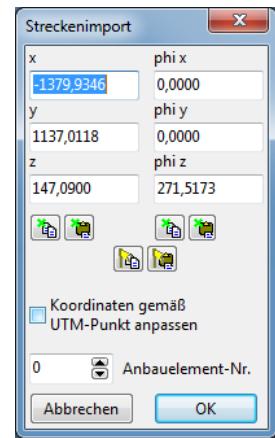
Wenn keine Streckenelemente markiert sind, wird die Importdatei in ihren Original-Koordinaten importiert. Wenn ein UTM-Punkt in der Import-Datei definiert ist, wird dieser automatisch berücksichtigt. Die Elemente werden dann also um die Differenz zum aktuellen Referenzpunkt verschoben.

5.3.2.2.2 Import relativ zu vorhandenem Element

Wenn ein Element markiert ist, wird relativ zu diesem Element importiert. Dieses Verfahren bietet sich an, wenn z.B. Weichenbausätze oder andere nicht absolut ausgerichtete Modulgruppen importiert werden sollen.

Als erster Schritt wird das Element markiert, an das die importierte Strecke angefügt werden soll. Unter „Strecke importieren“ wird die Datei ausgewählt, die in die aktuelle Szene importiert werden soll. Dann erscheint folgender Dialog, der mit den Anbaukoordinaten des markierten Streckenelements vorbelegt ist:

Die Nummer unter „Anbauelement“ bezieht sich auf die importierte Strecke. Die Strecke wird so importiert, dass das Element mit der angegebenen Nummer (also die Nummer in der Importstrecke) an das gerade markierte Element angefügt wird. Die zur importierten Strecke gehörende Landschaft kann eingebunden oder verknüpft übernommen werden. Zu verknüpften Landschaften später mehr. Die importierten Streckenelemente werden fester Bestandteil der aktuellen Strecke.

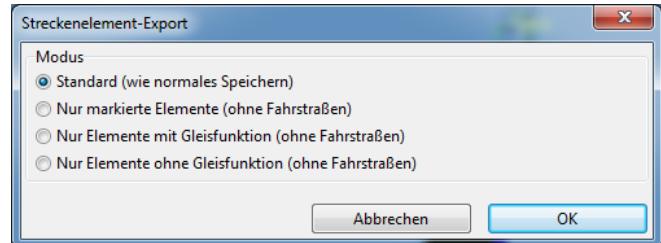


5.3.2.3 Strecke neu aus st2-Export laden

Eine im Gleisplaneditor erstellte und ins st3-Format exportierte Strecke muss noch einmalig nachbearbeitet werden. Im einzelnen müssen die verknüpften Landschaftsdateien der Weichenbausätze eingebunden und gekachelt sowie das Streckennetz neu verknüpft werden. Diese Funktion erledigt den Vorgang in einem Arbeitsgang, bei dem lediglich die st3-Datei ausgewählt werden muss. Es werden die in der Datei angegebene ls3-Datei geladen, die Schwellenpolygone eingebunden, die Mesh-Subsets zusammengeführt, die so erzeugte Landschaft im temporären Verzeichnis abgespeichert und dann gekachelt importiert. Wenn nötig wird vom Objektbaummodus in den Kachelmodus umgeschaltet (roter Kompass).

5.3.2.4 Strecke exportieren

Mit dieser Funktion können Teile der st3-Datei exportiert werden. Der Umfang der exportierten Streckenelemente wird mit nebenstehendem Dialog abgefragt.



5.3.2.5 Nachbarmodul testweise importieren

Um den optischen Übergang zum nächsten Modul zu testen, kann dessen Landschaft zusätzlich geladen werden. Diese Funktion lädt zunächst temporär die benachbarte st3-Datei, um die UTM-Koordinaten festzustellen und berechnet daraus den Versatz, um den die Nachbarlandschaft importiert werden muss. Anschließend kann die importierte Landschaft genauso wie die eigentliche Modullandschaft bearbeitet werden. Allerdings dürfen keine Aktionen durchgeführt werden, bei denen es auf korrekte Behandlung der Kachelstruktur ankommt (Meshes erzeugen, Objekte importieren usw.), da das importierte Modul nicht im normalen Kachelschema verwaltet wird.

Nach Abgleich mit dem Nachbarmodul muss das zusätzliche Modul wieder aus der Liste der verknüpften Dateien entfernt werden, da es sonst dauerhaft verknüpft enthalten wäre.

5.3.2.6 Strecken-Eigenschaften

5.3.2.6.1 Grunddaten

UTM-Referenzpunkt: Der Referenzpunkt dieses Moduls. Wenn der UTM-Punkt hier manuell verändert wird, dann werden die Streckenelemente nicht angepaßt. Eine vorher korrekt georeferenzierte Strecke wäre also anschließend nicht mehr georeferenziert.

Landschaftsdatei: Zur Information wird die zugeordnete Landschaftsdatei angegeben.

Strecken-Verzeichnis: Zur Information wird der vollständige Pfad des Streckenverzeichnisses angegeben.

Grundplattenkachel-Verzeichnis: Dieses Verzeichnis wird als Unterverzeichnis zur Strecke automatisch erzeugt, sobald gekachelte Daten zu speichern sind. Nach dem begonnenen Landschaftsbau sollte der Name nicht mehr geändert werden, um nicht Kacheln in unterschiedlichen Verzeichnissen zu erzeugen. Es wird empfohlen, den Namen gar nicht zu ändern.

Hintergrund-Datei: Diese ls3-Datei enthält die Hintergrundlandschaft zur Darstellung entfernter Berge. Die Darstellung entfernter Berge ist derzeit noch nicht implementiert.

Befehlskonfiguration: Die hier eingestellte Vorlage wird zum Testen von Befehlsformularen im 3D-Editor verwendet.

Datei-Information: siehe Kapitel 1.7

Hüllkurven: Siehe Kapitel 5.4.1.6

5.3.2.6.2 Himmel

Es gibt drei Möglichkeiten, den Himmel darstellen zu lassen. Bei der Fahrt im Simulator wird aber immer ein Himmelsmodell für die Gesamtstrecke benutzt. Wenn beim Zusammenladen der verschiedenen Streckenmodule unterschiedliche Informationen für das zu verwendende Himmelsmodell vorgefunden werden, wird immer das hochwertigere benutzt (also Skydome vor Skybox vor einfarbig).

Einfarbiger Himmel: Der gesamte Himmel wird als einfarbige Fläche gezeichnet, Tag- und Nachtübergang sind aber möglich. Die Beleuchtung der 3D-Welt kann sich etwas von der des Skydome-Modells unterscheiden.

Skydome: Die aufwendigste Form der Himmeldarstellung und für die normalen Zus-Strecke der empfohlene Weg. Die Texturen sollten normalerweise nicht verändert werden.

Skybox: Die Skybox ist ein global ausgerichteter Würfel, der seinen Mittelpunkt immer im Betrachterauge hat.

Die Innenseiten des Würfels sind mit Panorama-Texturen belegt, wobei die Texturen so gestaltet sind, dass die Verzerrungen der Würfelecken ausgeglichen werden. Es entsteht dadurch die Illusion eines rundum lückenlosen Panoramas. Passende Texturen lassen sich allerdings nicht ohne Spezialprogramme erzeugen. Die Skybox ist statisch, also das Motiv der Textur ist immer dasselbe. Für ausgedehnte Streckennetze ist sie dadurch nur bedingt geeignet, da sich bei solchen Anwendungen das Panorama ändern muss. Für gewisse Spezialfälle kann sie aber geeignet sein. Wegen der Texturen ist die Skybox das speicherintensivste Himmelsmodell.

5.3.2.6.3 Info/Statistik

Hier werden verschiedene statistische Daten angezeigt, die ggf. bei der Fehlersuche helfen können.

5.3.2.6.4 Streckenfehler

Die Angaben auf dieser Registerkarte weisen auf mögliche Fehler in Strecke und Fahrstraßen hin. Beim Vergleich der hinterlegten und abgeschätzten Radien können auch Fälle als Fehler angezeigt werden, die durchaus so belassen werden können. Hier ist etwas Augenmaß nötig. Siehe auch [Kapitel 5.3.1.2](#)

5.3.2.6.5 Signale

Die Angaben auf dieser Registerkarte weisen auf mögliche Fehler in den Signalen hin. Geschwindigkeitssignale sind Signale gemäß [Kapitel 5.3.1.11.6.12](#). Diese kommandieren eine Geschwindigkeitsänderung, ohne dass dies Auswirkungen auf die Signalstellung von Hauptsignalen hat.

5.3.2.6.6 Signalliste

Liefert eine Liste aller Signale des Streckenmoduls mit Angaben über die jeweils konfigurierten Ersatzsignale.

5.3.2.6.7 Zu löschen Fahrstraßen

Es kann Fahrstraßen geben, die der Automatismus erzeugt, obwohl man sie eigentlich gar nicht benötigt (bzw. sie sogar unerwünscht sind) und die nicht durch die Einstellungen in den Signalen oder Ereignissen unterdrückt werden können. Um diese Fahrstraßen nicht nach jedem Durchlauf des Automatismus erneut manuell löschen zu müssen, können sie hier hinterlegt werden. Der Editor löscht sie dann automatisch nach dem Aufrufen der Funktion „Fahrstraßen erstellen“.

Angegeben werden muss der Name der Fahrstraße als Text, so wie er in der Fahrstraßenliste erscheint, z.B. „Bad Driburg F -> Bad Driburg C“.

5.3.3 Menü „Strecke erstellen“

5.3.3.1 Rückgängig/Wiederherstellen

Die zuletzt ausgeführten Funktionen werden rückgängig gemacht. Wie viele alte Zustände noch im Speicher gehalten werden sollen, kann man in den Programm-Einstellungen festlegen. „Wiederherstellen“ stellt den neueren Zustand wieder her, nachdem man „Rückgängig“ aufgerufen hatte.

5.3.3.2 Signale laden/speichern

Hier kann eine Signaldatei (*.signal.xml) geladen oder gespeichert werden. Das Speichern ist natürlich nur sinnvoll, wenn an dem gerade markierten Element in der jeweiligen Richtung auch ein Signal vorhanden ist. Die letzten benutzten Dateien werden jeweils in einer Liste direkt zur Verfügung gestellt.

Steht an dem ausgewählten Streckenelement-Ende bereits ein Signal, so erfolgt eine Abfrage, ob es überschrieben werden soll, dann ersetzt das neu aufgebaute Signal das alte vollständig, oder ob es integriert werden soll. Im zweiten Fall werden die neu ausgewählten Signaldateien zum vorhandenen Signal hinzugefügt und die Signalmatrizen zusammengeführt, so wie es auch der Signalassistent machen würde.

5.3.3.3 Diverse Signale und Ereignisse einbauen

Hinter diesem Menüpunkt verbergen sich diverse Funktionen, die Standardsignale und -ereignisse automatisiert einbauen, um dem Streckenbauer etwas Routinearbeit abzunehmen.

Diese Funktionen werden idealerweise ganz am Ende des Streckenbaus durchgeführt, nachdem alle Rangier-, Vor- und Hauptsignale erstellt wurden. Es wird jeweils das gesamte Modul durchgearbeitet. Das Kontrollkästchen „Nur markierte Elemente beachten“ ist für den Fall gedacht, dass im Nachgang nur einzelne Signale ausgerüstet werden sollen. Fehlt z.B. bei einem Hauptsignal noch der 500 Hz-Magnet, so kann das Streckenelement des Hauptsignals markiert und dann die Funktion mit dem Kontrollkästchen „Nur markierte Elemente beachten“ aufgerufen werden. Es wird dann nur das markierte Signal abgefragt.

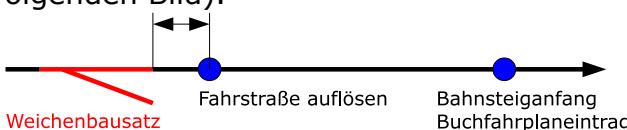
5.3.3.3.1 Registerkarte „Ereignisse“

5.3.3.3.1.1 „Ende Weichenbereich“ setzen

Es wird von jedem Hauptsignal, das als Block- oder Einfahrtsignal gekennzeichnet ist, eine rückwärtige Suche bis zur nächsten Weiche (Element mit Markierung „Weichenbausatz“) oder dem nächsten Hauptsignal angestoßen. An dieser Weiche wird dann das Ereignis „Ende Weichenbereich“ gesetzt. Bei einer auf freier Strecke liegenden Weiche (Anschlussstelle) ist manuelle Nacharbeit nötig; das Ereignis muss dort gelöscht und am nächsten Bahnhof gesetzt werden. Die Funktion kann mehrfach aufgerufen werden, da das Setzen des Ereignisses nicht durchgeführt wird, wenn an entsprechender Stelle schon dasselbe Ereignis liegt.

5.3.3.3.1.2 „Fahrstraßen auflösen“ setzen

Es wird von jedem Ereignis „Buchfahrplaneintrag“ und „Bahnsteiganfang“ eine rückwärtige Suche gestartet, bis ein Streckenelement erreicht wird, das als Weichenbausatz gekennzeichnet ist. Es wird dann ausgehend von diesem Element das Ereignis „Fahrstraße auflösen“ gesetzt, wobei mindestens der im Formular definierte Abstand vom letzten Element mit Weichenbausatz-Kennzeichnung hergestellt wird (siehe eingetragene Länge im folgenden Bild).



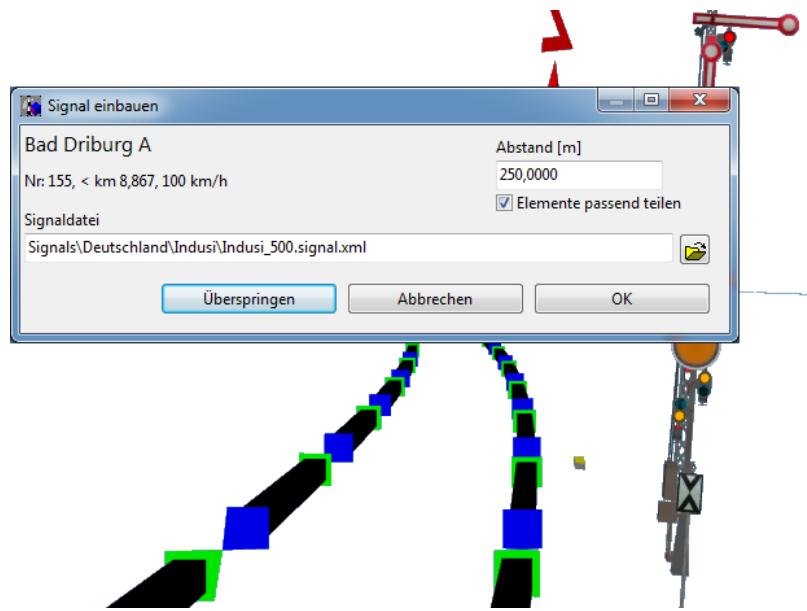
Das Ergebnis wird nicht in jedem Fall perfekt sein, da je nach Lage der Weichen noch zusätzliche Auflösepunkte nötig sind. Es wird aber zumindest eine Grundausstattung erzeugt, auf deren Basis nur noch die Sonderfälle nachbearbeitet werden müssen.

Die Funktion kann mehrfach aufgerufen werden, da das Setzen des Ereignisses nicht durchgeführt wird, wenn an entsprechender Stelle schon dasselbe Ereignis liegt.

5.3.3.3.2 Registerkarte „Sicherungstechnik“

5.3.3.3.2.1 Indusi 500 Hz setzen

An jedem Hauptsignal wird abgefragt, ob ein 500 Hz-Magnet im angegebenen Abstand vor dem Hauptsignal gesetzt werden soll. Signalbezeichnung und Streckenelement-Nummer werden links oben im Fenster angezeigt „Überspringen“ baut hier keinen Magneten ein und geht zum nächsten Signal. Die Optionen können für jeden Einbaufall geändert werden. Die Standardwerte für die zu importierende Signaldatei, „Elemente passend teilen“ und „Abstand“ können vor dem Start der Funktion als Vorgabe eingestellt werden.



Elemente passend teilen:

Bei gesetztem Kontrollkästchen wird das jeweilige Streckenelement so geteilt, dass der Magnet exakt in Vorgabeentfernung zum Signal liegt. Entstünde durch das Teilen ein Element von weniger als 2 Meter Länge, so wird der Magnet am bereits vorhandenen Element eingebaut. Der beim Teilen entstehende neue Punkt wird bei Kurven in die Bogenlage verschoben, um einen gleichmäßigen Lauf der Fahrzeuge sicherzustellen. Damit es nicht zu einer unregelmäßigen Teilung der Oberbaupolygone kommt, sollte diese Funktion unbedingt erst nach dem Erzeugen der Gleisbettung angewendet werden.

5.3.3.3.2.2 2000 Hz-Prüfabschnitte setzen

Diese Funktion sucht nach Geschwindigkeitsänderungen in den Streckenelementen und gleicht diese mit den Vorgaben in der angegebenen gpa.xml-Datei ab. Wenn der Abgleich ergibt, dass bei dieser Geschwindigkeitsänderung ein 2000 Hz-Prüfabschnitt (GPA) nötig ist, so wird der Einbau der entsprechenden Signaldatei angestoßen, die für diesen Fall in der .gpa.xml-Datei hinterlegt ist.

Nicht automatisch bearbeitet werden Prüfabschnitte, die in Zusammenhang mit Hauptsignalen eingebaut werden. Diese Signale müssen manuell aufgesucht werden und erhalten ihren Prüfabschnitt wie folgt: Das Streckenelement des Signals wird markiert und dann die Funktion „2000 Hz-Prüfabschnitte setzen“ aufgerufen mit den aktivierten Kontrollkästchen „Nur markierte Elemente beachten“ und „Einbau vom markierten Element an erzwingen“. In dieser Kombination wird vom markierten Element aus ohne weitere Bedingungen in beide Richtungen ein GPA-Einbau angestoßen. Der Betrachterstandort wird jeweils passend eingestellt, so dass der Bau in die nicht vorgesehene Richtung mit „Überspringen“ manuell ausgelassen werden kann.

5.3.3.3 Registerkarte „Signale I und II“

5.3.3.3.1 Langsamfahrssignale setzen

Es werden Streckenelemente gesucht, an denen sich die zulässige Höchstgeschwindigkeit ändert. Wird die Geschwindigkeit herabgesetzt, so kann an der Stelle ein Signal aufgestellt werden und zusätzlich im angegebenen Abstand ein Ankündigungssignal. Wird die Geschwindigkeit heraufgesetzt, so wird nur der Ort des Geschwindigkeitswechsels abgefragt.

Den genauen Typ des Signals muss man im sich öffnenden Signalassistenten auswählen. Die alte und neue Geschwindigkeit wird vorher zur Info im Fenster angezeigt.

Soll kein Signal für die Heraufsignalisierung aufgestellt werden, so kann der Dateiname leer gelassen werden.

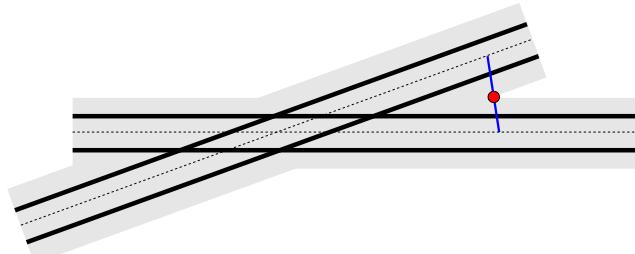


5.3.3.3.2 Vorsignalbaken setzen

An jedem alleinstehenden Vorsignal (Matrixkonfiguration und Signaltyp müssen entsprechend gesetzt sein) wird abgefragt, ob Vorsignalbaken aufgestellt werden sollen. Abstände und Signal-Dateien können vorab eingestellt werden. Die Funktion teilt die Streckenelemente so, dass immer am Aufstellort einer Bake ein Elementübergang hergestellt wird.

5.3.3.3.3 Grenzzeichen setzen

Es wird an allen Streckenelementen, bei denen die entsprechende geometrische Lage vorliegt, ein Grenzzeichen importiert. Dazu muss die blau skizzierte Verbindung genau die mit „Lichtraumbreite“ bezeichnete Länge von Gleismitte zu Gleismitte aufweisen. Die Dateien werden nicht als Signal sondern als Landschaft auf die Detailkacheln importiert, da das ressourcenschonender ist.



Es kann (vor allem in Bogenlagen) Situationen geben, an denen mehrere Elementpaare die geometrischen Vorgaben erfüllen, so dass zwei oder drei Grenzzeichen eingebaut werden, wo eigentlich nur eines hingehört. Die überflüssigen sind im Nachgang manuell zu löschen.

5.3.3.4 Bahnübergang einbauen

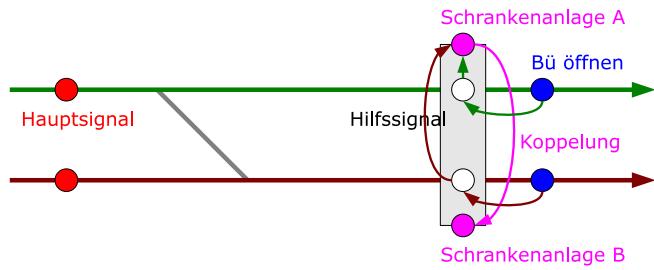
Diese Funktion richtet im Normalfall einen Bahnübergang (Bü) vollständig funktionsfähig ein. Dazu sei zunächst ein Blick auf die empfohlene Umsetzung eines Bahnübergangs in Zusi geworfen. Es sind zwei Fälle zu unterscheiden, signalabhängiger und zugesteuerter Bahnübergang:

5.3.3.4.1 Signalabhängiger Bahnübergang

Der signalabhängige Bahnübergang ist in die Fahrstraße eingebunden. Er wird also schon beim Einstellen der Fahrstraße geschlossen und nach Zugdurchfahrt wieder geöffnet.

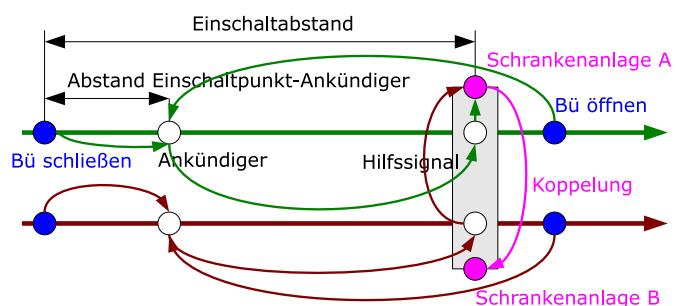
Das nebenstehende Bild zeigt das Schaltungsprinzip für zwei Gleise, wobei nur die Schaltung in der Richtung von links nach rechts dargestellt ist. In der anderen Richtung muss dieselbe Schaltung hergestellt werden. Die optisch sichtbare Sicherungsanlage (Schranken, Lichtzeichen) ist hier durch die magentafarbenen Punkte dargestellt. Typischerweise ist das zusitechnisch je ein Signal links und rechts der Trasse mit je einer Stellung für offen und geschlossen. Das hier oben dargestellte Signal A dient als Master, nur dieses wird von Stellwerk bzw. Zug angesteuert. Das hier unten dargestellte Signal B dient als Slave und wird über die Koppelsignalfunktion immer synchron mit dem Master geschaltet. Weitere Schrankenanlagen könnten ggf. in einer Koppelungskette angeschlossen werden. Am einfachsten lässt sich der Bahnübergang herstellen, indem diese beiden Schrankensignale nicht direkt in den befahrenen Streckenelementen eingebaut werden, sondern indem etwa in Straßenlage ein Streckenelement ohne Gleisfunktion eingebaut wird, an dem die beiden Schrankensignale eingebaut werden. Damit der Bahnübergang sauber angesteuert werden kann, sollte für jedes Gleis und für jede Richtung etwa auf Höhe des Bahnübergangs ein unsichtbares Hilfssignal eingebaut werden (in der Skizze weiß dargestellt, die Standarddatei liegt unter `signals\levelcrossing_sig.signal.xml`). Dieses Hilfssignal steuert über eine Koppelfunktion den Master der Schrankenanlage und wird beim Erstellen der Fahrstraßen automatisch in die Fahrstraße aufgenommen.

Wird also eine Fahrstraße vom Hauptsignal ausgehend erzeugt, so wird durch diese Konstellation das Hilfssignal mit in die Fahrstraße aufgenommen, womit der Bahnübergang beim Stellen der Fahrstraße schließt. Das Mastersignal A hat einen internen Zähler, der dabei um 1 erhöht wird. Überfährt das Zugende das Ereignis „Bahnübergang öffnen“, wird der Zähler wieder um 1 herabgesetzt. Erreicht der Zähler 0, wird der Bahnübergang geöffnet. So ist sichergestellt, dass auch bei mehrgleisigen Strecken und bei mehreren zeitlich überlappend gestellten Fahrstraßen keine vorzeitige Öffnung der Anlage stattfindet.



5.3.3.4.2 Zuggesteueter Bahnübergang

Der zuggesteuerte Bahnübergang ist nicht in die Fahrstraßen eingebunden, sondern wird durch einen Gleiskontakt vom sich annähernden Zug geschlossen. Bei lokführerüberwachten Anlagen zeigt ein Überwachungssignal das korrekte Funktionieren im Bremswegabstand an. In der Zusi-Umsetzung ist die Grundkonstruktion des Bahnübergangs identisch mit dem im vorigen Abschnitt beschriebenen signalabhäng-



gigen Bahnübergang und wird hier nicht noch einmal erläutert. Da der Bahnübergang nicht in die Fahrstraßen eingebunden werden soll, wird sein Hilfssignal mit einer entsprechend modifizierten Datei `signals\levelcrossing_trn.signal.xml` erstellt, die von der Fahrstraßenerstellung ignoriert wird. Stattdessen wird im Einschaltabstand das Ereignis „Bahnübergang schließen“ gesetzt. Dieses kann direkt das Hilfssignal ankoppeln oder alternativ zusätzlich durch ein Ankündigungssignal geschleift werden.

Überfährt ein Zug des Ereignis „Bahnübergang schließen“ werden zeitgleich das Ankündigungss-, und das Hilfssignal und damit auch die Schrankenanlage geschlossen. Signal A zählt dabei den internen Zähler um 1 hoch.

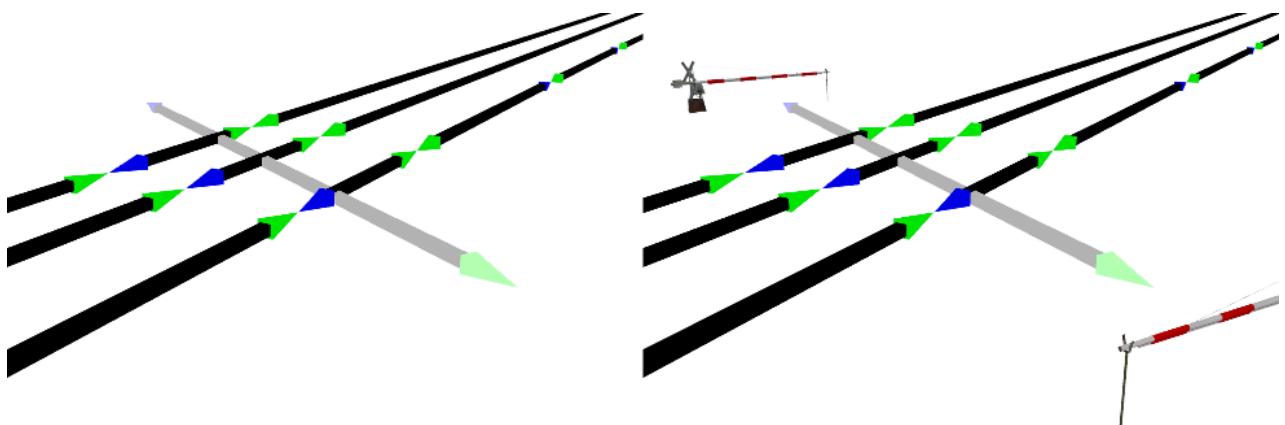
Es kann auch ein weiteres Ereignis „Bahnübergang schließen“ vor dem Bahnübergang überfahren werden, wie es insbesondere im Bereich von Bahnsteigen vorkommen kann. Ist das Hilfssignal bereits geschaltet, so blockt es diesen zweiten Schließauftrag ab und zählt den internen Zähler in Signal A dadurch nicht noch einmal fälschlich um 1 hoch.

Das Ereignis „Bahnübergang öffnen“ muss an der Stelle ankoppeln, an der die Schaltungskette beginnt, damit alle Signale wieder zurückgestellt werden. Im obigen Beispiel ist das das Ankündigungssignal, welches dann über das Hilfssignal auch die Schrankenanlage wieder öffnet.

Zu beachten ist, dass zwischen dem Ereignis „Bahnübergang schließen“ und dem Ereignis „Bahnübergang öffnen“ keine Verzweigung liegen darf, da diese keine eindeutige Zuordnung der Koppelungen erlauben würde. Ebenfalls unzulässig ist ein Hauptsignal zwischen den Ereignissen „Bahnübergang schließen“ und „Bahnübergang öffnen“. Liegt so eine Gleiskonstellation vor, so muss ein signalabhängiger Bahnübergang vorgesehen werden.

5.3.3.4.3 Eingaben im Dialogfenster

Um die zahlreichen Ereignisse und Signale nicht aufwendig manuell einzubauen zu müssen, kann die beschriebene Funktionalität automatisiert eingebaut werden. Ausgangspunkt sollte ein Streckenelement ohne Gleisfunktion sein, das alle betroffenen Gleise kreuzt, so wie im folgenden Bild links. Nach Aufruf der Funktion wird eine Schrankenanlage wie im Bild rechts komplett funktionsfähig installiert. Damit die Funktion anwählbar ist, muss das kreuzende Element ohne Gleisfunktion markiert sein.



Es öffnet sich der rechts dargestellte Dialog mit folgenden Optionen:

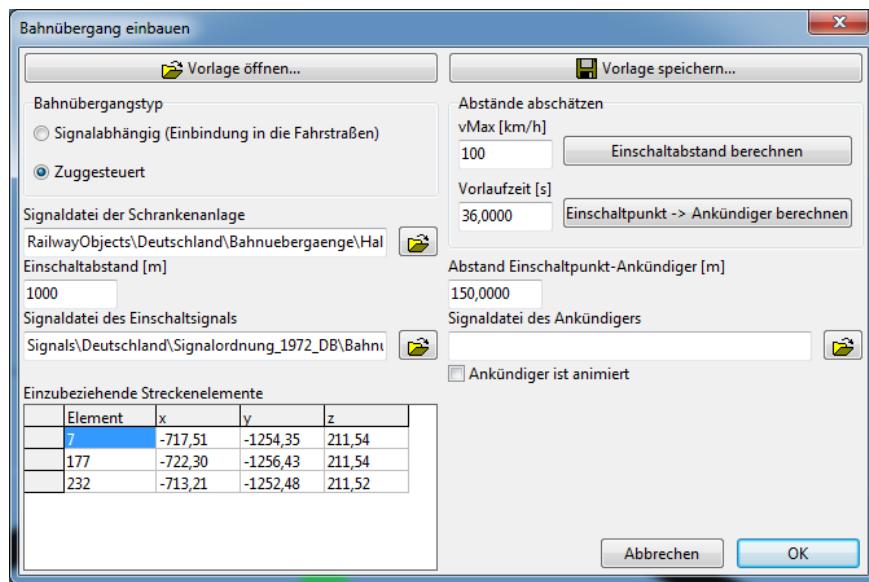
Bahnübergangstyp:

Fahrstraßen- oder zug-abhängig zur Einrichtung der Signale und Ereignisse wie in den vorherigen Abschnitten erläutert.

Signaldatei der Schrankenanlage:

signal.xml-Datei, die den sichtbaren Teil des Bahnübergangs enthält, diese wird an beiden Enden des Hilfselementes je einmal aufgerufen. Es öffnet sich je

einmal der Signalassistent zur Konfiguration der Anlage, wobei zunächst das blaue Ende und dann das grüne Ende abgefragt wird.



Einschaltabstand: Abstand des Einschaltereignisses von der Bahnübergangsmitte, siehe Skizze weiter oben

Signaldatei des Einschaltsignals: Am Einschaltpunkt kann zusätzlich auch noch ein Signal aufgebaut werden, welches dann hier angegeben sein muss. In Deutschland wäre das z.B. eine Merktafel bei fernüberwachten Anlagen.

Einzubehörende Streckenelemente: Es werden beim Aufruf des Dialogs automatisch alle Streckenelemente ermittelt, die das markierte Streckenelement kreuzen und mit Kreuzungskoordinaten in die Tabelle eingetragen. An allen diesen Elementen wird in beide Richtungen der entsprechende Bauvorgang gestartet. Über das Kontextmenü können Zeilen ergänzt oder gelöscht werden.

Einschaltabstand berechnen: Sind die Schließzeit inklusive Sicherheitszuschlag und die maximale Geschwindigkeit der Züge bekannt, so kann der Einschaltabstand berechnet werden. Die am Bahnübergang geltende maximale Geschwindigkeit wird aus den Streckenelementen ermittelt und vorbelegt, ohne das Geschwindigkeitsprofil im Zulauf auf den Bahnübergang und GNT-Zuschläge zu betrachten.

Einschaltzeitberechnen: Der Abstand zwischen Einschaltzeit und Ankündigungssignal wird beim Vorbild geschwindigkeitsabhängig vorgesehen und kann über diesen Schalter überschlägig berechnet werden.

Abstand Einschaltzeitberechnen: Der Einbauort des Ankündigungssignals, siehe Skizze weiter oben.

Signaldatei des Ankündigers: Wird hier eine signal.xml-Datei angegeben, so wird sie eingebaut, wobei sich der Assistent des Signals öffnen wird. In Deutschland würde hier ggf. das Signal Bü 0/1 vorgesehen. Wird das Feld leer gelassen, wird der Bau des Ankündigungssignals ignoriert.

Ankündiger ist animiert: Wenn dieses Kontrollkästchen gesetzt ist, wird vom Ereignis „Bü öffnen“ auf das Ankündigungssignal gekoppelt, sonst direkt auf das Hilfssignal.

5.3.3.4 Arbeitsschritte der Funktion im Detail

Beim Verlassen des Dialogs mit OK werden die folgenden Schritte in dieser Reihenfolge durchgeführt:

- Einbau der Schrankenanlage am blauen (Master) und dann am grünen Ende des markierten Elements (das ist der gleiche Vorgang wie ein normaler Signalimport der bei „Signaldatei der Schrankenanlage“ angegebenen Datei in beide Fahrtrichtungen). Für das Signal am blauen Ende wird eine neue Referenz-Nummer erzeugt, da diese für die folgenden Operationen benötigt wird. Für das grüne Ende wird ebenfalls eine Referenznummer erzeugt und diese am Mastersignal als Koppelsignal eingetragen.

Fall des fahrstraßenabhängigen Bahnübergangs:

1. Beim ersten Streckenelement aus der Tabelle wird in grüne Richtung das Hilfssignal `signals\levelcrossing_sig.signal.xml` eingebaut und mit der zuvor erzeugten Referenz-Nummer eine Koppelung zur Schranke gesetzt. Für das neue Hilfssignal selbst wird ebenfalls eine Referenznummer erzeugt.
2. Das Ereignis „Bahnübergang öffnen“ wird gesetzt und mit der zuvor erzeugten Referenz eine Verbindung zum Hilfssignal hergestellt.
3. Ab Schritt eins wird der Vorgang für die andere Richtung und für alle weiteren Streckenelemente der Formular-Tabelle vorgenommen.

Fall des zugesteuerten Bahnübergangs:

1. Beim ersten Streckenelement aus der Tabelle wird in grüne Richtung das Hilfssignal `signals\levelcrossing_trn.signal.xml` eingebaut und mit der zuvor erzeugten Referenz-Nummer eine Koppelung zur Schranke gesetzt. Für das neue Hilfssignal selbst wird ebenfalls eine Referenznummer erzeugt.
2. Wenn ein Ankündiger aufgestellt werden soll, wird die gemäß Eingabefeldern vorgesehene Entfernung bis zum Aufstellort des Ankündigers abgelaufen und dort die im Formular angegebene Signaldatei importiert (Aufruf des Assistenten) und per Koppelfunktion mit dem Hilfssignal verbunden. Außerdem wird eine neue Referenz-Nummer für das Ankündigungs signal erzeugt.
3. Es wird vom Bahnübergang aus der „Einschaltabstand“ abgelaufen und das Ereignis „Bahnübergang schließen“ gesetzt mit Koppelung auf die Referenz des Ankündigers.
4. Ist eine Signaldatei für die Einschaltstelle hinterlegt, so wird diese importiert.
5. Das Ereignis „Bahnübergang öffnen“ wird gesetzt und mit der zuvor erzeugten Referenz eine Verbindung zum Hilfssignal hergestellt - bzw. zum Ankündigungs signal, wenn das Kontrollkästchen „Ankündiger ist animiert“ gesetzt ist.
6. Ab Schritt eins wird der Vorgang für die andere Richtung und für alle weiteren Streckenelemente der Formular-Tabelle vorgenommen.

5.3.3.4.5 Bezeichnung von Betriebsstelle, Stellwerk und Signal-Name

Folgende Einstellungen sollten bei den Signalparametern Betriebsstelle, Stellwerk und Signal-Name vergeben werden:

Bei Anlagen, die an einem Stellwerk angebunden sind (fahrstraßenabhängig, fernüberwacht):

- Betriebsstelle: Bahnhofsname analog zu den Einstellungen in den anderen Signalen des Bahnhofs
- Stellwerk: Stellwerksname analog zu den Einstellungen in den anderen Signalen des Bahnhofs

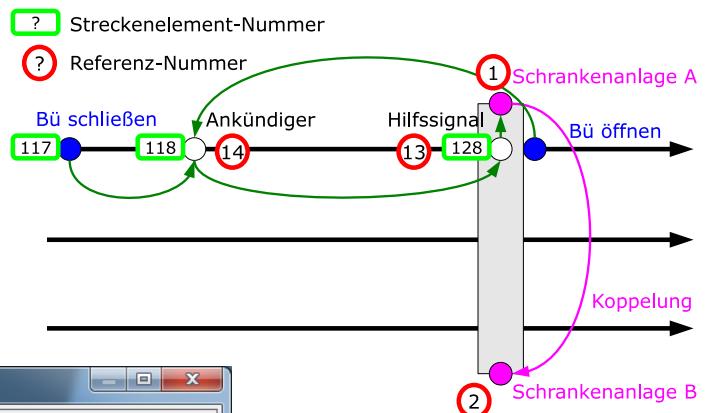
- Signal-Name: Eine Angabe gemäß dem Schema „BÜ km 134,317 X“ wobei X das jeweilige Signal kennzeichnet (Ankündiger, Schranke A, Schranke B, usw.).

Bei Anlagen, die nicht an einem Stellwerk angebunden sind und somit komplett eigenständig sind (lokführerüberwacht):

- Betriebsstelle: Eine Angabe gemäß dem Schema „BÜ km 134,317“
- Stellwerk: Eine Angabe gemäß dem Schema „BÜ km 134,317“
- Signal-Name: Eine Angabe gemäß dem Schema „BÜ km 134,317 X“ wobei X das jeweilige Signal kennzeichnet (Ankündiger, Schranke A, Schranke B, usw.).

5.3.3.4.6 Illustration der Schaltung am Beispiel

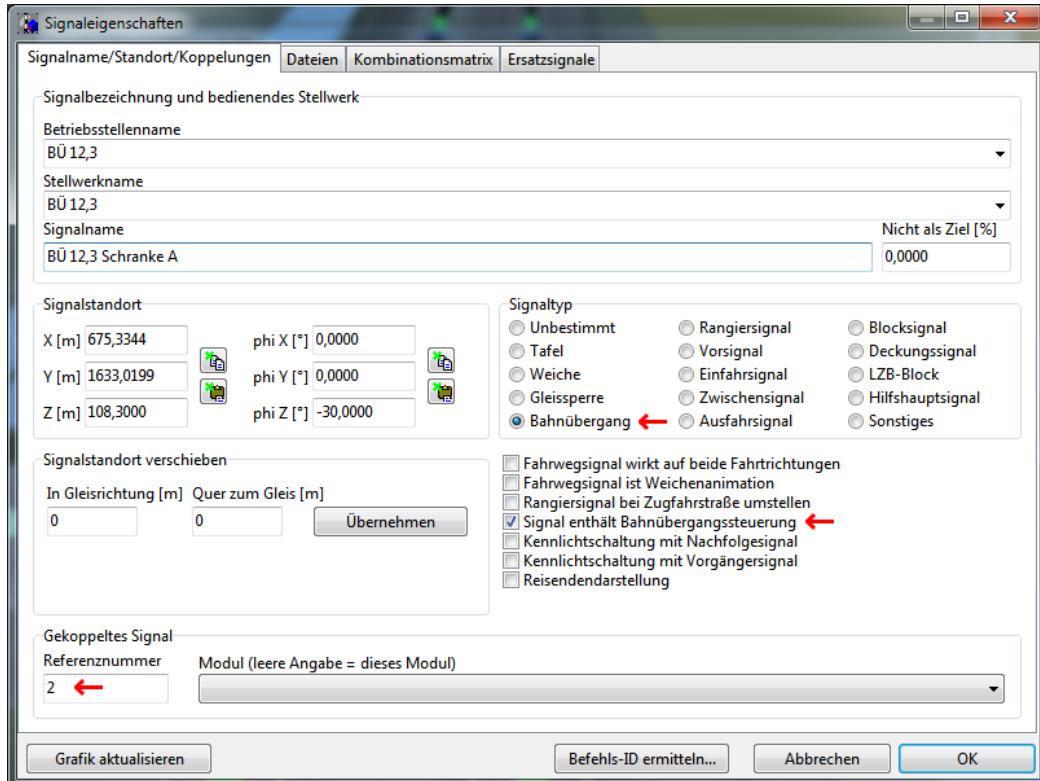
Für einen Anwendungsfall werden im folgenden alle Signaleinstellungen und Referenzbezüge am konkreten Beispiel gezeigt. Dargestellt ist in der nebenstehenden Grafik nur eine Richtung eines Gleises. Die nachfolgende Referenztabelle zeigt alle Einträge dieses Anwendungsfalls. Die in der Grafik und den folgenden Darstellungen relevanten Referenz-Nummern sind mit rotem Pfeil hervorgehoben.



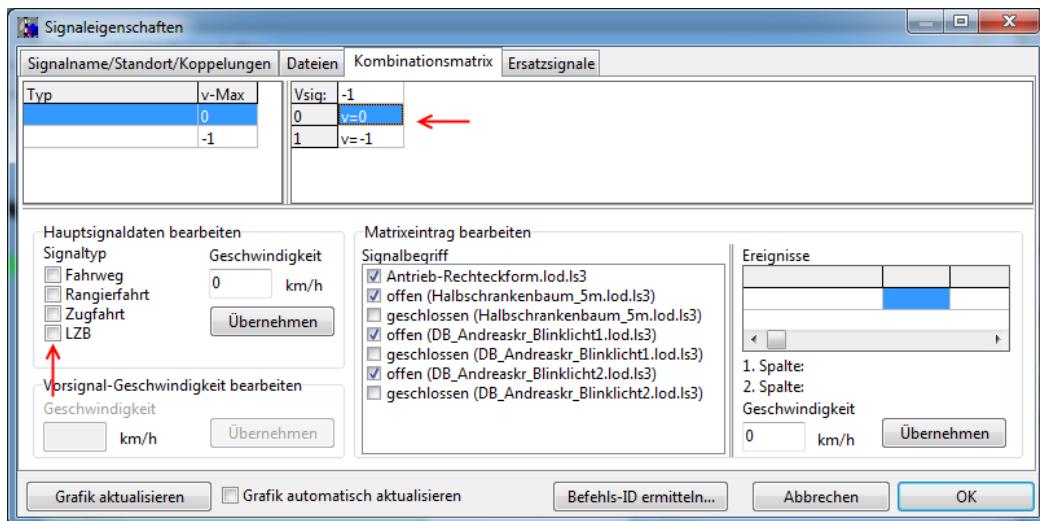
Referenzelemente				
Referenz-Nr.	Element-Nr.	Richtung	Referenztyp	Beschreibung
1	54	grün	Signal	Sicherungsanlage Bü km 12,00 (Master)
2	54	blau	Signal	Sicherungsanlage Bü km 12,00 (Slave)
3	1	grün	Signal	Bü km 12,00
4	11	grün	Signal	Ankündiger Bü km 12,00
5	1	blau	Signal	Bü km 12,00
6	37	grün	Signal	Ankündiger Bü km 12,00
7	79	grün	Signal	Bü km 12,00
8	191	grün	Signal	Ankündiger Bü km 12,00
9	79	blau	Signal	Bü km 12,00
10	267	grün	Signal	Ankündiger Bü km 12,00
11	11	grün	Signal	Bü km 12,00
12	12	grün	Signal	Ankündiger Bü km 12,00
13	128	blau	Signal	Bü km 12,00
14	138	grün	Signal	Ankündiger Bü km 12,00

5.3.3.4.6.1 Das Schrankensignal (Master)

Das Signal, welches die Schranken- bzw. Sicherungsanlage A (Master) enthält, sollte wie folgt konfiguriert werden. Hingewiesen sei auf die rot markierten Einträge: Als Typ sollte „Bahnhübergang“ gesetzt werden, auch wenn diese Information nicht zwingend für den Betrieb benötigt wird. Wichtig ist insbesondere das Kontrollkästchen „Signal enthält Bahnhübergangssteuerung“, da dieser das zuvor erläuterte interne Zählwerk aktiviert. Als Referenz-Nummer ist hier die 2 eingetragen, da so der Schrankenbaum B (Slave) angesteuert wird.



Bei der Kombinationsmatrix sollten 2 Zustände mit vMax=0 (Schranken offen) und vMax=-1 (Schranken geschlossen) hinterlegt sein. Der Fahrstraßentyp sollte nicht definiert werden:



5.3.3.4.6.2 Schrankensignal (Slave)

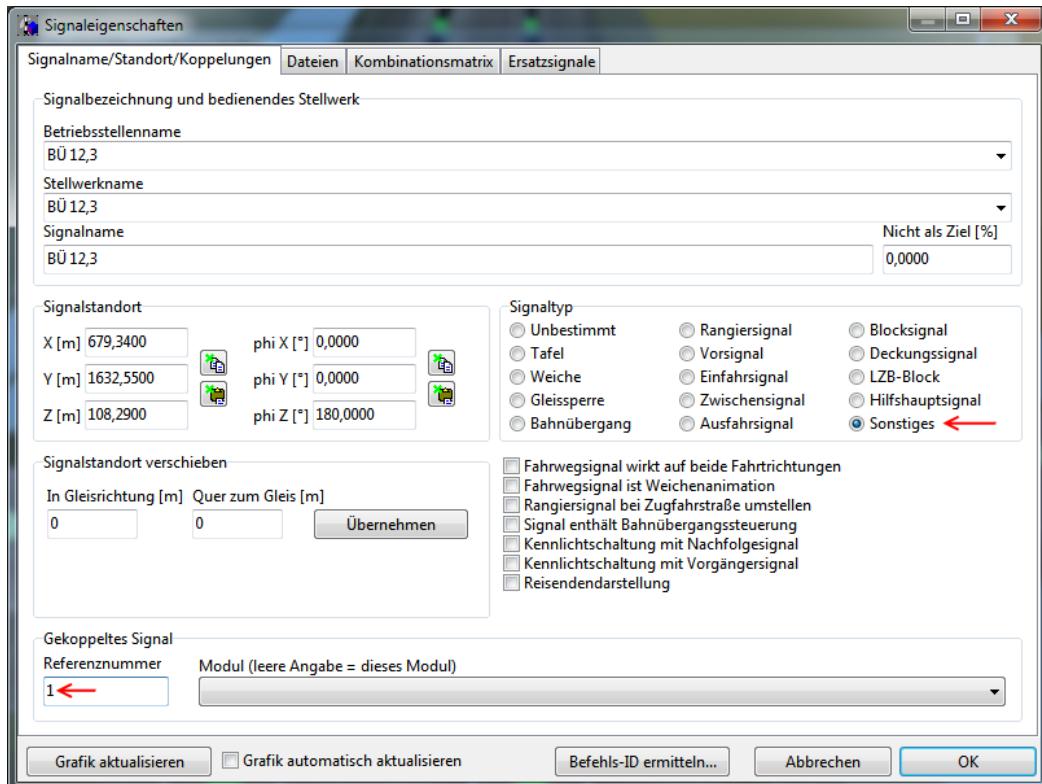
Die zweite Schrankenanlage sieht komplett identisch aus, hat aber kein gekoppeltes Signal (Referenz-Nummer ist 0), da sie das Ende in der Stellkette darstellt.

Gekoppeltes Signal Referenznummer 0	Modul (leere Angabe = dieses Modul)
---	-------------------------------------

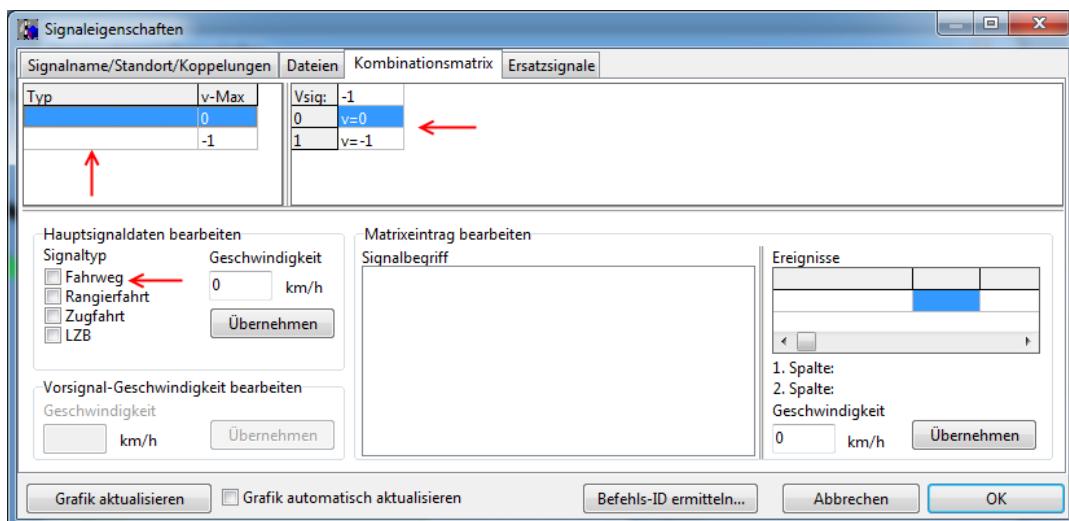
5.3.3.4.6.3 Steuerungssignal im Streckengleis des Bahnübergangs

Das Hilfssignal, hier am Streckenelement 128, muss folgendermaßen aufgebaut sein, was beim Import der vorgegebenen Datei levelcrossing*.signal.xml automatisch gegeben sein sollte.

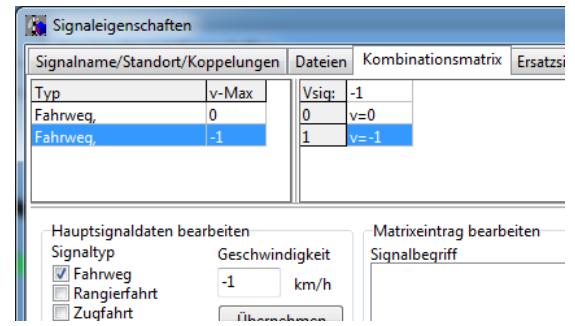
Als Referenz-Nummer ist hier die 1 eingetragen, da von hier aus die Master-Schranke angesteuert wird, die in diesem Beispiel die Referenz-Nummer 1 hat.



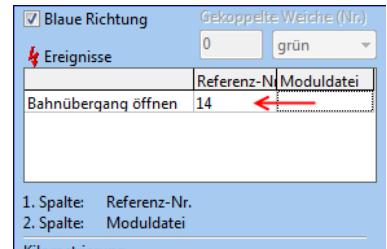
In der Kombinationsmatrix darf bei zugbedientem Bahnübergang kein Fahrstraßentyp definiert sein, da sie sonst schon in die entsprechenden Fahrstraßen eingebunden würde. Die Matrix muss analog zur Schranke aufgebaut sein, sonst würde die Koppelung nicht funktionieren. 3D-Dateien existieren nicht.



Für den Fall der signalabhängigen Anlage muss als Typ der Fahrweg angegeben werden. Schließlich ist die Schranke Bestandteil der Befahrbarkeit des Fahrwegs und soll bei jeder Art von Fahrstraße geschlossen werden.

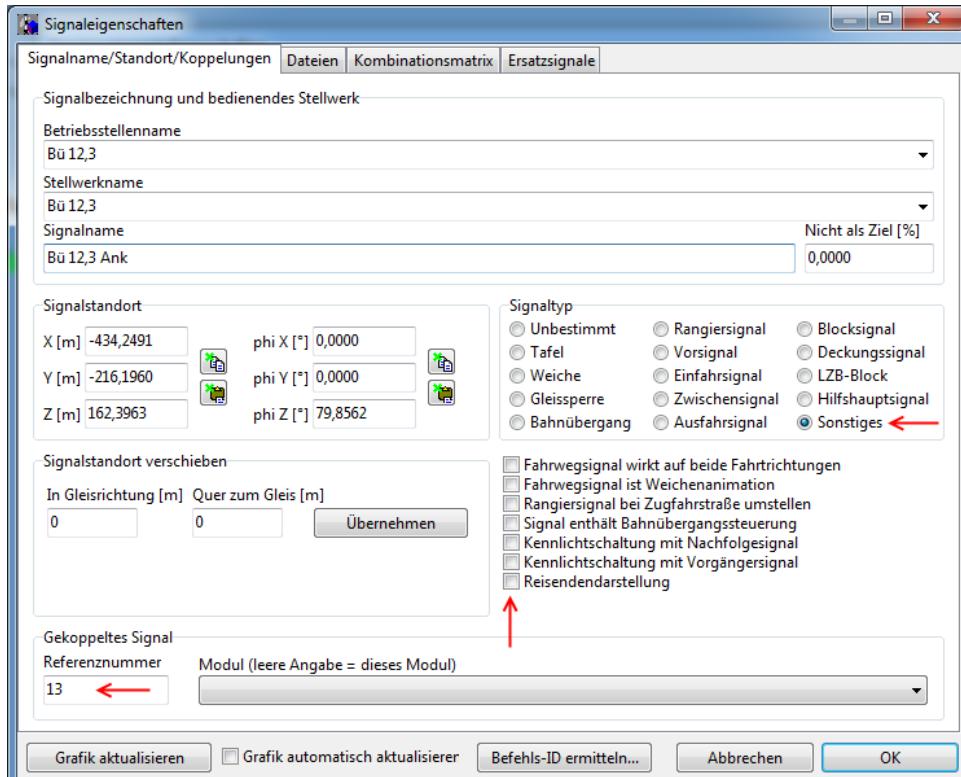


Ebenfalls am Streckenelement 128 sind in beide Richtungen die Ereignisse „Bahnübergang öffnen“ eingetragen. Für unseren Fall ist das die blaue Richtung mit Verweis auf Referenznummer 14. Liegt dieses Ereignis räumlich zu nahe an der Schranke, kann man es natürlich im Nachgang manuell in ein anderes Element setzen.

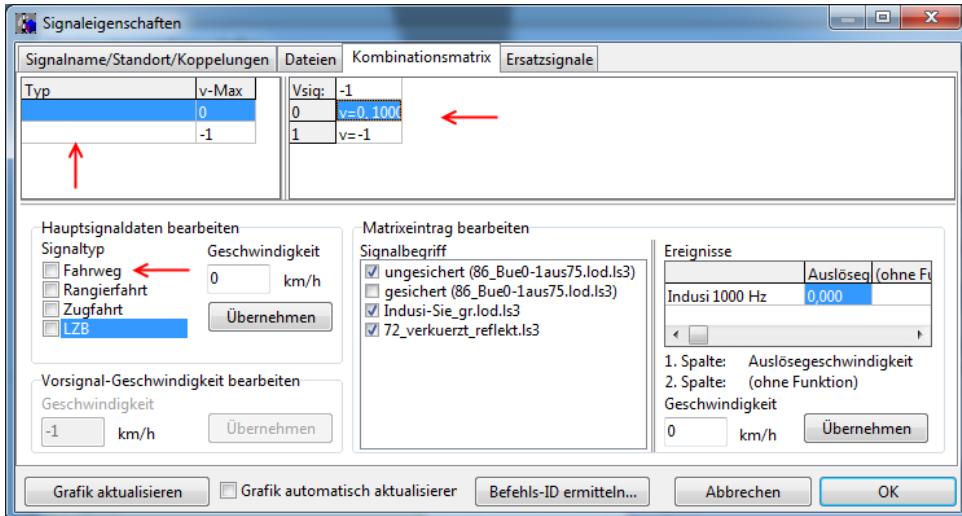


5.3.3.4.6.4 Ankündigungssignal

Das Ankündigungssignal am Streckenelement 118 koppelt die Referenz 13, also das unsichtbare Hilfssignal in Bahnübergangsmitte. Da das Signal selbst keinen Bahnübergang darstellt, sollte es auch beim Typ als „Sonstiges“ gekennzeichnet werden.

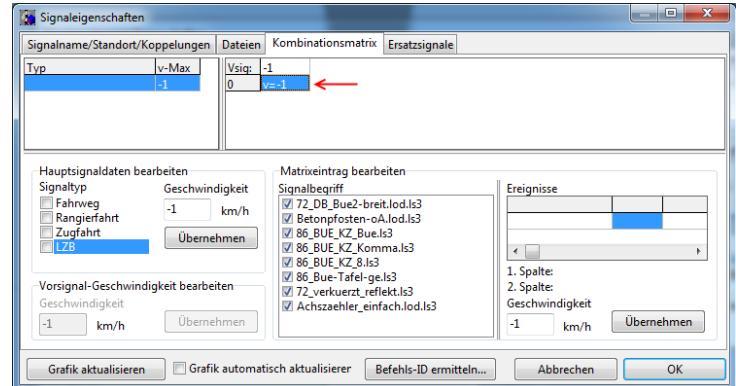


In der Kombinationsmatrix sind wieder zwei Zustände analog zum Hilfssignal und zur Schranke definiert:

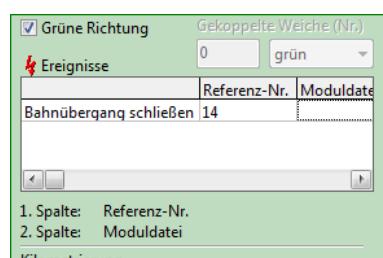


5.3.3.4.6.5 Einschaltsignal

Am Streckenelement 117 sitzt das Ereignis „Bahnübergang schließen“, das die Schaltkette auslöst. Als Referenz ist die 14 angegeben, also das Ankündigungssignal.



Optisch ist am Streckenelement 117 nur ein statisches Signal (Rautentafel) verbaut, seine Matrix besteht deshalb aus nur einem Eintrag:



5.3.3.4.7 Hinweise zur Bahnübergangsautomatik

- Es werden immer nur ganze Streckenelemente betrachtet, so dass die vorgegebenen Abstände im Normalfall nicht exakt getroffen werden. Je kürzer die Streckenelemente an den Anbauorten sind, desto präziser wird das Ergebnis. Ggf. sollte ein Probelauf gestartet werden, um kritische, lange Elemente zu erkennen und diese zunächst zu teilen.
- Liegt ein Einschaltpunkt oder Ankündiger im Nachbarmodul, so wird er nicht aufgestellt. Solche Fälle müssen manuell gemäß dem erklärten Schaltungsschema nach-

gerüstet werden. Eine modulübergreifende Kopplung über die Ereignisse ist möglich, indem der Modulname beim Ereignis mit angegeben wird. Die Eingabe muss von Hand getätigt werden (Kopieren und Einfügen aus der Adressleiste des Windows-Explorers erleichtert ggf. die Eingabe).

- Soll der Bahnübergang aus zusätzlichen Schranken ö.ä. bestehen, so ist ein weiteres Streckenelement ohne Gleisfunktion zu empfehlen. Signal B müßte dann auf das 3. Signal in der Kette verkoppeln usw.
- An den per Automatik ermittelten Signalstandorten dürfen nicht bereits andere Signale stehen.

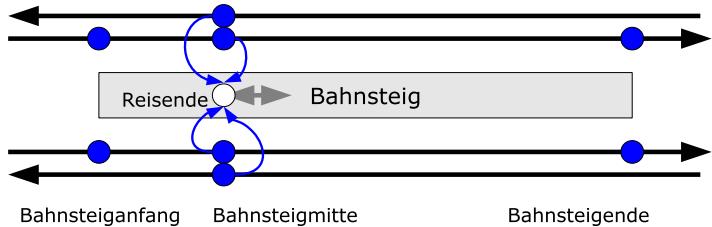
5.3.3.5 Reisende einbauen

Mit dieser Funktion wird ein Signal eingebaut, das zur Ansteuerung von auf den Bahnsteigen stehenden Reisenden dient.

5.3.3.5.1 Konzept

Das Konzept sieht pro Bahnsteig ein Signal vor, das aus bis zu 64 Dateien besteht, die je eine Person darstellen. Alle zugehörigen Gleise sind an ihrem Bahnsteigmitte-Ereignis an das Signal gekoppelt. Weitere Logik enthält das Signal nicht, der Simulator kann die Personen je nach Situation (Fahrplan, Fahrstraßenstellungen, Abfertigung) sichtbar machen. Die Ansteuerung ist aber nur über das Zusammenfallen von Ereignis und Signal möglich. Es ist also erforderlich, auch das Reisendensignal zu verschieben, wenn das Ereignis Bahnsteigmitte später noch an ein anderes Streckenelement verlegt wird.

Das nebenstehende Bild zeigt die Konfiguration für einen Mittelbahnsteig mit einem Gleis auf jeder Seite, bei denen hier beide Fahrtrichtungen skizziert sind. Es gibt ein zentrales Signal (weißer Kreis), das an einem Element ohne Gleisfunktion etwa an zentraler Stelle am Bahnsteig sitzt. An jedem Ereignis „Bahnsteigmitte“ sitzt ein Signal ohne grafische Funktionen, das lediglich eine Koppelung zum zentralen Signal herstellt (blaue Pfeile), damit die Reisenden von mehreren Gleisen aus angesteuert werden können.

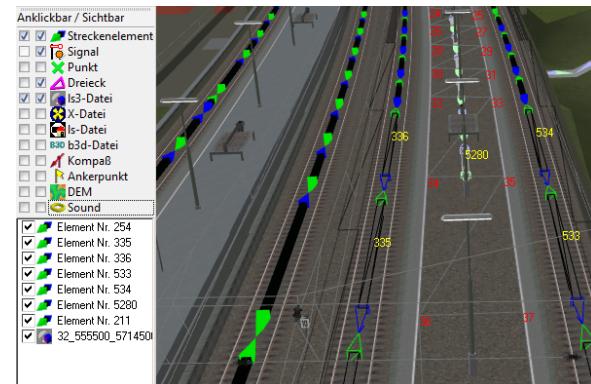
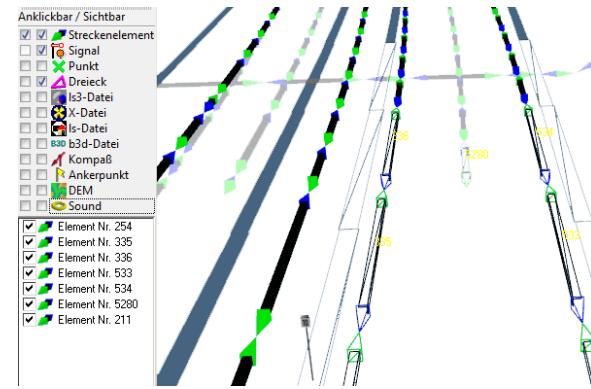


Das Streckenelement ohne Gleisfunktion sollte man etwa mittig zwischen den Gleisen und dort platzieren, wo sich typischerweise die meisten Menschen aufhalten, also an den Treppenaufgängen oder vor dem Empfangsgebäude bzw. wo auch das Bahnsteigmitte-Ereignis liegen sollte.

5.3.3.5.2 Einbau des Signals

Die oben dargestellte Konfiguration lässt sich weitgehend automatisch einbauen. Dazu müssen im ersten Schritt markiert werden: Das Element ohne Gleisfunktion, die Elemente mit den Bahnsteigereignissen und die Polygone, auf denen die Personen stehen sollen. Es ist am einfachsten, zunächst die ls3-Dateien auszublenden und die Streckenelemente zu markieren. Es können auch unbeteiligte Elemente markiert werden (z.B. mit dem Gummiband den Einbaubereich überstreichen), solange das Streckenelement ohne Gleisfunktion und alle Streckenelemente mit Bahnsteigmitte-Ereignissen dabei sind.

Nach Aktivierung der ls3-Sichtbarkeit werden mit der Strg-Taste zusätzlich die Polygone markiert, auf denen die Reisenden stehen sollen. Jetzt ist auch der Menüpunkt „Reisende einbauen“ aktiv. Beim Aufruf der Funktion werden die Streckenelemente mit dem Ereignis „Bahnsteigmitte“ in das Formular eingelesen.



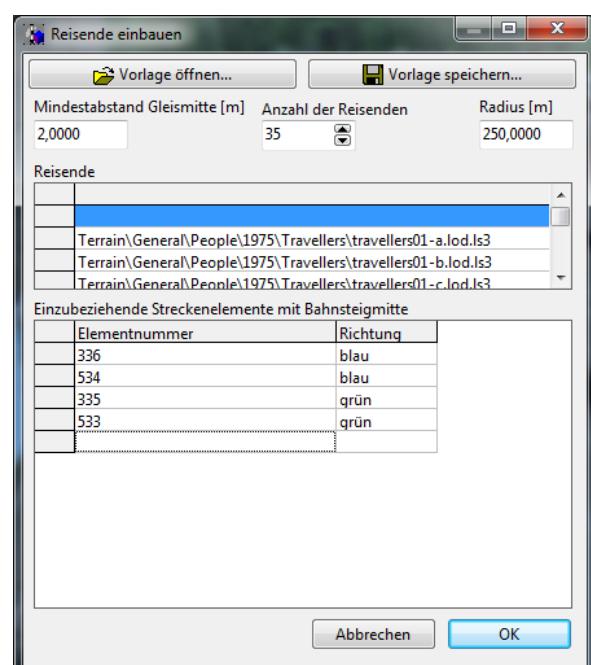
Im Formular gibt es die folgenden Einstellungsmöglichkeiten, wobei sich vordefinierte Konfigurationen über den „Öffnen“-Schalter laden lassen:

Mindestabstand Gleismitte: Dieser Wert sorgt dafür, dass die Personen mit einem Mindestabstand zum Gleis aufgestellt werden. Zwar werden sowieso nur Standorte auf dem markierten Polygon gesucht, aber dieses kann bis an die Bahnsteigkante reichen und damit ohne diese zusätzliche Einschränkung zu Positionen im Lichtraumprofil führen.

Anzahl der Reisenden: So viele Personen wird die Routine versuchen unterzubringen. Der größtmögliche Wert ist 64 wegen der Beschränkung der Signalsichtbarkeiten auf 64 Werte. Es ist möglich, dass nicht genug Standorte gefundenen werden, der Vorgang bricht dann mit entsprechend weniger Personen ab.

Radius: Vom zentralen Signal ausgehend werden die Personen maximal in diesem Abstand aufgestellt.

Reisende: Eine beliebig lange Liste mit ls3-Dateien, die je Datei eine Person darstellen. Für jeden Einbaufall wird eine Person per Zufall aus der Liste ausgewählt. Über das



Kontextmenü können Personen geladen oder entfernt werden.

Streckenelemente: Bei zuvor passend markierten Streckenelementen braucht hier nichts geändert zu werden.

Drücken auf „OK“ baut die Leute ein, wobei einige Signal-Einbaudialoge unverändert mit „Weiter“ bestätigt werden müssen. Die Personen werden so aufgestellt, dass sich der Schwerpunkt der Menschenansammlung im Bereich des zentralen Signals befindet und sich die Menschen mit zunehmendem Abstand ausdünnen - wie das im Detail geschieht, erklärt das folgende Kapitel. Das Streckenelement ohne Gleisfunktion sollte also dort platziert werden, wo sich typischerweise der Schwerpunkt der Menschentraube bildet, also vor dem Empfangsgebäude oder an den Treppenaufgängen. Als letzter Arbeitsschritt muss das Ergebnis geprüft werden. So kann es nötig sein, einzelne Personen noch manuell zu verschieben, wenn sie z.B. in Lampen, Bänke o.ä. gestellt wurden. Zur schnellen Identifikation der betroffenen Personen dient die Funktion „Signalbezeichnungen“ anzeigen in der Bauhilfe. Diese zeigt bei Reisendensignalen für jede Is3-Datei die Zeile in der Dateiliste in Klammern an.

5.3.3.5.3 Arbeitsschritte der Funktion im Detail

Zum Verständnis des Vorgehens der Automatik hier die Schritte im Detail: Zunächst lädt die Routine automatisch im Streckenelement ohne Gleisfunktion das Signal Signals\travellers.signal.xml, welches zunächst grafisch leer ist. Dann wird der folgende Ablauf solange wiederholt, bis die vorgesehene Anzahl an Personen eingebaut ist:

- Die Funktion ermittelt einen zufälligen Punkt innerhalb des Radius, wobei Punkte in der Nähe des Signals wahrscheinlicher sind.
- Es wird geprüft, ob sich der Punkt in der x-y-Lage auf einem markierten Polygon befindet
- Es wird von jedem Streckenelement aus der Tabelle in jeweils beide Richtungen der Gleistrang abgelaufen und die nächste Lage des Punktes zum Gleis ermittelt und geprüft, ob der abgefragte Mindestabstand nicht unterschritten wird
- Die Person wird so ausgerichtet, dass sie (mit etwas Zufallseinfluß) in Richtung dieses Gleises schaut
- Es wird geprüft, dass nicht schon eine Person näher als 2 m an diesem Standort steht.
- Sind alle Prüfungen positiv, so wird die Person im Signal ergänzt.

Am Ende werden an allen Elementen aus der Tabelle je einmal das Signal Signals\travellers.signal.xml aufgebaut und mit dem zentralen Signal gekoppelt.

5.3.3.6 Absteckrechner

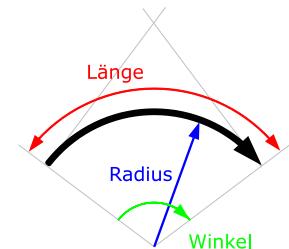
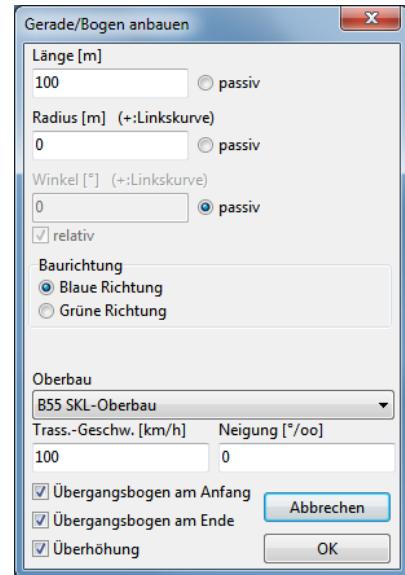
Um Streckenelemente vom Absteckrechner (Roland Ziegler) in den 3D-Editor zu importieren, reicht ein Klick im Absteckrechner, dieser legt die Kurve in ein TEMP-Verzeichnis und benachrichtigt den 3D-Editor, welcher die Kurve automatisch importiert und das erste Element markiert. Über den Menüpunkt „Absteckrechner-Austauschdatei importieren“ kann die Funktion auch manuell aufgerufen werden, es wird also die Datei aus dem Temp-Verzeichnis eingelesen.

Mit „Zum Absteckrechner exportieren“ wird die aktuell geladene Strecke im TEMP-Verzeichnis gespeichert und der Absteckrechner informiert, der die Datei dann einliest. Damit der Absteckrechner kommuniziert, muss bei diesem oben das Kontrollkästchen „Auto-Update“ aktiviert sein.

5.3.3.7 Gerade/Bogen anbauen

Mit dieser Funktion wird vom markierten Element aus ein Gleis angebaut. Je nach Vorgabe lässt sich ein Streckenabschnitt über jeweils zwei der drei Parameter Winkel, Länge und Radius erstellen. Es öffnet sich das nebenstehende Fenster, wobei je zwei der drei Felder aktiv sind:

Der Winkel ist negativ für Rechtskurven und positiv für Linkskurven anzusetzen, analog der Radius. Für gerade Abschnitte ist Radius bzw. Winkel mit 0 anzugeben. Wenn die Kontrollkästchen „Übergangsbogen“ gesetzt sind, wird der Übergang in die/aus der Kurve gemäß DB-Standard als Klo-thoide ausgebildet. Bei manchen Parametern würden sich zwei Übergangsbögen ergeben, die länger als die gesamte Kurve sind. Dann wird gefragt, ob man mit den verkürzten Übergangsbögen einverstanden ist - in diesem Fall können u.U. die vorgegebenen Werte für Winkel/Radius/Länge nicht ganz getroffen werden.



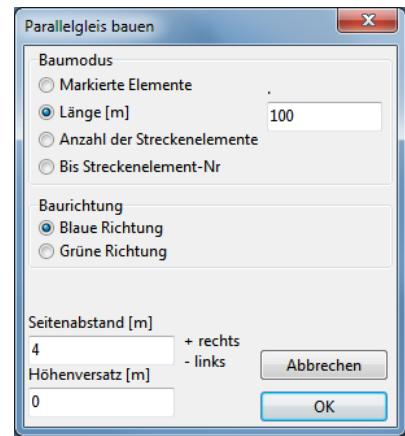
Wenn das Kontrollkästchen „Winkel relativ“ nicht aktiviert ist, wird der in der Skizze zu sehende Winkel auf das globale Koordinatensystem bezogen (also z. B. bei 0° würde das Kurvenende in Richtung der positiven x-Achse zeigen, egal unter welchem Winkel der Kurvenanfang im Raum liegt, bei 90° in Richtung der positiven y-Achse usw.).

Die neu erstellten Elemente werden mit den hier angegebenen Einstellungen für Oberbau-Typ und Trassierungsgeschwindigkeit gebaut und es wird die angegebene Neigung angestrebt. Wenn das Startelement also eine andere Neigung aufweist, dann wird zunächst ein sanfter Neigungswechsel vorgenommen.

Wenn das Kontrollkästchen „Überhöhung“ gesetzt ist, wird das Gleis zum Ausgleich der Fliehkräfte gemäß DB-Standard mit einer Überhöhung versehen (im Übergangsbogen zu-/abnehmende Überhöhung). Dabei ist zu beachten, dass die Überhöhung vom Radius und der zulässigen Geschwindigkeit abhängt. Wenn also im Nachhinein die Geschwindigkeit geändert wird, wird die Überhöhung nicht mehr ganz korrekt sein.

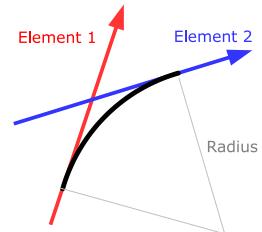
5.3.3.8 Parallelgleis erstellen

Auswahl und Bauumfang siehe unter [Kapitel 5.3.1.4](#). Es wird mit dem angegebenen Seitenabstand ein paralleles Gleis erstellt. Zusätzlich zur Seitenabweichung kann noch ein Höhenversatz angegeben werden, um den das neue Gleis nach oben oder unten gegenüber dem Bezugsgleis versetzt wird. Weitere Eigenschaften werden aus dem jeweiligen vorhandenen Element übernommen.



5.3.3.9 Zwei Streckenäste verbinden

Mit dieser Funktion kann ein Kreisbogen zwischen zwei sich schneidenden Elementen erstellt werden. Der Bereich darf aber nicht in einer Kurve liegen, also der gesamte „betroffene Bereich“ muss in beiden Strängen schnurgerade sein.



Dazu geht man wie folgt vor:

- Eines der beiden Elemente markieren.
- „Strecken erstellen → Zwei Streckenäste verbinden“ aufrufen: Es wird versucht, ein kreuzendes Element zu finden, diese Nummer wird dann schon bei „2. Element“ eingetragen.
- Den Radius angeben

Die beiden „toten Enden“ der Schnittelemente bleibt erhalten und müssen ggf. manuell gelöscht werden.



5.3.4 Menü „Strecke bearbeiten“

5.3.4.1 Streckenelement-Eigenschaften

Diese Funktion öffnet den bereits erläuterten Dialog mit den Streckenelement-Eigenschaften, siehe [Kapitel 5.3.1.2](#).

5.3.4.2 Streckenelemente löschen

Die markierten Elemente inklusive Signalen werden gelöscht. Wenn längere Abschnitte vom markierten Element an gelöscht werden sollen, sei die Funktion „Streckenelement-Parameter ändern“ ([Kapitel 5.3.4.7](#)) empfohlen.

5.3.4.3 Streckenelemente teilen

Die markierten Streckenelemente können geteilt werden. Es wird dafür in einem Dialog die „Erste Länge“ abgefragt, also die Länge des ersten Segments vom grünen Element-Ende bis zum Trennschnitt. Die Vorbelegung ist die halbe Länge des ersten markierten Elements. Wenn die „Erste Länge“ länger als das Element ist, wird das Element gar nicht geteilt.

5.3.4.4 Streckenelemente verschmelzen

Diese Funktion ist nur auswählbar, wenn genau zwei Streckenelemente markiert sind, die auch logisch benachbart sind. Diese werden dann zu einem Element verschmolzen.

5.3.4.5 Streckenelement-Richtung umkehren

Grünes und blaues Element-Ende werden vertauscht. Alle Funktionen und zugehörige Signale werden entsprechend vertauscht, so dass sich funktional nichts ändert. Da Elemente keine Vorzugsrichtung haben, sollte man prinzipiell auch ganz ohne diese Funktion auskommen können.

5.3.4.6 Streckenelemente vertauschen

Diese Funktion steht zur Verfügung, wenn zwei Elemente markiert sind. Diese beiden Elemente tauschen dann ihre Nummern. Diese Funktion ist z.B. anzuwenden, wenn bei Weichen der Vorrangstrang getauscht werden soll.

5.3.4.7 Streckenelement-Parameter ändern

Von dem/den markierten Streckenelementen aus werden die gewünschten Parameter neu berechnet. Die zu ändernde Eigenschaft muss zunächst links aktiviert werden. Im dann aktiven Feld darunter wird ggf. der neue Wert eingestellt. Zur Länge, auf der die Änderungen wirksam werden, siehe „Interne Laufrichtung und Baufunktionen“ ([Kapitel 5.3.1.4](#)).

Richtungsspezifische Parameter ggf. aktivieren: Bei richtungsabhängigen Angaben (Kilometrierung, Höchstgeschwindigkeit) wird bei aktiviertem Kontrollkästchen der neue Wert auch dann gesetzt, wenn das Streckenelement bislang keine richtungsabhängigen Angaben hatte und damit der grün bzw. blau hinterlegte Bereich in den Elementeigenschaften deaktiviert war. Meistens ist das Setzen des Wertes in diesem Fall nicht nötig, da Zusi ohne Angaben mit den alten Werten weiterrechnet und damit etwas Datenvolumen spart.

Elemente löschen: Die Elemente werden gelöscht. Das Kontrollkästchen „Gegenrichtung auch bearbeiten“ ist ohne Belang.

Gleissprung sanft angleichen: Diese Funktion ist dafür gedacht, dass ein Abschnitt ohne Knicke in der Höhe oder seitlichen Lage verschoben werden soll. Anzuwenden ist

das aber nur auf Vektorzüge von Straßen usw., denn für Bahngleise liefert die Funktion in der Regel keine richtlinienkonformen Ergebnisse. Für Bahngleise ist der Absteckrechner zu benutzen. Das folgende Beispiel verdeutlicht die Anwendung.

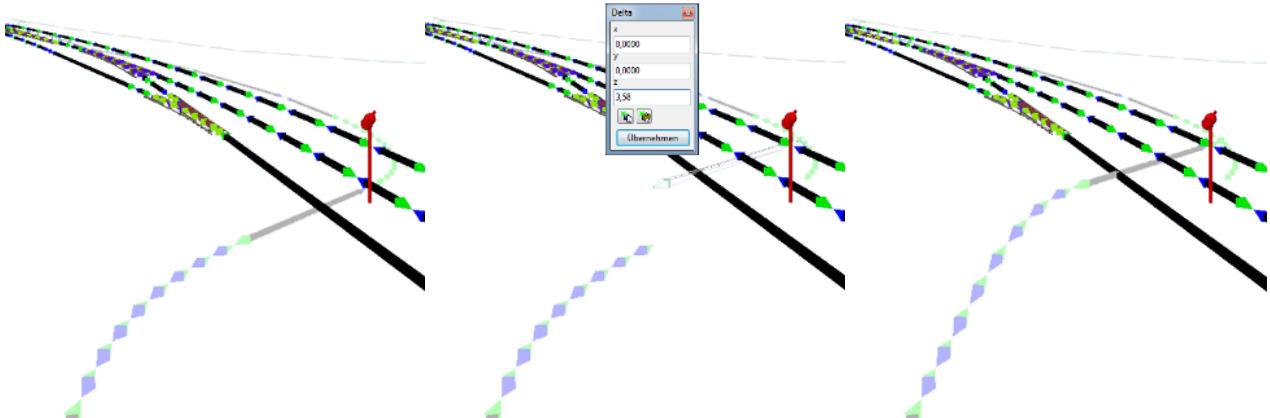


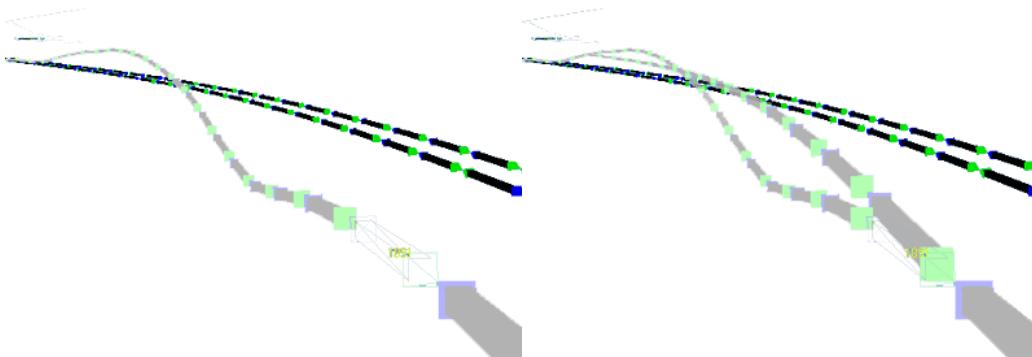
Bild 1: Ausgangszustand, Straßenzug liegt für die Einrichtung eines Bahnübergangs etwas zu tief.

Bild 2: Straßenelemente im Bereich der Gleise werden nach oben verschoben.

Bild 3: Vom verschobenen Element ausgehend wurde diese Funktion aufgerufen und hat die Nachbarelemente mit einer sinusartigen Verschiebung so angepaßt, dass kein Knick entsteht.

Wichtig ist, dass die Elementverknüpfung nach dem Verschieben nicht verloren geht, da diese Funktion die zu verändernden Elemente anhand der Nachfolge-Nummern bestimmt. Aufgerufen werden muss immer von dem Element direkt vor dem Sprung. Das Kontrollkästchen „Gegenrichtung auch bearbeiten“ ist ohne Belang.

Gleislage glätten: Die Gleislage wird auf festgelegter Länge zwischen Start- und Endpunkt geglättet. Die Stärke der Glättung kann zwischen 0 (keine Änderung) und 100 (Start- und Zielpunkt werden geradlinig verbunden) eingestellt werden. Es sind auch Werte kleiner 0 und größer 100 möglich, womit die Bahnkurve verstärkt (kleiner 0) oder über die direkte Verbindungslinie hinaus überdehnt wird. Außerdem kann festgelegt werden, ob nur die Höhenlage (z) oder auch die seitliche Lage (x/y) geglättet wird. Die folgenden Bilder zeigen eine Kurve im Ausgangszustand und nachdem z-Glättung mit einem Wert von 100 durchgeführt wurde. Die Ausgangskurve ist im 2. Bild zum Vergleich noch zusätzlich dargestellt. Die Höhe ist also geradlinig eingeebnet worden, während die seitliche Lage unverändert ist:



Anzuwenden ist das aber nur auf Vektorzüge von Straßen usw., denn für Bahngleise liefert die Funktion in der Regel keine richtlinienkonformen Ergebnisse.

Diverse Parameter ändern: Die weiteren Auswahlmöglichkeiten (Kilometrierung usw.) sollten selbsterklärend sein. Teilweise werden die Werte mit dem aktuellen Wert des

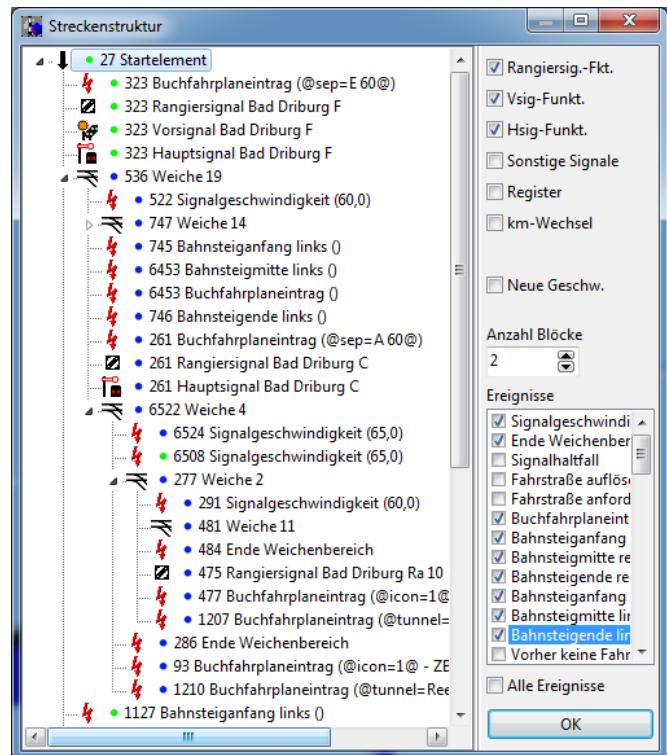
markierten Streckenelement vorbelegt.

5.3.4.8 Markierte Streckenelemente exportieren

Die gerade markierten Streckenelemente werden in der abgefragten st3-Datei gespeichert. Ebenfalls gespeichert werden die an den markierten Elementen eingebauten Signale und die Streckengrunddaten wie UTM-Punkt usw.

5.3.4.9 Strecken-Strukturbau

Ausgehend vom aktuell markierten Element wird die nachfolgende Streckenstruktur in Baumform dargestellt. Alle Elemente mit einer Weiche, einem Ereignis, einem Signal, Kombisignal (Vorsignal- und Hauptsignalfunktion getrennt wählbar) usw. werden entsprechend der Auswahl rechts aufgelistet. So kann schnell ein Überblick über die Fahrmöglichkeiten der Strecke gewonnen werden. Der blaue oder grüne Punkt vor der Streckenelement-Nummer gibt an, in welche Richtung das Element betrachtet wird. Die Streckenelemente können per Mausdoppelklick direkt bearbeitet werden. Über die „Anzahl Blöcke“ wird angegeben, wie tief der Baum geschachtelt wird.



5.3.4.10 Aufgleispunkt hinzufügen

Diese Funktion legt am markierten Streckenelement einen Aufgleispunkt an, damit die entsprechenden Fahrstraßen erstellt werden. Weiteres siehe im [Kapitel 5.3.1.12.5](#).

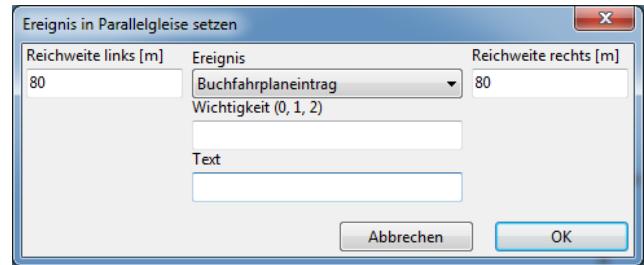
5.3.4.11 Bounding-Radien (Signalgrafik) neu berechnen

Es werden für alle Signale der Strecke die Boundingradien anhand der Mesh-Geometrien neu berechnet. Zu Bounding-Radien siehe [Kapitel 5.1.1.10](#) und in „Signaleigenschaften“ [Kapitel 5.3.1.11.3](#).

5.3.4.12 Ereignis setzen

Hier können die beim Streckenbau häufig benötigten Signale mit einem Klick in das gerade markierte Streckenelement gesetzt werden.

Hingewiesen sei noch auf die Funktion „Ereignis in Parallelgleise setzen“, die den nebenstehenden Dialog öffnet. Das ausgewählte Ereignis wird in alle Parallelgleise gesetzt, so dass man z.B. mit einem Klick alle Gleise eines Bahnhofs mit dem Ereignis Buchfahrplaneintrag auf Höhe des Empfangsgebäudes ausrüsten kann.



5.3.4.13 Streckenfesten Blickpunkt hinzufügen

In der Simulation kann die Strecke von ortsfesten Punkten (z. B. Stellwerk) aus beobachtet werden. Um so einen Punkt festzulegen, nimmt man zuerst im 3D-Editor den gewünschten Blickwinkel ein. Mit Aufruf dieser Funktion werden die Koordinaten des aktuellen Betrachterpunktes unten an die Blickpunktliste angefügt und die Liste geöffnet. Es sollte dann noch eine Bezeichnung für diesen Ort eingegeben werden.

5.3.4.14 Streckenfeste Blickpunkte

Unter „Streckenfeste Blickpunkte“ können die Daten der Blickpunkte bearbeitet oder Blickpunkte gelöscht werden. Zum Löschen muss der Cursor in die Zeile gesetzt und dann „„Löschen“ gedrückt werden.

Die Funktion „Sortieren“ bezieht sich auf die Ortsbezeichnung von A bis Z. „Aufsuchen“ schließt das Fenster und stellt den Betrachterpunkt auf die aktuell markierte Zeile auf. Damit sich lassen die Blickpunkte auch als eine „Lesezeichenverwaltung“ während der Bauphase benutzen, um bestimmte Orte schnell aufzusuchen zu können.

Liste der Streckenstandorte:										
x Auge	y Auge	z Auge	x Ziel	y Ziel	z Ziel	x Oben	y Oben	z Oben	Ortsbezeichnung	
-762,38	-1173,14	217,03	-749,52	-1194,58	217,05	-762,36	-1173,12	227,03	Ausfahrsignale Richtung Herste	
-975,22	-725,73	220,41	-991,11	-706,50	218,80	-975,63	-725,23	230,39	Ausfahrsignale Richtung Langeland	
-479,86	-1526,62	211,84	-500,51	-1512,54	212,71	-479,86	-1526,62	221,82	Einfahrsignal von Herste	
-1355,50	-75,29	223,48	-1351,71	-100,98	221,91	-1355,50	-75,29	233,44	Einfahrsignal von Langeland	
417,56	-1529,77	201,11	393,69	-1537,18	200,89	417,48	-1529,80	211,11	Einfahrvorsignal von Herste	
-1074,70	868,00	232,75	-1080,24	843,62	232,49	-1074,70	868,00	242,73	Einfahrvorsignal von Langeland	
-901,34	-847,34	225,76	-894,13	-870,97	221,91	-901,34	-847,34	235,61	Empfangsgebäude Richtung Herste	
-793,14	-1071,92	221,69	-810,24	-1054,20	217,35	-793,14	-1071,92	231,52	Empfangsgebäude Richtung Langeland	
-680,73	-1322,52	218,28	-665,21	-1341,57	213,67	-680,73	-1322,52	228,09	Weichen Richtung Herste -> Herste	
-588,67	-1438,47	218,90	-604,44	-1420,04	212,85	-588,67	-1438,47	228,58	Weichen Richtung Herste <- Langeland	
-1062,28	-605,98	220,18	-1075,75	-588,16	214,82	-1063,82	-604,22	229,90	Weichen Richtung Langeland	
-1091,39	1268,20	240,96	-1093,87	1292,58	236,00	-1091,59	1270,17	250,76	Tunnel	

Aufsuchen Sortieren Löschen Abbrechen OK

5.3.4.15 Fahrstraßen

5.3.4.15.1 Funktionsprinzip

Das Prinzip der Fahrstraßenfunktion wurde bereits unter „Konzept“ in Kapitel 5.3.1.12 erläutert. Hier folgt jetzt die Darstellung der konkreten Umsetzung im Editor. Die Elemente der Fahrstraße werden über Referenznummern angesprochen, die in der Baumstruktur über den Modulnamen (st3-Datei) und die Referenznummer definiert und dargestellt werden. Modulübergreifende Fahrstraßen erkennt man daran, dass in den Referenzen mehrere Streckenmodule vorkommen; im folgenden Bild ist das der Fall für Langeland und Altenbeken.

5.3.4.15.2 Fahrstraßenfenster

Typ: Der Typ der Fahrstraße (hier Zugfahrt).

Start-Element: Hier beginnt die Fahrstraße. Mit der Ausnahme von Aufgleisfahrstraßen ist an dem Streckenelement auch ein Signal anzutreffen.

Ziel-Element: Endeelement der Fahrstraße (immer mit Signal).

Signal, Vorsignal: Siehe Abschnitt weiter unten.

Weiche: Bei der Weiche wird neben Zuordnung per Referenz-Nummer die Stellung der Weiche mit einer Ziffer definiert. Im Beispiel rechts ist es die Nummer 2, was bedeutet, dass der zweite Nachfolger geschaltet wird, also typischerweise der abzweigende Fahrweg. Nummer 1 wäre die Grundstellung.

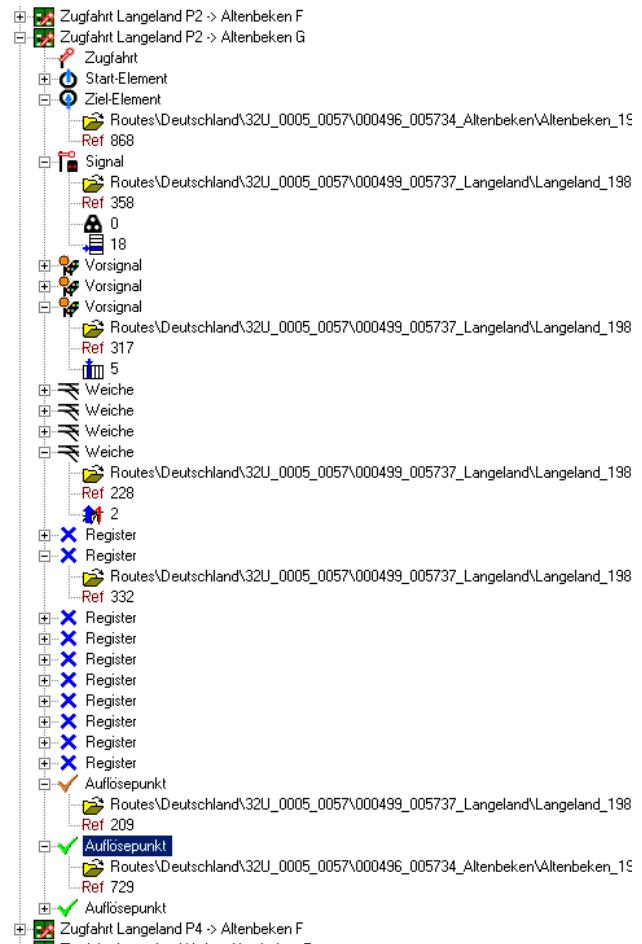
Register: Zuordnung der Registerpunkte über die Referenz-Nummer.

Auflösepunkt: Zuordnung der Fahrstraßenauflösungspunkte über die Referenz-Nummer. Auflösepunkte, die für diese Fahrstraße als Teilauflösung wirken, sind mit einem orange gefärbtem Symbol dargestellt.

Signalhaltfall: Wenn ein Signalhaltfall definiert ist, so wird er in gleicher Weise wie ein Auflösepunkt aufgeführt.

Signal: Ein Haupt- oder Rangiersignal, das beim Stellen der Fahrstraße umgestellt wird. Der Eintrag mit dem Ersatzsignalsymbol legt fest, ob (0) die normale Matrix oder (1) die Ersatzsignaldefinition angesteuert wird. Anschließend folgt die Zeile, die geschaltet wird (hier beim Signal mit der Referenz 358 ist es die Zeile 18). Um das Signalbild zu ermitteln, kann in der Signalmatrix die entsprechende Zeile betrachtet werden (hier im nebenstehenden Bild ist die Zeile 18 mit rotem Pfeil markiert).

Vorsignal: Vorsignale werden in gleicher Weise wie Haupt- und Rangiersignale behandelt. Es wird die Spalte angegeben, die in der Matrix geschaltet wird. Beim Stellen der Fahrstraße werden nur die Vorsignale tatsächlich gestellt, von denen ein Fahrweg zum Hauptsignal führt.



Signaleigenschaften			
Signalname/Standort/Koppelungen		Dateien	Kombinationsmat
Typ	v-Max	Vsig:	
Zugfahrt,	-1	0	v=-1
Rangierfahrt, Zugfahrt,	0	1	v=0, 2000
Zugfahrt,	10	2	v=40
Zugfahrt,	20	3	v=40
Zugfahrt,	30	4	v=40
Zugfahrt,	40	5	v=40
Zugfahrt,	50	6	v=40
Zugfahrt,	60	7	v=60
Zugfahrt,	70	8	v=-1
Zugfahrt,	80	9	v=-1
Zugfahrt,	90	10	v=-1
Zugfahrt,	100	11	v=-1
Zugfahrt,	110	12	v=-1
Zugfahrt,	120	13	v=-1
Zugfahrt,	130	14	v=-1
Zugfahrt,	140	15	v=-1
Zugfahrt,	150	16	v=-1
Rangierfahrt,	-1	17	v=25
Zugfahrt,	40	18	v=40, 28

5.3.4.16 Module

Zum Prinzip der Module siehe „Modulübergreifende Funktionen“ in [Kapitel 5.3.1.6](#).

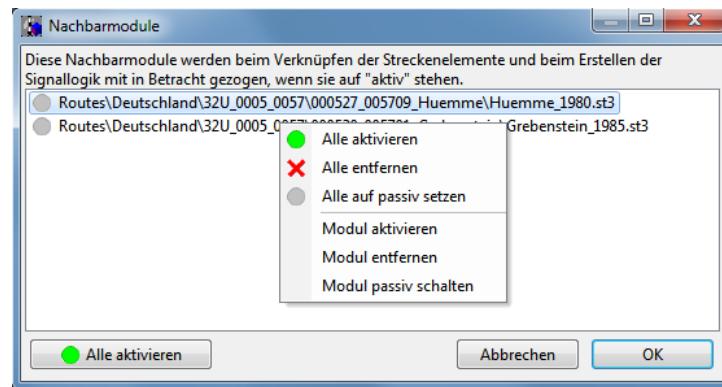
5.3.4.16.1 Nachbar-Streckenmodul laden

Es können hier weitere Nachbarmodule hinzugefügt werden.

5.3.4.16.2 Streckenmodule

Dieses Fenster listet alle Nachbarmodule auf.

Über das Kontextmenü kann der Status aller Module oder auch einzelner Module geändert werden. Aktive Module sind im Hintergrund geladen und stehen für die modulübergreifenden Funktionen zur Verfügung. Zu entfernende Module werden nach dem Schließen des Fensters aus dem Speicher entfernt und zukünftig nicht mehr als Nachbarmodul geführt. Passive Module sind zwar gerade nicht geladen, werden aber weiterhin als Nachbar betrachtet und damit z.B. beim nächsten Öffnen der Strecke wieder angeboten.



5.3.4.16.3 Referenz-Elemente

In diesem Fenster werden alle Referenz-Elemente dieses Streckenmoduls aufgeführt. Zum Prinzip der Referenzelemente siehe [Kapitel 5.3.1.5](#).

Die Referenz-Nummer kann hier manuell geändert werden – schon existierende Referenzen auf die alte Nummer werden dann aber ungültig. Innerhalb eines Moduls darf eine Referenz-Nummer immer nur einmal vorkommen. In den weiteren Spalten folgen das zugeordnete Streckenelement und seine Richtung sowie der Referenz-Typ und ein freier Text, der die Zuordnung erleichtert, vom Programm aber nicht weiter verarbeitet wird.

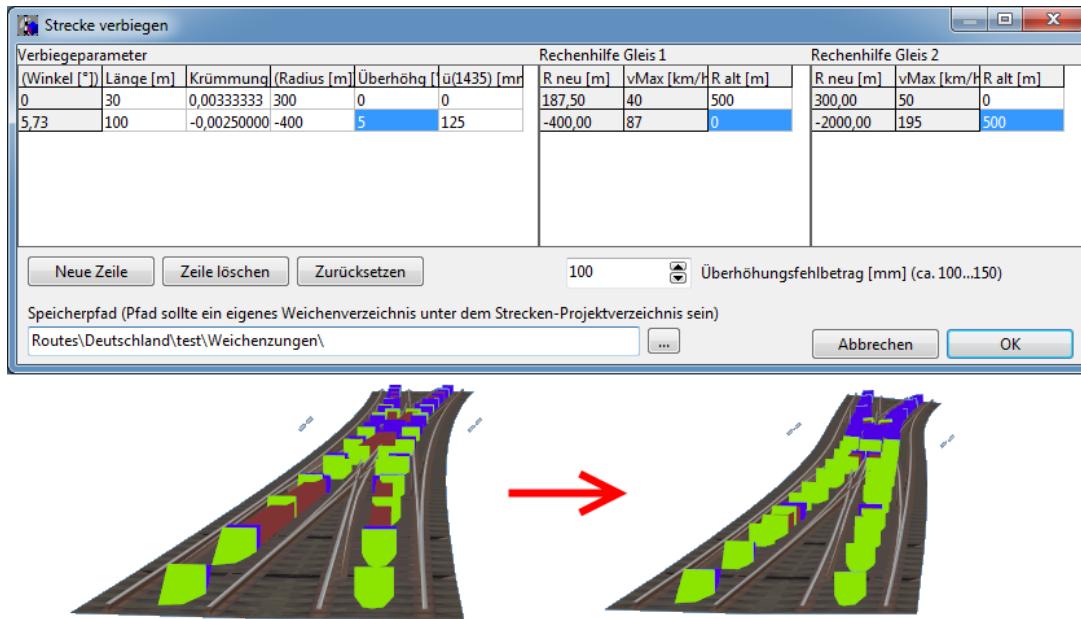
Referenz-Nr.	Element-Nr.	Richtung	Referenztyp	Beschreibung
1	1	grün	Modulschnittstelle	Modulgrenze nach Routes\Deut
2	87	blau	Modulschnittstelle	Modulgrenze nach Routes\Deut
3	88	grün	Modulschnittstelle	Modulgrenze nach Routes\Deut
4	173	blau	Modulschnittstelle	Modulgrenze nach Routes\Deut
5	232	blau	Weiche	Weiche
6	232	blau	Register	Register Nr. 1
7	232	grün	Register	Register Nr. 1
8	247	blau	Weiche	Weiche
9	247	blau	Register	Register Nr. 2
10	247	grün	Register	Register Nr. 2

5.3.4.17 Gesamte Strecke verschieben

Alle Streckenelemente, Signale usw. werden gemäß der abgefragten Werte verschoben und verdreht. Der UTM-Punkt wird nicht verändert. Soll auch die Landschaft an den neuen Ort gebracht werden, dann muss noch einmal „Gesamte Landschaft verschieben“ mit denselben Parametern aufgerufen werden.

5.3.4.18 Gesamte Strecke verbiegen

Die gesamte geladene Strecke und Landschaft wird, ausgehend vom Koordinatenursprung 0/0/0 in positive x-Richtung laufend, gemäß der im Dialog eingegebenen Parameter gebogen. Es spielt also keine Rolle, ob und welches Streckenelement gerade markiert ist. Wenn nur Teile der Strecke gebogen werden sollen (z.B. eine Weiche), dann muss dieser Bereich der Strecke zunächst in einer eigenen Datei separiert werden. Es werden die geladenen Polygone, die Streckenelemente und die Signale (z.B. Weichenzungen) bearbeitet, die modifizierten Is3-Dateien der Signale werden in neuen Dateien abgespeichert.



Zu den Einstellungen: In der linken der drei Tabellen werden die relevanten Daten eingestellt, für die Berechnung werden die drei Spalten „Länge“, „Krümmung“ und „Überhöhg“ herangezogen, alle anderen Werte dienen lediglich der einfacheren Bearbeitung. So kann man den Radius eintippen und es wird automatisch die entsprechende Krümmung berechnet. Ebenso funktioniert die Umrechnung von Überhöhung (mm) in Grad für den üblichen Fall von 1435 mm Spurweite. oo steht für unendlich.

Über „Neue Zeile“ können mehrere Abschnitte mit verschiedenen Biegeparametern aneinandergereiht werden. Das ist für den Fall gedacht, dass eine Weiche im Radienwechsel liegt. Die Längenwerte summieren sich dabei, der im Beispiel unten bearbeitete Abschnitt beträgt also insgesamt $30 + 100 = 130$ m. Eine Lage im Übergangsbogen lässt sich dadurch annähern, dass man mehrere Zeilen mit allmählich wachsendem Radius benutzt. Die letzte Längenangabe kann ruhig größer eingestellt werden. Wenn in dem Bereich keine Streckenelemente mehr vorgefunden werden, ändert das nichts am Ergebnis (man muss also eine geladene Weiche in der Länge nicht erst ausmessen).

Wichtig sind das Abspeichern von Landschaft und Strecke unter neuem Dateinamen und die Auswahl eines passenden Unterverzeichnisses bei „Speicherpfad“. In dem angegebenen Verzeichnis werden die veränderten Is3-Dateien der statischen Signale abgespeichert. Der Pfad sollte ein Unterverzeichnis der Strecke sein, also z.B. Routes\Deutschland\32U_0005_0057\000496_005734_Altenbeken\Weichenzungen\. Das vom Weichengenerator angelegte Verzeichnis (Bogenweichen) ist nicht zu benutzen, da

sonst die Dateien mit entsorgt würden, wenn man die Schienen löschen-Funktion benutzt.

Die beiden rechten Tabellen dienen als Berechnungshilfe. Vor dem Verbiegen von Weichen kann man hier sofort erkennen, welche Trassierungs-Parameter das Ergebnis haben wird. Man würde also eine Normweiche importieren, in der Tabelle z.B. bei „Rechenhilfe Gleis 1“ den Abzweigradius der Normweiche eingeben und dann wird in den beiden links daneben liegenden Feldern sofort angezeigt, welcher neuer Radius sich ergibt und welche v_{max} nach dem Biegevorgang erlaubt ist. Gerechnet wird für die v_{max} mit folgender Formel, wobei der Fehlbetrag einstellbar ist, übliche Werte sind 100 oder 130 mm:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{R}{11,8}(u + u_f)} \text{ mit } v [\text{km/h}], R [\text{m}], u [\text{mm}]$$

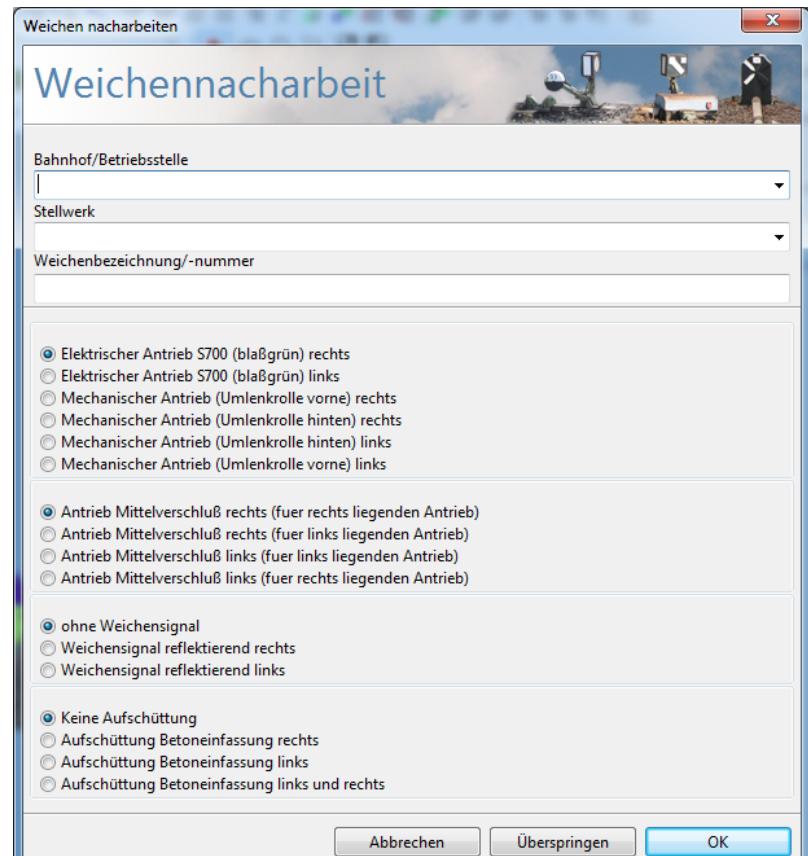
Im Beispiel oben wird der abzweigende Strang der Weiche von 500 auf 187,5 m verengt (40 km/h), während der gerade Strang der Weiche (Rechenhilfe Gleis 2) auf 300 Meter gebogen wird und damit mit maximal 50 km/h befahren werden darf. Im 2. beiegabschnitt wird der Abzweig von 500 m auf 2000 m aufgeweitet. Weitere Informationen in Kapitel 5.4.3.10.2.

5.3.4.19 Weichen nacharbeiten

Die Ausrüstung der Weichen mit Zubehör wie Weichensignalen, Antrieben usw. kann im Weichenbausatz in verschiedenen Varianten hinterlegt werden. Mit dem Menüpunkt „Weichennacharbeit“ werden alle Weichen der Reihe nach abgefragt. Es werden mindestens die Bezeichnungen für Bahnhof, Stellwerk und Signalname abgefragt. Beim Signalname sollte die Bezeichnung der Weiche eingetragen werden (meist eine fortlaufende Nummer).

Anhand der im Weichenbausatz hinterlegten Informationen wird eine Abfragemaske generiert, aus der man die für diese Weiche gewünschte Variante auswählen kann.

Ob eine Weiche schon abgefragt wurde, wird anhand des Vorhandenseins der Bezeichnungen für Stellwerk usw. geprüft. Soll eine Weiche erneut abgefragt werden, so kann man in den Signaleigenschaften die Einträge für Stellwerk usw.



löschen und erneut die Weichennacharbeit aufrufen. Ebenso kann der Vorgang der Weichennacharbeit unterbrochen und zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgenommen werden, wobei automatisch an der letzten Weiche weitergearbeitet wird.

5.3.4.20 Abschließende Arbeiten

Hier sind die Routinen zusammengefaßt, die nach dem Erstellen des Streckennetzes abschließend durchgeführt werden können bzw. müssen. Es werden dabei die für eine vernünftig funktionierende Strecke nötigen Einstellungen gesetzt. Die automatisch erzeugten Einstellungen führen im Normalfall zu einer funktionierenden Strecke, können aber natürlich anschließend noch manuell geändert werden.

5.3.4.20.1 Streckennetz neu verknüpfen

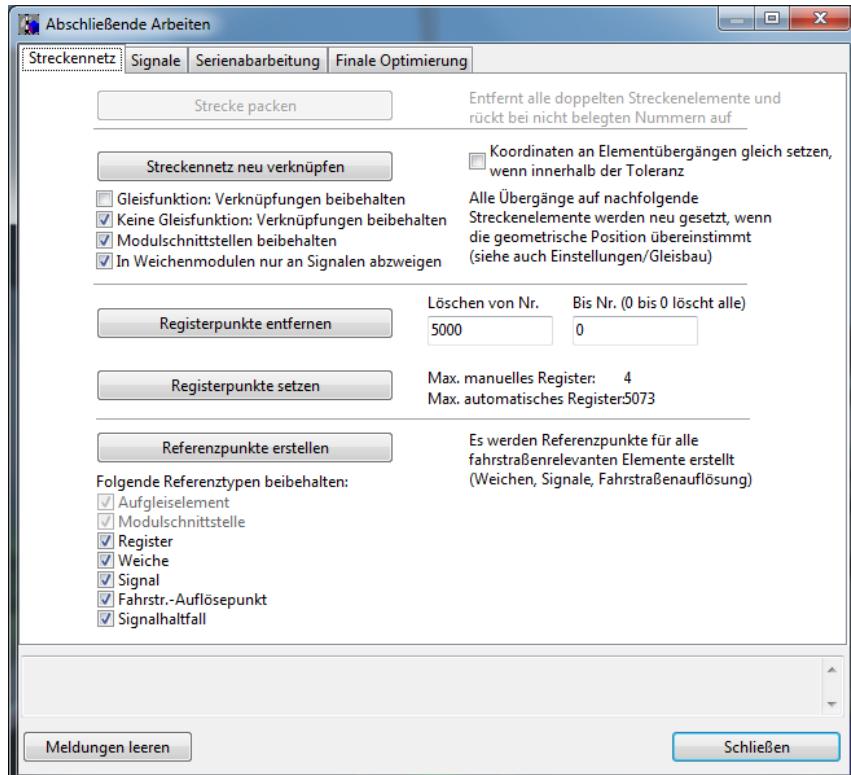
Falls Elemente zwar topografisch aufeinander folgen, funktionstechnisch aber nicht verbunden sind, wird diese Verbindung hier erstellt. Die Daten einer Strecke werden mit einer gewissen Ungenauigkeit in der Datei abgespeichert. Dadurch liegen die Berührungs punkte zweier aufeinander folgenden Elementen nach dem Einladen einer Strecke u.U. nicht mehr ganz exakt übereinander. Darum ist für diese Operation eine gewisse Toleranz nötig, die in den Editor-Einstellungen ([Kapitel 5.5.1.4](#)) definiert wird.

Die Funktion beachtet auch Nachbarmodule und erstellt modulübergreifende Verknüpfungen her. Dafür müssen die Module natürlich den Status „aktiv“ haben, siehe Kapitel „Streckenmodule“.

Über die Kontrollkästchen kann der Vorgang etwas gesteuert werden:

Gleisfunktion: Verknüpfungen beibehalten: Bei aktivem Kontrollkästchen werden Verknüpfungen auch beibehalten, wenn sie geometrisch nicht die Kriterien erfüllen. Neu entdeckte Verbindungen werden hinzugefügt. Im Regelfall sollte diese Option nicht aktiv sein.

Keine Gleisfunktion: Verknüpfungen beibehalten: Gleiche Fragestellung für Elemente „ohne Gleisfunktion“. Damit hat es folgende Bewandtnis: Elemente ohne Gleisfunktion werden oft mit größerer Winkelauflösung verlegt als die befahrbaren Gleise.



Damit kann der Übergangswinkel zwischen zwei Elementen schnell außerhalb der Toleranz sein und ohne das Kontrollkästchen würde die Verbindung zwischen den beiden Elementen entfernt.

Modul-Schnittstellen beibehalten: Verbindungen zu Nachbarmodulen würden entfernt, wenn die Module gerade auf „passiv“ gesetzt sind. Bei aktiviertem Kontrollkästchen kann man also neu verknüpfen, ohne die Verbindungen zu passiven Nachbarmodulen zu verlieren.

In Weichenmodulen nur an Signalen abzweigen: In Weichenbereichen können schnell weitere Phantomweichen entstehen, da hier viele Elemente auf engem Raum liegen. Der gewünschte Weichenpunkt lässt sich aber bei Weichenbausätzen über das Fahrwegsignal (Zungen) identifizieren. Bei aktivem Kontrollkästchen werden darum bei Elementen mit der Markierung „Weichenmodul“ nur Weichen konstruiert, wenn am entsprechenden Element auch ein Fahrwegsignal vorhanden ist.

Koordinaten an Elementübergängen gleich setzen, wenn innerhalb der Toleranz: Während alle anderen Vorgänge die Lage der Elemente nicht beeinflussen, werden hier bei aktivem Kontrollkästchen die Koordinaten an den Elementübergängen exakt gleich gesetzt. (nicht innerhalb von Weichenmodulen, da das wegen der engen Gleislage meist zu Fehlern führt). Kleine Ungenauigkeiten am Übergang verschiedener Höhenprofile usw. können so ausgeglichen werden.

5.3.4.20.2 Registerpunkte entfernen

Löscht die vorhandenen Registerpunkte aus der Strecke, die zwischen den beiden rechts einzugebenden Werten liegen. Mit den Standardeinstellungen der beiden Eingabefelder werden nur die automatisch platzierten Register gelöscht. Diese haben Nummern ab 5000 und größer. Die Nummern 1 bis 4999 stehen für vom Streckenbauer manuell platzierte Register zur Verfügung. Register aus diesem Nummernbereich werden nur gelöscht, wenn dies im linken Eingabefeld explizit eingegeben wird. Unter den Feldern werden die größten Werte der manuellen und automatischen Register der geladenen st3-Datei angezeigt, um bei manuellen Vergaben das nächste freie Register ermitteln zu können.

5.3.4.20.3 Registerpunkte setzen

An allen Punkten, die als Konfliktstelle für Fahrstraßen in Frage kommen, wird ein Register vergeben und in den Streckenelement-Eigenschaften eingetragen. Das sind Signale, Weichen und kreuzende Streckenelemente. Zu Registern siehe auch [Kapitel 5.3.1.12.1](#).

5.3.4.20.4 Referenzpunkte erstellen

Zum Prinzip der Referenzpunkte siehe [Kapitel 5.3.1.5](#). Hier werden nun alle Referenzpunkte erzeugt. Es wird also im Streckennetz nach allen Elementen gesucht, für die eine Referenz benötigt wird, damit andere Funktionen Zugriff auf diese Elemente erhalten können. Das sind im einzelnen: Alle Elemente, die für Fahrstraßen relevant sind (Streckenelemente mit Signalen, Weichen, Fahrstraßenregistern und den Ereignissen „Fahrstraße auflösen“ und „Signalhaltfall“), die als Modulschnittstelle erkannt worden sind und die als Aufgleiselement für den Fahrplaneditor definiert wurden.

Das Ergebnis des Aufrufs kann unter „Referenz-Elemente“ ([Kapitel 5.3.4.16.3](#)) bearbeitet werden.

Folgende Referenztypen beibehalten: Diese Kontrollkästchen sollten im Normalfall unbedingt angekreuzt bleiben. Sie legen fest, dass ein bereits für diesen Typ vorhandenes Register seine Nummer behält. Andernfalls werden die Referenzen fortlaufend neu durchnummieriert. Koppelsignale und verwandte Konstruktionen (Bahnübergänge, Reisendensignale) werden nach einer Neu-Nummerierung in der Regel nicht mehr korrekt funktionieren.

Modulschnittstellen werden über „Streckennetz neu verknüpfen“ und die Aufgleiselemente über „Anfangspunkt hinzufügen“ erzeugt und sind darum in dieser Stelle nicht auswählbar.

5.3.4.20.5 Fahrstraßen erstellen

Die Fahrstraßen-Erstellung ist ein komplexer Vorgang, weiteres siehe auch Kapitel 5.3.1.12.4. Um keine schwer diagnostizierbaren Fahrstraßenfehler zu erzeugen, sollte unbedingt folgende Vorgehensweise eingehalten werden: Die Nachbarmodule müssen aktiviert sein, da ansonsten die modulübergreifenden Fahrstraßen verloren gehen bzw. nicht erzeugt werden. Anschließend sollte die Registerkarte „Streckennetz“ mit ihren Standardeinstellungen komplett von oben nach unten abgearbeitet werden. Danach folgt im dritten Schritt die Fahrstraßen-Erstellung. Hierbei wird ebenfalls die Anwendung der Standardeinstellungen empfohlen.

Vorhandene Fahrstraßen beibehalten: Bei deaktiviertem Kontrollkästchen werden alle vorhandenen Fahrstraßen gelöscht und neu erstellt. Sonst werden nur Fahrstraßen ergänzt, die es vorher noch nicht gab.

Alternative Fahrwege einrichten: Wird die Funktion aktiviert, wird von einem Signal zum nächsten nicht nur der erste gefundene Fahrweg als Fahrstraße eingetragen, sondern auch jeder andere mögliche Weg.

Bei Aufgleisfahrstraßen die Referenznummer eintragen: Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird bei den Fahrstraßen, die an einem Aufgleispunkt beginnen, zusätzlich zu dem Begriff „Aufgleispunkt“ in Klammern die zugehörigen Referenznummer eingetragen. So sind auch Aufgleisfahrstraßen unterscheidbar, die auf dasselbe Zielsignal zulaufen. Zu beachten ist bei einer Änderung des Modus', dass eine Aufgleisfahrstraße anhand ihres Namens in den Zugdateien hinterlegt ist und somit Anpassungen an den Fahrplänen nötig sind, wenn ein Streckenmodul mal mit und mal ohne diese Option bearbeitet wird.

Rangierfahrt: Der 3D-Editor ermöglicht zwar die Erstellung von Rangierfahrstraßen, diese werden vom Simulator aber derzeit nicht genutzt, und das Funktion ist noch nicht vollständig entwickelt. Um die st3-Dateien kompakt zu halten, sollte deshalb auf die Erstellung von Rangierfahrstraßen bis auf weiteres verzichtet werden.

Zugfahrt: Die Funktion richtet die normalen Fahrstraßen von Hauptsignal zu Hauptsignal ein.

LZB: Die Funktion richtet Fahrstraßen von und zu Signalen ein, die mit der LZB-Einstellung versehen ist, was im Bereich von Teilblöcken der Fall ist.

Der Analysevorgang startet an jedem Hauptsignal und jedem Aufgleispunkt und verfolgt den Gleistrang in Fahrtrichtung. Alle relevanten Elemente werden in die Fahrstraße aufgenommen (Sperrsignale, Register, Auflöseereignisse usw.). Das Ereignis „Eingleisig/Rgl/Ggl“ wird mit seiner Streckennummer aufgenommen. Folgt ein zweites solches Ereignis überschreibt es das erste.

Es wird die v-Max aus den Ereignissen „Signalgeschwindigkeit“ bis zum Ereignis „Ende Weichenbereich“ aufgenommen.

An jeder Weiche wird zunächst der Vorrangsstrang (Grundstellung der Weiche)verfolgt. Dann verfolgt eine Kopie der bisher aufgebauten Fahrstraße den abzweigenden Weg.

Das Ende des Suchvorgangs ist am nächsten Hauptsignal. Gibt es bereits eine Fahrstraße vom Startsignal zu diesem Signal, dann wird die neu ermittelte Fahrstraße verworfen.

Wenn die Fahrstraße erfolgreich gefunden wurde, wird vorwärts gesucht bis zum nächsten Hauptsignal oder dem Ereignis „keine Fahrstraße“, maximal aber 10.000 Streckenelemente (Zirkelgefahr). Die Ereignisse „Signalhaltfall“ und „Fahrstraße auflösen“ aufnehmen. An Weichen wird verzweigt und jeder Strang verfolgt.

Wenn die Fahrstraße erfolgreich gefunden wurde, wird rückwärts gesucht bis zum nächsten Hauptsignal oder dem Ereignis „Vorher kein Vorsignal“, maximal aber 10.000 Streckenelemente (Zirkelgefahr).

Gefundene Vorsignale werden in die Fahrstraße aufgenommen und mit zuvor gefundener v-Max angesteuert. An Weichen wird verzweigt und jeder Strang verfolgt.

5.3.4.20.6 Serienarbeitung

Hier können die Einzelschritte mit einem Aufruf der Reihe nach abgearbeitet werden.

5.3.4.20.7 Weichensignale packen

Diese Funktion wirkt auf die in der Strecke verbauten Weichenbausätze. Sie entfernt diejenigen optionalen Bauteile der Weichen des geladenen Streckenmoduls, die für die in der „Weichennacharbeit“ [Kapitel 5.3.4.19](#) gewählte Ausrüstungsvariante der Weiche nicht benötigt werden.

5.3.4.20.8 Nicht erreichbare Elemente löschen

Diese Funktion löscht alle Streckenelemente, die von Zügen nicht erreicht werden können, um die Modulgröße zu verringern. Ermittelt werden dafür alle Streckenelemente, von denen aus in beiden Richtungen kein Signal angefahren werden kann. Vor der Anwendung dieser Funktion ist die Aufbewahrung einer Sicherheitskopie der st3-Datei zu empfehlen, um z.B. bei späteren Erweiterungen auf das vollständige Netz zurückgreifen zu können.

5.4 Landschaft

5.4.1 Konzept

Der 3D-Editor hat für den Landschaftsbau zwei grundlegend unterschiedliche Modi (Streckenbau- und Objektbaumodus), zwischen denen in den Editoreinstellungen ausgewählt wird. Damit man immer sofort sieht, welcher Modus aktiv ist, färbt sich der Kompass rot oder grün. Zum Verständnis muss zunächst das Prinzip der Gelände-Kacheln erläutert werden.

5.4.1.1 Gelände-Kacheln

Damit das dynamische Laden der Landschaft im Fahrimulator möglich ist, muss die Landschaft in handliche Portionen zerlegt werden. Im Prinzip kann man die Aufteilung solcher Portionen recht flexibel handhaben. Es hat aber diverse Vorteile, hier ein klares Schema anzuwenden. Deshalb wird die Landschaft bei Zusi in Kacheln von 1000 x 1000 m

zerschnitten. Dieses Raster orientiert sich am globalen UTM-Koordinatensystem, womit die Kachelränder immer in Nord-Süd- und Ost-West-Richtung laufen und auf „glatten 1000er Metern“ des UTM-Systems liegen. Die Kacheln werden automatisch nach ihrer UTM-Zone und der Lage bezüglich des UTM-Punkts benannt und erhalten darum etwas seltsame, aber sehr logische Dateinamen wie 32_2500_-1500.ls3 (das ist die Kachel mit dem Mittelpunkt x=2500, y=-1500, die also den Bereich x=2000...3000 und y=-2000...-1000 abdeckt).

Im nebenstehenden Bild wird das Prinzip des dynamischen Ladens anhand einer senkrecht von oben betrachteten Zusi-Strecke dargestellt. Die weißen Linien zeigen die Grenzen der Kacheln im 1000 m-Raster. Um den Betrachterstandort sind zwei Kreise eingezeichnet. Der kleinere Kreis umfaßt die Module, die dargestellt werden sollen. Damit diese rechtzeitig im Speicher sind, müssen sie schon vorher im Hintergrund geladen werden. Dafür wird noch ein zweiter, größerer Radius betrachtet. Sobald ein Objekt in diesem Radius liegt, wird es geladen, damit es rechtzeitig zur Verfügung steht, wenn es im kleineren Radius der sichtbaren Objekte ankommt. Objekte, die den zweiten Kreis verlassen, werden wieder aus dem Speicher gelöscht. Das Löschen betrifft nur den Fahrsimulator, im 3D-Editor werden alle Objekte immer im Speicher gehalten – die Darstellung der Optik ist aber dieselbe, da die Objekte im Fahrsimulator sowieso kurz vor dem Löschen bzw. kurz nach dem Laden nicht sichtbar sind.



Eine einzelne Kachel ist technisch gesehen eine eigene Landschaftsdatei, welche das Terrain und weitere Objekte als verknüpfte Dateien enthält. Die Hauptlandschaft des Streckenmoduls enthält also gar keine eigenen Polygone, sondern nur Verknüpfungen auf alle Kacheln des Moduls.

Da die Bahninfrastruktur polygonintensive Strukturen hervorbringt, die man erst aus recht kurzer Entfernung wahrnimmt (vor allem Fahrleitungsdrähte und Schienen), gibt es zusätzlich noch Detailkacheln von 250 m Kantenlänge unterhalb der 1000 m-Kacheln. Auch diese werden automatisch verwaltet.

Nun zu den beiden Baumodi des 3D-Editors.

5.4.1.2 Der Objektbaumodus

Im Objektbaumodus (grüner Kompass) beziehen sich alle Landschaftsoperationen immer auf die aktuelle Landschaftsdatei. Wenn also andere Dateien importiert oder Polygone neu erzeugt werden, dann werden diese direkt der aktuellen Landschaftsdatei hinzugefügt.

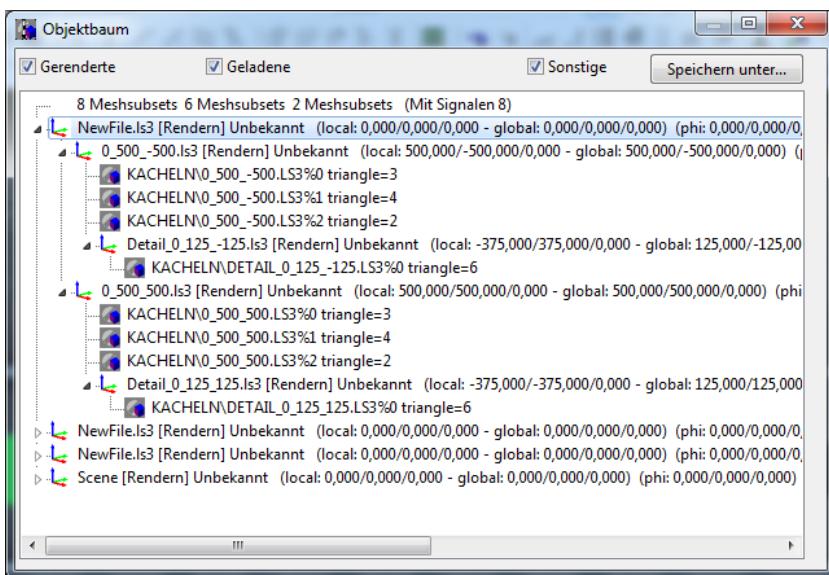
5.4.1.3 Der Streckenbaummodus

Im Streckenbaummodus (roter Kompass) geht der Editor davon aus, dass die Landschaft nach dem Kachel-Prinzip verwaltet werden soll.

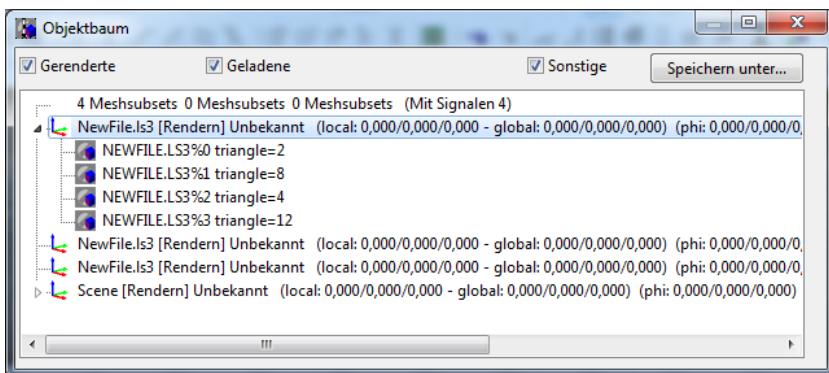
Wenn Objekte importiert werden, wird also anhand der Import-Koordinaten die passende Kachel festgestellt und das Objekt in der Kacheldatei als Verknüpfung importiert. Wenn an dem Ort noch keine Kachel existiert, wird automatisch eine neue Kachel erzeugt.

Wenn neue Polygone erzeugt werden (z.B. Gleisbettung anlegen), dann werden die neu erzeugten Meshes automatisch im Kachelraster zerschnitten und jeweils den passenden Kacheldateien als Mesh-Subsets hinzugefügt.

Zur Verdeutlichung ein einfacher Test: Im frisch gestarteten Editor wird einmal im Streckenbaummodus die Gleisbettung erzeugt und einmal im Objektbaummodus. Der Objektbaum zeigt die Struktur: Im Streckenbaummodus wurden unterhalb der Hauptdatei newfile.ls3 zunächst zwei Kacheldateien (`0_-500_500.ls3` und `0_500_-500.ls3`) erzeugt, da die Gleisbettung hier gerade auf der Trennlinie zwischen zwei Kacheln liegt. Jede Kacheldatei enthält 3 Mesh-Subsets für Randweg, Schulter und Schwelle und zusätzlich eine Detailkachel mit den Mesh-Subsets der Schienen.



Im Objektbaummodus hingegen wurde das Gleisbettungsmesh nicht in Kacheln zerschnitten und direkt der Hauptdatei newfile.ls3 hinzugefügt.



Der Streckenbauer muss sich also nicht um die Kacheln kümmern - der Editor verwaltet alles automatisch richtig. Der Bastler muss nur vor dem Bauen festlegen, ob er an Objekten oder an Streckenlandschaft bauen will.

5.4.1.4 Einschränkungen aufgrund des Kachelprinzips

In Verbindung mit dem dynamischen Laden gibt es gewisse Einschränkungen im Landschaftsbau. Wenn eine Kachel wegen ihrer Entfernung zum Betrachter nicht sichtbar ist, dann sind auch alle ihre unterverknüpften Dateien nicht sichtbar, egal wo diese räumlich liegen. Dadurch ergibt sich automatisch die Notwendigkeit, dass alle Objekte wirklich der Kachel zugeordnet werden, auf der sie sich auch optisch befinden. Tabu sind also Objekte, die einen weit gegenüber ihrer Geometrie versetzten Ursprung haben und Kacheln mit Verknüpfungskoordinaten außerhalb der Kachelfläche. Hierbei kommt es nicht auf ein paar Meter an, denn die Fehler treten nur auf, wenn ein Objekt sichtbar sein soll, dessen „Mutter-Kachel“ wg. zu großer Entfernung noch nicht dargestellt wird. Diese Fehler treten also bei moderaten Überschreitungen von vielleicht einigen 100 m nur in Horizont-Nähe auf, wo sie in der Regel nicht so sehr stören.

Hinweis: Wenn ein Objekt neu in die Szene importiert wird, setzt der 3D-Editor es zwar automatisch auf die passende Kachel. Bei einer anschließenden Verschiebung des Objekts wird diese Verknüpfung aber beibehalten, auch wenn das Objekt auf das Gebiet anderer Kacheln verschoben wird. Bei größeren Verschiebungen sollte das Objekt also besser gelöscht und am richtigen Ort neu importiert werden.

Eine weitere Einschränkung betrifft die Ausdehnung verknüpfter Dateien. Diese dürfen nicht wesentlich größer sein als eine Kachel. Man könnte z.B. auf die Idee kommen, für modulweite Objekte wie Fahrleitung eine eigene Landschaftsdatei anzulegen und diese mit der Modullandschaft zu verknüpfen, um die Fahrleitung ggf. in einem Schritt aus der Landschaft zu entfernen. So ein Ansatz ist aber nicht möglich. Die Fahrleitung muss stückweise jeder Kachel zugeordnet werden. Um trotzdem Layer-ähnliches Arbeiten zu ermöglichen sei auf die „Gruppen“ verwiesen.

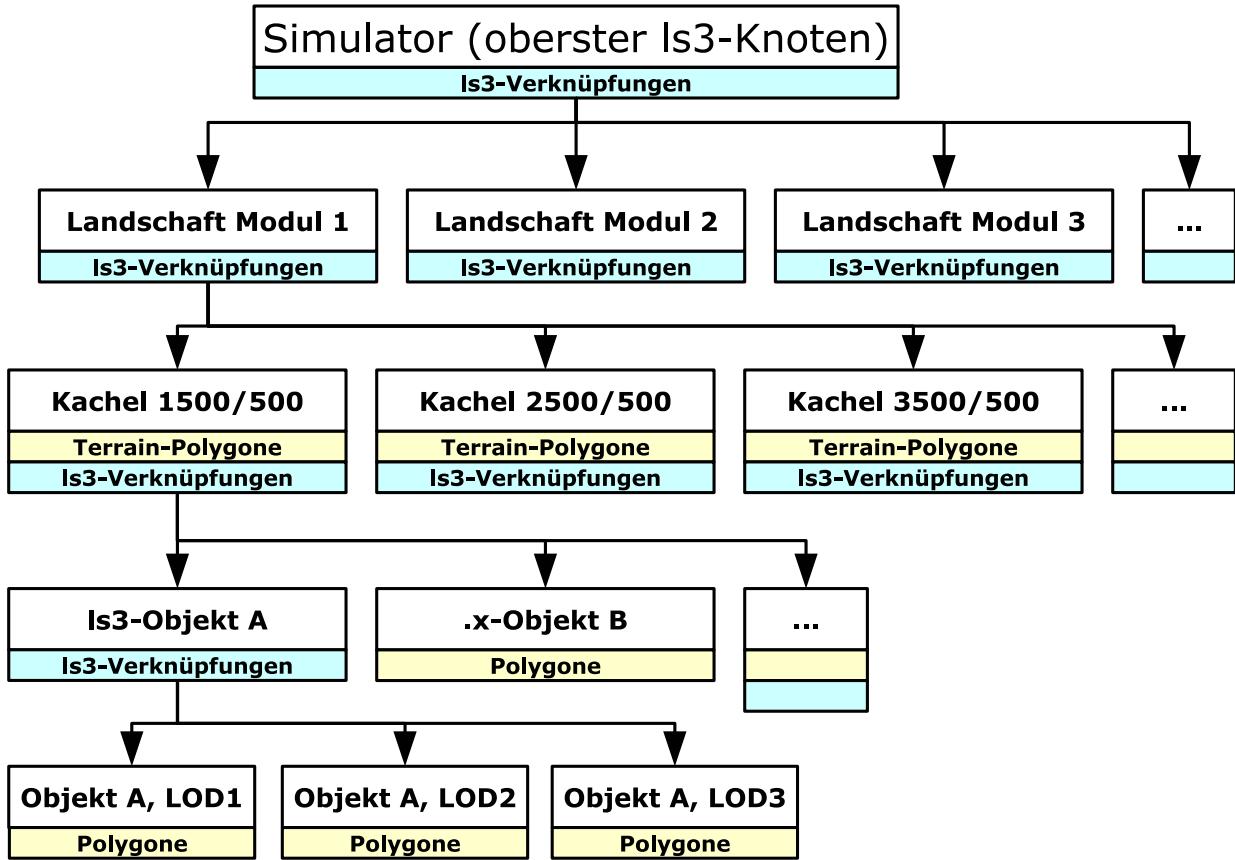
5.4.1.5 Verwaltung hierarchischer Dateien

Durch die Kachelung der Landschaft befinden sich i.d.R. zahlreiche 3D-Objekte gleichzeitig im Editor, die man vorzugsweise auch alle bearbeiten können möchte. Darum ist es im 3D-Editor grundsätzlich möglich, sämtliche geladenen ls3-Dateien zu bearbeiten, egal in welcher Verknüpfungsebene sie sich befinden. Gegen unbeabsichtigtes Ändern (z.B. von importierten Standardobjekten) können Objekte in ihren Verknüpfungseinstellungen mit einem Schreibschutz versehen werden.

5.4.1.5.1 Struktur der Hierarchie

Zum Verständnis der Struktur dient das folgende Bild, welches gleich den komplexesten Fall darstellt. Aus diesem Diagramm lassen sich aber alle Fälle ableiten. Bei einer im Simulator geladenen Strecke verwaltet der Simulator einen obersten Knoten, eine neue, anfangs leere ls3-Datei, die nur für Dauer der Simulation im Speicher besteht und nicht auf der Festplatte vorliegt. Beim Start der Simulation wird für jedes Streckenmodul eine Verknüpfung in dieser ls3-Datei angelegt, die die jeweilige Streckenlandschaft des Moduls enthält. Solange solch ein Modul noch weit vom Betrachter entfernt ist, wird nur diese Verknüpfung im Speicher gehalten. Der Rest wird erst bei Annäherung geladen. Die Streckenlandschaft eines Moduls besteht selbst nur aus Verknüpfungen (enthält also keine eigenen Polygone). Die dort verknüpften Dateien sind die Kacheln des Moduls.

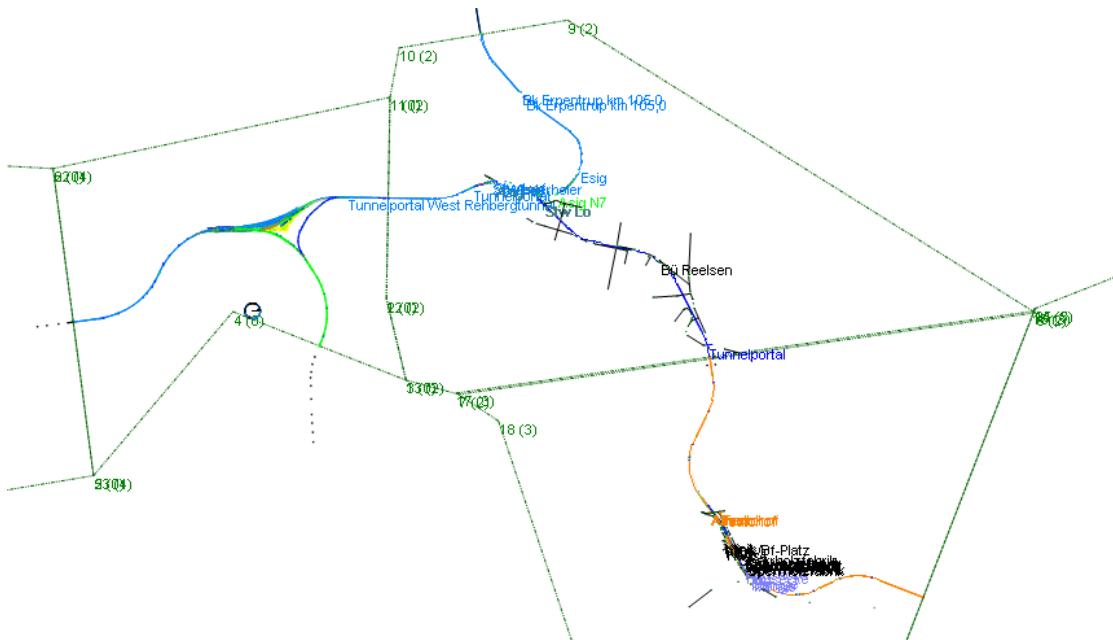
Eine Kachel enthält normalerweise die Polygone des dort vorhandenen Terrains (Gleise, Berge, Straßen usw.) und Verknüpfungen auf die auf dieser Kachel vorhandenen Objekte wie Häuser, Bäume usw. Diese Objekte ihrerseits können natürlich weitere Verknüpfungen enthalten, wenn sie z.B. aus mehreren LOD-Stufen bestehen oder in Modulbauweise entstanden sind. Eine Begrenzung für die Tiefe der Verknüpfungshierarchie gibt es nicht.



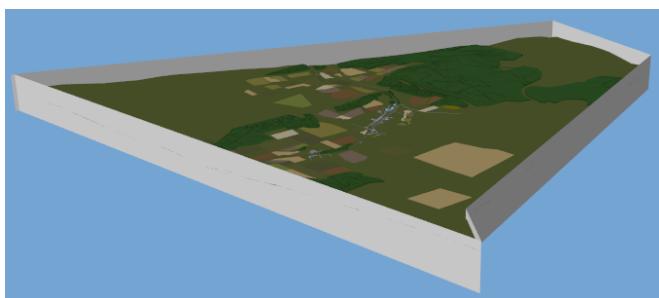
Im 3D-Editor ist im Streckenbaummodus (also mit automatischer Kachelung) eine Datei aus der 2. Ebene (Landschaft Modul 1/2/3...) die oberste Datei in der Hierarchie. Im Objektbaummodus wird es i.d.R. eine Datei der 4. oder 5. Ebene sein, also z.B. eine einzelne LOD-Stufe.

5.4.1.6 Hüllkurve

Bereits im Gleisplaneditor kann eine Hüllkurve um das Modul festgelegt werden, die typischerweise senkrecht zu den Modulübergängen verläuft. Sinn ist die räumliche Abgrenzung des Modulumfangs, damit der Geländeformer eine Vorgabe für die mit Gelände zu füllende Fläche erhält. Die Hüllkurve sollte eine Fläche definieren, welche das Streckenmodul umfasst, und dabei links und rechts der Bahn genügend Gelände umfasst, um nach dem Ausmodellieren der Grundplatte einen räumlichen Eindruck der Umgebung mit ausreichender Tiefenwirkung zu umfassen.



Wichtig ist die Abstimmung der Hüllkurven mit den Nachbarmodulen, wie es im Bild oben für 3 Module dargestellt ist: An den Modulschnittstellen liegen die Hüllkurven deckungsgleich. Auch im 3D-Editor lässt sich die Hüllkurve in den Einstellungen visualisieren:



5.4.1.7 Bearbeitung der Is3-Eigenschaften

Es können alle Is3-Dateien im 3D-Editor bearbeitet werden, auch wenn sie in unteren Hierarchieebenen liegen. Die Eigenschaften einer Is3-Datei lassen sich aufrufen, in dem man ein Mesh-Subset der Datei markiert und dann „Is3-Datei bearbeiten“ aufruft. Wenn man also z.B. im Bild oben die Kachel 1500/500 bearbeiten möchte, würde man ein Terrain-Polygon dieser Kachel markieren und dann „Is3-Datei bearbeiten“ aufrufen. Wenn gar keine Datei markiert ist, wird die in der Hierarchie oberste Datei geöffnet. Wenn mehrere Dateien markiert sind, lässt sich der Dialog nicht öffnen.

Bei den unmittelbar interaktiv ausgeführten Operationen (Bearbeitung mit der Maus) sieht man das Ergebnis der Aktion sowieso sofort und braucht sich daher keine Gedanken über eine Zuordnung zu machen.

Untergeordnete Objekte ohne eigene Polygone (oben z.B. „Is3-Objekt A“) lassen sich nicht direkt anklicken. Diese Dateien lassen sich aber über den Objektbaum erreichen.

Es ergeben sich noch einige Konsequenzen aus dieser Objektverwaltung:

5.4.1.8 Bearbeitung mehrfach vorhandener Dateien

Da eine Datei durchaus vielfach verknüpft vorkommen kann, intern aber nur einmal im Speicher liegt, wirken sich Änderungen an einem der Objekte unmittelbar auf alle anderen Darstellungen aus. Alles andere wäre auch verwirrend, schließlich gibt es zu dem Objekt nur eine Datei, und wenn sich nur das bearbeitete Modell ändern würde, würde es verschiedene Versionen dieser einen Datei in der Editor-Ansicht geben, was nicht plausibel wäre. Ein einfacher Test zeigt das Prinzip: Man importiere ein Objekt zweimal und deformiere an einem der beiden Objekte ein Polygon (hier eine Ecke des Dachs) und auch das 2. Objekt wird sich sofort entsprechend verformen:



Für importierte Standardobjekte ist eine derartige Nachbearbeitung im Normalfall nicht erwünscht, da diese vielfach verbaut werden und somit nicht an eine spezielle Situation angepasst werden dürfen. Deshalb bekommen importierte Objekte standardmäßig einen Schreibschutz. Dieser sollte nur dann aufgehoben werden, wenn es sich um ein streckenspezifisches Objekt handelt, das verändert werden darf.

Es ist zu beachten, dass es ein wesentlicher Unterschied ist, ob man ein Objekt optisch aus der Szene entfernt, indem man seine Mesh-Subsets markiert und diese löscht oder die 3D-Datei entfernt. Im ersten Fall wird der Inhalt der Datei gelöscht und diese wäre beim nächsten Speichern leer. Im zweiten Fall wird nur die Verknüpfung aus der übergeordneten Datei entfernt, ohne den Inhalt der Datei zu verändern.

5.4.1.9 Importieren bereits vorhandener Objekte

Ein weiterer Effekt ist zu erwähnen, der auf den ersten Blick etwas kurios aussieht, aber logisch ist: Man importiere ein Objekt, verändere dieses (z.B. Mesh-Subsets verformen oder löschen) und importiere dann ein zweites Mal dieses Objekt. Obwohl nicht gespeichert wurde, erscheint das zweite Objekt sofort in der veränderten Form. Beim Ladevorgang stellt der Editor nämlich fest, dass diese Datei schon geladen ist, weshalb sie kein zweites Mal (frisch) geladen wird, sondern die schon vorhandene Version benutzt wird. Dass diese hier gegenüber dem Stand auf der Festplatte verändert wurde, spielt dabei keine Rolle.

5.4.1.10 Gruppen

Gruppen sind eine zusätzliche Möglichkeit, Objekte nach Funktion o.ä. zu sortieren. Die Gruppenzugehörigkeit wird einfach über einen Namen festgelegt. So könnte man z.B. alle Fahrleitungsobjekte einer Gruppe „Fahrleitung“ zuordnen und damit bei diversen Funktionen entsprechend filtern. Die Gruppen sind das Pendant zu Layern aus der CAD-Welt. Der Gruppenname kann in Verknüpfungseinstellungen und auch in Meshsubst-Einstellungen vergeben werden.

5.4.1.11 Arbeiten mit Dreiecken

Ein Mesh-Subset weist in der Regel eine recht komplexe Gestalt auf. Bei Modifikationen an der Oberflächengestaltung ist es vorteilhaft, Gruppen bilden zu können. Angenommen, ein Würfel soll zu einem Quader gestreckt werden, dann möchte man die betroffene Seite markieren und verschieben. Es ist also ein Verfahren notwendig, mit dem man Teile eines Mesh-Subsets markieren kann. Dieses sind die einzelnen Dreiecke, aus denen sich das Mesh-Subset zusammensetzt. Markierte Dreiecke werden violett angelegt und werden beim Markieren usw. genauso behandelt wie Mesh-Subsets. Beim Würfel würde man also per gedrückter Strg-Taste die beiden Dreiecke der Seite markieren und diese dann mit dem Werkzeug „Dreiecke verschieben“ an die neue Position schieben.

5.4.1.12 Arbeiten mit Punkten

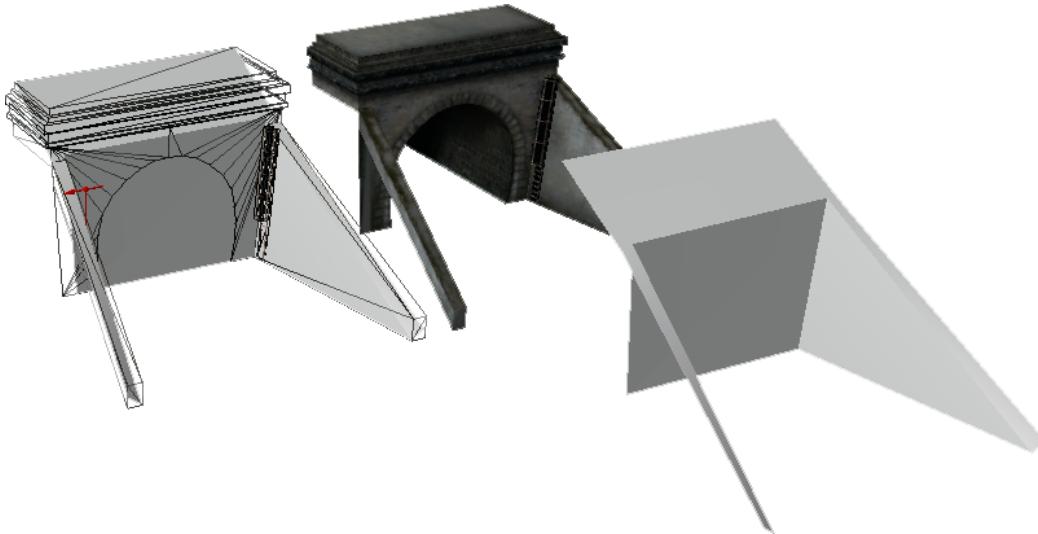
Eckpunkte der Meshes können mit der Maus angeklickt werden und werden dann durch ein grünes Kreuz markiert. Punkte können mit der Windows-Zwischenablage zusammenarbeiten. Markierte Punkte können also in die Zwischenablage kopiert werden und per „Punkt einfügen“ kann ein Punkt auf die in der Zwischenablage gespeicherten Werte gesetzt werden. Die Punkte werden in der Zwischenablage immer in ihren globalen Welt-Koordinaten gespeichert, welche sich in der Regel von den Werten unter Mesh-Subset-Eigenschaften unterscheiden (es sei denn das Mesh-Subset ist gerade auf 0/0/0 in der Hauptlandschaft importiert). In vielen Formularen stehen für Koordinatenangaben ebenfalls Schalter zum Arbeiten mit der Zwischenablage zur Verfügung. Die Punkte werden als ASCII in der Zwischenablage gespeichert und können somit auch mit einem gewöhnlichen Texteditor ein- und ausgelesen werden.

5.4.1.13 Geländeformer

Der Geländeformer aus der Zusatzsoftware „Ziegler-Tools“ kann die Landschaft erzeugen, indem er alle Bereiche des Streckenmoduls auffüllt, die noch nicht mit Polygonen gefüllt sind. Der Geländeformer betrachtet dabei die bereits vorhandene Landschaft senkrecht von oben. Welche Polygone vom Geländeformer berücksichtigt werden, legt die Geländeformer-Typ-Einstellung eines jeden Mesh-Subsets fest.

Besonders komplex sind die Bereiche von Tunneln und deren Portalen. Damit das gebaute Gelände immer sicher oberhalb der Tunnelröhre liegt, muss diese mit einem Dummy-Polygon (Geländeformer-Typ „Tunnel“) abgedeckt werden, dass wie eine waagerechte Platte etwas über der Röhre schwebt. Der Geländeformer baut Polygone dann sicher oberhalb dieser Platte. Für diese Tunneldecke gibt es vorbereitete Formkurven.

Damit die Landschaft im Bereich der Tunnelportale sauber anschließt, kann es sinnvoll sein, den 3D-Modellen des Tunnelportals ein im Simulator unsichtbares Dummy-Polygon mitzugeben, wofür es den Landschaftstyp „Dummy (im Simulator unsichtbar)“ gibt. Das folgende Bild zeigt ein Beispiel. Rechts sind das Tunnelportal (Geländeformer-Typ „Ignorieren“) und davor der Dummy (Geländeformer-Typ „Standard“) zu sehen, links beide in ihrer endgültigen Einbaulage.



Der Dummy mit seiner einfachen Struktur kann vom Geländeformator gut verarbeitet werden. Bei Portal hingegen bestünde durch die zurückspringenden Simse und senkrecht stehenden Mauern die Gefahr, dass der Geländeformator wegen seiner senkrechten Perspektive die Landschaft an die falschen Polygone anschließt.

Die Ausdehnung des Geländeformator-Baus kann durch Hüllkurven begrenzt werden. Zu Details siehe die mit dem Geländeformator gelieferte Dokumentation.

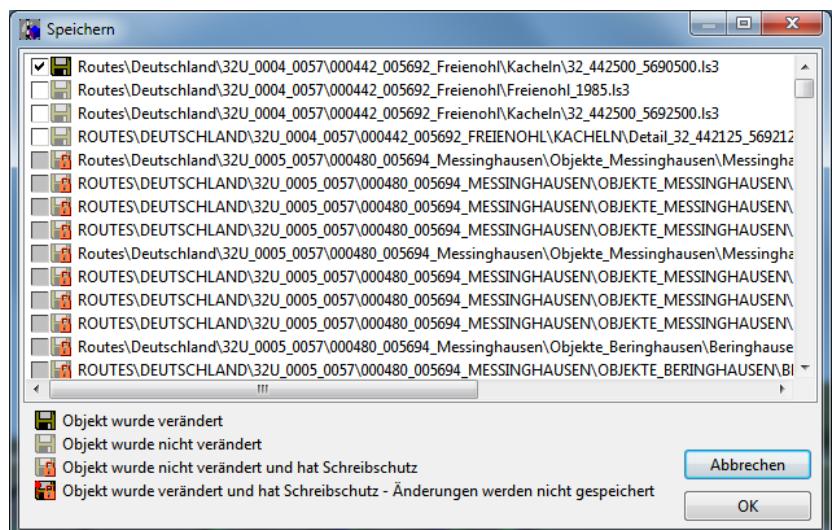
5.4.2 Menü „Landschaft“

5.4.2.1 Landschaft Neu / laden / speichern / mit Einzelabfrage

Diese Operationen beziehen sich immer auf die oberste Datei der in Kapitel [Kapitel 5.4.1.5.1](#) gezeigten Hierarchie. Beim Speichern wird also die oberste ls3-Datei unter dem aktuellen Namen gespeichert. Die untergeordneten Objekte werden gespeichert, wenn sie verändert wurden.

Wer sich nicht ganz sicher ist, ob alle geänderten Dateien auch wirklich gespeichert werden sollen, ruft „Speichern mit Einzelabfrage“ auf. Es wird dann eine Liste aller ls3-Dateien aufgeführt (andere 3D-Dateiformate kann der 3D-Editor sowieso nur lesen und nicht speichern). Die veränderten sind als Vorbelegung markiert. Bei „Speichern“ wird dasselbe ausgeführt wie bei „Speichern mit Einzelabfrage“ und Drücken von OK ohne Änderungen an der Auswahl der Dateien.

Wenn ein Objekt verändert und anschließend mit Schreibschutz versehen wurde, würde es nicht gespeichert und damit gingen die Änderungen verloren. Daher sollte insbesondere auf die Objekte mit rotem Schlosssymbol geachtet werden.



Bei „Speichern unter“ wird nur der Dateiname des obersten Datei verändert. Die ganzen untergeordneten Dateien bleiben unverändert. Wer also eine vollständige „echte Kopie“ eines Streckenmoduls erzeugen möchte, darf nicht nur oberste Datei des Moduls unter anderem Namen speichern, da diese weiterhin auf dieselben untergeordneten Dateien (z.B. Kacheln) zugreift und damit der eigentliche Dateninhalt eines Streckenmoduls nicht dupliziert wurde.

5.4.2.2 Landschaftsobjekt verknüpft importieren

Die hier ausgewählte Datei wird als Verknüpfung in die Landschaft übernommen. Im Objektbaumodus also als Verknüpfung in der obersten Datei, im Streckenbaumodus als Verknüpfung in der zu den Koordinaten passenden Kachel bzw. bei aktivem Kontrollkästchen **Auf Detailkachel** in der zu den Koordinaten passenden Detail-Kachel.

Die Koordinaten werden in nebenstehendem Dialog abgefragt:

Vorbelegung: Wenn beim Aufruf der Funktion ein Streckenelement markiert ist, werden die Verknüpfungskoordinaten so vorbelegt, dass die importierte Datei am Streckenelement ausgerichtet wird. Die Richtung des Imports richtet sich dabei an der letzten Blickrichtung, mit der man sich im Streckennetz bewegt hat (s. „Interne Laufrichtung“ in [Kapitel 5.3.1.4](#)). Wenn kein Streckenelement, aber ein Punkt markiert ist, werden dessen Koordinaten vorgeschlagen. Bei Auswahl der Datei über die zuletzt benutzten Dateien (nur in der Symbolleiste verfügbar) wird der Dialog in diesem Fall gar nicht erst geöffnet, sondern sofort ohne Rückfrage importiert.

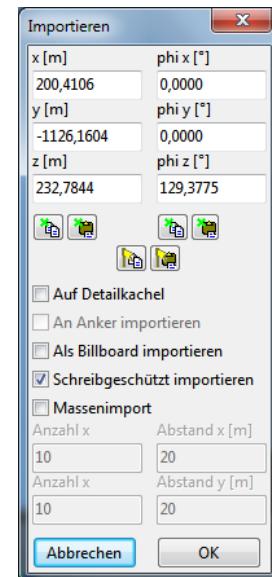
An Anker importieren: Wenn beim Aufruf der Funktion ein Ankerpunkt markiert ist, werden die Eingabefelder mit dessen Koordinaten vorbelegt. Bei aktiviertem Kontrollkästchen „An Anker importieren“ werden die Verknüpfungskoordinaten so transformiert, dass der erste Ankerpunkt des importierten Modells mit dem markierten Ankerpunkt in Übereinstimmung gebracht wird.

Als Billboard importieren: Diese Option setzt die Verknüpfung als Billboard, siehe auch [Kapitel 5.1.1.11](#).

Schreibgeschützt importieren: Diese Option setzt den Schreibschutz in der Verknüpfungseigenschaften, siehe auch [Kapitel 5.4.4.1.2](#).

Massenimport: Für Performancetests einzelner Modelle kann über dieses Kontrollkästchen ein Massenimport auf einer Rechteckfläche bewirkt werden. Die Anzahl der Objekte und die Abmessungen dieses Rasters können über die entsprechenden Eingabefelder festgelegt werden. Weiteres dazu sieh [Kapitel 5.1.1.13](#).

Dieser Import-Modus ist also insbesondere für den Einbau einzelner Objekte gedacht. Eine prinzipiell gleiche Variante steht über „Objektiport Drag&Drop“, [Kapitel 5.4.3.11](#) zur Verfügung.



5.4.2.3 Landschaft importieren und (ggf. gekachelt) einbinden

Bei dieser Funktion wird die im Dialog ausgewählte Landschaft nicht verknüpft importiert, sondern fester Bestandteil der aktuellen ls3-Datei. Dabei muss wieder zwischen Objektbaumodus und Streckenbaumodus unterschieden werden. Im Objektbaumodus werden die Mesh-Subsets der Importdatei einfach dem Mesh der in der Hierarchie obersten ls3-Datei hinzugefügt. Im Streckenbaumodus wird die Importdatei im 1000m-Raster gekachelt und die Kachelmeshes werden bei den schon vorhandenen Kacheln hinzugefügt.

In beiden Baumodi werden die Meshes der Importdatei also fester Bestandteil der geladenen Hierarchie.

Wenn die geladene Datei selbst wieder Verknüpfungen enthält, dann bleiben diese als Verknüpfung erhalten und werden im Streckenbaumodus auch automatisch den passenden Kacheln zugeordnet.

5.4.2.4 x-Datei mit letzten Einstellungen konvertieren

Wer regelmäßig x-Dateien konvertieren muss, kann mit dieser Funktion ohne weitere Abfragemasken direkt eine x-Datei mit den zuletzt gewählten Einstellungen konvertieren. Die Datei kann auch aus einem Explorer-Fenster per Drag&Drop in den 3D-Editor gezogen werden.

Der ausführliche Weg, der auch nötig ist, wenn die Konvertierungseinstellungen mal geändert werden sollen, geht über „Is3-Datei bearbeiten → x-Datei konvertieren“, siehe Kapitel 5.4.4.1.4.

5.4.2.5 Geometrie als x-Datei exportieren

Die aktuell markierten Dateien (es reicht, wenn mindestens ein Mesh-Subset pro Datei markiert ist) werden als x-Datei gespeichert. Dabei wird nur die Geometrie ohne Texturen und Normalenvektoren exportiert. Gedacht ist diese Funktion für die Bearbeitung von Objekten in externen 3D-Programmen. So kann z.B. ein Bahnsteig exportiert werden, um im 3D-Programm Ausgestaltungselemente exakt passend zur Bahnsteiggeometrie anzufertigen. Anschließend können die neu erstellten Objekte (dann ohne die ursprünglich exportierte Bahnsteig-Geometrie) wieder importiert werden. Um im 3D-Programm immer in kleinen und rechtwinkligen Koordinaten arbeiten zu können, sollte vor dem Aufruf dieser Funktion neben den zu exportierenden Meshes auch ein Streckenelement als Bezugselement markiert werden. Dann kann im anschließenden Dialog „Bezogen auf markiertes Strecken-Element exportieren“ angeklickt werden. Die Koordinaten-Transformation kann wie auch bei der x-Konvertierung eingestellt werden.

Beim Import der bearbeiteten Datei muss mit Bezug auf dasselbe Streckenelement importiert werden, damit die korrekte Lage erreicht wird.

5.4.2.6 Spezielles Laden, Speichern und Bearbeiten

Hinter diesem Punkt verbergen sich diverse Funktionen zur Organisation der Landschaft, die eher selten gebraucht werden. Insbesondere für die Funktionen rund um das modulweite Laden und Speichern müssen die Dateien in der Zusi-üblichen Struktur vorliegen, bestehend aus Haupt- und Detailkacheln und darauf platzierten Objekten.

5.4.2.6.1 Auf Kacheln verknüpfte Objekte exportieren

Diese Funktion speichert alle Verknüpfungen, die auf Kacheln liegen, in einer neuen Datei, wobei die Verknüpfungskoordinaten automatisch vom Kachelbezug in globale Koordinaten umgerechnet werden. Gedacht ist das dafür, alle aufgestellten Häuser, Bäume usw. außerhalb der Moduldatei speichern zu können. Wenn sie später wieder in das Modul importiert werden sollen, geht das mit der Funktion „Landschaft importieren und (ggf. gekachelt) einbinden“, welche die Objekte wieder auf ihre Kacheln verteilt.

5.4.2.6.2 Sichtbare Kachel-Mesh-Subsets exportieren

Es werden alle in Kacheln enthaltenen Mesh-Subsets in einem neuen Kachelverzeichnis gespeichert. Dabei werden aber nur die Mesh-Subsets berücksichtigt, deren Landschaftstyp (Grundplatte, Bahndamm usw.) in den Programmeinstellungen als sichtbar eingestellt ist.

Das Kachelverzeichnis wird automatisch neu generiert, wobei sich der Name nach dem abgefragten Dateinamen richtet. Wählt man z.B. zum Speichern den Dateinamen wegenetz.ls3, so wird im Verzeichnis dieser Datei für die Kacheldateien ein Unterverzeichnis wegenetz0001 angelegt - bzw. wenn dieses schon existiert, eine entsprechend höhere Nummer. Bei Benutzung dieser Funktion ist also ausgeschlossen, dass alte Dateien überschrieben werden. Nicht abgespeichert werden in den Kacheln verknüpfte Dateien wie Gebäude usw.

5.4.2.6.3 Sichtbare Gruppen exportieren

Es werden alle in Kacheln enthaltenen Mesh-Subsets in einem neuen Kachelverzeichnis gespeichert. Dabei werden nur die Mesh-Subsets und Verknüpfungen berücksichtigt, deren Gruppen aktuell sichtbar sind. Das Kachelverzeichnis wird automatisch neu generiert, wobei sich der Name nach dem abgefragten Dateinamen richtet. Wählt man z.B. zum Speichern den Dateinamen wegenetz.ls3, so wird im Verzeichnis dieser Datei für die Kacheldateien ein Unterverzeichnis wegenetz0001 angelegt - bzw. wenn dieses schon existiert, eine entsprechend höhere Nummer. Bei Benutzung dieser Funktion ist also ausgeschlossen, dass alte Dateien überschrieben werden.

Diese Funktion kann auch dazu dienen, eine Kopie des Streckenmoduls abzulegen, indem alle Gruppen sichtbar sind. Es werden dann alle Kacheln in das neue Verzeichnis kopiert. Die darauf verknüpften Objekte (Häuser usw.) werden aber nicht kopiert. Die diesbezüglichen Verknüpfungspfade bleiben entsprechend unverändert.

5.4.2.6.4 Andere Kachelstruktur in aktuelle Kacheln importieren

Mit diesem Menüpunkt lässt sich eine komplette Modullandschaft, bestehend aus Hauptdatei mit beliebig vielen untergeordneten Kacheln, in die vorhandene Landschaft importieren. Dabei werden für jede Kachel der importierten Landschaft die Mesh-Subsets kopiert und zu den Mesh-Subsets der vorhandenen Kacheln hinzugefügt. Wenn eine Kachel in der bisherigen Landschaft noch nicht existiert, wird sie automatisch neu erzeugt. Verknüpfungen unterhalb der Kachel-Ebene (Gebäude usw.) werden ignoriert - es werden also nur die direkt in den Kacheldateien enthaltenen Mesh-Subsets importiert. Die Dateien müssen den passenden UTM-Bezug haben, da ein möglicher UTM-Versatz nicht in der Landschaftsdatei hinterlegt ist.

5.4.2.6.5 Geländeformer-Ergebnis importieren

Importiert das Ergebnis eines Geländeformer-Laufs. Diese Funktion startet den Vorgang „Landschaft importieren und (ggf. gekachelt) einbinden“, ändert aber zusätzlich noch die Farbe, Textur und Mesheinstellungen so, wie es für die Grundplatte vorzusehen ist.

5.4.2.6.6 Undefinierte Multitexturing-Voreinstellungen auf Standard

Es werden alle Mesh-Subsets auf die Voreinstellung „Standard eine Textur“ gesetzt, die über individuelle Renderparameter verfügen. Diese Funktion ist insbesondere dafür gedacht, größere Altbestände oder Fehleinstellungen in einem Durchgang auf die performancemäßig günstigeren Render-Voreinstellungen umzustellen.

5.4.2.6.7 Schreibschutz modulweit setzen/aufheben

Für alle 3D-Dateien wird der Schreibschutz gesetzt oder entfernt. Betroffen sind alle Dateien, die nicht zu den Kacheln gehören. Diese Funktion kann man z.B. anwenden, wenn für die eingebauten Objekte eines Moduls in einem Durchgang die Boundingradien neu durchgerechnet werden sollen. Dann würde man den Schreibschutz aufheben, die Radien neu berechnen, speichern mit Einzelabfrage, um externe Objekte wie Fahrleitungsmasten usw. deaktivieren zu können, Schreibschutz wieder setzen. Noch einmal speichern.

5.4.2.6.8 Neue Gruppe zuordnen

Diese Funktion dient dazu, bestimmte Objekte im Nachhinein einer Gruppe zuzuordnen. Im ersten Modus werden alle verknüpften Objekte in die Gruppe aufgenommen, deren Speicherorte sich irgendwo unterhalb des ausgewählten Pfades befinden. So könnten z.B. alle Fahrleitungsmasten der Gruppe „Fahrleitung“ zugeordnet werden, indem bei Suchpfad das Verzeichnis „Catenary“ eingegeben wird.

Im zweiten Modus werden alle Mesh-Subsets der Gruppe zugeordnet, die den ausgewählten Mesh-Einstellungen entsprechen. Es müssen alle Eigenschaften genau übereinstimmen.

Bei der Auswahl für die Gruppenbezeichnung kann auch durch Überschreiben der Auswahl ein neuer Name vergeben werden.

5.4.2.6.9 Meshes mit „Altes Material“ mit „Neues Material“ belegen

Diese Funktion sucht nach allen Mesh-Subsets mit den Materialeinstellungen, die unter „Altes Material“ eingestellt sind und ändert diese auf die bei „Neues Material“ definierten Materialeinstellungen. Es müssen alle eingestellten Eigenschaften genau übereinstimmen.

5.4.2.6.10 Dateinamen der Kacheln nach aktuellen UTM-Werten neu vergeben

Wurde ein schon vorhandenes Streckenmodul nachträglich auf andere UTM-Koordinaten verschoben, so sind zunächst die Dateinamen der Kacheln noch nach altem Schema vorhanden. Das kann zu Problemen führen, wenn anschließend an dem Modul weiter gebaut wird, da die Namensvergabe nicht mehr zur geografischen Lage passt. Diesen Zustand korrigiert diese Funktion, indem alle Kacheldateien gemäß ihrer aktuellen geografischen Lage neue Dateinamen erhalten.

5.4.2.6.11 Meshes optimieren

Diese Funktion führt eine Mesh-Optimierung ([Kapitel 5.4.4.5.4.8](#)) in allen geladenen Mesh-Subsets aus, soweit diese keinem Schreibschutz unterliegen. Dabei werden leere Mesh-Subsets entfernt, entartete Dreiecke gelöscht und die Anzahl der Vertices opti-

miert. Hinweis: Bei dieser Optimierung werden die zuletzt auf der in [Kapitel 5.4.4.5.4.8](#) beschriebenen Registerkarte eingegebenen Grenzwerte benutzt. Die dortigen Werte sollten daher vor Benutzung dieser Funktion überprüft werden.

5.4.2.6.12 Verknüpfte Dateien tauschen

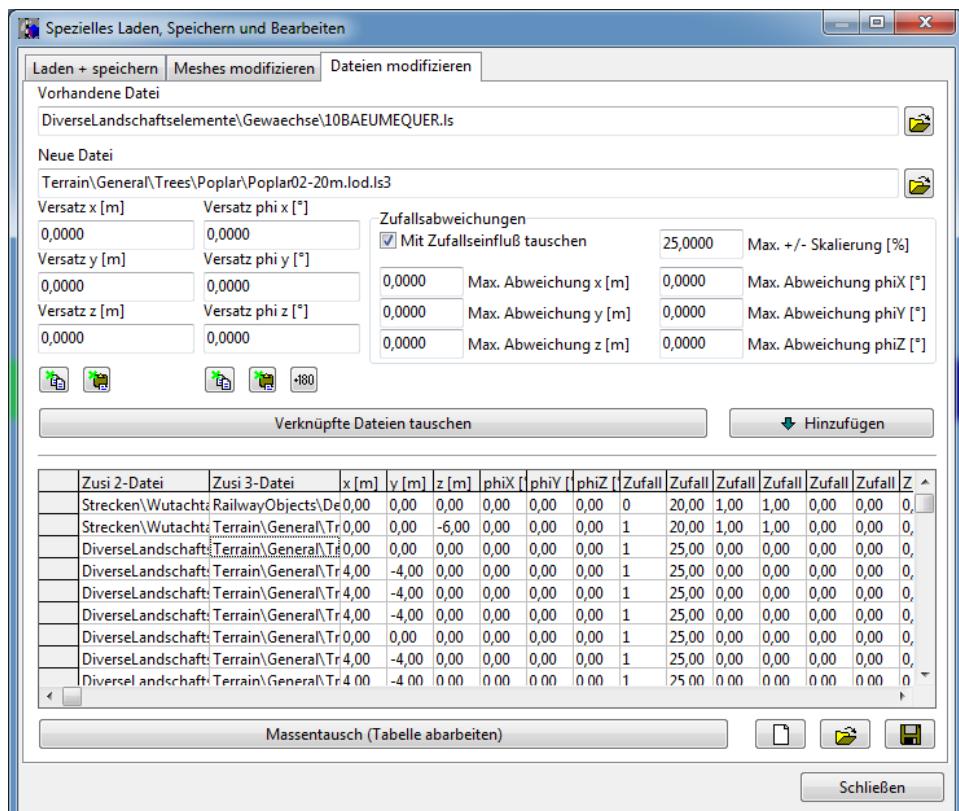
Mit dieser Funktion kann eine Datei im gesamten geladenen Modul gegen eine andere ausgetauscht werden. Zusätzlich kann ein Versatz für Einbauort und -winkel angegeben werden sowie ggf. zusätzlich eine Zufallsveränderung für Ort, Winkel und Skalierung. Diese arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie bei „Objekte entlang Gleis importieren“ in [Kapitel 5.4.3.7](#).

Es wird eine Datei auch dann schon erkannt, wenn der angegebene Dateipfad in der Verknüpfung enthalten ist. Ist z.B. in der Landschaft die Zusi 2-Datei ...\\Zusi2\\DiverseLandschaftselemente\\Gewaechse\\Baum_18m.ls eingebaut, so reicht es aus, für die Suche DiverseLandschaftselemente\\Gewaechse\\Baum_18m.ls oder auch nur Baum_18m.ls anzugeben.

Im unteren Bereich des Fensters befindet sich eine Tabelle, mit deren Hilfe größere Mengen an Tauschvorgängen in einem Arbeitsgang ausgeführt werden können. Das ist insbesondere nach der Konvertierung einer Zusi 2-Strecke sinnvoll, wenn diverse Zusi 2-Standardobjekte gegen den Zusi 3-Stand getauscht werden sollen. Über die Schalter unten rechts kann die Liste geleert, geladen und gespeichert werden. Doppelklick überträgt eine Zeile in die Eingabefelder

zur einzelnen Ausführung. „Hinzufügen“ ergänzt die Daten der Eingabefelder in der Tabelle. Über das Kontextmenü kann eine Zeile gelöscht werden oder auch eine Textdatei in die Tabelle importiert werden, deren Felder durch Tabulatoren getrennt sind.

Wichtiger Hinweis: Vor dem Aufruf des Massentauschs muss die Landschaft einmal gespeichert und neu geladen werden, sonst werden ggf. nicht alle Objekte korrekt erfasst, die seit dem letzten Laden geändert wurden.



5.4.2.7 Objektbaum

Der Objektbaum stellt die gesamte geladene Szene hierarchisch dar. Der oberste Knoten entspricht also der geladenen Landschaftsdatei, darunter findet man die Landschaftsobjekte, wobei jede Hierarchiestufe durch das Frame-Symbol („Koordinatenkreuz“) dargestellt wird. Die dargestellten Parameter werden in [Kapitel 2.5.1.13](#) erläutert.

5.4.3 Menü „Landschaft erstellen“

5.4.3.1 Rückgängig/Wiederherstellen

Die zuletzt ausgeführten Funktionen werden rückgängig gemacht. Wie viele alte Zustände noch im Speicher gehalten werden sollen, kann man in den Programm-Einstellungen festlegen. „Wiederherstellen“ stellt den neueren Zustand wieder her, nachdem man „Rückgängig“ aufgerufen hatte.

5.4.3.2 Allgemeine Funktionen bei gleisbezogenem Bau

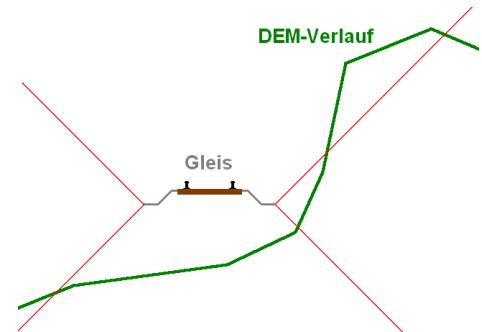
Die folgenden Prozeduren funktionieren alle nach einem ähnlichen Grundschema, das hier eingangs einmal allgemein erläutert werden soll. Die jeweiligen Landschaftsobjekte werden immer entlang der Streckenelemente erzeugt. Dabei werden immer nur ganze Elemente betrachtet. Wenn also z. B. die Länge 100 m angegeben wird, dann wird einschließlich der kompletten Länge des nach 100 m liegenden Elements gebaut. Zum Baumodus und Baurichtung siehe auch noch [Kapitel 5.3.1.4 „Interne Laufrichtung und Baufunktionen“](#). Es wird bei den folgenden Funktionen an Weichen/Verzweigungen immer nur ein Strang verfolgt. Dieses kann je nach Einstellung der Vorrangstrang, also der erste Nachfolger sein, oder es kann unabhängig von der Nachfolge immer nach rechts oder links abgebogen werden. In diesem Fall wird an Verzweigungen die geometrische Lage der Nachfolgeelemente analysiert.

5.4.3.2.1 Lage zur Gleismitte

Der gleisseitige Fußpunkt wird normalerweise nahtlos an den Randweg des Oberbaus anschließen. Dafür kann bei „Lage zur Gleismitte“ angegeben werden, dass die Lage direkt aus der in den Streckenelementen definierten Oberbauart zu entnehmen ist. Für Sonderfälle kann eine Lage relativ zum Gleis manuell eingegeben werden.

5.4.3.2.2 DEM-Bezug

Im Vergleich zu manuell eingegebenen Höhenwerten ist der DEM-bezogene Bau in der Handhabung einfacher und authentischer im Ergebnis. Dafür muss ein DEM (digitales Gelände-Höhenmodell) geladen sein. Dann wird z.B. ein Damm/Einschnitt je nach Lage des DEMs automatisch so nach oben oder unten gebaut, dass der Damm/Einschnitt genau auf Höhe des DEMs endet. Für diese Berechnung gibt es zwei Varianten: Die exakte Berechnung führt einen Strahl vom Fußpunkt im gewünschten Neigungswinkel nach oben und nach unten, prüft die Schnittpunkte mit dem DEM und entscheidet

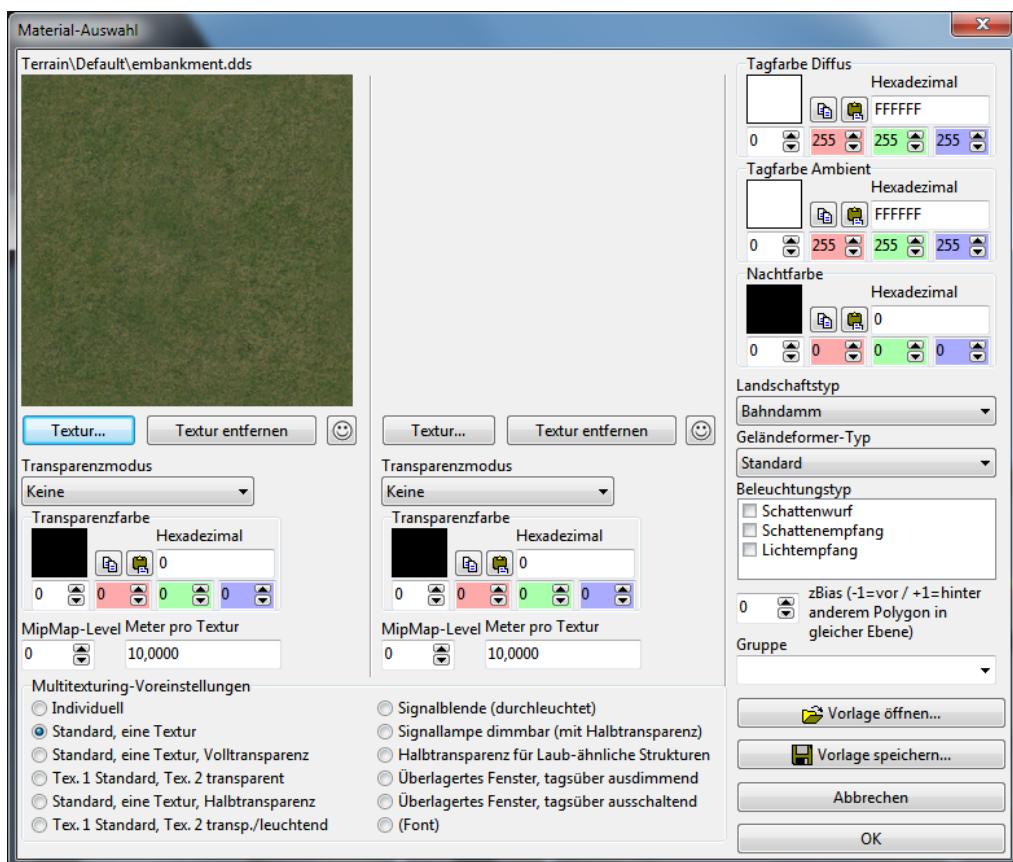


entsprechend über Bau nach oben oder unten und die nötige Höhe. Bei diesem Verfahren kann es mehrdeutige Lösungen geben, wie das folgende Bild am Beispiel eines Damms/Einschnitts zeigt, bei dem die linke Seite eindeutig ist, während es rechts drei Lösungen gibt. Bei mehrdeutigem Ergebnis wird das mit dem geringsten Abstand gewählt.

Falls es deswegen zu unerwünschten oder eventuell gar keinen Ergebnissen kommt, kann das Kontrollkästchen „vereinfacht“ aktiviert werden. Dann wird vom Fußpunkt kein schräger Strahl, sondern das Lot betrachtet. Dieses kann das DEM immer nur exakt einmal schneiden. Der dort ermittelte Höhenwert wird dann als Grundlage für den Bau benutzt, was bei stark geneigtem DEM natürlich zu gewissen Abweichungen führt.

5.4.3.2.3 Material

Beim Material können die zu verwendenden Texturen und Farben gewählt werden, die die neu erstellten Mesh-Subsets erhalten.



Die Funktionalitäten werden bei den Mesh-Subset-Eigenschaften in [Kapitel 5.4.4.5.2](#) erläutert. Besondere Beachtung sollte man den Einstellungen für Landschaftstyp und Geländeformertyp schenken. Um eine problemlose Erstellung von Grundplatten mit Roland Zieglers Geländeformer-Software zu gewährleisten, muss beim Geländeformer-Typ unbedingt eine sinnvolle Einstellung gewählt werden.

5.4.3.2.4 Bauseite

Die Bauseite gibt an, ob in Baurichtung links oder rechts gebaut werden soll. Wenn an beiden Seiten gebaut werden soll, muss die Funktion i.d.R. zweimal aufgerufen werden.

5.4.3.2.5 Formularinhalte speichern

Die Formularinhalte können über die Schalter „Vorlage speichern“ und „Vorlage öffnen“ in einer xml-Datei gespeichert werden. Dabei werden alle bauartrelevanten Einstellungen, nicht aber Baulänge und -richtung usw. gespeichert. Die Dateiendung ist immer xml, wobei durch vorangestellte Buchstabengruppen der Verwendungszweck der xml-Datei kenntlich gemacht wird (z.B. *.platform.xml für das Bahnsteig-Formular). Der Inhalt der untergeordneten Fenster zur Materialauswahl wird ebenfalls in der xml-Datei gespeichert.

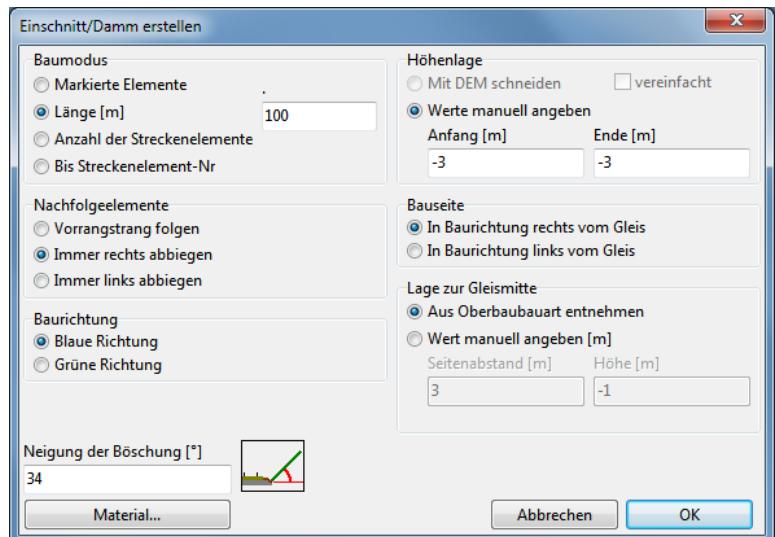
5.4.3.3 Einschnitt/Damm erstellen

Diese Funktion erzeugt einen Bahndamm (Höhenwerte kleiner 0) oder einen Einschnitt (Höhenwerte größer 0) bezogen auf das aktuell markierte Streckenelement. Zu den Standardfunktionen siehe [Kapitel 5.4.3.2 „Allgemeine Funktionen bei gleisbezogenem Bau“](#).

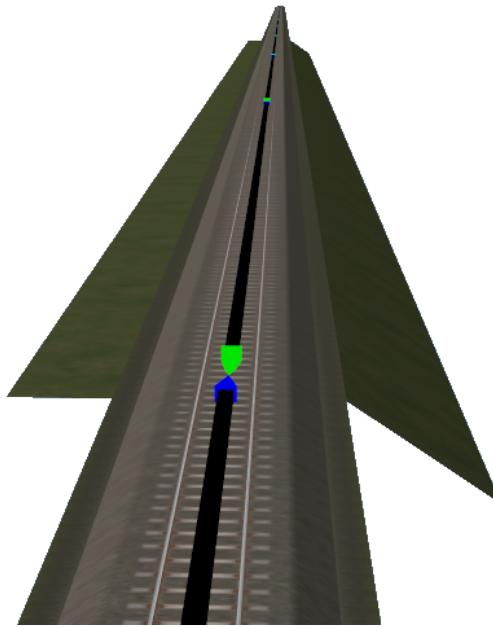
Höhenlage: Die Höhe des Damms/Einschnitts wird oben rechts definiert. Bei manueller Eingabe bedeuten positive Werte einen Bau nach oben (also Einschnitt), negative Werte einen Bau nach unten (Damm). Bei unterschiedlichen Höhenwerten

wird die Höhe gleichmäßig über die Baulänge geändert. Zum DEM siehe [Kapitel 5.4.3.2.2](#)

Neigung: Die Böschungsneigung des Damms/Einschnitts wird unten links angegeben. Je größer der Winkel, desto steiler ist die Fläche geneigt. Der Wert ist immer positiv zu setzen. Für den Winkel 0 wird die eingegebene Höhe nicht nach oben sondern waagerecht und parallel zum Gleis zur Seite gebaut, wie man es z.B. zur Darstellung eines abgebauten Parallelgleisplanums gebrauchen kann.



Das nebenstehende Bild zeigt auf der rechten Gleisseite den Damm mit den Einstellungen aus der Dialogbox oben, auf der linken Gleisseite wurde der Winkel auf 0° gesetzt.



5.4.3.4 Stützmauer erstellen

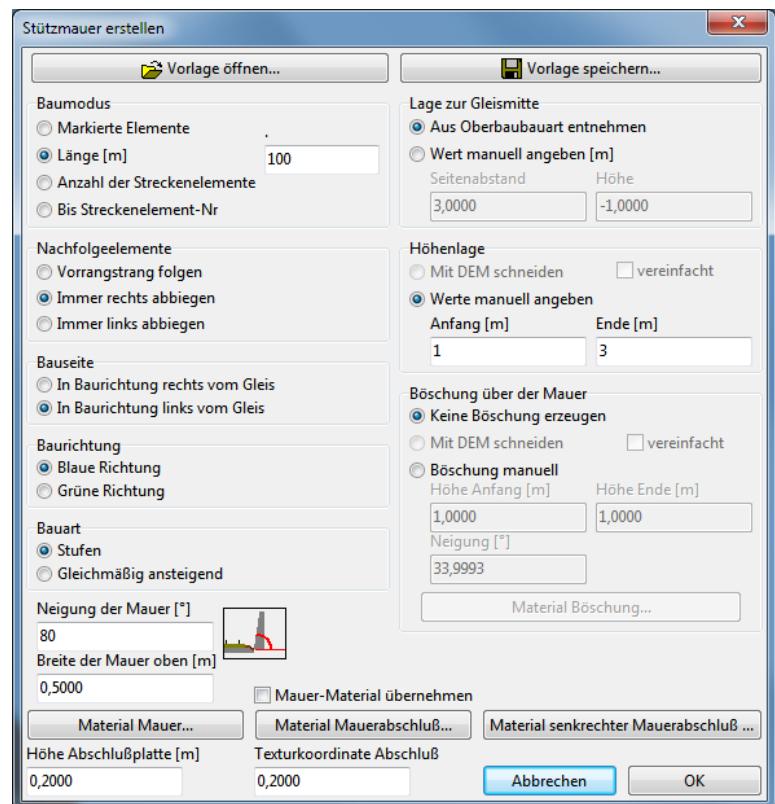
Diese Funktion erzeugt eine Stützmauer nach oben oder unten und ggf. darüber noch eine Böschung analog zum Einschnitt. Gebaut wird bezogen auf das aktuell markierte Element. Zu den Standardfunktionen siehe [Kapitel 5.4.3.2 „Allgemeine Funktionen bei gleisbezogenem Bau“](#).

Höhenlage: Bei manueller Eingabe bedeuten positive Werte einen Bau nach oben, negative Werte einen Bau nach unten. Zum DEM siehe [Kapitel 5.4.3.2.2](#).

Neigung der Mauer: Je größer der Winkel, desto steiler ist die Fläche geneigt. Der Wert ist immer positiv zu setzen. 90° bedeutet eine senkrecht stehende Mauer.

Breite der Mauer oben ist die Breite am oberen Abschluß der Mauer. Die untere Breite ergibt sich aus der Neigung.

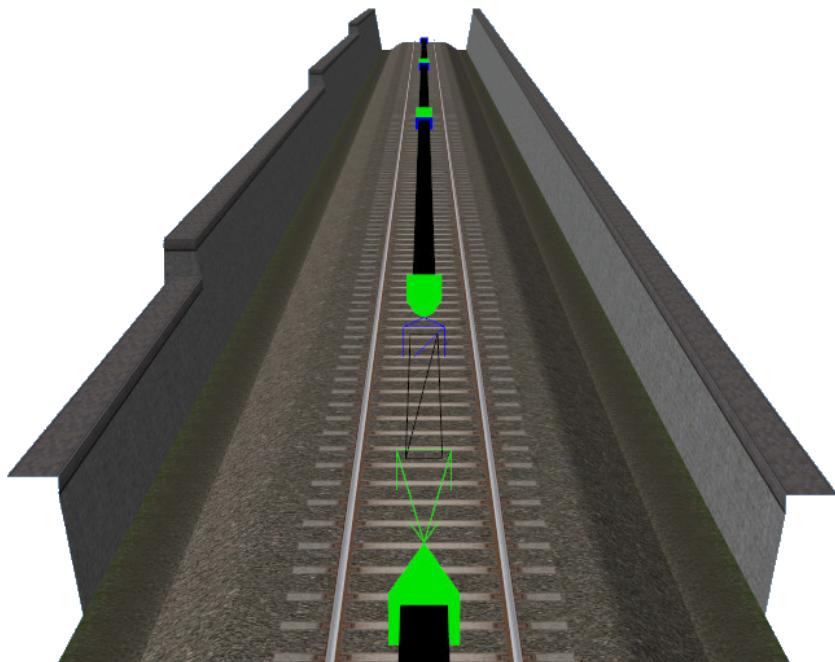
Höhe und Texturkoordinate Abschlussplatte: Wir auf dem Bild unten kann die Mauer oben mit einer Abschlussplatte versehen werden, indem das Kontrollkästchen „Mauer-Material übernehmen“ deaktiviert wird. Die Höhe der Abschlussplatte definiert jetzt die geometrische



Lage der Trennkante und die Texturkoordinate bezeichnet deren v-Koordinate, wobei die Abschlusstextur von der Gleisseite ($v=0$) aus zur Rückseite ($v=1$) abgewickelt wird.

Böschung über der Mauer: Da beim Original eine Mauer oft nur einen Teil des Höhenunterschieds abstützt und der Rest als Einschnitt geschüttet ist, kann hier gleich ein an die Mauer anschließender Einschnitt erzeugt werden. Die Handhabung funktioniert genauso wie bei „Einschnitt/Damm erstellen“, wobei die manuellen Höhenwerte ab der schon vorhandenen Mauerhöhe zählen. Wenn dieser Einschnitt mit DEM-Bezug gebaut werden soll, was zu empfehlen ist, dann sollte die Mauer natürlich mit manuellen Höhenwerten und nicht auch mit DEM-Bezug gebaut werden.

Bauart: Den Unterschied zeigt das nebenstehende Bild: Beim Bau in Stufen wird für jedes Streckenelement ein Stück oben waagerecht abgeschlossene Mauer erstellt.

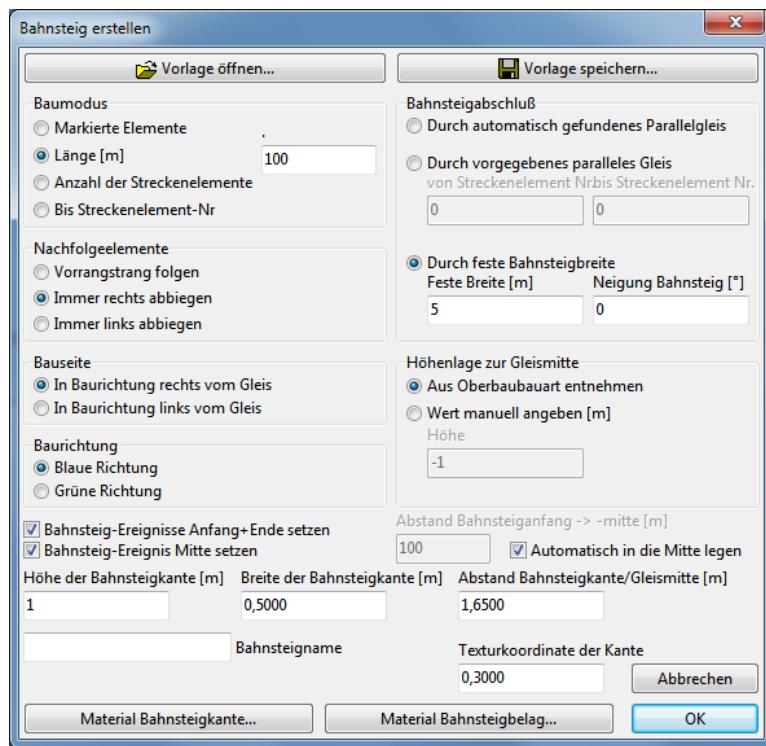


5.4.3.5 Bahnsteig erstellen

Diese Funktion erzeugt einen Bahnsteig bezogen auf das aktuell markierte Element. Zu den Standardfunktionen siehe [Kapitel 5.4.3.2 „Allgemeine Funktionen bei gleisbezogenem Bau“](#).

Der gleisabgewandte Abschluß kann auf drei Arten hergestellt werden:

Durch automatisch gefundenes Parallelgleis: Der Bahnsteig wird zwischen dem markierten Gleis und einem zweiten Gleisstrang erstellt. Zur Bestimmung dieses Gleisstrangs wird zunächst auf dem Bezugsgleis das Start- und Zielelement bestimmt, dann das jeweils nächste Nachbarelement auf der Bauseite gesucht und überprüft, ob diese beiden Parallelelemente in demselben Gleisstrang liegen – also das Zielelement vom Startelement aus erreicht werden kann. Wenn das der Fall ist, wird zwischen diesen beiden Elementen die rückwärtige Bahnsteigkante gebaut und der Zwischenraum mit Bahnsteigfläche gefüllt.



Durch vorgegebenes paralleles Gleis: Das gleiche Prinzip wie im Abschnitt vorher erläutert, allerdings wird der Gegenstrang nicht automatisch gesucht, sondern die Bahnsteigkante wird zwischen den beiden einzugebenden Streckenelement-Nummern gebaut.

Durch feste Bahnsteigbreite: Diese Funktion ist dafür gedacht, dass nicht an andere Gleise angeschlossen wird, wie es z.B. bei Außenbahnsteigen der Fall ist. Neben der festen Bahnsteigbreite kann noch eine Neigung angegeben werden. Diese ist für die einfach gebauten Bahnsteige gedacht, die man beim Vorbild mancherorts findet. Dort wird eine einfache Bahnsteigkante gesetzt und dahinter lediglich etwas angeschüttet, so dass sich ein von der Bahnsteigkante abfallender Bodenbelag ergibt. Die Winkelangabe muss für so eine Bauart negativ sein.

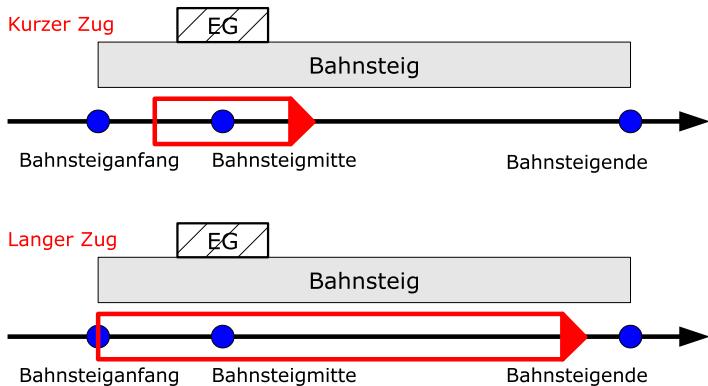
Ereignisse Anfang+Ende setzen: Bei aktivem Kontrollkästchen wird an den Streckenelementen, die den Bahnsteigbau begrenzen, in beiden Richtungen automatisch das passende Ereignis gesetzt. Ist an demselben Element schon ein gleiches Ereignis gesetzt, ertönt nur der Windows-Standardton und es wird kein zweites, doppeltes Ereignis ergänzt.

Bahnsteig-Ereignis Mitte setzen: Bei aktivem Kontrollkästchen wird in beiden Richtung auch das Ereignis „Bahnsteigmitte“ gesetzt. Da diese nicht immer im geometrischen Mittelpunkt des Bahnsteigs liegt, kann die Lage bei „Abstand Bahnsteigmitte“ auch explizit gesetzt werden.

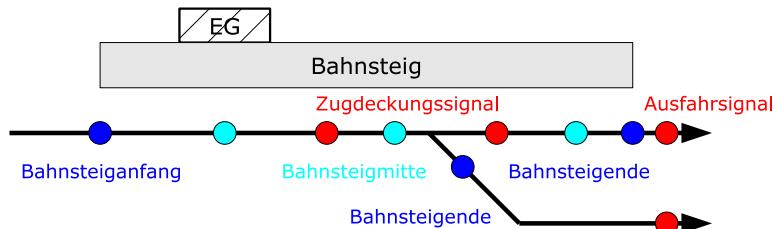
Bahnsteigname: Hier wird der Name eingegeben, der bei den Ereignissen hinterlegt wird. Das Feld sollte bei Bahnsteigen in Bahnhöfen leer gelassen werden, da der Name des Bahnsteigs dann aus dem nächsten Hauptsignal entnommen wird. Gleiches gilt für andere Konstellationen, wo der Name des Bahnsteigs dem des folgenden Hauptsignals entspricht.

Bedeutung der Bahnsteig-Ereignisse: Die drei Bahnsteigereignisse definieren die Lage des Bahnsteigs, um vom Autopilot gefahrenen Zügen das korrekte Anhalten und die Bewertung des selbst gefahrenen Zuges zu ermöglichen. Die Bahnsteigmitte wird zusätz-

lich gebraucht, um eine sinnvolle Halteposition festzulegen. Sie sollte etwa auf Höhe des Zugangs bzw. des Empfangsgebäudes (EG) liegen. Die Züge werden zentral um das Ereignis halten, solange sie dabei noch vollständig am Bahnsteig stehen. Das nachfolgende Bild verdeutlicht das für einen kurzen und einen langen Zug:



Bei mehreren Halteabschnitten am Bahnsteig kann das Ereignis Bahnsteigmitte mehrfach gesetzt werden, um mehrere gute Haltestellen zu markieren. Diese Situation ist gegeben, wenn der Bahnsteig durch Zugdeckungssignale oder Zwischensignale unterteilt ist:

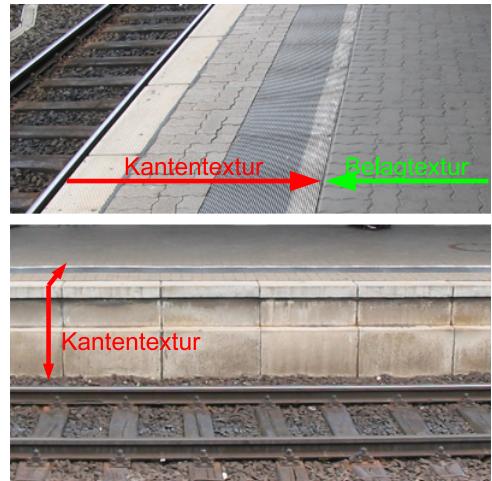


Der Zug betrachtet dann immer das letzte der Bahnsteigmitte-Ereignisse, das im gestellten Fahrweg liegt. Ereignisse hinter einem Haltsignal werden nicht betrachtet.

Die Bahnsteigkante inklusive bahnsteigkantenbezogener Bahnsteigtextur kann gleich automatisch gebaut werden. Man wird also i.d.R. zwei getrennte Texturen verwenden, eine für die Bahnsteigkante und eine für den endlos kachelbaren Bahnsteigbelag. Die Werte für Breite der Bahnsteigkante und Höhe der Bahnsteigkante müssen dabei auf die Textur abgestimmt sein, damit ein stimmiges Ergebnis erzeugt wird.

Höhe der Bahnsteigkante bezieht sich auf den Fußpunkt der Bahnsteigkante und nicht die Lage über Schienenoberkante und bezeichnet den senkrechten Abschnitt der roten Markierung im Bild.

Breite der Bahnsteigkante ist der waagerechte Abschnitt der roten Markierung im Bild und die **Texturkoordinate der Kante** die zugehörige v-Koordinate der Bahnsteigkante auf der abgewickelten Kanten-Textur.



5.4.3.6 Formkurve entlang Gleis anwenden

Die Formkurve ist einer sehr variable Funktion. Sie extrudiert eine 2D-Kurve entlang des Streckenelements, so dass eine dreidimensionale Form entsteht.

Zu den Standardfunktionen siehe [Kapitel 5.4.3.2 „Allgemeine Funktionen bei gleisbezogenem Bau“](#).

In der Tabelle wird die Kurve in x-/y-Koordinaten definiert (x nach rechts und y nach oben positiv) und rechts als Vorschau angezeigt, wobei Punkt 1 rot markiert ist. Änderungen in der Tabelle werden sofort ohne Abfrage wirksam und die Vorschau entsprechend aktualisiert. Per Kontextmenü lassen sich Zeilen in der Tabelle einfügen oder löschen.

Der Nullpunkt der Formkurve wird entlang der Gleisachse verschoben und dabei werden im Bereich der blauen Kurve Polygone erzeugt. Diese können gleich texturiert werden, indem die Tex-Spalte mit entsprechenden Textur-Koordinaten belegt wird. Je nach gewünschter Ausrichtung der Textur muss u oder v angeklickt werden. Bei „u“ wird also die u-Koordinate der Textur auf die blaue Formkurve aufgezo-

gen und die v-Koordinate liegt in Baurichtung, entsprechend umgekehrt bei aktiviertem „v“. Die Skalierung der Texturierung in Baurichtung ergibt sich aus der Einstellung „Meter pro Textur“ unter „Material“.

Normalen automatisch berechnet die Normalenvektoren als Winkelhalbierende der angrenzenden Linien für alle Punkte.

Tex-Koord. automatisch setzt die dritte Spalte der Tabelle automatisch und zwar nach demselben Schema, das auch in Baurichtung angewendet wird. Es wird also die Angabe „Meter pro Textur“ aus dem Material-Dialog betrachtet und der Tex-Wert anhand der Punktabstände entsprechend belegt. Wenn die Textur zu klein ist, wird gekachelt. Nach Aufruf dieser Funktion liegt die Textur also verzerrungsfrei auf der Fläche.

Kurve spiegeln spiegelt alle Punkte an der y-Achse und dreht die Reihenfolge um, so dass die Ausrichtung der Polygone gewahrt bleibt.

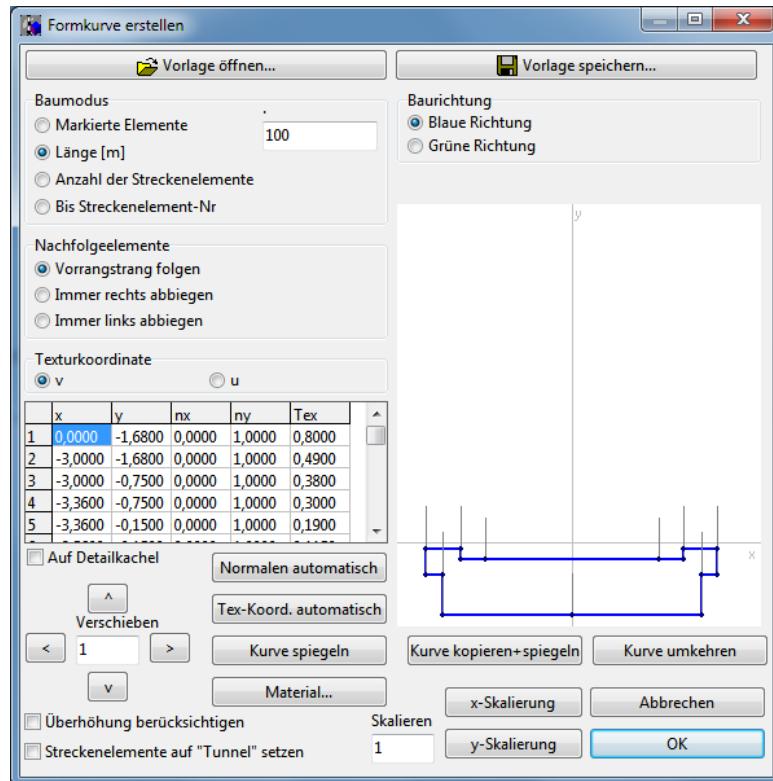
Kurve kopieren und spiegeln bietet sich für symmetrische Kurven an. Es reicht dann aus, die rechte Hälfte zu erstellen und die linke anschließend mit dieser Funktion zu erzeugen

Kurve umkehren dreht die Reihenfolge der Punkte um. Diese Funktion ist anzuwenden, wenn die Rückseiten statt der Vorderseiten erzeugt werden.

Verschieben: Diese 4 Schalter verschieben die Kurve um den eingegebenen Wert in die jeweilige Richtung.

Skalieren: Die Koordinaten der Punkte werden mit dem eingegebenen Faktor multipliziert, um die Kurve zu vergrößern (Werte größer 1) oder zu verkleinern (Werte kleiner 1).

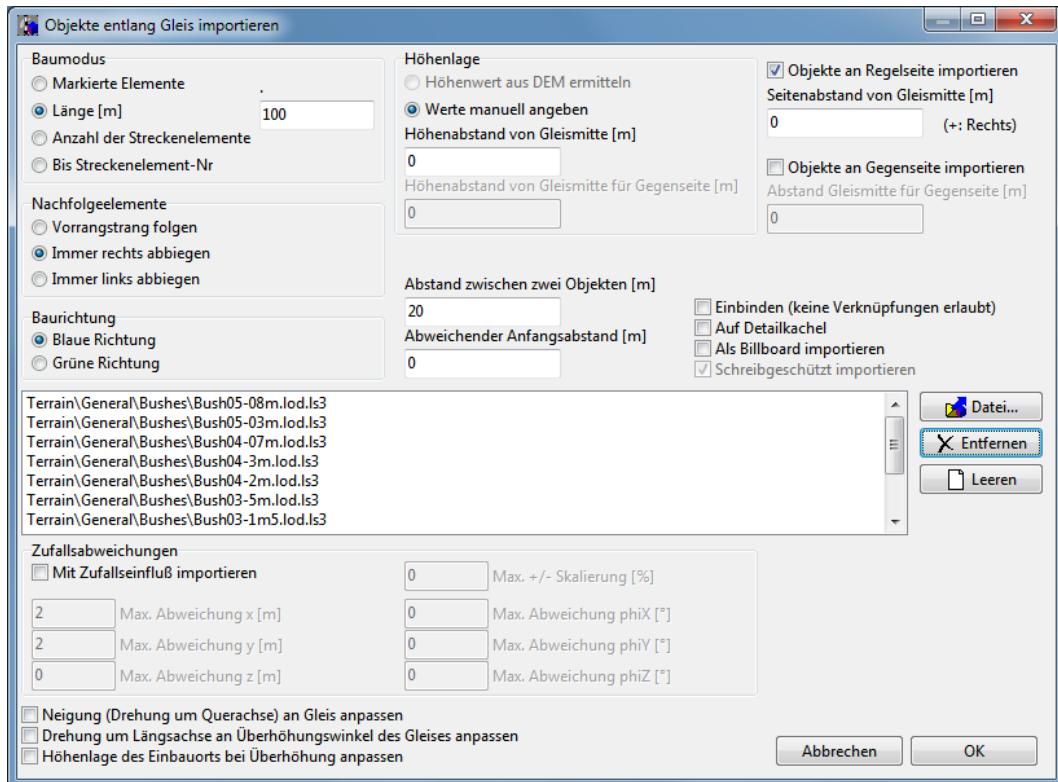
Überhöhung berücksichtigen: Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird die gesamte Formkurve gemäß Überhöhungswert um die Gleisachse verdreht.



Streckenelemente auf „Tunnel“ setzen: Da sich diese Funktion ideal für die Erzeugung einer Tunnelröhre eignet, kann mit diesem Kontrollkästchen gleich die Tunnel-Einstellung der Streckenelemente gesetzt werden, die z.B. später die Beleuchtung regelt.

5.4.3.7 Objekte entlang Gleis importieren

Mit dieser Funktion können Elemente in konstantem Abstand unabhängig von den Übergangspunkten der Streckenelemente am Gleis entlang gebaut werden, z.B. entlang des Gleises aufgestellte Lampen. Zu den Standardfunktionen siehe [Kapitel 5.4.3.2 „Allgemeine Funktionen bei gleisbezogenem Bau“](#).



Höhenlage: Bei DEM-Bezug wird für den endgültigen Standort (also nach einer ggf. erfolgten Zufallskorrektur) der Höhenwert aus dem DEM ermittelt, sonst gilt der bei „Höhenabstand von Gleismitte“ eingegebene Wert bezüglich der Gleislage.

Abstand zwischen zwei Objekten: In diesem Abstand wird die einzufügende Landschaftsdatei importiert. Die Längsausdehnung der importierten Landschaft wird dabei nicht berücksichtigt. Wann also ein Objekt lückenlos aneinander gebaut werden soll (z.B. Lärmschutzwand), dann muss als Abstand die Länge des Objekts angegeben werden.

Abweichender Anfangsabstand: Wenn die importierten Modelle nicht exakt am Anfangspunkt des markierten Streckenelements beginnen sollen, kann über diesen Wert eine Verschiebung des gesamten Importvorgangs eingestellt werden. Bei einem Wert von 10 m würde also das erste importierte Objekt 10 m nach dem Anfangspunkt des markierten Streckenelements liegen und die weiteren Elemente dann im Abstand wie bei „Leerraum zwischen zwei Elementen“ angegeben.

Seitenabstand von Gleismitte: Die Objekte werden um den hier angegebenen Betrag nach rechts (positive Werte) bzw. links (negative Werte) von der Gleisachse versetzt. Deaktivieren des Feldes unterdrückt den Bau, was z.B. gewünscht sein kann, wenn beidseitig in zwei Arbeitsschritten importiert werden soll.

Objekte an Gegenseite importieren: Bei aktiviertem Kontrollkästchen kann dieselbe importierte Landschaft (um 180° gedreht) auch gleichzeitig an der anderen Gleisseite aufgestellt werden. Höhen- und Seitenlage wird analog zur Regelseite angegeben. Als Bezugselement für den Seitenabstand wird auch für die Gegenseite kein anderer Gleistrang beachtet. Wenn sich der Gleisabstand bei mehrgleisigen Strecken ändert und die Objekte beidseitig mit Gleisbezug aufgestellt werden sollen, sollte eher die Funktion Fahrleitungsbau mit entsprechend angepaßten Objektdateien benutzt werden.

Einbinden: Mit dieser Option werden die Mesh-Subsets aus den Importdateien kopiert und in die Kacheln eingebaut (bzw. im Objektbaummodus direkt in die Mutterdatei). Bearbeitet werden nur die unmittelbar in der Importdatei vorhandenen Mesh-Subsets, während alle Dateiverknüpfungen in der Importdatei ignoriert werden.

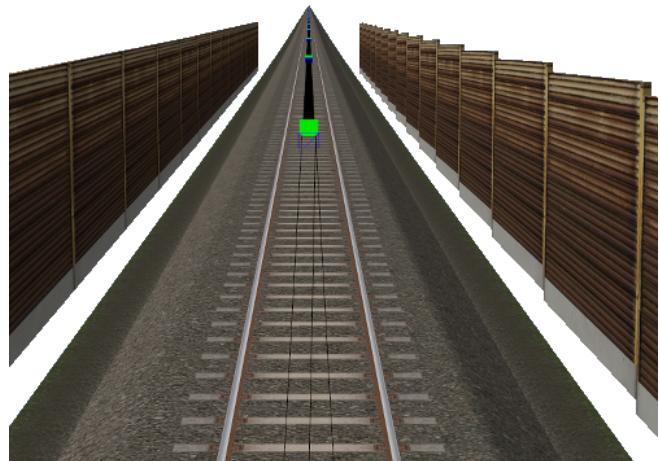
Auf Detailkachel: Bei aktiviertem Kontrollkästchen werden die importierten Dateien statt auf den normalen Kacheln auf den Detailkacheln eingebaut. Das kann für sehr kleine Objekte sinnvoll sein, die schon nach wenigen 100 m nicht mehr zu sehen sind.

Als Billboard importieren: Siehe [Kapitel 5.1.1.11](#)

Einzufügende Landschaftsdateien (Tabelle): Diese Datei(en) wird/werden im folgenden importiert und verknüpft eingebaut. Die Anzahl der importierten Dateien ergibt sich aus der Baulänge und dem Abstand zwischen zwei Objekten. Wenn mehrere Dateien in der Liste stehen, wird jedes Mal zufällig eine ausgewählt.

Zufallsabweichungen: Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird der endgültige Standort des Objekts zufällig verändert. Dieses ist u.a. für alle Arten von natürlichen Objekten (Pflanzen usw.) zu empfehlen, die dadurch wesentlich realistischer wirken, als wenn sie monoton aufgereiht werden. Der geometrisch exakt bestimmte Standort wird zufällig in positive oder negative Richtung um einen Betrag zwischen 0 und dem für jede Koordinate getrennt einzugebenden Wert geändert. Bei Angabe einer von 0 abweichenden Skalierung wird das Objekt in x-, y- und z-Richtung skaliert. Ein Wert von z.B. 30 bedeutet, dass das Objekt zufällig mit einem Wert von +/-30% (also 70% bis 130% der Originalgröße) skaliert wird.

Neigung an Gleis anpassen: Mit diesem Kontrollkästchen wird auch die Querneigung beim Importieren angepaßt. Wenn z.B. Stromschienen oder Bahnsteigfertigelemente in einer Steigungsstrecke verlegt werden sollen, dann müssen diese immer parallel zum Gleis liegen. Ohne eine Anpassung des Quer-Winkels ergäbe sich ein treppenartiger Verlauf. Das rechte Bild zeigt den Unterschied am Beispiel parallel zum Gleis aufgestellter Lärmschutzwände (links mit, rechts ohne dieses Kontrollkästchen).



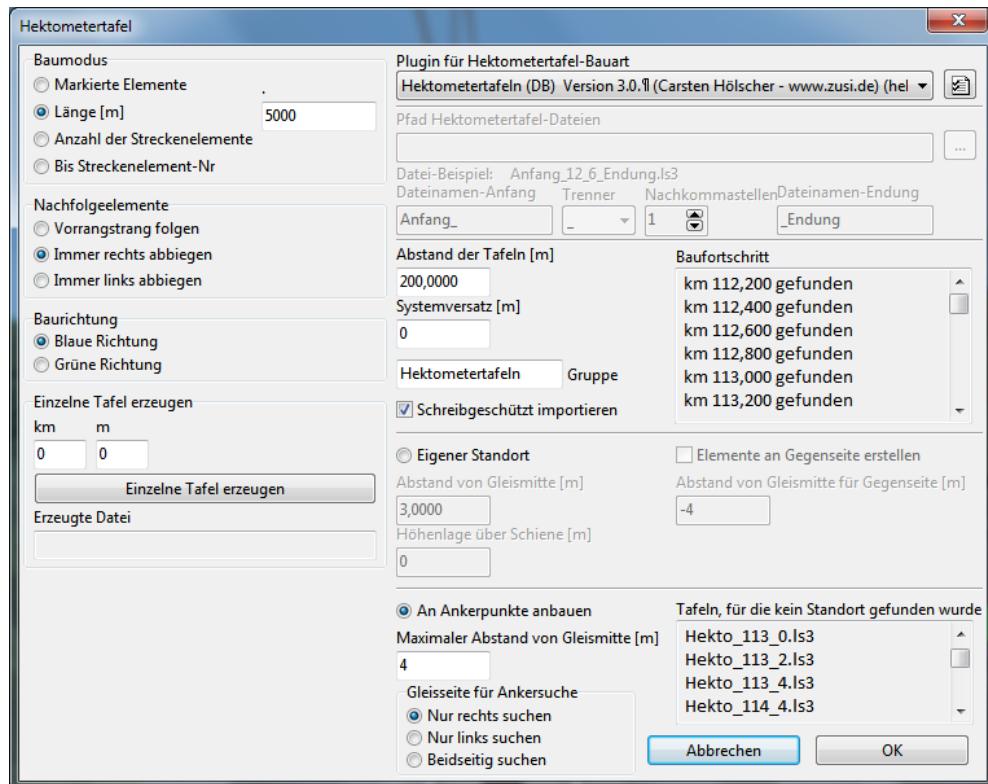
Drehung um Längsachse an Überhöhungswinkel des Gleises anpassen:

Diese Funktion arbeitet gleichartig wie die zuvor beschriebene, allerdings für die Anpassung der Neigung um die Längsachse je nach Überhöhung des Gleises.

Höhenlage des Einbauorts bei Überhöhung anpassen: Ist diese Option gewählt, so wird das importierte Objekt in der Höhenlage an die Überhöhung angepasst. So liegt danach der Einbaupunkt (bei z-Abweichung=0) immer in der Schienenebene, auch wenn das Objekt seitlich versetzt importiert wird.

5.4.3.8 Hektometertafeln aufstellen

Mit dieser Funktion lassen sich Hektometertafeln oder Kilometersteine automatisch entlang des Gleises anhand der in den Gleiselementen hinterlegten Kilometrierungsangabe aufstellen. Die Tafeln können über eine dll automatisch erzeugt werden oder müssen alternativ schon als jeweils eigene Datei vorliegen, dessen Dateinamen gleichzeitig den Standort kodiert. Es gibt zwei Baumodi. Der erste ist für alleinstehende Hektometertafeln gedacht, die exakt an der rechnerischen Stelle stehen. Der zweite Modus ist zum Anbau an den nächstgelegenen passenden Ankerpunkt zum Anbau an vorhandene Fahrleitungsmasten o.ä. gedacht. Zu den Standardfunktionen siehe [Kapitel 5.4.3.2 „Allgemeine Funktionen bei gleisbezogenem Bau“](#).



5.4.3.8.1 Bau mit Plugin (dll)

5.4.3.8.1.1 Funktionsprinzip

Für die Erzeugung der gewünschten Hektometertafel-Bauart muss eine passende dll vorliegen. Die verfügbaren dlls werden rechts oben zur Auswahl angeboten. Über den Schalter rechts neben der Auswahl können ggf. Plugin-spezifische Einstellungen vorgenommen werden.

5.4.3.8.1.2 Voreinstellungen

Das Plugin kann Standarddaten für „Gruppe“, „Abstand von Gleismitte“ und „Maximaler Abstand von Gleismitte“ vorschlagen. Diese Werte werden neu gesetzt, sobald eine dll in der Liste ausgewählt wird.

5.4.3.8.1.3 Einzelne Tafel erzeugen

Unten links im Fenster besteht bei aktivem Plugin die Möglichkeit, eine einzelne Tafel unabhängig von irgendwelchen Streckendaten zu erzeugen. Dazu muss der Kilometer-

und Meterwert angegeben werden (z.B. 24 und 800 für die Tafel 24,8). Die erzeugte Bauart ergibt sich aus der Auswahl „Eigener Standort“ bzw. „An Ankerpunkte anbauen“ sowie ggf. dll-spezifischen Einstellungen.

Der Name der erzeugten Datei wird inklusive Pfad anschließend zur Information unter dem Schalter angezeigt.

5.4.3.8.1.4 Technische Details

Die dlls liegen im Unterverzeichnis %Zusi-Programm%_InstSetup\lib\milepost. Nicht benötigte dlls können zur Erhöhung der Übersicht temporär in ein anderes Verzeichnis verschoben werden. Für jede benötigte Tafel wird die dll einmal aufgerufen und erzeugt eine entsprechende 3D-Datei. Diese Datei sollte man in einem Unterordner des Streckenmoduls ablegen. Von der dll benötigte Basisdateien (Texturen, 3D-Dateien) sollten im folgenden Ordner liegen: %Zusi-Daten%_Setup\lib\milepost\%dllName%. Standardmäßig werden diese Einstellungen allesamt automatisch korrekt gesetzt.

5.4.3.8.2 Bau ohne Plugin

5.4.3.8.2.1 Funktionsprinzip

Sollen Objekte aufgestellt werden, für die bislang kein Plugin programmiert wurde, so ermöglicht dieser Modus trotzdem die automatische Aufstellung. Die aufzustellenden 3D-Dateien müssen vorab manuell erstellt und in einem Verzeichnis abgelegt werden. Über den Dateinamen muss der Standort jeder Tafel identifiziert werden können.

5.4.3.8.2.2 Einstellungen

Wird der Modus „ohne dll“ ausgewählt, so werden folgende Eingabefelder aktiv:

Pfad Hektometertafel-Dateien: In diesem Verzeichnis müssen die zuvor erzeugten Tafeln abgelegt werden. Es sollte ein Unterverzeichnis des Streckenmoduls sein.

Dateinamen-Endung und **Nachkommastellen**: Aus diesen beiden Angaben wird der Dateiname jeder Tafel generiert. Die zuvor erzeugten 3D-Dateien müssen zu diesen Angaben passen, damit sie der Editor passend importieren kann. Als Beispielname wird die Datei für km 12,6 unterhalb des Pfades angegeben.

5.4.3.8.3 Grundeinstellungen

Abstand der Tafeln gibt an, in welchen Abständen der Editor versuchen wird, eine Tafel aufzustellen. Immer wenn die Kilometrierung ein Vielfaches des Wertes überschreitet, wird der Bauvorgang für die Tafel ausgelöst. Der **Systemversatz** legt einen zusätzlichen Versatz der Baustandorte fest. Soll z.B. bei km 0,1 – 0,3 – 0,5 – 0,7 usw. die entsprechende Tafel aufgestellt werden, so wären der Abstand der Tafeln 200 m und der Systemversatz 100 m.

Über **Schreibschutz** und **Gruppe** wird die entsprechende Vorgabe für den Dateiimport angegeben.

Die Funktion kann nicht über Kilometersprünge hinweg arbeiten, dort ist also ein neuer Bauvorgang anzusetzen. Arbeitsprinzip ist, dass vom Kilometerstand des Startpunktes aus die abgelaufene Strecke addiert wird und zu dem jeweiligen km-Tafel-Sollwert der passende Kilometerwert in den Streckenelementen gesucht wird (der umgekehrte Weg

wäre nicht praxistauglich). Verfolgt werden kann der Bauvorgang über die Textmeldungen unter „Baufortschritt“ (Erneuter Aufruf des Hektometer-Dialogs nötig – der Inhalt der Texbox wird bei jedem neuen Bauvorgang geleert). Wird eine Kilometerstelle nur als „gesucht“ aufgeführt, so wurde dieser Kilometerwert in der Strecke nicht gefunden. Die zugehörige Tafel wird dann auch nicht erzeugt.

5.4.3.8.4 Baumodus Eigener Standort

In diesem Baumodus wird jede Tafel exakt am rechnerisch korrekten Standort gemäß Kilometrierungsangabe im Streckenelement aufgestellt. Der Wert „Abstand von Gleismitte“ legt den Seitenabstand zur Gleisachse fest, wobei positive Werte in Fahrtrichtung rechts liegen. Über **Elemente an Gegenseite** erstellen und den zugehörigen **Abstand von Gleismitte für Gegenseite** kann in demselben Durchgang auch eine am gleichen Standort um 180° gedrehte Tafel eingebaut werden. Vorteil dieser Bauweise gegenüber zwei Einzeldurchläufen ist der genau gegenüberliegende Standort, auch wenn die Kilometrierungsangabe zweier Streckengleise um ein paar Meter differiert.

5.4.3.8.5 Baumodus An Ankerpunkte anbauen

Es wird entlang des Gleistrangs an jedem rechnerischen Standort der Hektometertafel der nächstgelegene Anker vom Typ „Anbaupunkt Hektometertafel“ gesucht. Entsprechend angepaßte Fahrleitungsmasten oder andere passende Objekte sollten diesen Ankerpunkt enthalten. Dieser Anker darf maximal den Abstand aufweisen, der in **Maximaler Abstand von Gleismitte** angegeben ist und darf außerdem maximal den halben **Abstand der Tafeln** entfernt sein, um zum Anbau ausgewählt zu werden, sowie in der Höhenlage maximal 5 Meter über der Gleisachse liegen. Außerdem muss die Ausrichtung des Ankers entgegen der Betrachtungsrichtung orientiert sein, so dass die Hektometertafel anschließend in Baurichtung lesbar ist.

Die **Gleisseite für Ankersuche** legt fest, auf welcher Seite nach Ankerpunkten zum Anbau gesucht werden soll. Bei mehrgleisigen Strecken sollte man die Bauseite vorgeben, da es sonst bei ungünstigen Konstellationen zum Anbau an der unerwünschten Gleisseite kommen kann, siehe Hintergrundinfo am Ende des Abschnitts.

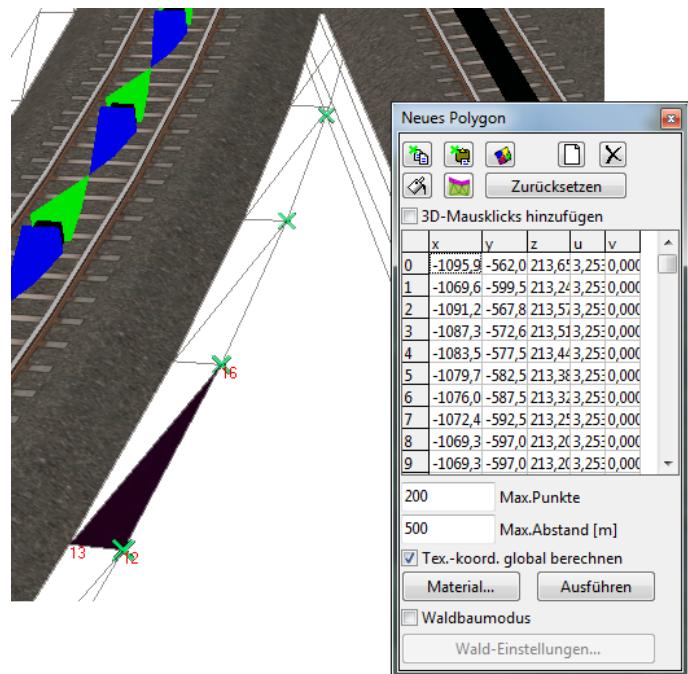
Wird kein passender Anbaupunkt gefunden, wird die Tafel trotzdem erzeugt und in der Texbox unten rechts aufgeführt (Erneuter Aufruf des Hektometer-Dialogs nötig – der Inhalt der Texbox wird bei jedem neuen Bauvorgang geleert).

Hintergrundinfo: Der Abstand zur Gleisachse wird tangential am optimalen Einbaupunkt betrachtet. Bei der Lage in einem Gleisbogen wandern die Masten daher seitlich zur Tangente aus, je weiter der optimale Punkt gerade von der nächsten Mastposition entfernt ist. Dadurch stimmt der nominelle Wert „Maximaler Abstand von Gleismitte“ bezüglich der tatsächlichen Gleis-/Mastposition nicht immer exakt überein. Als Folge kann ein Mast mit einer Tafel bestückt werden, der etwas weiter von der Gleisachse entfernt ist, als unter „Maximaler Abstand von Gleismitte“ angegeben.

Liegt der rechnerische Standort ziemlich genau in der Mitte zwischen zwei Fahrleitungsmasten, so kann es vorkommen, dass die Tafeln nicht an den beiden gegenüberstehenden Masten angebaut sondern um ein Mastfeld versetzt werden, so dass eine Tafel manuell umgesetzt werden muss.

5.4.3.9 Polygonbaumodus

Mit dieser Funktion lassen sich neue Polygone erstellen, indem die Eckpunkte in der Tabelle im Uhrzeigersinn gesammelt werden. Die Punkte werden gleichzeitig auch als Markerkreuz in der 3D-Ansicht dargestellt. Wenn alle Punkte in der gewünschten Reihenfolge eingetragen sind, wird über den Schalter „Ausführen“ das Polygon mit den unter „Material“ eingestellten Parametern erstellt und trianguliert. Die Normalenvektoren werden nach Standardverfahren berechnet.



Es stehen folgende Möglichkeiten zum Sammeln der Punkte zur Verfügung:

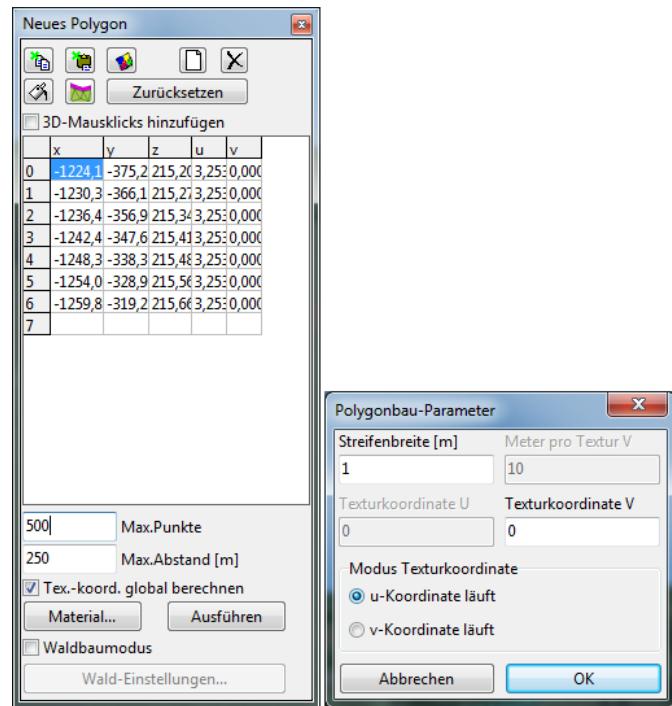
1. Punkte können per Copy+Paste eingetragen werden (Taste C und Taste P).
2. Ein in der 3D-Ansicht markierter Punkt kann per Kontextmenü direkt an die Liste angefügt werden.
3. Wenn das Kontrollkästchen „3D-Mausclicks hinzufügen“ aktiv ist, wird bei jedem Anklicken eines Polygons oder DEMs mit der linken Maustaste in der 3D-Ansicht der Anklickpunkt (der exakte Punkt und nicht der nächstgelegene Polygon-Eckpunkt) hinten an die Liste angefügt.
4. Mit dem Farbeimer-Symbol kann eine automatische Suche von Polygonecken gestartet werden. Dazu muss zunächst, wie in nebenstehendem Bild dargestellt, ein Dreieck an der gewünschten Außenseite des Mesh-Subsets markiert sein. Beim Drücken des Farbeimer-Symbols wird dann ausgehend vom markierten Dreieck im Uhrzeigersinn nach Polygonpunkten gesucht. Die Suche wird abgebrochen, wenn eine Ecke im Polygon gefunden wird (anhand der Dreieckstruktur), wenn die im Eingabefeld vorgegebene Anzahl der Punkte oder der maximale Abstand vom Startdreieck erreicht ist oder wenn wieder das Ausgangsdreieck erreicht wird. Die Farbeimer-Funktion kann mehrmals nacheinander aufgerufen werden, bevor das Polygon gebaut wird. Die neu hinzukommenden Punkte werden dann am Ende der Tabelle angefügt. Andere, schneidende Polygone werden erkannt, und ggf. ein Schnittpunkt berechnet und eingefügt. Das Bild zeigt so einen Fall: Vom markierten Dreieck aus wurden die neuen Punkte ermittelt, beim vierten Punkt der Schnitt mit der Außenseite eines anderen markierten Subsets erkannt und dann der Schnittpunkt berechnet und die Suche auf dem geschnittenen Strang fortgesetzt. Diese Erkennung von schneidenden Polygone geschieht nur innerhalb der aktuell markierten Mesh-Subsets. Vor dem Einsatz des Farbeimers müssen also alle Subsets markiert werden, an denen sich diese Routine orientieren soll.

Neue Zeilen werden mit dem Neu-Schalter in die Tabelle eingefügt. Die Löschen-Schaltfläche löscht die aktuell markierte Zeile. Zurücksetzen leert die Tabelle.

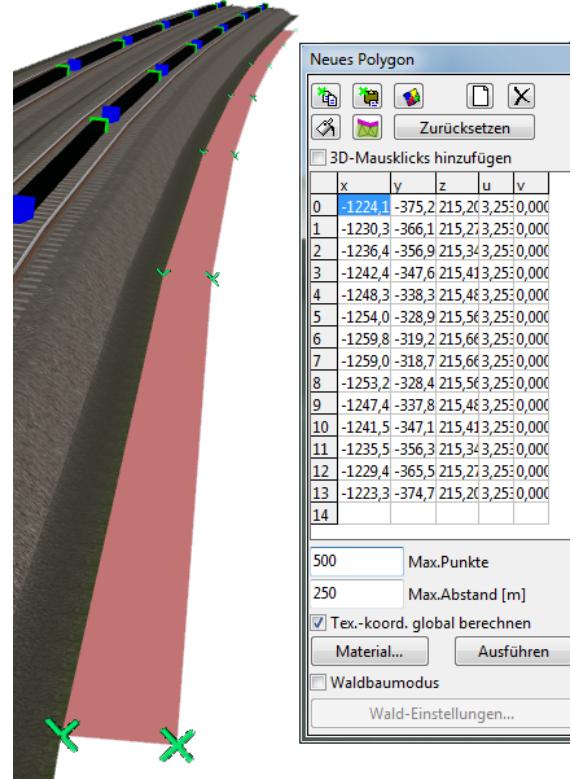
Textur-Koordinaten: Die Texturkoordinaten des entstehenden Polygons können auf zwei Arten berechnet werden. Ist das Kontrollkästchen „Texturkoordinaten global berechnen“ gesetzt, so werden die Koordinaten im globalen xy-System berechnet, wobei die Angabe „Meter pro Textur“ aus dem Dialog „Material“ benutzt wird. Die Werte für u und v in der Tabelle haben dann keine Bedeutung. Ist das Kontrollkästchen nicht gesetzt, so werden die Texturkoordinaten aus der Tabelle übernommen.

Streifen bauen: Zusätzlich zum „Einsammeln“ vorhandener Punkte kann auch eine Reihe paralleler Punkte erzeugt werden, so dass sich eine streifenartige Geometrie ergibt. Das geschieht in folgendermaßen: Im ersten Schritt wird die linke Reihe Punkte z.B. über die Farbeimer-Funktion gesammelt. Soll eine nicht global sondern zur Streifengeometrie passende Texturausrichtung erzeugt werden, so wird jetzt die Funktion „Texturkoordinaten berechnen“ (Symbol oben in der Mitte) benutzt, um für v eine zur Längenausdehnung passende Koordinate zu berechnen, während die u-Koordinate für diese Punktserie fest gesetzt wird (typisch auf 0).

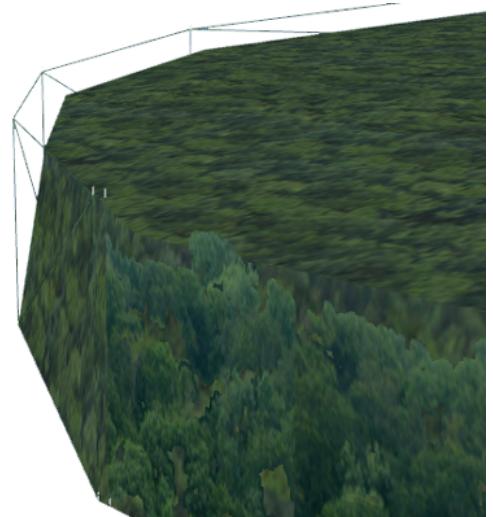
Anschließend wird die Funktion „Streifen anfügen“ (Symbol neben dem Farbeimer) aufgerufen, wo zunächst die Breite des Streifens und eine u-Koordinate (typisch 1) abgefragt werden. Die u-Koordinate aus dem Dialog wird für alle neuen Punkte fest gesetzt. Es entstehen somit Texturkoordinaten, die wie die des Gleisbett-Randwegs angeordnet sind. Es wird nach dem Klicken von „OK“ zu jedem in der Liste vorhandenen Punkt ein weiterer Punkt erzeugt, der um den zuvor abgefragten Abstand versetzt ist.



Wenn alle Einstellungen passen, wird dann mit „Ausführen“ das Polygon erzeugt. Eine mögliche Anwendung zeigt das nebenstehende Bild, bei dem der rot gefärbte Streifen erzeugt wurde.



Waldbaumodus: Der Waldbaumodus ist für die Erstellung zusammenhängender Waldflächen aus wenigen Polygonen gedacht. Es wird dabei aus den aktuellen Punkten ein Polygon gebildet, um die Baumhöhe nach oben verschoben, rundum mit einer schräg abfallenden Waldfront versehen und eine teilweise transparente 2D-Baumreihe davor gesetzt. Das nebenstehende Bild zeigt so einen Waldkörper mit der im hinteren Bereich nur als Drahtgitter dargestellten 2D-Baumreihe. Wenn derartige Wälder in Gleisnähe stehen, sollten für ein besseres Erscheinungsbild zusätzliche Baumreihen entlang des Waldrands gesetzt werden.



Bei Aktivieren des Kontrollkästchens „Waldbau-modus“ wird der entsprechende Konfigurations-schalter aktiv, der folgende Parameter freigibt:

Höhe über Grund: Die Höhe des „massiven Waldkörpers“, um den das abgesteckte Polygon nach oben verschoben wird.

Horizontaler Versatz: Der Abstand, um den die Basispunkte ausgerückt werden, um eine schräge Abschlußfläche zu erzielen.

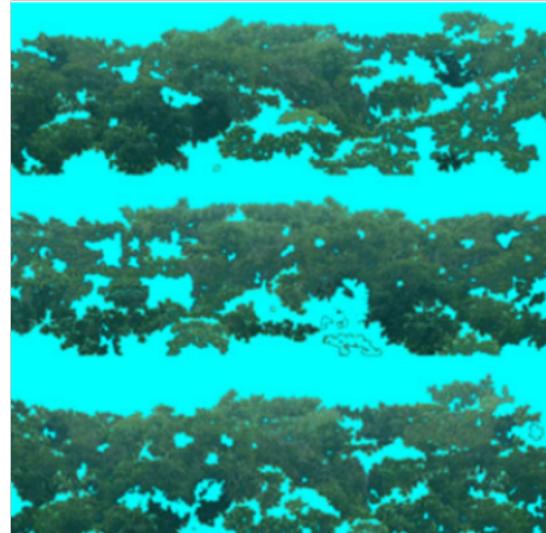
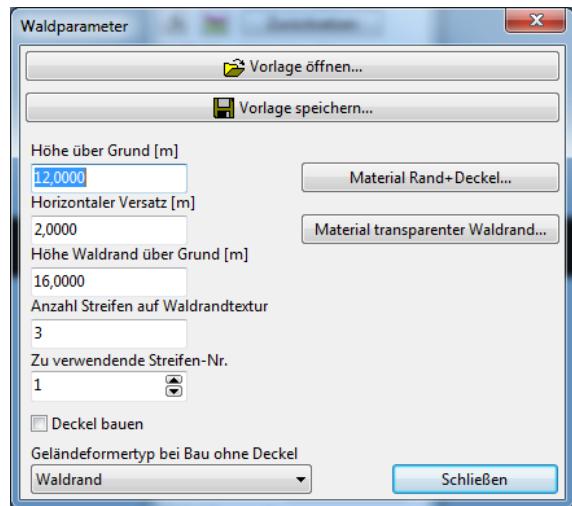
Höhe Waldrand über Grund: Die Höhe der 2D-Baumreihe, welche etwas höher als die des Waldkörpers ausfallen sollte, damit in der Seitenansicht nicht die glatte obere Abschlußkante des Waldkörpers zu sehen ist.

Anzahl Streifen auf Waldrandtextur: Die Textur für den Waldrand kann mehrere horizontale Streifen für den Waldrand enthalten (im Bild für 3 Streifen dargestellt). Die Zahl der Streifen muss hier angegeben werden, damit die korrekten Texturkoordinaten vergeben werden können.

Zu verwendende Streifen-Nr.: Legt fest, welcher der Texturstreifen für den Waldrand benutzt werden soll.

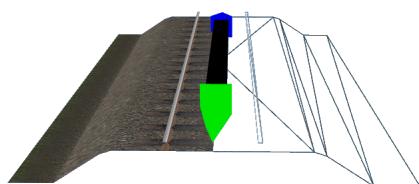
Deckel bauen: Bei größeren Wäldern in hügeligem Gelände entsteht ein recht ebener Waldeckel, der ggf. ganz Bergkuppen abschneiden würde. Daher hat der Geländeformer eine spezielle Walderkennung und kann einen dem Geländeverlauf angepassten Waldeckel erstellen. Dafür lässt man hier beim Waldbau nur die leicht schräg stehenden Waldränder bauen und lässt den Deckel weg. Der Geländeformer erkennt die umgebenden Waldränder anhand des Geländeformer-Typs „Waldrand“ und baut einen zum DEM-Verlauf passenden Deckel.

Geländeformertyp bei Bau ohne Deckel: Wird der Wald hier ohne Deckel gebaut, muss wie oben beschrieben der Waldrand mit dem passenden Geländeformer-Typ „Waldrand“ versehen werden, während beim Bau mit Deckel der Typ „Standard“ passend ist. Diese Änderung wird hier angegeben. Es werden also für den Waldrand die bei „Material Rand+Deckel“ angegebenen Parameter benutzt und lediglich der Geländeformer-Typ mit der hier getroffenen Auswahl ersetzt.



5.4.3.10 Oberbau

Der Oberbau umfaßt die Polygone für Schienen, Schwellenbett, Bettungsschulter und Randweg. Oberbauarten werden in den Programm-Einstellungen definiert. So lassen sich beliebige Gleisarten, Spurweiten oder sogar eisenbahnmögliche Fahrwege vordefinieren. Identifiziert werden die Oberbauarten über ihre Namen, die auch im Gleisplaneditor zur Verfügung stehen, so dass die



Gleiselemente schon dort mit der passenden Oberbauart versehen werden können. Die Oberbautypen werden in den Einstellungen verwaltet, siehe [Kapitel 5.5.1.5](#)

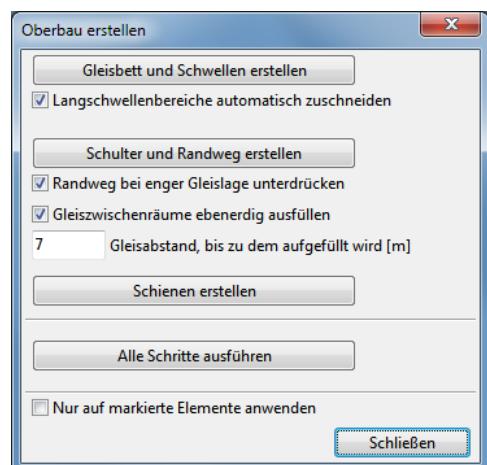
Das Bild zeigt dem typischen Bettungsumfang mit Polygonen für Schienen, Gleisbett und Schellen (das Polygon unter den Schienen), Schulter (die Schräg liegenden Polygone) und dem Randweg (das waagerechte Polygon ganz außen).

Für Gleisabschlüsse gibt es keine vollautomatische Lösung; es sei empfohlen, typische Gleisabschlußelemente wie Prellböcke gleich mit einem auslaufenden Gleisbett zu versehen.

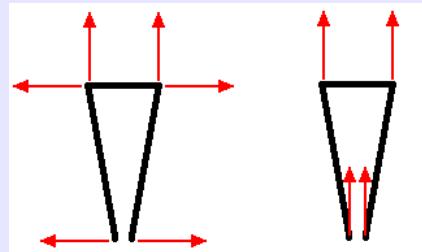
Weichen werden im Normalfall vollautomatisch behandelt, zur Weichentechnik folgen weiter unten die Details.

5.4.3.10.1 Oberbau erstellen

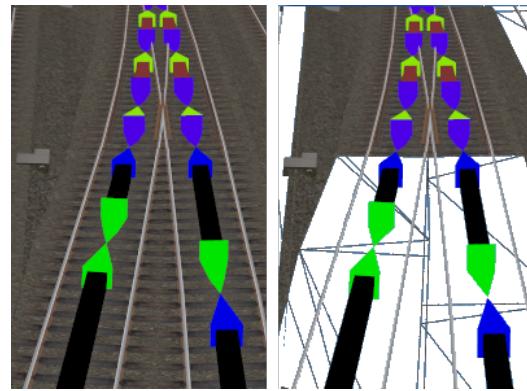
Es öffnet sich folgendes Fenster, mit dem sich die Gleisanlagen erzeugen lassen. Die drei Schaltflächen „Gleisbett und Schwellen erstellen“, „Schulter und Randweg erstellen“ und „Schienen erstellen“ erzeugen die entsprechenden Polygone für alle Gleiselemente der geladenen Strecke. Bei Elementen mit Tunnelkennzeichnung werden abgedunkelte Polygone produziert.



Hintergrundinfo: Zur ressourcenfreundlichen Beleuchtungsberechnung der Schienen wird ein kleiner Trick verwendet: Das Schienenprofil wird nur aus im Querschnitt vier Punkten erstellt. Damit ist eigentlich keine Grundlage für eine korrekte Beleuchtungsberechnung gegeben. Man bräuchte an den oberen Knicken genau genommen je 2 Vertices, um für den Schienenkopf und den Steg je einen eigenen Normalenvektor angeben zu können. Vereinfachend werden alle Normalenvektoren senkrecht nach oben ausgerichtet und der Schatteneffekt in der Textur berücksichtigt, was in diesem speziellen Anwendungsfall nicht weiter auffällt. Das Bild zeigt im Querschnitt links die prinzipiell korrektere Konstruktion mit sechs Vertices, rechts die von Zusi benutzte Variante mit vier Vertices. Die Schienen sollten deshalb nicht mit Routinen zur Ausrichtung von Normalenvektoren nachbearbeitet werden, da damit die vertikale Ausrichtung der Normalenvektoren verloren ginge und eine unrealistische Beleuchtung erfolgen würde.



Langschwellenbereiche automatisch zu-schneiden: Diese Option sollte normalerweise immer aktiviert sein. Ein Weichenbausatz endet vorbildgerecht schon kurz hinter dem Herzstück. Der anschließende Bereich wird beim Vorbild durch die Langschwellen gestaltet, bis der Abstand der beiden Gleise so groß ist, dass die üblichen Schwellen verbaut werden können. Da der Langschwellenbereich nicht genormt ist, wäre eine exakte Nachbildung sehr aufwendig. Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird aber ein sehr guter Kompromiß erzeugt: Beide Gleise werden mit Standardoberbau ausgerüstet, der aber zum Herzstück hin keilförmig zugeschnitten wird, wie im nebenstehenden Bild zu sehen.



Es kann in seltenen Fällen vorkommen, dass irgendwo im Gleisbett einzelne Streckenelemente nicht mit den Schwellenpolygonen versehen werden, weil diese Funktion irrtümlich einen Langschwellenbereich identifiziert hat. Solche Streckenelemente rüstet man am einfachsten im Nachgang aus, indem sie markiert und ohne das Kontrollkästchen für Langschwellenbereiche und mit der Option „Nur auf markierte Elemente anwenden“ erneut erstellt werden.

Randweg bei enger Gleislage unterdrücken: Wenn zwei parallele Gleise so nahe beieinander liegen, dass ein Gleis jeweils den Randweg des anderen Gleises komplett verdeckt, stellt ein Randweg nur eine unnötige Ressourcenverschwendung dar (schließlich muss er gezeichnet werden, ohne sichtbar zu sein). Bei aktiviertem Kontrollkästchen werden diese Fälle automatisch erkannt und der unnötige Randweg nicht erzeugt. Diese Funktion sollte normalerweise immer aktiviert sein.

Gleiszwischenräume ebenerdig ausfüllen: Beim Vorbild wird der Zwischenraum zwischen zwei parallelen Gleisen i.d.R. einfach ebenerdig aufgefüllt, das Gleis hat also dort keine Bettungsschulter. Bei aktivem Kontrollkästchen wird versucht, entsprechende Bereiche zu identifizieren und statt der Schultern eine Verbindungsfläche zu erstellen. Dieser Prozeß ist deutlich komplexer als eine normale Bettungserstellung mit Schultern an beiden Gleisseiten. Bei komplexer Gleislage sind also fehlerhafte Ergebnisse nicht völlig auszuschließen. Wichtig sind insbesondere auch die korrekt gesetzten Kontrollkästchen „Keine Schulter rechts/links“ in den Weichenbausätzen (in der Verantwortung des Weichenherstellers, s. weiter unten). Für den ebenerdig aufzufüllenden Bereich werden nur geschlossene Flächen in Betracht gezogen. Man muss also sozusagen die Fläche einmal ununterbrochen entlang der umgebenden Gleise im Kreis ablaufen können. Der Zwischenraum zwischen zwei parallel laufenden Gleisen, die sich ohne weitere Weichenverbindung voneinander entfernen, wird beispielsweise nicht ebenerdig aufgefüllt. Einzige Ausnahme sind mehrgleisige Strecken an Modulschnittstellen. Hier ist ja - wie sonst auch bei mehrgleisigen Strecken – ein Auffüllen zwischen den Gleisen wünschenswert und modulübergreifend betrachtet wäre auch eine geschlossene Fläche vorhanden. Wenn die Gleisbettungsroutine auf ein Streckenende trifft, wird deshalb geprüft, ob das Element in den Referenzelementen als Modulschnittstelle eingetragen ist. Wenn das der Fall ist, wird ein seitlich benachbartes Streckenelement gesucht und ggf. zwischen den beiden Elementen die Lücke geschlossen, so dass trotz des offenen Endes ebenerdig aufgefüllt wird. Die Routine legt eine Protokolldatei im TEMP-Verzeichnis an, die ggf. bei der Fehlerlersuche hilft.

In Bahnhofsgebieten gibt es häufig gewisse Gleiskonstruktionen, bei denen auch ein

ebenerdiges Auffüllen wünschenswert wäre, obwohl die Kriterien der geschlossenen Fläche nicht erfüllt sind. Unter [Kapitel 9.2 „Tipps und Tricks“](#) sind einige kleine Kniffe aufgeführt, die dabei sehr hilfreich sein können und gleichzeitig auch das Prinzip des Algorithmus' noch weiter verdeutlichen.

Nur auf markierte Elemente anwenden: Durch dieses Kontrollkästchen lässt sich erreichen, dass nur die gerade markierten Elemente mit Oberbau versehen werden. Das kann für Korrekturen von Interesse sein, bei denen man einzelne Gleiselemente umgebaut hat und neu mit Oberbau versehen möchte. Im Regelfall ist es das einfachste, die Oberbau-Funktionen nicht in mehreren Etappen aufzurufen, sondern nur einmal und erst, wenn alle Gleiselemente ihre endgültige Lage haben.

Bei einem mehrfachem Aufruf der Oberbau-Funktionen wird auch mehrmals der Oberbau neu angelegt. Die Funktionen erkennen also nicht automatisch, wo schon Oberbau erzeugt wurde. Es ist natürlich unbedingt zu vermeiden, hier doppelte Polygone zu erzeugen.

5.4.3.10.2 Weichenbausätze

Eine Sonderrolle kommt den Weichenbausätzen zu. Bei diesen wird der gesamte 3D-Teil im Bereich Schwellen/Schienen in einer eigenen ls3-Datei definiert. Darum darf bei der Erzeugung des Oberbaus nicht noch zusätzlich der Standardoberbau erzeugt werden. Die Streckenelemente im Weichenbereich müssen deshalb den Kontrollkästchen „Weichenbausatz“ erhalten; dann wird die Erstellung des Oberbaus für diese Elemente unterdrückt.

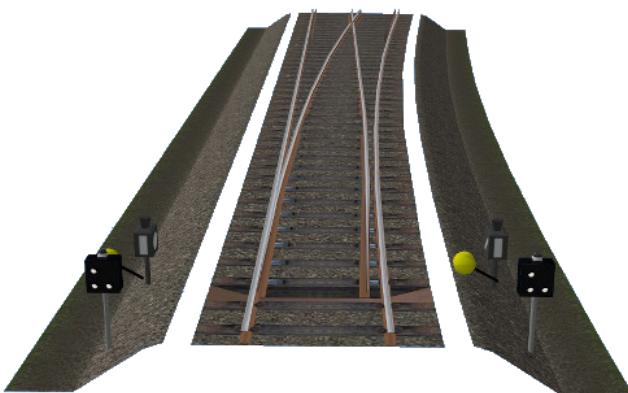
Je nach Lage einer Weiche im Gleis ist eine Bettungsschulter im Weichenbereich nur fallweise nötig (nämlich wenn die Weiche an der Seite nicht ebenerdig eingebaut wird). Aus diesem Grund enthält der Bausatz keine Schultern, sondern diese werden bedarfswise von den regulären Oberbauroutine erzeugt. Um diesem Automatismus mitzuteilen, wie die Gleiselemente innerhalb des Weichenbausatzes liegen, müssen die im Weichenbausatz innenliegenden Gleisseiten mit dem Kontrollkästchen „Keine Schulter rechts/links“ gekennzeichnet werden.

Korrekt gebaute Weichenbausätze sind natürlich schon von Hause aus mit diesen Kontrollkästchen ausgerüstet und brauchen vom Streckenbauer nicht nachbearbeitet zu werden.

Weiterhin gäbe es bei Weichenbausätzen Verzerrungsprobleme der Schwellentexturen, wenn die Schwellenpolygone die gesamte Gleisbettbreite einnehmen würden. Die Bausätze werden deshalb mit Schwellenpolygonen gebaut, die wirklich nur exakt den Schwellenbereich abdecken, womit ein Spalt bis zur Schulter frei bleibt. Dieser Spalt wird bei der Oberbauerzeugung geschlossen.

Die Oberbauroutine machen also bezüglich Weicheneinbau folgendes:

Gleisbett und Schwellen: Wenn das Kontrollkästchen „Weichenbausatz“ gesetzt ist, erhält dieses Element keine regulären Schwellenpolygone. Wenn das Kon-



trollkästchen „Keine Schulter rechts“ nicht gesetzt ist, wird ein Polygon erzeugt, das den rechten Spalt zwischen Schwellenende und Schulter schließt. Entsprechendes gilt für „Keine Schulter links“ auf der linken Seite.

Schulter und Randweg: Wenn das Kontrollkästchen „Keine Schulter rechts/links“ gesetzt ist, wird diese Seite des Elements ignoriert. Sonst wird je nach Situation wie bei normalen Streckenelementen eine Schulter oder ein ebenerdiges Verbindungselement erzeugt.

Schienenbau: Wenn das Kontrollkästchen „Weichenbausatz“ gesetzt ist, erhält dieses Element keine Schienenpolygone.

5.4.3.11 Objektimport Drag&Drop

Es öffnet sich ein neues Fenster mit einer Liste von Dateien. Diese können schnell mit der gedrückten linken Maustaste aus dem Fenster in die 3D-Landschaft gezogen werden. Beim Loslassen der Maus wird der Schnittpunkt der Maus mit dem Kachel-Terrain ermittelt und dieser Koordinatenwert als Importkoordinate benutzt. Der Einbauwinkel ergibt sich aus der Orientierung des Kompass. Es passiert also dasselbe, als wenn man „Landschaft importieren“ aufruft, die Datei auswählt und die Koordinaten von Hand eingibt (Drag&Drop geht natürlich deutlich schneller).

Der Dateiname der markierten Zeile wird als Tooltip angezeigt, wenn die Datei mit der Maus angefahren wird und ist somit auch erkennbar, wenn der Pfad so lang ist, dass der Dateiname nicht komplett sichtbar ist.

Wenn beim Loslassen der Maustaste kein Terrain identifiziert werden kann, wird der Vorgang abgebrochen.

Mit den Schaltflächen oberhalb der Liste lassen sich die Einträge verwalten. Von links nach rechts:

Neue Datei zur Liste hinzufügen: Es kann eine 3D-Datei ausgewählt werden, diese wird oben in der Liste ergänzt.

Datei aus der Liste entfernen: Die aktuell markierte Datei wird entfernt. **Liste leeren:** Alle Dateien werden entfernt

Elemente nach oben/unten verschieben: Das markierte Element wird in der Liste verschoben.

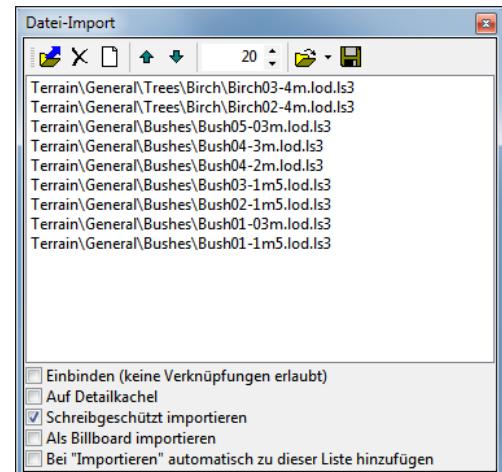
Maximale Anzahl der Listenelemente: Wenn die Anzahl der Dateien die hier angegebene Zahl überschreiten würde, wird die letzte Datei aus der Liste entfernt.

Liste aus externer Datei laden: Der Inhalt der Liste wird aus einer Datei geladen, wobei der bisher vorhandene Inhalt der Liste gelöscht wird.

Liste in externer Datei speichern: Die aktuelle Liste wird in einer externen Datei gespeichert. Auf diese Weise lassen sich einfach Favoritenlisten erzeugen, die typische Objekte für gewisse Bauvorhaben enthalten (also z.B. Listen für Bäume zum Wälder Bauen oder Gleiszubehör für die Bahnhofsausgestaltung).

Einbinden: Mit dieser Option werden die Mesh-Subsets aus den Importdateien kopiert und in die Kacheln eingebaut (bzw. im Objektbaummodus direkt in die Mutterdatei). Bearbeitet werden nur die unmittelbar in der Importdatei vorhandenen Mesh-Subsets, während alle Dateiverknüpfungen in der Importdatei ignoriert werden.

Auf Detailkachel: Bei aktiviertem Kontrollkästchen werden die importierten Dateien statt auf den normalen Kacheln auf den Detailkacheln eingebaut. Das kann für sehr



kleine Objekte sinnvoll sein, die schon nach wenigen 100 m nicht mehr zu sehen sind.

Als Billboard importieren: Das per Drag&Drop importierte Objekt bekommt die Einstellung „Billboard“, siehe [Kapitel 5.1.1.11](#)

Bei „Importieren“ automatisch zu dieser Liste hinzufügen: Wenn die „normale“ Importfunktion über das Menü benutzt wird und dieses Kontrollkästchen gesetzt ist, wird die importierte Datei oben in der Drag&Drop-Liste ergänzt.

5.4.3.12 Fahrleitungsmodus

Im Fahrleitungsmodus lässt sich die Strecke mit Fahrleitung ausrüsten.

Es öffnet sich ein eigenes kleines Fenster. Die normalen Editorfunktionen können nebenbei uneingeschränkt weiter benutzt werden. Das Fenster wertet aber angeklickte Objekte aus und übernimmt deren Daten ggf. für den Bau der Fahrleitung.

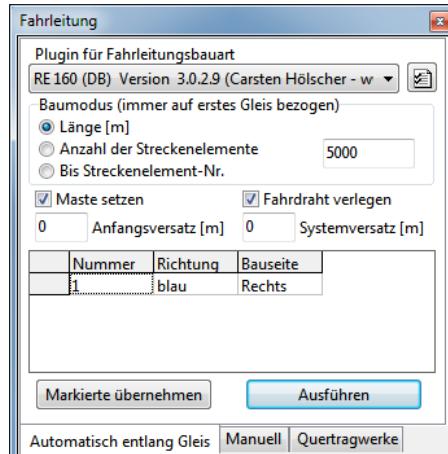
5.4.3.12.1 Konzept

Da es ein kaum zumutbarer Aufwand wäre, diverse Aspekte des vorbildgerechten Fahrleitungsbau manuell zu berücksichtigen, hat der 3D-Editor Schnittstellen zur Fahrleitungserzeugung. Alle bauartspezifischen Funktionen (Mastabstände, Mastbauarten, Fahrdrahtbauart usw.) sind in dlls ausgelagert und können somit auch für beliebige Fahrleitungssysteme erweitert werden. Die dlls liegen im Unterverzeichnis %Zusi-Programm%_InstSetup\lib\catenary und werden im Fahrleitungsfenster oben zur Auswahl angeboten. Um die persönliche Standard-dll nicht jedes Mal auswählen zu müssen, können nicht benötigte dlls temporär in ein anderes Verzeichnis verschoben werden.

Zur Wahrung einer größtmöglichen Allgemeingültigkeit werden die Anbindungspunkte der Fahrleitung über Ankerpunkte im 3D-Modell der Masten definiert. So hat z.B. ein typischer deutscher Fahrleitungsmast drei derartige Punkte (Fahrdraht, Tragseil und Y-Beiseil-Abspannung), die über ihre x-, y- und z-Koordinaten und eine Funktions-ID definiert werden. Die Lage dieser Ankerpunkte wird an die dll übergeben, welche daraus Art und Lage der Drähte berechnen kann.

Mit diesem Bauverfahren ist es möglich, in kurzer Zeit sehr vorbildnahe Fahrleitungen zu erstellen und das sogar ohne sich besonders tief einzuarbeiten zu müssen, da fast alle bauartspezifischen Dinge automatisch erledigt werden.

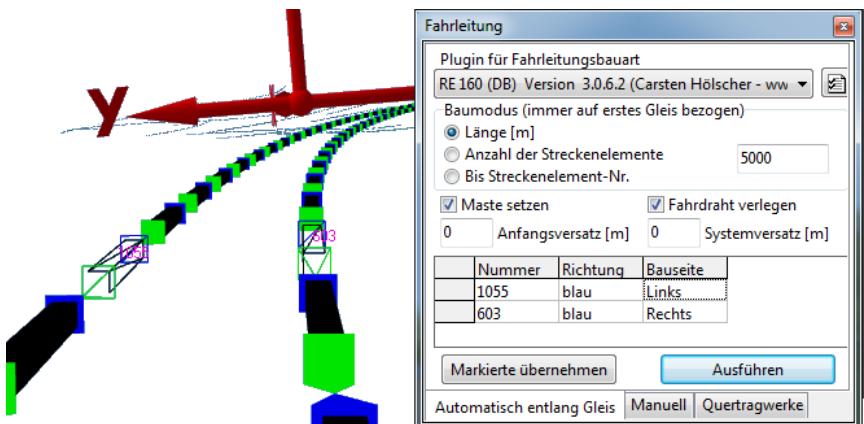
Etwas Aufwand ergibt sich zwangsläufig im Bereich von Weichenstraßen, da diese nicht automatisch verarbeitet werden können. Hier wird man i.d.R. Masten manuell aufstellen und zwischen diesen den Fahrdraht im manuellen Modus anlegen.



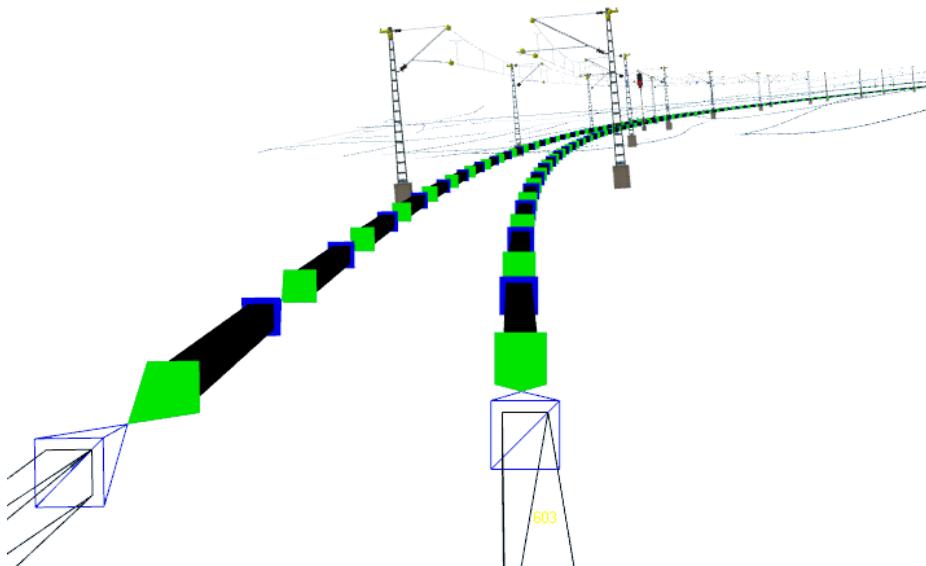
5.4.3.12.2 Automatisch entlang Gleis

In diesem Modus wird die freie Strecke mit einem Mausklick vollautomatisch mit Masten und Fahrleitung versehen. Bei mehrgleisigen Strecken können und sollten alle Gleise in einem Durchgang bearbeitet werden, da sich dann die Masten auch in Kurven immer genau gegenüber stehen.

Es wird zunächst ein Ausgangsgleis (bzw. die Ausgangsgleise) markiert. Aktivieren des Fahrleitungsmodus bringt das Fahrleitungs-Fenster zum Vorschein, das in der ersten Registerkarte die Funktionen für den vollautomatischen Fahrleitungsbau enthält. Freie Strecken kann man damit in wenigen Sekunden vorbildgerecht ausrüsten.



Zunächst muss oben im Fenster die passende dll ausgewählt werden. Wenn diese dll Konfigurationsmöglichkeiten bietet, wird der Schalter rechts neben der Auswahlbox aktiv. Mit „Markierte übernehmen“ werden die gerade markierten Streckenelemente in die Tabelle übernommen und es können ggf. die Mastseite und die Baurichtung angepaßt werden. Dann muss nur noch die zu bauende Streckenlänge angegeben und „Ausführen“ gedrückt werden und nach wenigen Sekunden Rechenzeit ist die Fahrleitung erstellt. Die Baurichtung wird so vorbelegt, dass standardmäßig in Blickrichtung gebaut wird, wenn man sich vorher mit dem Mausrad an diese Stelle bewegt hat.



Eventuell ist auch ein mehrstufiges Verfahren vorteilhaft, wenn an einzelnen Stellen nicht der Standardmast verbaut werden soll. Bei nicht gesetzten Kontrollkästchen „Fahrdrift verlegen“ werden zunächst nur die Masten gesetzt und können dann z.B. hier und da in ihrer Lage verändert oder gegen Sonderbauarten ausgetauscht werden. Im zweiten Schritt ruft man dann erneut die Automatikroutine auf, dieses Mal aber nur mit dem Kontrollkästchen „Fahrdrift verlegen“. Dann werden keine Masten neu aufgestellt, sondern nur die Ankerpunkte oberhalb des Gleises gesucht und dort automatisch der normgerechte Fahrdrift verlegt.

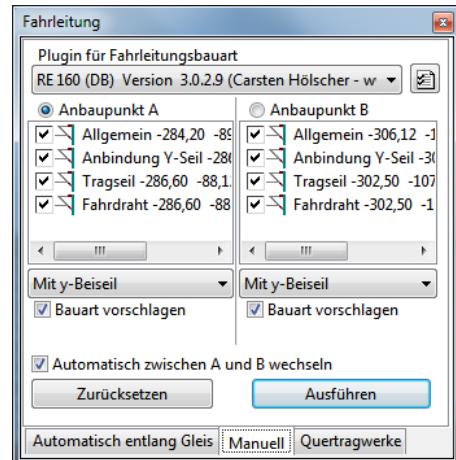
Der erste Mast wird immer erst eine Baulänge nach dem Startelement gesetzt, da die Fahrleitungsfunktion zunächst die Lage der Radianen analysieren muss, um den richtigen Mast auswählen zu können. Ein zusätzlicher Versatz lässt sich über die Eingabe „An-

fangsversatz“ eingeben. Hier sind nur positive Werte möglich, um die der erste Mast und natürlich auch alle Nachfolger nach hinten verschoben werden.

Der „Systemversatz“ regelt eine Verschiebung der sich periodisch wiederholenden Vorgänge wie z.B. Abspannpunkte, Festpunkte oder was auch immer durch die dll periodisch gesetzt wird.

5.4.3.12.3 Manueller Modus

Außerdem kann auch in einem manuellen Modus (zweite Registerkarte) zwischen zwei ausgewählten Masten ein einzelnes Stück Fahrdräht verlegt werden. Damit der Draht gebaut werden kann, müssen in den beiden Tabellen entsprechende Ankerpunkte aktiv sein. Typischerweise wird zunächst Mast A angeklickt, womit dessen Ankerpunkte übernommen werden. Ist das Kontrollkästchen „Automatisch zwischen A und B wechseln“ aktiv, so wird der Fokus automatisch auf die 2. Tabelle gesetzt. Anschließend wird Mast B angeklickt, womit sich die 2. Tabelle füllt. Wenn „Bauart vorschlagen“ angeklickt ist, wird mit jedem Klick je nach Ankerpunktkonfiguration eine Bauart vorgeschlagen. „Ausführen“ baut dann den Fahrdräht und leert die Tabellen für den nächsten Mast.



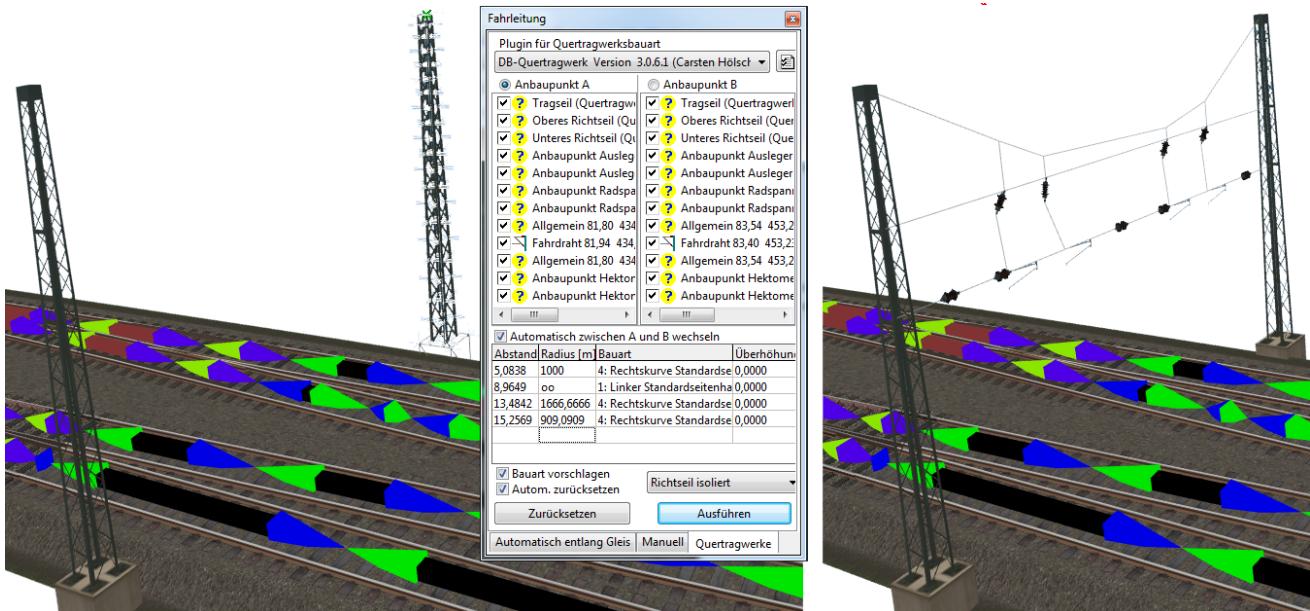
Besteht der eine Endpunkt aus mehreren Dateien, so muss jede Datei angeklickt werden, bis alle benötigten Ankerpunkte eingetragen sind. Dabei kann es vorteilhaft sein, das Kontrollkästchen „Automatisch zwischen A und B wechseln“ zu deaktivieren und den „Anbaupunkt A/B“ manuell festzulegen.

5.4.3.12.4 Quertragwerke

Ohne programmseitige Unterstützung wäre es ein gewaltiger Aufwand, vorbildgerechte Quertragwerke zu bauen. Daher gibt es eine weitere dll-Schnittstelle zur Generierung von Quertragwerken (dritte Registerkarte). Der 3D-Editor ermittelt für zwei Masten automatisch die Lage und Radien der betroffenen Gleise. Das Ergebnis kann ggf. vom Anwender nachbearbeitet werden, bevor dann die dll das auf die Einbausituation zugeschnittene Quertragwerk generiert.

Zunächst müssen irgendwie die Masten gesetzt werden. Im Bahnhof wird man diese meistens individuell setzen (z.B. per Drag&Drop in die Landschaft ziehen oder noch besser schon im Gleisplaneditor als Markerpunkt setzen). Bei gleichmäßigem Verbau könnte man auch auf die Funktion „Objekte entlang Gleis importieren“ zurückgreifen.

Es wird der erste Mast angeklickt: Die Ankerpunkte des Mastes werden automatisch in das Fahrleitungsfenster übernommen und mit Kennung und Koordinate angezeigt. Bei Klick auf den anderen Mast werden dessen Daten in die andere Tabelle übernommen und die Gleisliste unten links füllt sich (linker Teil des folgendes Bildes).



Der Editor hat jetzt die Verbindungsleitung zwischen den beiden Masten berechnet und alle schneidenden Gleise mit Lage und Radius ermittelt. Der Radius ist erforderlich, weil es auch bei Quertragwerken wieder radienabhängige Bauparameter gibt. Die dll schlägt anhand dieser Daten die Bauart vor. Das ist hier „[oberes] Richtseil isoliert“.

In der Tabelle sind für jedes schneidende Gleis zu finden: Abstand vom Mast A, Radius (Bauparamter für die dll), Bauart der pro Gleis einzubauenden Komponente, Überhöhung (Bauparamter für die dll). Über das Kontextmenü können Zeilen gelöscht oder hinzugefügt werden.

Beim Drücken auf „Ausführen“ wird dann das Quertragwerk eingebaut (rechter Teil des Bildes).

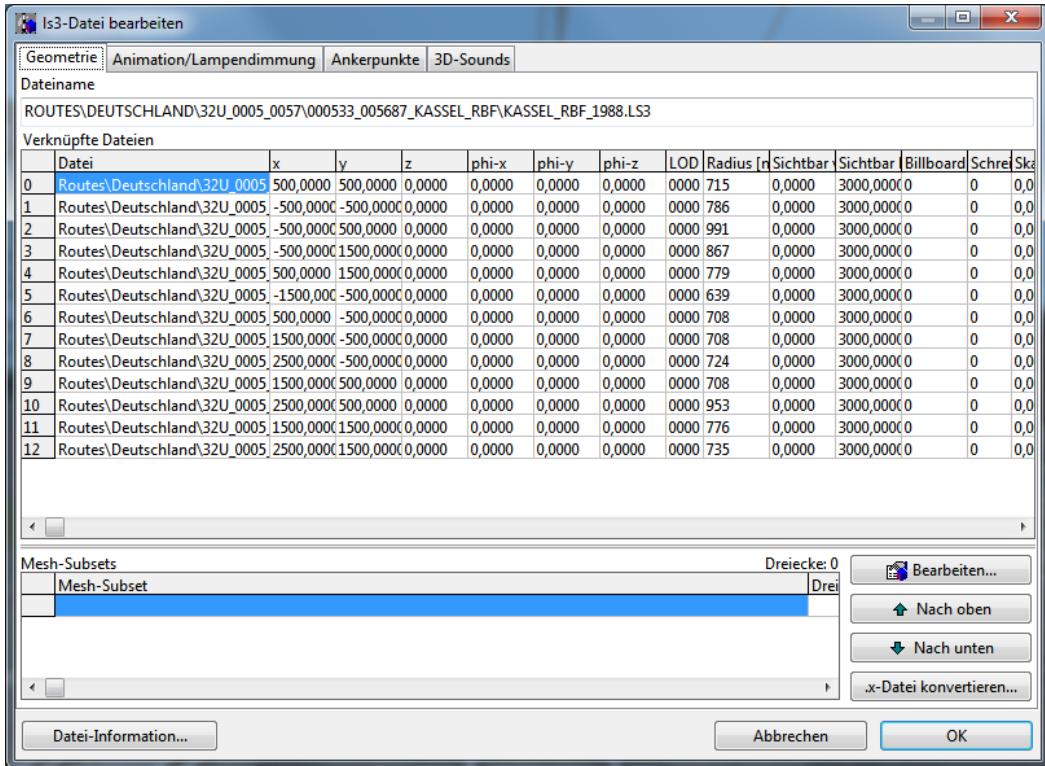
Die Ausrüstung mit Fahrdrähten erfolgt im zweiten Schritt mit der bereits weiter oben erläuterten Methode: In der ersten Registerkarte werden irgendwo vor dem Quertragwerk die Startgleise bestimmt und nur Fahrdrähte ohne Masten erzeugt.

Wie genau eine konkrete Bauart gehandhabt wird, hängt stark von ihren Konstruktionsmerkmalen ab, so dass hier keine detaillierteren Ausführungen folgen. Für die entsprechenden dlls sind in [Kapitel 10.3](#) genauere Anleitungen zu finden.

5.4.4 Menü „Landschaft bearbeiten“

5.4.4.1 ls3-Datei bearbeiten

Wie in [Kapitel 5.4.1](#) erläutert, besteht eine ls3-Datei aus verknüpften Dateien und einem Mesh mit Mesh-Subsets. Daneben gibt es noch einige ergänzende Daten. Die ls3-Eigenschaften werden aufgerufen, indem irgend ein Mesh-Subset der ls3-Datei markiert und der Menüpunkt „ls3-Datei bearbeiten“ aufgerufen wird. Wenn kein Mesh-Subset markiert ist, wird die oberste ls3-Datei der Gesamthierarchie aufgerufen.



5.4.4.1.1 Dateiname

Zur Information wird oben im Formular der Dateiname relativ zum Zusiarbeitsverzeichnis angegeben. Wenn er geändert werden soll, muss diese Datei einzeln in den 3D-Editor geladen werden - also als oberste in der Hierarchie stehen - und unter neuem Namen abgespeichert werden (oder im Windows-Explorer umbenannt werden).

5.4.4.1.2 Verknüpfte Dateien

Es folgt die Liste der verknüpften 3D-Dateien mit diversen Einstellungen. Die Einstellungen können direkt in der Tabelle bearbeitet oder für eine etwas komfortablere Eingabe per Doppelklick in ein Formular geladen werden.

Sie bedeuten im einzelnen:

x/y/z, phiX/phiY/phiZ: Koordinaten und Winkel des Verknüpfungspunkts relativ zur betrachteten Is3-Datei.

LOD: Der Level of Detail, dem dieses Objekt zugeordnet ist. „Sichtbar ab/bis“ reicht alleine nicht für eine vollständige LOD-Steuerung aus, da sich im Fahrsimulator LOD ausblenden lassen. Wenn z.B. LOD 1 nicht dargestellt werden soll, dann muss LOD 2 die Darstellung in Betrachternähe übernehmen – also es muss im Simulator während der Simulation der „Sichtbar ab“-Wert für LOD 2 auf 0 m geändert werden. Deshalb muss die LOD 2-Datei ausdrücklich als LOD 2 definiert werden. Zu LOD siehe auch [Kapitel 5.1.1.9](#)

Radius: Der Hüllradius („Boundingradius“) um die Objektpolygone vom Objektursprung aus betrachtet, siehe [Kapitel 5.1.1.10](#).

Sichtbar ab/bis: Grenzabstände zum Betrachterpunkt, zwischen denen das Objekt sichtbar ist.

Billboard: Die Datei wird immer zum Betrachter gedreht, siehe auch [Kapitel 5.1.1.11](#)

Schreibschutz: 1 steht für gesetzten Schreibschutz, diese Datei ist also vor Änderungen geschützt, was für Standarddateien aus Bibliotheken eingestellt werden sollte, damit diese beim Streckenausbau nicht versehentlich geändert werden.

Skal. x/y/z: Die Skalierung des Objekts, getrennt für jede Achse. Ein Wert von 1 stellt das Objekt also in Originalgröße dar. Bei Werten größer 1, wird das Objekt entsprechend größer und kleiner 1 entsprechend kleiner dargestellt. Ein Wert von 0 wird wie 1 gehandhabt, so dass als Standardwert die 0 belassen werden kann. Eine Skalierung ist vor allem für Objekte wie Bäume gedacht, um durch zufällige Skalierungen Monotonie in Baumgruppen zu verringern.

Vorladen ab: Dieser Wert sollte im Regelfall auf 1 stehen. Er kann für besondere Anwendungen den dynamischen Ladevorgang im Simulator früher (Werte größer 1) oder später (kleiner 1) anstoßen. Auf dem Bild in [Kapitel 5.4.1.1](#) bedeutet das eine Vergrößerung oder Verkleinerung des äußeren Radius. Man könnte als Streckenbastler damit den Ladevorgang zusätzlich steuern, also z.B. bei Annäherung an einen sehr komplexen Bahnhof einige Objekte schon früher laden zu lassen, um den Ladevorgang etwas zu entspannen.

Kachel, Detailkachel: Ein Wert von 1 kennzeichnet die Datei als Landschaftskachel bzw. Detailkachel. Diese Kennzeichnungen sind nötig, damit diverse Funktionen korrekt arbeiten, die auf der Geländekachelung basieren. Sie werden standardmäßig automatisch korrekt gesetzt. Weiteres siehe [Kapitel 5.4.1.1](#)

Helligkeit: Standard ist der Wert 0, dann wird die Datei gemäß der Umgebungshelligkeit dargestellt. Jeder andere Wert bewirkt eine Zwangsbeleuchtung von 1 (ganz hell) bis knapp über 0 (ganz dunkel). So lassen sich z.B. Standardobjekte in einem Tunnel einbauen und abdunkeln, ohne dass extra eine Variante der Datei erzeugt werden muss.

Gruppe: Ein freier Text, der die Datei in eine Kategorie einordnen kann. Diese Gruppennamen stehen in der Bedienoberfläche des 3D-Editors zur Auswahl und können so mit einem Klick aus-/eingebendet werden, siehe auch [Kapitel 5.4.1.10](#).

Einbinden: Beim Verlassen des Formulars mit OK werden das Mesh der verknüpften Datei in die ls3-Datei eingebunden und die Verknüpfung auf die bisher externe Datei entfernt. Diese Funktion steht nur für verknüpfte Dateien vom Typ ls3 zur Verfügung. Weitere Informationen zu diesem Themengebiet finden sich in [Kapitel 5.4.1.4](#) und [Kapitel 5.4.1.5](#).

5.4.4.1.3 Mesh-Subsets

Am unteren Ende der Registerkarte „Geometrie“ liegt die Liste der Mesh-Subsets. Über „Bearbeiten“ kann das Mesh-Subset der markierten Zeile in den Mesh-Subset-Editor geladen werden. Das ist das gleiche, als wenn man das Mesh-Subset mit der Maus im 3D-Editor anklickt und „Mesh-Subset bearbeiten“ aufruft.

Für Halbtransparenz ([Kapitel 5.1.1.6](#)) ist die Zeichenreihenfolge der Subsets von entscheidender Bedeutung. Diese Reihenfolge – gezeichnet wird in aufsteigender Reihenfolge (also oberste Zeile zuerst) – kann mit den beiden Schaltflächen „Nach oben/unten“ verändert werden. Wie im Kontextmenü zu sehen, geht das auch per Shortcut, was bei größeren Verschiebevorhaben deutlich schneller geht als das Mausklicken.

5.4.4.1.4 .x-Datei konvertieren

Mit dieser Funktion kann eine x-Datei in ls3 konvertiert werden. Dafür muss die aktuelle ls3-Datei komplett leer sein (also z.B. vorher einmal „Neue Landschaft“ aufrufen).

Da es beim 3D-Bau kein einheitliches Koordinatensystem gibt, kann beim Import eine Achsentransformation durchgeführt werden. Einige Standardsysteme sind als Voreinstellung gegeben und bei „Individuell“ ist auch jede andere Transformation möglich.

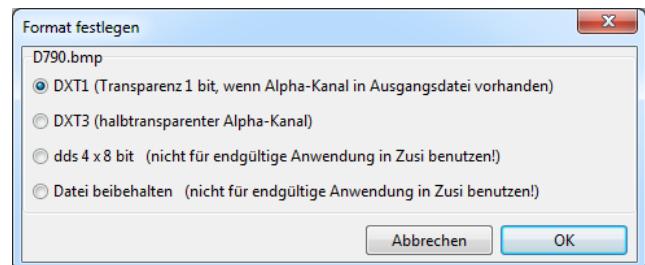
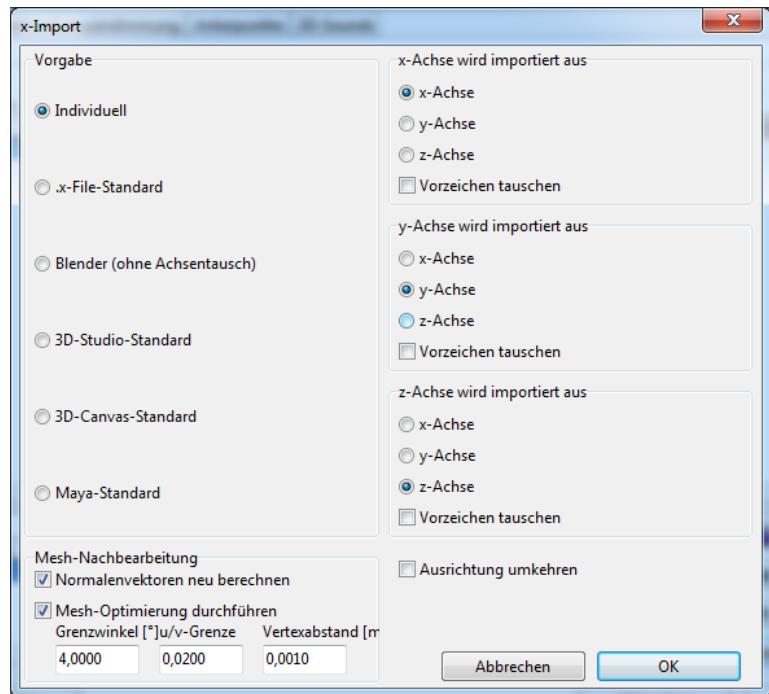
Normalenvektoren neu berechnen: Bei aktivem Kontrollkästchen wird die Funktion gemäß [Kapitel 5.4.4.5.4.5](#) direkt aufgerufen.

Mesh-Optimierung durchführen

Mesh-Optimierung durchführen: Bei aktivem Kontrollkästchen wird die Funktion gemäß [Kapitel 5.4.4.5.4.8](#) mit den hier einstellbaren Grenzwerten aufgerufen.

Die importierten Mesh-Subsets werden alle mit der Multitexturing-Voreinstellung „Standard, eine Textur“ versehen. Wenn andere Einstellungen nötig sind, müssen diese im nachhinein in der ls3-Datei eingestellt werden.

Wenn die x-Datei mit einer nicht im dds-Format vorliegenden Texturdatei verbunden ist, dann wird die Datei automatisch ins dds-Format mit Mipmaps konvertiert. Der dds-Typ wird in einem Dialog abgefragt. Die gleiche Funktion ist auch in die Verwaltung integriert, siehe [Kapitel 8.3.6](#)



Wer regelmäßig x-Dateien konvertiert, kann über den Menüpunkt „Landschaft → x-Datei mit letzten Einstellungen konvertieren“ besonders schnell arbeiten.

5.4.4.1.5 Animationen

Über Animationen lassen sich Bewegungen der 3D-Objekte realisieren, wie z.B. drehende Räder, langsam umlaufende Signalflügel usw.

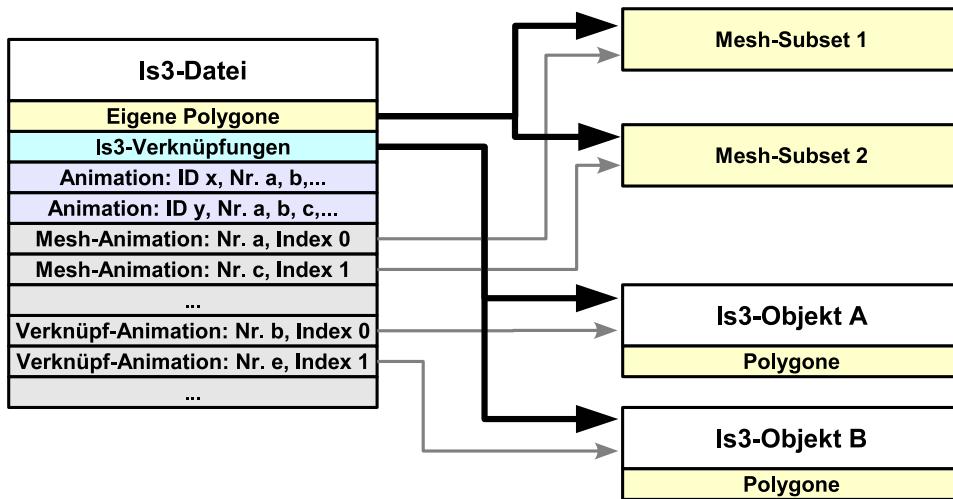
Das ls3-Format bietet die nötigen Funktionen, um Animationen definieren zu können, die Ansteuerung erfolgt im Simulator je nach Zusammenhang.

Es können einzelne Mesh-Subsets der ls3-Datei oder auch verknüpfte ls3-Dateien animiert werden. Im Formular gibt es deshalb zwei Tabellen „Animation“, eine für die verknüpften Dateien, eine für die Mesh-Subsets.

Die Steuerung der Animation geschieht folgendermaßen:

In der ls3-Datei werden zunächst die Animationen über einen Namen (dieser kann innerhalb der ls3-Hierarchie frei gewählt werden) und eine Typ-ID definiert. Diese ID regelt

für manche Animationen die Art/Logik der Steuerung. Außerdem werden die Nummern der zugeordneten Einzelanimationen angegeben.



Eine Einzelanimation gilt immer für ein Mesh-Subset oder eine Datei-Verknüpfung und besteht aus einer innerhalb der Datei eindeutigen Nummer und mindestens zwei Animationspunkten, zwischen denen die Animation abläuft. Definiert wird ein Animationspunkt über einen Zeitpunkt zwischen 0 (Anfang) und 1 (Ende), einen Verschiebevektor und eine Rotationsachse mit Drehwinkel. Zwischen den einzelnen Animationspunkten wird interpoliert. Bei der Definition von ganzen Kreisdrehungen sind ggf. einige Zwischenschritte nötig.

Für Animationen, die in der einen Richtung anders ablaufen sollen, als in der anderen (z. B. Signalflügel soll langsam hochgehen und schnell runterfallen), kann der Zeitbereich 1 bis 2 verwendet werden. Dieser Bereich wird dann für das Zurücklaufen der Animation verwendet. Ist er nicht definiert, läuft die Animation im Rücklauf rückwärts von Zeitpunkt 1 nach 0.

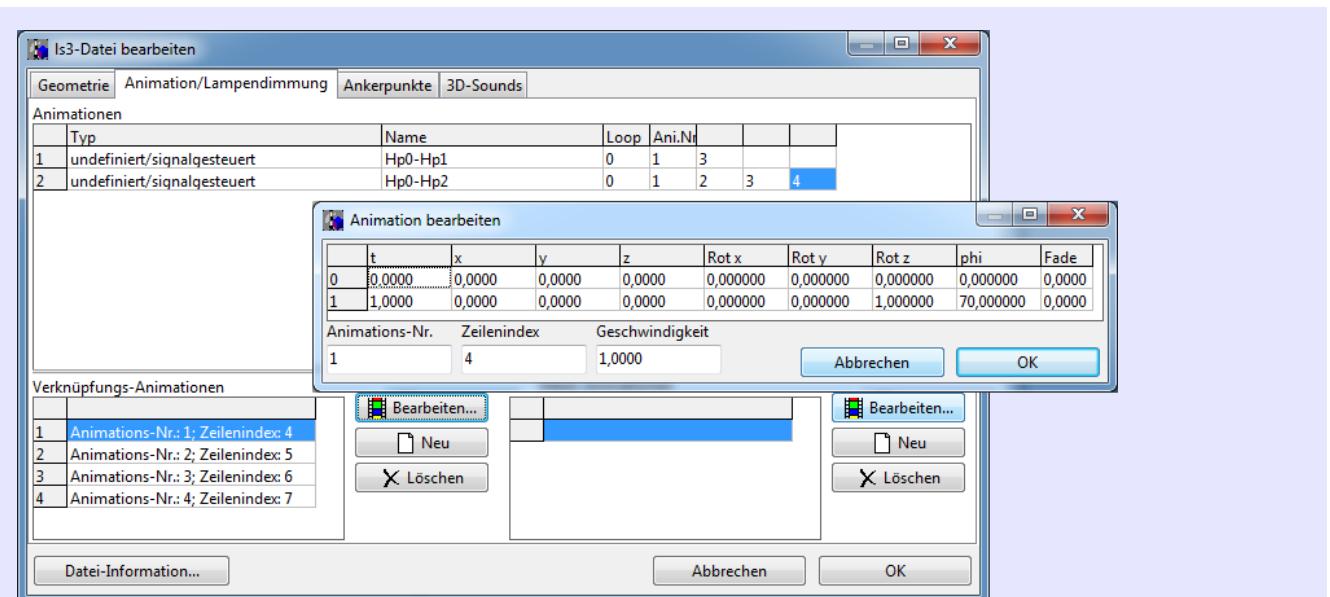
Beispiel zweiflügeliges Formsignal:

Dieses bestehe beispielsweise aus einem statischen Mast, je einem Flügel als verknüpfte Datei und je einer Blende als verknüpfte Datei. Beim Signal geschieht die Steuerung der Animationen über die Signallogik, eine spezielle Typ-ID ist daher nicht nötig. Man definiert also zunächst zwei Animationen:

Typ undefiniert, Name „Hp0-Hp1“

Typ undefiniert, Name „Hp0-Hp2“

Unter „Verknüpfungs-Animation“ müssen je eine Animation mit beispielsweise Animations-Nr. 1 für den oberen Flügel, eine mit Nr. 2 für den unteren Flügel und Nr. 3 und 4 für die beiden Blenden eingerichtet werden. Im folgenden Bild sind diese vier Animationen unten links zu sehen.



Der erste Eintrag unten links wurde im Bild doppelt angeklickt, so dass sein Eigenschaften-Fenster zu sehen ist. Man sieht in der Tabelle die Stützpunkte der Animation und darunter die frei gewählte Animations-Nummer und den Zeilenindex. Dieser ist nichts anderes als die Zeile der verknüpften Datei. Bei der hier eingetragenen 4 wird die Animation also auf Verknüpfungsdatei Nr. 4 angewendet (siehe Registerkarte „Geometrie“).

Unter „Mesh-Animation“ steht in diesem Fall nichts. Dort könnten auf dieselbe Weise einzelne Subsets eines Meshs animiert werden.

Die anfangs aufgestellte Liste der Animationen muss entsprechend erweitert werden, indem bei jeder Animation angegeben wird, welche Animations-Nummern zu aktivieren sind. Es gilt also:

Typ undefiniert, Name „Hp0-Hp1“, Animations-Nummern: 1, 3 (nur oberer Flügel+Blende)
 Typ undefiniert, Name „Hp0-Hp2“, Animations-Nummern: 1, 2, 3, 4 (beide Flügel+Blenden)
 Diese Animations-Nummern sind nur intern sichtbar und müssen nur innerhalb dieser einen Datei eindeutig sein. Es spricht also nichts dagegen, in jeder Datei von 1 an durchzunummerieren.

Hinweis: Über die Verknüpfungsanimation kann man z.B. animierte Drehgestelle in separaten Datei bauen, verknüpft diese in der Wagendatei und erweitert die Verknüpfung um die Animationsinformationen. Eine aufwendige (und in diesem Fall nicht performanzeverbessernde) Integration in die Wagen-3D-Datei ist also nicht nötig.

Die Animationen der geladenen Is3-Datei können direkt im Editor getestet werden, indem in der Symbolleiste „Animation“ die entsprechende Animation ausgewählt und der Schieber bewegt wird (linkes Ende entspricht Zeitpunkt 0, rechtes 1).

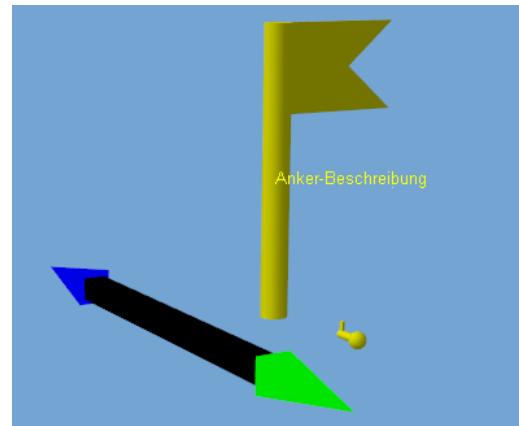
Hinweis: Der Rotationsvektor wird in der Datei in einer transformierten Form abgespeichert, die von den Zahlenwerten im Formular abweicht. Die abgespeicherten Werte entsprechen der DirectX-internen Darstellung, die Formularangaben entsprechen der Anschauung.

Die Parameter der Animation werden auch an untergeordnete Hierarchien weitergeleitet. So lassen sich z.B. LODs einfach realisieren. In der obersten Datei werden neben den üblichen LOD-Infos die Animationen nur „leer“ definiert (also Typ und Name). Die eigentlichen Animationsparameter (Stützpunkte, Zeilenindex usw.) werden in den untergeordneten LOD-Dateien definiert. Man muss lediglich sicherstellen, dass alle Dateien der Hierarchie mit denselben Animationsnummern und Namen arbeiten. Im oben gezeigten Beispiel würden also auch alle untergeordneten Dateien bei „Hp0-Hp1“ animiert, wenn in diesen die Animationsnamen „Hp0-Hp1“ vorkommen.

5.4.4.1.6 Ankerpunkte

Die Ankerpunkte sind in der Simulation unsichtbare Punkte, die als Bauhilfen im 3D-Editor benutzt werden können, z.B. als Anbindungspunkt beim automatisierten Fahrleitungsbau. Im Editor werden sie je nach Typ als Fähnchen oder schlüsselähnliche Form dargestellt. Beim Fähnchen wird auch die hinterlegte Beschreibung im 3D eingeblendet.

Der Ankerpunkt besteht in erster Linie aus der Einbaulage in x/y/z und auch einer Winkellage phi x/y/z, so dass neben dem Ort auch eine Ausrichtung definiert wird. Anker sind ein sehr vielfältiges Hilfsmittel, um den Einbau verschiedenster Objekte zu vereinfachen. So lassen sich z.B. Fahrleitungsmasten mit Ankerpunkten an allen Anbaustellen ausrüsten und auch gleich die dort in Frage kommenden Anbauteile hinterlegen. Durch Anklicken des Ankers kann so direkt eine sinnvolle Datei ausgewählt und automatisch an die richtigen Koordinaten importiert werden. Das folgende Bild zeigt die Einstellmöglichkeiten:



Is3-Datei bearbeiten											
Geometrie		Animation/Lampendimmung		Ankerpunkte		3D-Sounds					
Kategorie	x	y	z	phi-x	phi-y	phi-z	Typ	Beschreibung	Dateien		
1 Allgemein	0,0000	-0,1780	13,7500	0,0000	0,0000	270,0000	Allgemein		n.lod.ls3	Catenary	
2 Allgemein	0,0000	0,1780	13,7500	0,0000	0,0000	90,0000	Tragseil (Quertragwerk)				
3 Allgemein	0,0000	-0,2810	7,9000	0,0000	0,0000	90,0000	Oberes Richtseil (Quertragwerk)				
4 Allgemein	0,0000	-0,3000	5,9500	0,0000	0,0000	90,0000	Unteres Richtseil (Quertragwerk)				
5 Allgemein	0,0000	-0,2750	7,3000	0,0000	0,0000	-90,0000	Anbaupunkt Ausleger	Ausleger Re75-200	Catenary	Catenary	Catenary
6 Allgemein	0,0000	-0,2750	7,1000	0,0000	0,0000	-90,0000	Anbaupunkt Ausleger	Ausleger Re250-330	Catenary	Catenary	Catenary
7 Allgemein	0,2340	0,0000	6,9500	0,0000	0,0000	0,0000	Anbaupunkt Radspanner		Catenary	Catenary	Catenary
8 Allgemein	-0,2340	0,0000	6,9500	0,0000	0,0000	180,0000	Anbaupunkt Radspanner		Catenary	Catenary	Catenary
9 Allgemein	0,0000	0,0000	13,7500	0,0000	0,0000	270,0000	Allgemein	Anbauteile	Catenary	Catenary	Catenary
10 Fahrleitung	0,1400	0,0000	13,8500	0,0000	0,0000	0,0000	Fahrdräht	Isolator Speiseleitung	Catenary		
11 Allgemein	0,0000	0,0000	2,0000	0,0000	0,0000	0,0000	Allgemein	Fundament	Catenary		
12 Allgemein	-0,3000	0,0000	3,1500	0,0000	0,0000	0,0000	Anbaupunkt Hektometertafel				
13 Allgemein	0,3000	0,0000	3,1500	0,0000	0,0000	180,0000	Anbaupunkt Hektometertafel				

Über das Kontextmenü kann die Tabelle um Platz für weitere Ankerpunkte ergänzt werden.

Spalte „Kategorien“: Es gibt folgende Kategorien von Ankerpunkten:

- Allgemein: Zur allgemeinen Verwendung durch den Anwender.
- Fahrleitung: Diese Ankerpunkte werden von den Fahrleitungs-dlls beim automatisierten Fahrleitungsbau ausgewertet.

- **Markerfähnchen:** Diese Ankerpunkte werden vor allem vom Gleisplaneditor erzeugt, über dessen Funktion „Neuer Markerpunkt“. Damit lassen sich bereits im Gleisplaneditor Mast- und Gebäudestandorte markieren. Im 3D-Editor kann dann an diese Markerfähnchen das entsprechende Objekt importiert werden.
- **Unsichtbar:** Dieser Anker wird nicht gezeichnet. So lassen sich Anker unsichtbar machen, wenn sie (vorübergehend) nicht benötigt werden und sonst durch ihre Darstellung die Arbeit erschweren

x/y/z und phi x/y/z: Die Einbaulage und der Einbauwinkel des Ankerpunkts relativ zur ls3-Datei.

Spalte „Typ“: Hier wird - vor allem für Fahrleitungsanker - die Art des Ankers näher konkretisiert.

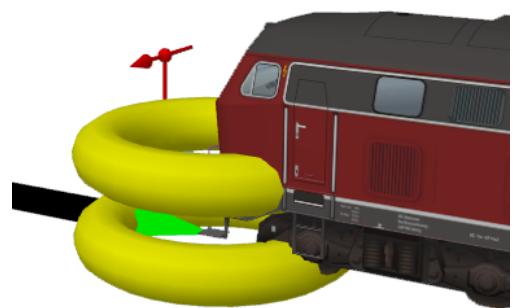
Spalte „Beschreibung“: Ein beliebiger Text, der dem Anwender den Zweck des Ankers näher erläutert.

Spalte für weitere Datei: Der Anker kann dem Anwender Vorschläge für sinnvolle Anbauteile machen. Diese werden durch Rechtsklick über den Befehl „Spalte für weitere Datei“ angelegt. Pro Datei ist eine Spalte anzulegen. Einzutragen ist jeweils der Pfad innerhalb des Zusi-Datenverzeichnisses, also beispielsweise Catenary\Deutschland\Re160-200\Ausleger_3m\Ausleger_3m-Kurve_k.lod.ls3. Die als Anbauvorschläge im Anker hinterlegten Dateien können einen beschreibenden Text liefern, der dem Anwender bei der Auswahl eines Anbauteils im Editor angezeigt wird. Dieser Beschreibungstext wird der ersten Zeile in der Abteilung „Beschreibung“ im Autoreneintrag der anzubauenden Datei entnommen.

5.4.4.1.7 3D-Sounds

In dieser Tabelle können in der ls3-Datei Soundquellen erzeugt werden, die in der Simulation und auch im 3D-Editor als Umgebungsgeräusch im 3D berechnet werden. Die Sounds sitzen am Ursprung der ls3-Datei und werden im Editor durch einen gelben Torus gekennzeichnet, bzw. (wenn sich mehrere Sounds in einer Datei befinden) mit einem „Torus-Turm“, wie im nebenstehenden Bild für zwei Sounds.

Neue Sounds werden in der Tabelle per Kontextmenü erzeugt. Der in der Tabelle angeklickte Sound wird jeweils rechts zum Bearbeiten eingelesen und nach Änderungen per „Übernehmen“ wieder zurückgelesen. Weitere Informationen zum Thema Sound finden sich im [Kapitel 6.8](#) zum Fahrzeugeditor.



Hinweis: In einer ls3-Datei definierte 3D-Sounds unterliegen den Sichtbarkeitsbeschränkungen der jeweiligen ls3-Datei. Das bedeutet, dass der Sound nicht abgespielt wird, wenn zum Beispiel die Prüfung des Boundingradius' der Datei ergibt, dass sie sich außerhalb des Bildschirmbereichs befindet. Fahrzeugbezogene 3D-Sounds sollten stattdessen im Fahrzeugeditor definiert werden.

5.4.4.1.8 Datei-Information

: Siehe [Kapitel 1.7](#)

5.4.4.2 3D-Datei löschen

Alle markierten, verknüpften Dateien werden entfernt. Es ist der gleiche Effekt, wie wenn man die übergeordnete Datei mit „ls3-Datei bearbeiten“ aufruft und dort die Verknüpfung entfernt.

5.4.4.3 3D-Datei tauschen

Es öffnet sich ein Dialog zum Laden einer 3D-Datei. Die ausgewählte Datei ersetzt alle aktuell markierten 3D-Objekte. So lassen sich z.B. Häuser, Bäume usw. unter Beibehaltung der Einbaukoordinaten tauschen.

5.4.4.4 3D-Datei auf Grundplattenhöhe setzen

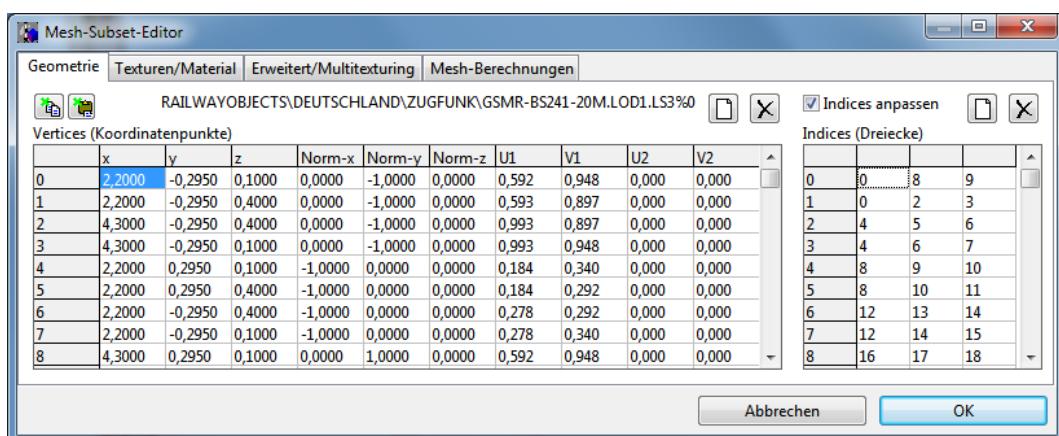
Die markierten 3D-Objekte werden in vertikaler Richtung auf das Grundplattenniveau gesetzt. Maßgebend ist der lokale Ursprung der 3D-Datei. Es wird an der Stelle zunächst nach Mesh-Subsets gesucht, die zu einer Kachel gehören (also Terrain darstellen). Wenn kein solches Mesh gefunden wird, sucht die Funktion im 2. Schritt nach Höheninformation aus einem DEM. Wenn auch das nicht zum Erfolg führt, bleibt die Datei unverändert an ihrem Ort.

5.4.4.5 Mesh-Subset bearbeiten

Dieser Menüpunkt ist nur aktiv, wenn genau ein Mesh-Subset markiert ist. Es öffnet sich das in folgenden Abschnitten erläuterte Formular.

5.4.4.5.1 Registerkarte „Geometrie“

Wie unter [Kapitel 5.1.1.3](#) beschrieben, besteht ein Mesh-Subset aus Vertices und Indices. In der ersten Registerkarte sind diese tabellarisch aufgeführt. Man findet also links die Liste aller Koordinatenpunkte x/y/z mit den zugehörigen Normalenvektoren Norm-x/Norm-y/Norm-z und die Texturkoordinaten U1/V1 und U2/V2 sowie rechts die daraus gebildeten Dreiecke. Das erste Dreieck im folgenden Beispiel wird also aus den Eckpunkten 0, 8 und 9 gebildet.

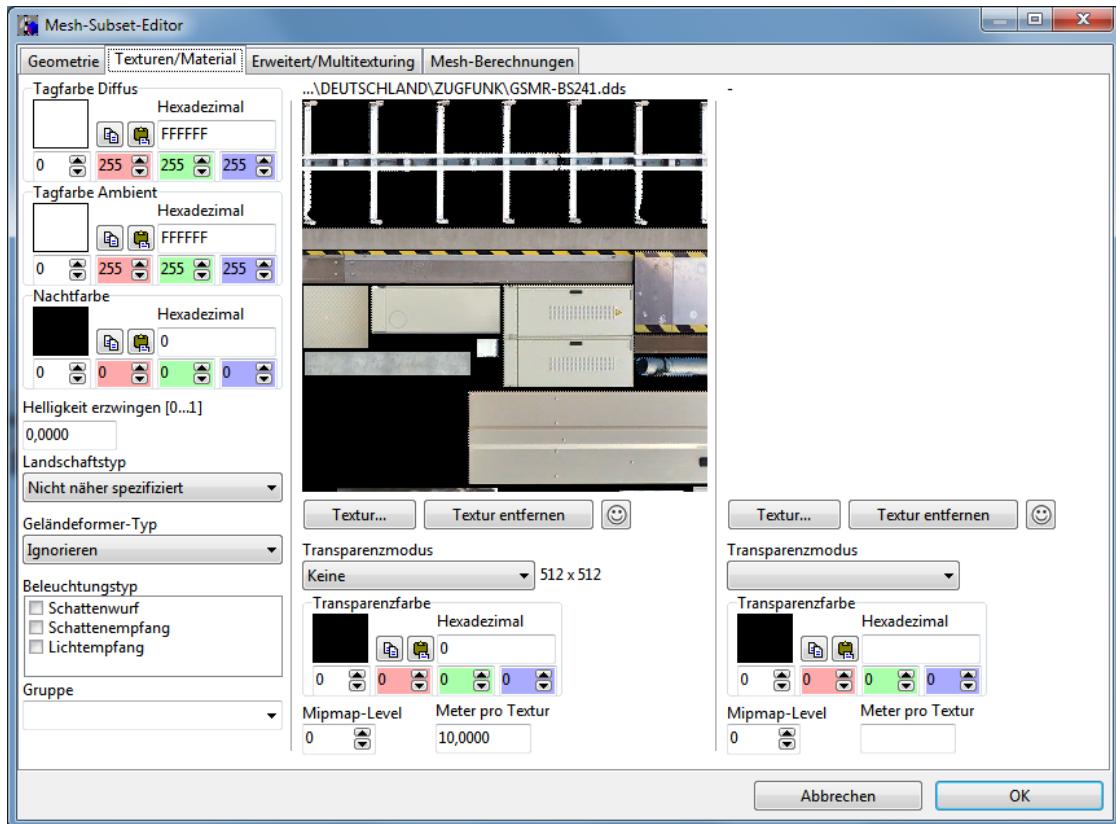


Der Vertex der markierten Zeile lässt sich über die beiden Schalter oben links in die Zwischenablage kopieren oder aus dieser einfügen.

Indices anpassen: Bei aktiviertem Kontrollkästchen werden die Indices der Dreiecke angepasst, wenn ein Vertex gelöscht wird, so dass die Struktur der Dreiecke erhalten bleibt.

5.4.4.5.2 Registerkarte „Texturen/Material“

In der zweiten Registerkarte werden die Texturen und das Material (also die Farbeinstellungen) definiert. Die technischen Hintergründe sind in [Kapitel 5.1.1.1](#) und [Kapitel 5.1.1.2](#) erläutert worden.



5.4.4.5.2.1 Material/Farbwerke

Oben links findet man die drei Farbwerte für Tag (Diffus und Ambient) und Nacht. Diese Werte werden mit den Farben der Textur gemischt. Die Farb-Eingabefelder ermöglichen mehrere Eingabe-Arten: Die Werte für Alpha und RGB (rot/grün/blau) können in den farbig hinterlegten Eingabefeldern einzeln dezimal (jeweils 0 bis 255) eingegeben werden. Alternativ kann darüber die Hexadezimalzahl (s. Hintergrundinfo) eingetippt oder per Copy&Paste bearbeitet werden. Als dritte Möglichkeit öffnet sich bei Klick auf die Farbvorschau ein Windows-üblicher Farbauswahldialog.

Hintergrundinfo: Ein Farbwert wird intern durch eine ganzzahlige, positive 32bit-Zahl repräsentiert, wobei jeweils 8 bit (=1 Byte oder eine Zahl zwischen 0 und 255) für eine Farbe stehen. Die Struktur wird deutlich klarer, wenn die Zahl statt im üblichen

Dezimalsystem (Ziffern 0 bis 9) im Hexadezimalsystem (16er-System mit den Ziffern 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F) gebildet wird, wobei die unteren beiden Ziffern den blauen, die mittleren beiden Ziffern den grünen und die oberen beiden den roten Farbanteil beinhalten.

Weiß wäre z. B. die Mischung aller drei Grundfarben in voller Intensität, also die Hexadezimalzahl **FFFFFF** (Dezimalzahl 16777215). Reines rot wäre **FF0000** (Dezimalzahl 16711680), blau ist **0000FF** (Dezimalzahl 255).

Der Alphakanal bekommt das höchste Byte, also bei einem volltransparenten Alphawert ($\alpha = 0$) ergäbe sich eine Darstellung gemäß **00FF0000**, wobei die führenden Nullen natürlich auch entfallen können. Ein Alphawert von 255 oder hexadezimal FF ergibt z.B. **FF000000**.

Helligkeit erzwingen: Ein Wert von 0 ist der Standardfall, dann werden die Mesh-Subsets gemäß Sonne/Tageszeit dargestellt. Für Bereiche mit einer abgedunkelten Lage kann hier ein Wert zwischen etwas über 0 (dunkel) und 1 (aktuelle Tageshelligkeit) vorgegeben werden. Für Abschnitte mit tageszeitlich konstanter Helligkeit wie z.B. Bahnhöfe ohne Sonnenlicht kann ein Wert zwischen etwas unter 0 (dunkel) und -1 (maximale Helligkeit) vorgegeben werden, mit dem die Mesh-Subsets unabhängig von Sonne/Tageszeit immer gleich hell dargestellt werden.

Wenn in Tunnels die Umgebung die gleiche Helligkeit wie die hindurchfahrenden Züge haben soll (deren Helligkeit wird durch den Kontrollkästchen „Tunnel“ in den Streckenelementeigenschaften auf 0,002 geregelt), dann muss hier ein Wert von 0,002 eingegeben werden.

Landschaftstyp: Der Landschaftstyp unten gibt an, welche optische Funktion das Mesh-Subset wahrnimmt. Über diese Angabe lassen sich z.B. im 3D-Editor bestimmte Polygone filtern, z.T. werden auch Funktionen darüber gesteuert.

5.4.4.5.2.2 Geländeformer-Typ

Diese Angaben werden von Roland Zieglers Geländeformer-Software ausgewertet, um die vom Geländeformer erstellte Grundplatte nahtlos an die umgebende Landschaft anzuschließen. Zu den Details sei auf die Dokumentation des Geländeformers verwiesen. Der Geländeformer-Typ „Standard“ kommt zum Einsatz, wenn der Geländeformer die Grundplatte an das betreffende Mesh anschließen soll. Wenn ein Objekt aus mehreren LOD-Stufen besteht, dann ist es ausreichend, in nur einer der LOD-Stufen eine entsprechende Kennzeichnung vorzunehmen. Um den Rechenaufwand für den Geländeformer gering zu halten, ist es zweckmäßig, die Kennzeichnung in einer der gering detallierteren LOD-Stufen vorzunehmen. Die mit „Standard“ gekennzeichneten Meshes müssen dem Geländeformer ein zutreffendes Bild über die Ausdehnung der Objekte in x- und y-Richtung vermitteln. Ein gängiges Problem bei Gebäuden ist dabei, dass diese ihre größte xy-Ausdehnung nicht am Erdboden, sondern an den überhängenden Dächern erreichen. In solchen Fällen sollten also nicht die Dach-Meshes mit dem GF-Typ Standard gekennzeichnet werden, sondern ggfs. ein Hilfs-Mesh-Subset vom Landschaftstyp „Dummy“ mit GF-Typ „Standard“ angelegt werden, das durch seine Eckpunkte somit die Stellen kennzeichnet, an denen der Geländeformer anschließen soll. Dieses Dummy-Subset ist später im Simulator unsichtbar.

5.4.4.5.2.3 Beleuchtungstyp

Diese Einstellung hat noch keine Funktion.

5.4.4.5.2.4 Gruppe

Durch Zuordnung zu einer Gruppe können Mesh-Subsets im Editor ein- und ausgeblendet werden, siehe auch [Kapitel 5.4.1.10](#).

5.4.4.5.2.5 Textur 1 und 2

Die für dieses Mesh-Subset zu verwendende Textur (bzw. Texturen bei Multitexturing) wird über „Textur...“ ausgewählt und in einer Vorschau dargestellt. Über „Textur entfernen“ kann die Textur entfernt werden, wenn untexturierte Flächen gewünscht sind. Es gilt dann also nur die Tag-/Nachtfarbe für die Oberflächendarstellung.

Der Knopf mit dem Smiley ermöglicht es, Informationen über den Autor der Textur in einer zu der Textur gehörigen Datei zu hinterlegen, siehe [Kapitel 1.7](#).

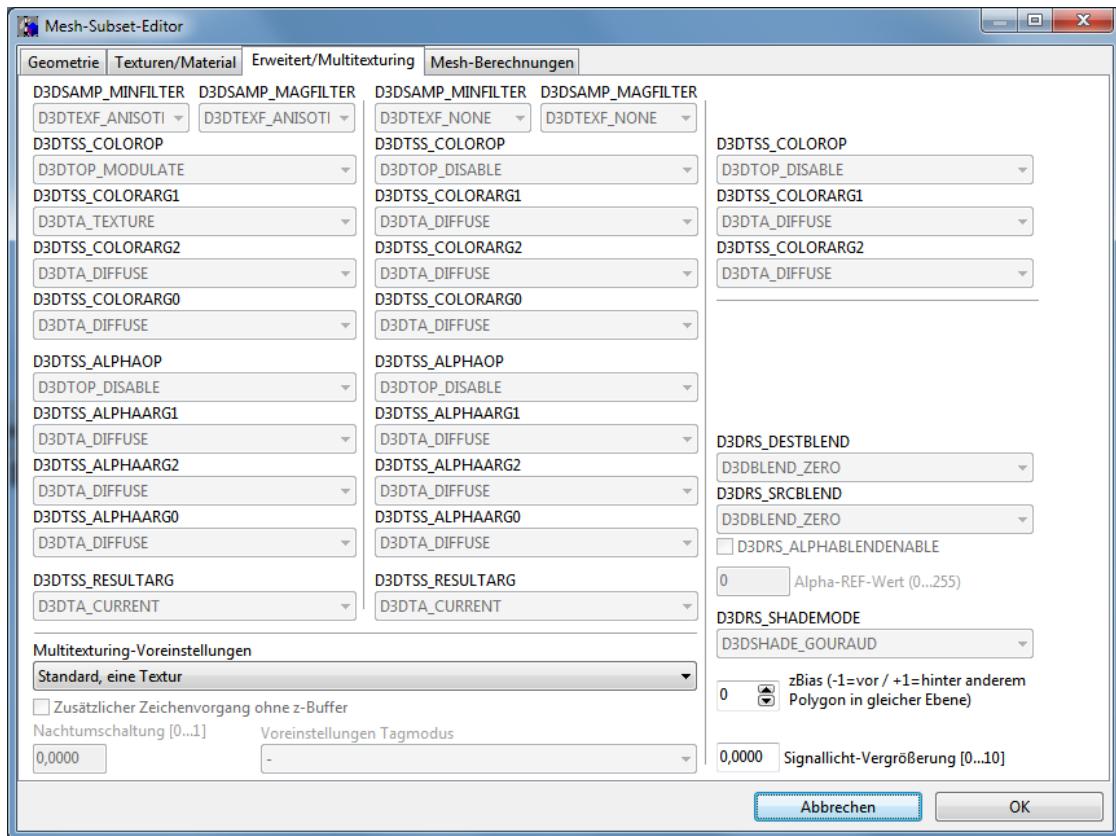
Unter der Vorschau werden weitere Textur-Einstellungen vorgenommen:

Transparenz: Der Transparenzmodus legt fest, ob beim Laden ein Alphakanal erzeugt werden soll. „Keine“ bedeutet, dass nichts verändert wird. Eine Textur mit eigenem Alphakanal wird also diesen Kanal unverändert laden. „Punkt unten links“ erzeugt einen 1-Bit-Alphakanal, der alle Bereiche transparent macht, die den Farbwert des Pixels unten links enthalten. „Farbe“ erzeugt einen 1-Bit-Alphakanal, der alle Bereiche transparent macht, die den bei „Transparenzfarbe“ angegebenen Farbwert enthalten. Es ist für Transparenz außer zu Testzwecken nur die Einstellung „Keine“ (und damit der textureigene Alphakanal) zu verwenden, s. auch Kapitel ?? und Kapitel ??.

Mipmap-Level: Hier wird die Anzahl der Mipmap-Level festgelegt, die erzeugt werden, wenn in der Textur keine Mipmaps definiert sind. Der Wert 1 bedeutet, dass keine Mipmaps erzeugt werden, bei 2 wird neben der Ausgangstextur eine kleinere Mipmap-Stufe erzeugt. Bei 0 wird die gesamte Mipmap-Kette erzeugt. Regelfall sollte sein, dass die Mipmaps bereits in der dds-Datei hinterlegt sind. Zu Mipmaps siehe auch Kapitel ??.

Meter pro Textur: Dieser Wert wird nur benötigt, wenn die Textur mit automatischen Funktionen neu ausgerichtet werden soll. Solche Funktionen benötigen eine Angabe, wie die Textur skaliert werden muss, was mit diesem Wert festgelegt wird. Bei einem Wert von 15 würde also beispielsweise die Textur so aufgetragen, dass sie ein Quadrat von 15x15 Meter einnimmt und darüber hinaus endlos gekachelt wird.

5.4.4.5.3 Registerkarte „Erweitert/Multitexturing“



5.4.4.5.3.1 Multitexturing

Diese Einstellungen regeln die Texturierung der Meshes. Ein Teil dieser Angaben bezieht sich jeweils auf eine der beiden Texturen. Diese Werte sind analog zu den Texturen in zwei Spalten angeordnet. DirectX bietet eine fast unüberschaubare Variantenvielfalt, wenn es darum geht, ein Dreieck mit Farbe oder Texturen zu füllen. Um größtmögliche Allgemeingültigkeit zu wahren, steht dieser gewaltige Parametersatz voll zur Verfügung. Zur Vermeidung unnötiger Verwirrung können aber die Zusi-üblichen Fälle über Voreinstellungen ausgewählt werden. Alle von der Vorauswahl definierten Eingabefelder werden mit dem entsprechenden Wert belegt und passiv geschaltet. Wer einen vordefinierten Fall abwandeln möchte, stellt zunächst als Ausgangsbasis diesen Fall ein und setzt dann die Vorauswahl auf „Individuell“. Damit bleiben alle Einstellungen unverändert, die Eingabefelder werden aber aktiv und können angepaßt werden. Wenn möglich, sollten aber die individuellen Einstellungen vermieden werden, da Zusi bzw. DirectX das Setzen der voreingestellten Werte effizienter handhaben kann.

Multitexturing-Voreinstellungen: Es wird festgelegt, wie die Texturen der einzelnen Ebenen unter Berücksichtigung von Licht, Material und Transparenz auf die Dreiecksfächen gebracht werden. Normalerweise sollten folgende Voreinstellungen ausreichend sein:

- **Standard, eine Textur:** Die Textur wird unter Anpassung an die Umgebungshelligkeit deckend gezeichnet. Das ist also der Normalfall für alle undurchsichtigen Flächen.

- **Standard, eine Textur, Volltransparenz:** Die Textur wird unter Anpassung an die Umgebungshelligkeit gezeichnet. Bereiche mit transparentem Alphakanal werden nicht gezeichnet. Das ist also der Normalfall für alle Flächen mit volltransparenten Bereichen wie Gitterkonstruktionen.
- **Tex 1 Standard, Tex 2 transparent:** Es werden zwei Texturen unter Beachtung der Umgebungshelligkeit miteinander vermischt, wobei die zweite Textur transparente Bereiche hat. Durch diese transparenten Bereiche ist die erste Textur sichtbar. Die sich ergebenden Gesamttextur wird dann deckend (also ohne weitere Transparenzeffekte) auf das Mesh-Subset gezeichnet. Ein Anwendungsfall ist Schotter mit deraufliegendem Schwellenrost, welches zum flexibleren Einsatz verschiedener Schotter- und Schwellentexturvarianten nicht von vornherein in einer Gesamttextur vorliegen soll.
- **Standard, eine Textur, Halbtransparenz:** Die Textur wird unter Anpassung an die Umgebungshelligkeit gezeichnet. Bereiche mit halbtransparentem Alphakanal werden halbtransparent gezeichnet. Das ist also der Normalfall für halbdurchsichtige Flächen wie schmutzige Fenster oder getönte Scheiben. Die Hinweise zu Halbtransparenz ([Kapitel 5.1.1.6](#)) sind zu beachten.

Mit dem Kontrollkästchen „Zusätzlicher Zeichenvorgang ohne z-Buffer“ kann ein doppelter Zeichenvorgang ausgelöst werden. Dieser verbessert die Darstellung z.B. bei Bäumen, die aus ineinander gesteckten Flächen bestehen, da es innerhalb der Flächen bei Halbtransparenz sonst zu Situationen kommt, wo die für Halbtransparenz nötige Zeichenreihenfolge von hinten nach vorne nicht eingehalten werden kann.

- **Tex 1 Standard, Tex 2 transparent/leuchtend:** Mit dieser Einstellung lassen sich Bereiche auf einer Textur nachts zum Leuchten bringen. Die erste Textur enthält in so einem Fall die komplette Fläche und die zweite Textur ist grundsätzlich transparent und enthält nur die Bereiche der Fläche, die unabhängig von der Umgebungshelligkeit dargestellt werden sollen. Ist bei „Nachtumschaltung“ ein Wert größer 0 angegeben, werden die unter „Voreinstellung Tagmodus“ angegebenen Voreinstellungen zum Zeichnen verwendet, wenn die Umgebungshelligkeit größer ist als der eingegebene Wert. *
- **Signalblende (durchleuchtet):** Diese Einstellung wird für Blendengläser benutzt, die wie bei Formsignalen von hinten mit einer weißen Lampe durchleuchtet werden. Die Farbe des Blendenglasses muss bei der Nachtfarbe eingestellt werden. Eine Textur ist nicht nötig.
- **Signallampe dimmbar, mit Halbtransparenz:** Diese Einstellung ist für Signalslampen von Lichtsignalen, die per Animation ausblenden können.
- **Halbtransparenz für Laub-ähnliche Strukturen:** Wie „Standard, eine Textur, Halbtransparenz“, jedoch mit höherem Alpha-REF-Wert, so dass z-Buffer-Probleme feiner halbtransparenter Strukturen reduziert werden.
- **Überlagertes Fenster, tagsüber ausdimmend:** die Funktion zeichnet ein Polygon, das mit zunehmender Umgebungshelligkeit kontinuierlich transparenter wird. Ein Anwendungsfall ist die Darstellung von nachts beleuchteten Fenstern durch separate Polygone, die die Wand überlagern und mit heller werdender Umgebung ausblenden

- **Überlagertes Fenster, tagsüber ausschaltend:** Diese Funktion ist ähnlich der zuvor erklärten, allerdings wird das Fenster nicht mit zunehmender Helligkeit transparent, sondern schaltet „hart“ aus, indem mit dem Wert für „Nachtumschaltung“ der Grenzwert festgelegt wird (keine Darstellung, wenn die Umgebungshelligkeit größer ist, als der eingegebene Wert).
- **Nebelwand:** Diese Einstellung ist für Polygone, die Tunnel einfahrten abdecken, siehe folgender Abschnitt.

Zur Nebelwand: Es muss ein Polygon mit der Einstellung „Nebelwand“ das Loch der Tunnel einfahrt abdecken, da sonst die Nebeldarstellung bei Anfahrt auf den Tunnel nicht korrekt erfolgen kann. Das Polygon wird mit abnehmender lokaler Nebelstärke immer transparenter. Im Editor wird es grell weiß dargestellt, wenn in den Einstellungen der Nebel deaktiviert ist. Bei aktivem Nebel wird es so wie später im Simulator dargestellt. Texturen und Materialeigenschaften sind irrelevant für die Funktion. Das Nebelwand-Meshsubset muss in die ls3-Datei des Tunnelportals und darf nicht in die Grundplattenlandschaft eingebaut werden.



5.4.4.5.3.2 Funktionsprinzip des Multitexturing

Das Funktionsprinzip des Multitexturing geht etwas in die Tiefe, soll aber in der Hintergrundinfo erläutert werden, auch wenn es der normale Anwender nicht wissen muss:

Hintergrundinfo: Es gibt für jede Texturebene einen Parametersatz für die Farb- und Alpha-Operationen. Von links beginnend wird für jede Texturebene ein Mischungsprozeß abgearbeitet und das Ergebnis als Ausgangsbasis für die nächste Ebene benutzt. Jeder Parametersatz besteht aus einer Angabe über die zu verwendende Aktion (ColorOP bzw. AlphaOP) und bis zu drei Parametern (Arg1, Arg2, Arg0), die für diese Funktion benötigt werden. Sobald eine Texturebene die ColorOP „Disable“ enthält ist der Vorgang beendet, und der dann aktuelle Stand wird für das Zeichnen des Mesh-Subsets benutzt. ResultARG gibt an, wohin das Ergebnis der Berechnung gespeichert werden soll. Hier ist nur „Temp“ (temporärer Zwischenspeicher) und „Current“ (der jeweils aktuelle Stand) sinnvoll. Die Parameter sind im Anhang komplett erläutert, ein paar typische Anwendungsfälle sollen aber zur Erklärung des Prinzips erläutert werden:

- 1.) Nicht transparente Textur, deren Helligkeit sich der Sonne anpaßt (der Fall „Standard, eine Textur“):
 - ColorOP „Modulate“ bedeutet, dass der Farbwert des Rechenvorgangs gemischt wird. Welche Quellen gemischt werden sollen, regeln die Angaben Arg1 und Arg2; Arg3 hingegen ist irrelevant.
 - ColorARG1 „Texture“ sagt, dass die eine Quelle des Farbwerts die Information aus der Textur sein soll (also Farbe der Pixel).
 - ColorARG2 „Diffuse“ sagt, dass die zweite Quelle des Farbwerts die Information aus dem diffusen Licht sein soll (also im Prinzip die Farbe der Umgebungshelligkeit).
- Damit wird die Farbe der Textur passend zur Umgebungshelligkeit dunkler, wie es für einen nicht selbstleuchtenden Körper sein muss. Da keine Transparenz gewünscht ist, ist AlphaOP auf „Disable“ gesetzt, womit die folgenden Arg-Werte irrelevant sind.

ResultARG muss „Current“ sein, da die beschriebene Farbmischung damit als Ergebnis des Prozesses festgelegt wird. In der zweiten Ebene wird ColorOP auf „Disable“ gesetzt, womit der Vorgang abgeschlossen ist.

2.) Transparente Textur, deren Helligkeit sich der Sonne anpaßt (der Fall „Standard, eine Textur, Halbtransparenz“):

Einige Änderung gegenüber Fall 1 ist die Einstellung der Transparenz, welche ohne weitere Veränderung aus dem Alphakanal der Textur genommen werden soll. Dafür wird AlphaOP auf „SelectARG1“ gesetzt. Das bedeutet, dass ARG1 die Operation angibt und ARG2 und ARG0 irrelevant sind. Für ARG1 wird „Textur“ gewählt, womit bei den Alpha-Operationen immer den Alphakanal der Textur gemeint ist. Das Ergebnis ist also die passend abgedunkelte Textur mit gegenüber dem Alphakanal der Texturdatei unveränderter Transparenz (die Werte für Alphablending müssen natürlich zusätzlich passend gesetzt sein).

3.) Transparente Textur, die eine nicht transparente Textur überlagert („Tex 1 Standard, Tex 2 transparent“):

Dieser Fall ist etwas komplexer (wie zum Beispiel Schwellenrost auf Schotter). Beide Texturen müssen mit der Umgebungshelligkeit gemischt werden, um nachts dunkel zu erscheinen und dann müssen sie noch zusätzlich untereinander geblendet werden, um die Überlagerung der transparenten Bereiche zu ermöglichen. Das lässt sich nur darstellen, indem mit dem temporären Zwischenspeicher gearbeitet wird.

- Die erste Textur (z.B. Schotter) wird zunächst wie in 1.) mit der Umgebungshelligkeit gemischt. Als ResultARG wird aber „Temp“ gewählt, womit das Ergebnis der Operation im Zwischenspeicher abgelegt wird.

- Die zweite Textur (z.B. Schwellenrost) wird wie in 2.) mit der Umgebungshelligkeit gemischt und die Transparenz aus dem Alphakanal der Textur genommen. Jetzt liegt also die aufbereitete 1. Textur im Temp-Speicher und die aufbereitete 2. Textur im Current-Speicher. Im dritten Schritt folgt die Mischung der beiden:

- In der dritten Spalte wird als ColorOP „BlendCurrentAlpha“ gewählt, was zwei Texturen unter Berücksichtigung der Transparenz mischt. Unter ARG1 wird „Current“ als Speicherort der 2. Textur und bei ColorARG2 „Temp“ als Speicherort der 1. Textur angegeben. Die AlphaOP der dritten Spalte ist in Zusi immer auf „Disable“ gesetzt ebenso wie die komplette 4. Spalte (DirectX unterstützt bis zu acht Ebenen) und als ResultARG ist in der dritten Spalte „Current“ festgelegt, womit die Operation der dritten Spalte also automatisch aktuell ist und für den Zeichenvorgang verwendet wird. Damit ist der Vorgang abgeschlossen. Grafikkarten aus der Generation Geforce2 und älter unterstützen solche komplexen Vorgänge nicht vollständig.

5.4.4.5.3.3 Texturfilter

D3DSAMP_MINFILTER/D3DSAMP_MAGFILTER: Die Einstellungen für die Texturfilter der beiden Texturebenen befinden sich oben in den beiden Texturspalten. Texturfilter wirken glättend und verringern damit das Pixelflimmern, was sich bei der Transformation einer Textur auf eine beliebig orientierte Fläche ergibt. Der Filter „Mag“ wird benutzt, wenn die Textur auf dem Bildschirm größer erscheint als sie ist (Bitmap muss gestreckt werden). Der Filter „Min“ wirkt entsprechend, wenn eine Textur herunterskaliert werden muss. Die Parameter werden in [Kapitel 11.4](#) erläutert.

5.4.4.5.3.4 Shading (Schattierung)

Label D3DRS_SHADEMODE: „Flat“ führt die Schattierung für ein Dreieck konstant aus; bei „Gouraud“ wird zwischen den Normalenvektoren interpoliert. Phong wird bisher von DirectX nicht unterstützt. Siehe auch [Kapitel 5.1.1.4](#)

5.4.4.5.3.5 Blending (Vermischung)

Dest-/Source-Blending: Die Werte D3DRS_DESTBLEND und D3DRS_SRCBLEND regeln, wie neu gezeichnete Pixel mit den bereits an der Stelle vorhandenen Pixeln gemischt werden. Typischer Anwendungsfall ist Halbtransparenz, siehe [Kapitel 5.1.1.6](#) unter dem Punkt „Halbtransparenz“. Im Normalfall wird man als Anwender hier keine Änderungen vornehmen.

Hintergrundinfo: Die Berechnung erfolgt gemäß der Formel

$$\text{Farbwert} = \text{Textur-Farbe} \times \text{SourceBlend-Faktor} + \text{Pixel-Farbe} \times \text{DestBlend-Faktor}$$

Die Parameter mit dem Kürzel DEST beziehen sich immer auf Farbwerte, die bereits auf den 2D-Bildschirm gezeichnet wurden. Diejenigen mit dem Kürzel SRC hingegen beziehen sich auf die neu gezeichneten Werte. Also D3DBLEND_SRCCOLOR wäre der Farbwert des Pixel, das zu dem gezeichneten Polygon gehört. D3DBLEND_DESTCOLOR hingegen wäre die Farbe des Pixels, das schon an dieser Stelle vorhanden ist. Die Parameter sind im Anhang vollständig erläutert ([Kapitel 11.4](#)).

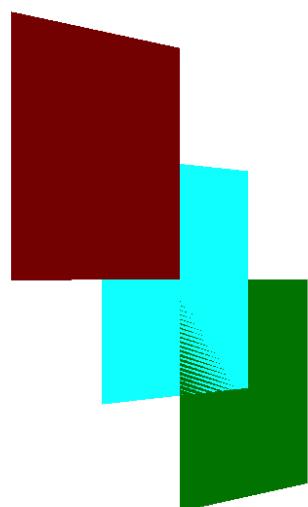
D3DRS_ALPHABLENDENABLE: Das Alphablending muss aktiv sein, damit die bei „Dest-/Source-Blending“ ausgewählten Aktionen überhaupt wirksam werden. Also bei nicht gesetztem Kontrollkästchen wird aus Performancegründen völlig auf das Blending verzichtet und die „Dest-/Source-Blending“-Einstellungen sind nicht relevant.

Alpha-REF: Zur Beschleunigung der Berechnung kann das Zeichnen eines Pixels unterbleiben, wenn der Transparenzwert einen Grenzwert unterschreitet. Setzt man hier z.B. 1, so wird für volltransparente Pixel der Zeichenvorgang vorzeitig abgebrochen (was ja sinnvoll ist, da sie sowieso nicht zu sehen sind).

5.4.4.5.3.6 z-Bias

Mit dem z-Bias kann der für den z-Buffer relevante Abstand korrigiert werden. Sinnvolle Werte liegen bei +/-1. Für Werte kleiner 0 überdeckt das Mesh-Subset also andere Polygone, die eigentlich geometrisch an der gleichen Stelle liegen. Bei Werten größer 0 tritt das Mesh-Subset hinter gleich liegende Polygone und bei einem Wert von 0 (Standardwert) erfolgt eine normale, unveränderte Darstellung. Mit dieser Methode lassen sich z.B. Signallampen direkt in die Ebene des Signalschirms legen oder Beschriftungen ohne extra ausgeschnittene Polygone aufbringen, ohne dass es zu Flimmereffekten durch Rundungsungenauigkeiten im z-Buffer kommt. Die Reihenfolge, in der die Polygone gezeichnet werden, spielt für das Funktionieren dieses Effekts keine Rolle.

Das Bild verdeutlicht den Effekt: Es sind drei Quadrate dargestellt, die alle in derselben Ebene liegen. Zwischen dem mittleren und dem unteren kommt es zu Flimmereffekten, da durch



Rundungsungenauigkeiten mal ein Pixel des mittleren, mal eines des unteren Quadrats dargestellt wird. Bei dem oberen Quadrat wurde der z-Bias auf -1 gesetzt. Damit befindet sich dieses Rechteck in der Tiefenbetrachtung – also beim Beschreiben des z-Buffers – immer vor dem mittleren Rechteck und überdeckt dieses ohne Flimmern und ohne dass sich seine geometrische Position wirklich verändert hat.

5.4.4.5.3.7 Signallicht-Vergrößerung

Um die Erkennbarkeit von Signallampen zu verbessern, können diese mit zunehmendem Abstand etwas vergrößert werden, um die perspektivische Verkleinerung wieder auszugleichen. Ein Wert von 0 bedeutet eine unveränderte Darstellung. Für die Vergrößerung ist zunächst ein fest vorgegebener Abstand Lampe-Auge von 20 m maßgebend. Bei einem Vergrößerungswert von 1 erscheint der Lichtpunkt oberhalb einem Abstand von 20 m entfernsunabhängig in immer gleichbleibender Größe. Bei einem Wert von 0,5 wird der Lichtpunkt ab einem Abstand von 20 m zwar perspektivisch kleiner, wird aber immer noch so vergrößert, dass er mindestens im 0,5-fachen Durchmesser des 20 m-Abstands dargestellt wird. Werte größer als 1 sind in der Regel nicht sinnvoll, da die Lampen dann mit zunehmendem Abstand mit größerem Durchmesser auf dem Bildschirm erscheinen als bei Betrachtung aus der Nähe. Für normale Signallampen ist ein Wert von ca. 0,5 zu empfehlen.

Damit die Lampe nur vergrößert wird und nicht auch ihre Position ändert, muss die Lampe in den lokalen Koordinaten 0/0/0 gebaut sein.

5.4.4.5.4 Registerkarte „Mesh-Berechnungen“

5.4.4.5.4.1 Textur-Koordinaten skalieren/verschieben

Bei Betätigen der Schaltfläche „Ausführen“ werden alle U1/V1-Texturkoordinaten mit dem eingegeben Wert multipliziert. Die Textur streckt/staucht sich also optisch. bzw. bei „verschieben“ wird zu allen U1/V1-Texturkoordinaten der eingegebene Wert addiert. Die Textur verschiebt sich dann also.

Die Werkzeug-Funktionen „Textur skalieren/verschieben“ (siehe [Kapitel 5.2.7.18](#)) machen das gleiche interaktiv per Maus. Wenn die U2/V2-Koordinaten bearbeitet werden sollen, müssen diese per „Textur-Koord. tauschen“ in die erste Ebene geholt, und nach der Bearbeitung wieder auf dem selben Weg in die 2. Ebene gebracht werden.

5.4.4.5.4.2 Textur-Koordinaten 1->2/2->1/kopieren/tauschen

Mit diesen Funktionen werden die Texturkoordinaten zwischen den Multitexturing-Ebenen ausgetauscht. 1->2 kopiert die U/V-Werte in die U2/V2-Werte; 2->1 entsprechend umgekehrt.

5.4.4.5.4.3 Mesh skalieren

Alle Koordinatenwerte aller Vertices werden getrennt nach x/y/z-Achse mit dem eingegebenen Wert multipliziert. Gibt man z.B. für alle Richtungen 3 ein, so ist das Objekt danach dreimal so groß.

5.4.4.5.4.4 Nahe Vertex-Koordinaten identisch setzen

Durch kleine rechnerische Ungenauigkeiten bei der Bearbeitung kann es dazu kommen, dass aufgrund leicht abweichender Koordinaten Haarrisse zwischen den Dreiecken eines Meshes sichtbar werden. Diese Funktion führt Vertices zusammen, die näher als der hier angegebene Abstand beieinander liegen. Doppelte Punkt werden aus dem Mesh-Subset entfernt.

5.4.4.5.4.5 Normalenvektoren neu berechnen

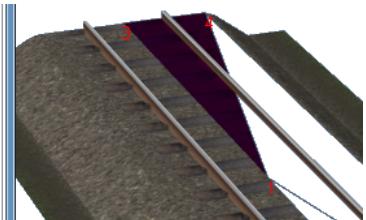
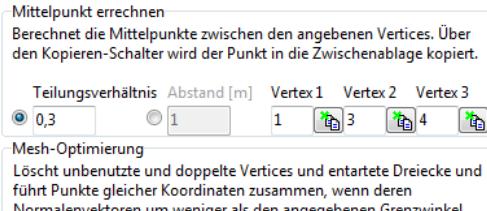
Die Normalenvektoren der markierten Mesh-Subsets werden nach einem Standardverfahren neu berechnet. Auf diese Weise entsteht eine für die normale Darstellung passende Beleuchtung, indem die Normalenvektoren sich senkrecht zur Ausrichtung der beteiligten Flächen orientieren. Für 3D-Schienen sollte das nicht angewendet werden (s. Oberbau erstellen in Kapitel 5.4.3.10.1).

5.4.4.5.4.6 Normalenvektoren setzen

Die Normalenvektoren werden auf den Wert gesetzt, der in den drei Eingabefeldern angegeben wird. Das ist nur für besondere Konstruktionen sinnvoll, bei denen sich die Normalenvektoren ausnahmsweise nicht an der Oberfläche orientieren. Die Länge der Normalenvektoren wird aus den Zahlenangaben automatisch auf 1 normiert.

5.4.4.5.4.7 Mittelpunkt errechnen

Diese Funktion dient der präzisen Ortsberechnung von Punkten, die zwischen 2 Vertices liegen. Das Prinzip sei im nebenstehenden Bild erklärt. Wenn man beim markierten Dreieck einen Punkt ermitteln



möchte, der auf der Linie zwischen Vertex 1 und 3 liegt und zwar in einem Teilungsverhältnis von 0,3, dann gibt man wie im Bild bei „Vertex 1“ die 1 ein und bei „Vertex 2“ die 3. Drückt man jetzt auf den Schalter zwischen den beiden Eingabefeldern, so wird der Punkt berechnet und in die Zwischenablage gelegt. Von dort kann er von diversen Operationen, die die Zwischenablage unterstützen, wieder eingefügt werden.

Zur einfacheren Handhabung der Dreiecke sind drei gleichberechtigte Eingabefelder vorhanden. Der Schalter rechts neben „Vertex 3“ berechnet den Punkt zwischen „Vertex 3“ und „Vertex 1“.

Soll keine relative Teilung erfolgen, sondern eine feste Entfernung, dann kann alternativ zum Teilungsverhältnis die Länge vorgegeben werden, die sich immer auf den ersten der beiden Vertices bezieht.

5.4.4.5.4.8 Mesh-Optimierung

Diese Funktion löscht beieinander liegende Vertices, die die hier angegebenen Grenzwerte unterschreiten und deshalb im 3D-Modell nicht benötigt werden. Dadurch werden die

Ladezeiten verkürzt und die Performance gesteigert. Der Grenzwinkel lässt sich zur Erzielung besonderer Effekte benutzen: Ein hoher Wert des Grenzwinkels lässt sich auch dazu nutzen, Vertices an Polygonecken zusammenzuführen, um das von DirectX verwendete Gouraud-Shading umzusetzen, bei dem sich die Ecken eine Vertex teilen können. (siehe auch [Kapitel 5.1.1.4](#)).

5.4.4.6 Mesh-Subset löschen

Die markierten Mesh-Subsets werden gelöscht.

5.4.4.7 Material zuweisen

Es kann ein Material mit entsprechenden Parametern ausgewählt werden, die den markierten Mesh-Subsets zugewiesen wird.

5.4.4.8 Texturkoordinaten global ausrichten

Die Texturkoordinaten U1/V1 der markierten Meshes werden neu so berechnet, dass die Texturen sich am globalen Koordinatensystem ausrichten. Die Skalierung der Textur wird dabei anhand der Werte „Meter pro Textur“ in den Mesh-Subset-Eigenschaften eingestellt. Beispielsweise führt ein Wert von 10 dazu, dass sich die Textur auf diesem Mesh-Subset alle 10 Meter wiederholt.

Die Textur wird senkrecht auf die Polygone projiziert. Auf schräg im Raum stehenden Flächen wird die Textur entsprechend mit zunehmender Neigung stärker gestreckt. Typischer Anwendungsfall ist die global endlos gekachelte Grundplatte.

5.4.4.9 Texturkoordinaten oberflächenorientiert ausrichten

Die Texturkoordinaten U1/V1 der markierten Mesh-Subsets werden neu so berechnet, dass die Texturen sich an der Mesh-Oberfläche ausrichten. Die Skalierung der Textur wird dabei anhand der Werte „Meter pro Textur“ in den Mesh-Subset-Eigenschaften eingestellt.

5.4.4.10 Ausrichtung umkehren

Der Umlaufsinn der Dreiecke der markierten Mesh-Subsets wird umgedreht, womit diese Flächen von der anderen Seite aus sichtbar sind.

5.4.4.11 Normalenvektoren neu berechnen

Siehe [Kapitel 5.4.4.5.4.5 „Normalenvektoren neu berechnen“](#), was hier für alle markierten Mesh-Subsets ausgeführt wird.

5.4.4.12 Mesh-Subsets zusammenführen

Wie in [Kapitel 5.1.1.13.2](#) erläutert, sollten Meshes aus Performancegründen immer möglichst weniges Subsets bestehen. Wenn in einer ls3-Datei nun mehrere Mesh-Subsets mit identischen Parametern existieren, dann wäre es vorteilhaft, diese zu einem Mesh-Subset zu vereinigen. Diese Funktion macht das für alle ls3-Dateien, bei denen mindestens ein Mesh-Subset markiert ist.

Damit eine Zusammenführung zweier Mesh-Subsets möglich ist, müssen alle Materialeigenschaften identisch sein (außerdem darf die Multitexturing-Voreinstellung nicht auf „individuell“ stehen).

5.4.4.13 Bounding-Radien neu berechnen

Es werden für alle geladenen 3D-Objekte die Boundingradien anhand der Mesh-Geometrien neu berechnet. Zu Bounding-Radien siehe [Kapitel 5.1.1.10](#).

5.4.4.14 Punkt kopieren

Die Koordinaten des ersten markierten Punktes werden in die Zwischenablage eingefügt.

5.4.4.15 Punkt einfügen

Die markierten Punkte werden auf die in der Zwischenablage gespeicherten Koordinaten gesetzt.

5.4.4.16 Punkt im Polygonbau-Fenster eintragen

Wenn das Polygonbaufenster geöffnet ist und dann ein Punkt markiert wird, so kann er mir dieser Funktion in das Fenster übernommen werden. Siehe auch [Kapitel 5.4.3.9](#).

5.4.4.17 Ankerpunkt kopieren

Wenn ein Anker markiert ist, dann wird über diese Funktion Lage und Ausrichtung des Ankers in die Zwischenablage kopiert.

5.4.4.18 Dreiecke

5.4.4.18.1 Markierte Dreiecke in neues Mesh-Subset überführen

Wenn Bereiche eines Mesh-Subsets in ein eigenes Subset überführt werden sollen, um z.B. für diesen Bereich eine andere Textur oder andere Farben vorzusehen, dann müssen alle herauszutrennenden Dreiecke markiert und diese Funktion aufgerufen werden. Die Is3-Datei verfügt anschließend über ein zusätzliches Mesh-Subset mit den markierten Dreiecken, welche dann natürlich beim ursprünglichen Mesh-Subset fehlen.

5.4.4.18.2 Ausrichtung markierter Dreiecke umkehren

Bei den markierten Dreiecken wird die Reihenfolge der Indizes umgedreht, so dass sie ihre Ausrichtung ändern. Die Normalenvektoren werden nicht verändert.

5.4.4.18.3 Markierte Dreiecke löschen

Die markierten Dreiecke werden als Indexgruppe gelöscht. Es können dabei unbenutzte Vertices übrig bleiben, die dann durch Aufruf der Funktion „Mesh-Optimierung“ gelöscht werden können.

5.4.4.18.4 Alle Nachbarn im Subset markieren

Es werden von den markierten Dreiecken ausgehend alle Dreiecke markiert, die mit diesem in demselben Mesh-Subset eine zusammenhängende Fläche bilden. Es wird anhand der Indexliste analysiert, ob sich zwei Dreiecke zwei gleiche Vertices teilen, womit diese dann als benachbart gelten.

5.4.4.18.5 Markierte Dreiecke inkl. aller Nachbarn im Subset löschen

Diese Funktion ruft die zuvor beschriebene Funktion „Alle Nachbarn im Subset markieren“ auf und löscht sofort alles ermittelten Dreiecke.

5.4.4.18.6 Schnittpunkte der beiden markierten Dreiecke hinzufügen

Wenn zwei Dreiecke markiert sind und sich, aus der Senkrechten betrachtet, schneiden, dann fügt diese Funktion zusätzliche Stützpunkte an den Schnittpunkten ein.

5.4.4.19 Spiegeln

Die markierten Mesh-Subsets werden an der jeweiligen Fläche gespiegelt. Diese Funktion kann im Objektbau bei symmetrischen Modellen Verwendung finden. Im Streckenbau-Modus ist diese Funktion in der Regel nicht sinnvoll einzusetzen. Die Spiegelebene bezieht sich bei einer ls3-Hierarchie immer auf den Ursprung des jeweiligen Objekts, nicht auf den globalen Ursprung der gesamten Welt.

5.4.4.20 Gesamte Landschaft verschieben

Diese Funktion transformiert die geladene Landschaft gemäß der abgefragten Koordinaten. Siehe auch [Kapitel 5.3.4.17](#).

5.5 Menü Extras

5.5.1 Programmeinstellungen

5.5.1.1 Registerkarte „Landschaft“

In dieser Registerkarte geht es um die Optionen zur Bearbeitung der 3D-Landschaft, also vor allem der ls3-Dateien.

Baumodus: Hier wird zwischen Objektbaumodus und Streckenbaumodus ausgewählt, siehe auch [Kapitel 5.4.1.2](#) und [Kapitel 5.4.1.3](#).

Polygonnummern darstellen: Bei aktiviertem Kontrollkästchen werden die Vertex-Nummern markierter Mesh-Subsets in der 3D-Ansicht eingeblendet. Über die Farbauswahl wird die Farbe der Ziffern festgelegt.

Anzahl Rückgängig: So viele Aktionen bezüglich Landschaftsbau können rückgängig gemacht werden. Siehe auch [Kapitel 5.4.3.1](#)

Klick-Toleranz: Gibt an, wie exakt ein Eckpunkt getroffen werden muss, damit er als Punkt markiert wird. Unabhängig von der Einstellung muss immer auch zusätzlich noch in ein anliegenden Dreieck geklickt werden.

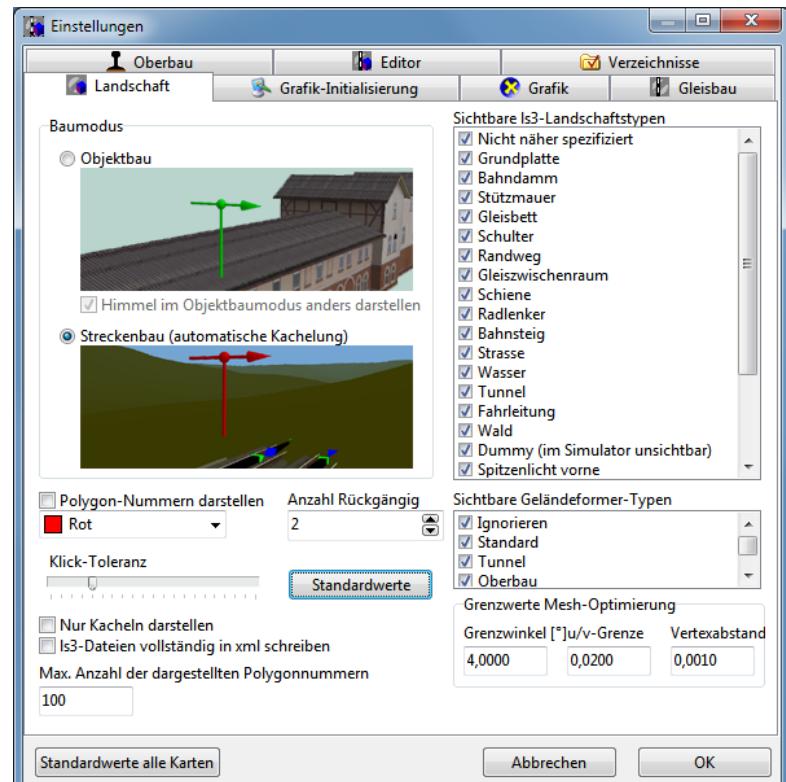
Nur Kacheln darstellen: Bei aktivem Kontrollkästchen werden nur die Polygone in den Hauptkacheln gezeichnet. Das Ausblenden der sonstigen Objekte hilft ggf. bei der Bearbeitung der Kacheln.

Is3-Dateien vollständig in xml schreiben: Die Speicherung der Geometriedaten (Vertices, Dreiecke und Texturkoordinaten) kann sowohl im menschenlesbaren xml-Format erfolgen, als auch im binären Isb-Format. Objekte im Isb-Format lassen sich wesentlich schneller laden. Mit diesem Kontrollkästchen wird eingestellt, in welchem Format der Editor veränderte Dateien schreibt. Wenn die Dateien vormals im jeweils anderen Format vorlagen, wird also eine stillschweigende Konvertierung durchgeführt.

Max. Anzahl der dargestellten Polygonnummern: Die Einblendung der Polygonnummern ins 3D-Fenster des Editors ist rechenaufwändig. Um nicht zu viel Zeit mit dem Rendern tausender Polygonnummern zu verschwenden, wird nach der hier eingestellten Anzahl von Polygonen abgebrochen.

Sichtbare Is3-Landschaftstypen / Sichtbare Geländeformer-Typen: Alle hier angeklickten Is3-Typen werden dargestellt. Diese Filterung ist hilfreich, wenn z.B. bestimmte Typen gelöscht werden sollen. Man aktiviert dann nur die entsprechenden Kontrollkästchen, markiert alle Elemente und ruft „Mesh-Subset löschen“ auf. Ein anderer Anwendungsfall ist das vereinfachte Arbeiten, indem alle nicht benötigten Polygone ausgeblendet werden. Das beschleunigt gleichzeitig auch die Rechenzeiten des Editors. Über das Kontextmenü lassen sich schnell alle Kontrollkästchen aktivieren/deaktivieren.

Grenzwerte Mesh-Optimierung: Diese Grenzwerte werden bei allen Meshoptimierungen verwendet, wo nicht eigene Werte zur Auswahl stehen (z.B. Import mit Kachelung, diverse Routinen mit Erzeugung von Polygonen).



5.5.1.2 Registerkarte „Grafik-Initialisierung“

Der 3D-Editor kann nicht im Vollbildmodus betrieben werden, sonst gilt das gleiche wie beim Fahrsimulator ([Kapitel 2.2.1.1](#)).

5.5.1.3 Registerkarte „Grafik“

In dieser Registerkarte geht es um Darstellungsfragen des Editors.

Gitternetz: Standardmäßig werden markierte Mesh-Subsets als Gitternetz dargestellt, nicht markierte normal. Bei aktiviertem Kontrollkästchen verhält es sich umgekehrt.

Rückseiten zeichnen: Es werden bei aktiviertem Kontrollkästchen abweichend auch die Rückseiten der Polygone dargestellt. Das kann z.B. beim Suchen „verlorener“ Dreiecke helfen. Im Fahrsimulator steht diese Option nicht zur Verfügung. Sie dient also nur zum Testen im Editor.

Himmel darstellen: Bei aktivem Kontrollkästchen wird das in den Strecken-Eigenschaften eingestellte Himmelsmodell dargestellt. Da sich im 3D-Editor manchmal besser vor einer einfarbigen Fläche arbeiten lässt, kann die Darstellung des Himmels über Deaktivierung dieses Hakens unterdrückt werden. Achtung: Die Beleuchtungsberechnung zwischen Skydome und dem einfarbigen Himmel kann leicht unterschiedliche Ergebnisse liefern. Bei Farbabstimmungen sollte also immer der endgültige Himmel dargestellt werden.

Nebel darstellen: Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird Nebel dargestellt, und seine Stärke kann über den Schieberegler in der Symbolleiste eingestellt werden.

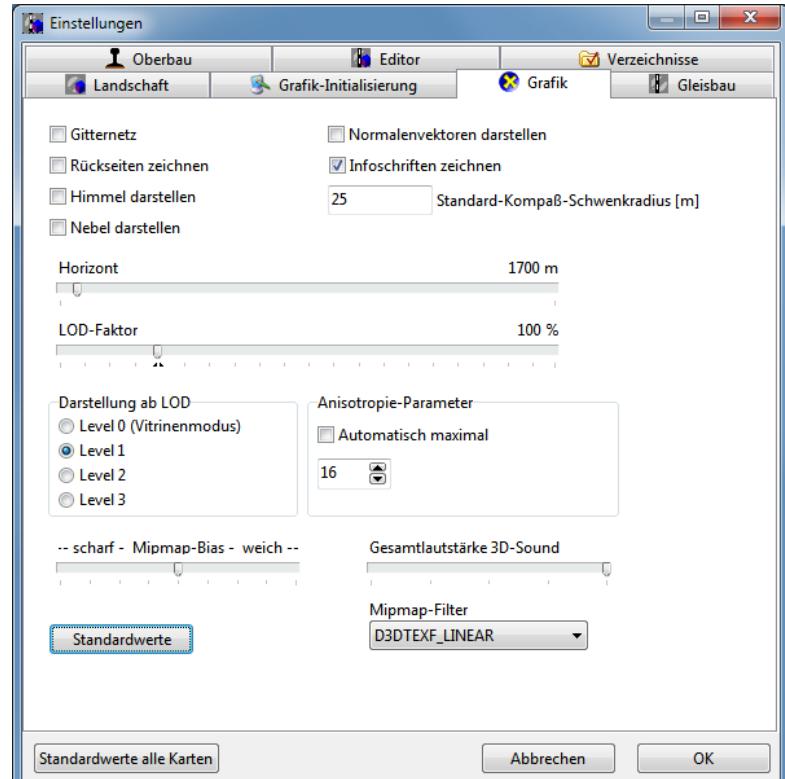
Normalenvektoren darstellen: Bei aktivem Kontrollkästchen werden die Normalenvektoren der markierten Mesh-Subsets in weiß dargestellt. Diese Funktion steht nur für Is3-Dateien zur Verfügung und dient der Überprüfung der richtigen Normalenvektoren-Ausrichtung.

Infoschriften zeichnen: Bei aktivem Kontrollkästchen werden die Beschreibungen der Ankerfähnchen in die 3D-Darstellung eingeblendet.

Standard-Kompass-Schwenkradius: Der Betrachter befindet sich auf einer Umlaufbahn um den Kompass ([Kapitel 5.2.6.8](#)). Der hier angegebene Wert ist dabei der Standardradius der Umlaufbahn.

Horizont: Bis zu dieser Entfernung ist die 3D-Welt sichtbar.

LOD-Faktor: Über diesen Schieber lassen sich die Grenzen verschieben, an denen zwischen verschiedenen LODs umgeschaltet wird. In Richtung kleinerer Werte wird also früher zu höheren LOD-Leveln (einfachere Modelle) umgeschaltet.



Darstellung ab LOD: Objekte ab dem aktvierten LOD sind im Editor sichtbar. Der niedrigste noch aktive LOD wird auch in dem Bereich dargestellt, wo sonst LOD 0 oder 1 zur Anwendung kommt (s. auch [Kapitel 5.4.4.1.2](#)).

Anisotropie: Diese Einstellung regelt die Stärke der anisotropen Texturfilterung. Je höher der Wert ist, desto besser wird die Darstellung von Texturen, auf die man schräg blickt. Ein Wert von 1 entspricht keiner Filterung. Der Wert ist nur bei Mesh-Subsets wirksam, die auch einen anisotropen Texturfilter benutzen.

Mipmap-Bias: Mit diesem Wert kann der Mipmap-Übergang verschoben werden. In Richtung scharf werden also noch länger die höher aufgelösten Mipmap-Stufen benutzt, in Richtung weich kommen schon früher die kleineren Mipmap-Stufen zur Anwendung. So lässt sich der Zielkonflikt aus flimmernder Darstellung und Weichzeichner-Effekten an den individuellen Geschmack anpassen.

Mipmap-Filter: Diese Einstellung regelt, wie Mipmap-Stufen behandelt werden. Bei „None“ findet kein Mipmapping statt – es wird also immer die höchste Auflösung benutzt. Bei „Point“ wird für jedes Bildschirmpixel genau ein Mipmap-Level benutzt und bei „Linear“ und „Anisotropic“ wird zwischen zwei Mipmap-Levels interpoliert.

Gesamtstärke 3D-Sound: Die im 3D-Editor dargestellte Lautstärke für in der Landschaft eingebauten 3D-Sounds, siehe auch [Kapitel 5.4.4.1.7](#).

5.5.1.4 Registerkarte „Gleisbau“

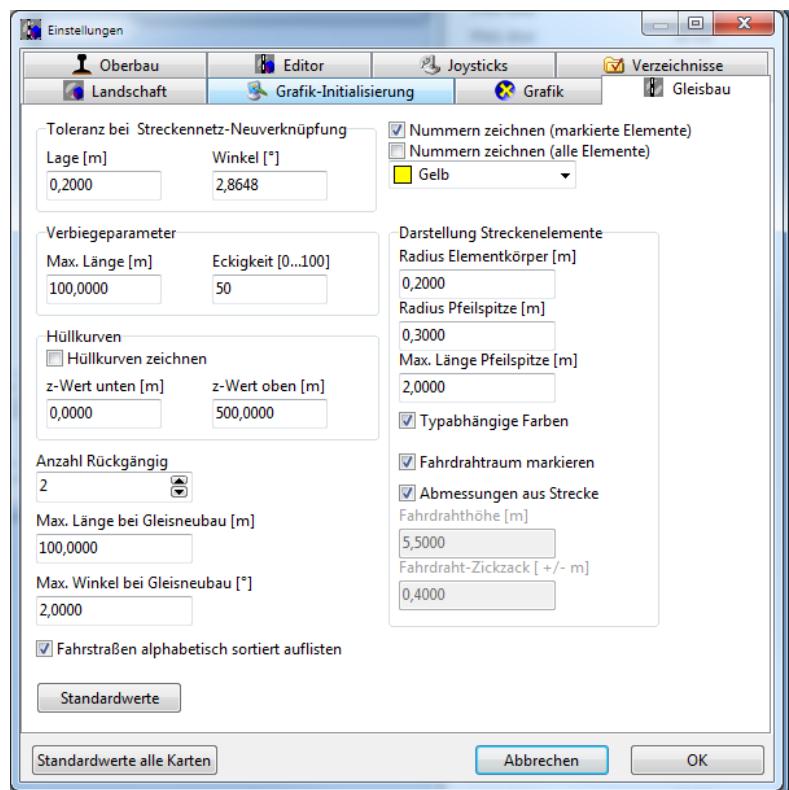
In dieser Registerkarte geht es um die Optionen beim Bau und Bearbeiten der Streckenelemente.

Toleranz bei Streckennetz-

Neuverknüpfung: Dieser Wert wird in den abschließenden Arbeiten benutzt, siehe: [Kapitel 5.3.4.20.1](#). Bedingung für Verknüpfung ist also: Der Abstand zweier Streckenelemente muss kleiner als der Lage-Wert sein und der Winkel zwischen den beiden Streckenelementen muss kleiner als der Winkel-Wert sein.

Verbiege-Parameter: Diese beiden Werte legen fest, wie feinteilig das Ergebnis der Funktion „Gesamte Strecke verbiegen“ wird ([Kapitel 5.3.4.18](#)). Nach dem Verbiegen ist kein Streckenelement länger als „Max. Länge“ und je kleiner der Wert bei „Eckigkeit“ ist, desto feiner werden die Streckenelemente ausgerundet.

Hüllkurven zeichnen: Hiermit lassen sich die in den Streckeneigenschaften hinterlegten Hüllkurven als 3D-Wand darstellen. Beim Landschaftsbau in einem Streckenmodul lassen sich somit die „Grenzen der Baustelle“ sichtbar machen. Mit



den z-Werten lässt sich einstellen, in welcher Geländehöhe die Hüllkurven eingeblendet werden sollen. Siehe auch [Kapitel 5.4.1.6](#)

Anzahl Rückgängig: So viele Aktionen bezüglich des Streckenbaus können rückgängig gemacht werden. siehe auch [Kapitel 5.3.3.1](#).

Max. Länge bei Gleisneubau: Auch auf geraden Streckenabschnitten wird spätestens nach der angegebenen Länge ein neues Streckenelement begonnen, wenn über „Gerade/Bogen anbauen“ neue Elemente erstellt werden.

Max. Winkel bei Gleisneubau: Um einen runden Streckenverlauf zu erhalten, wird in Kurven ein maximaler Winkel zwischen zwei Streckenelementen nicht überschritten, wenn über „Gerade/Bogen anbauen“ neue Elemente erstellt werden. Die Länge der Elemente verkürzt sich entsprechend.

Fahrstraßen alphabetisch sortiert auflisten: Bei Aktivierung werden die Fahrstraßen unter „Strecke bearbeiten → Fahrstraßen“ alphabetisch sortiert. Dieses betrifft nur die Darstellung und nicht die interne Speicherreihenfolge.

Nummern zeichnen: Über die beiden Kontrollkästchen und die Farbauswahl lässt sich steuern, bei welchen Streckenelementen die Nummer in der 3D-Ansicht eingeblendet wird.

Darstellung Streckenelemente: Die Abmessungen der die Streckenelemente repräsentierenden Pfeile kann hier beeinflusst werden. Wenn die Pfeilspitzen länger werden müßten, als es die Elementlänge zuläßt, entfällt der Mittelteil und die Pfeilspitzen werden automatisch so gekürzt, dass der Pfeilaußenumradius gleich bleibt (die Pfeilspitzen werden also steiler). Bei aktivem Kontrollkästchen „Typabhängige Farben“ wird der Mittelteil für normale Streckenelemente schwarz, für Elemente ohne Gleisfunktion weiß und für Weichenbausätze dunkelrot dargestellt. Bei Tunnelementen werden die Spitzen abgedunkelt.

Mit „**Fahrdrahtraum markieren**“ wird eine halbtransparente Fläche in dem Bereich gezeichnet, in dem sich die Schleifleiste eines Stromabnehmers bewegen wird, um beim Verlegen von Fahrdrähten eine bessere Orientierung zu erhalten. Die Abmessungen der Markierung lassen sich mit den beiden Zahlenwerten fest einstellen. Alternativ wird die Höhe der Markierung aus der Fahrdrahthöhe des Streckenelements entnommen und die Breite aus dem Fahrleitungstyp des Streckenelements (diese Breite ist im Editor für jeden Fahrleitungstyp fest hinterlegt).

5.5.1.5 Registerkarte „Oberbau“

In der Oberbau-Registerkarte erfolgt die Verwaltung der verschiedenen Oberbau-Arten. Der Gleisplaneditor greift ebenfalls auf die hier konfigurierten Daten zu. Es können beliebig viele Oberbau-Arten definiert werden – identifiziert werden sie über ihren Namen. Wer also einen vorhandenen Oberbau umbenennet, verliert damit den Bezug für bereits mit diesem Oberbau erstellte Streckenelemente im 3D- und Gleisplaneditor. Außerdem muss jeder Oberbau einen anderen Namen haben, sonst geht der doppelt vorhandene spätestens nach dem Schließen des Programms verloren. Die Werte bedeuten im einzelnen:

Oberbau-Arten: Hier werden alle Oberbau-Arten aufgelistet. Ein Klick auf den Namen liest die Eigenschaften dieses Oberbaus in die Eingabefelder ein. Änderungen müssen mit dem Schalter „Übernehmen“ abgeschlossen werden.

Werte A-H, Schwellenbreite:

Die Parameter A-H sind der Skizze dargestellt und sollten selbsterklärend sein. Die Schwellenbreite wird nur benötigt, wenn dieser Oberbau in Weichenbausätzen verwendet wird. Dann wird über den hier angegebenen Wert festgelegt, welche Lücken zwischen Schwellen und Schulterkante geschlossen werden müssen (siehe auch [Kapitel 5.4.3.10.2](#)).

Bezeichnung: Der frei wählbare, aber eindeutige Bezeichner, über den die Bauart identifiziert wird.

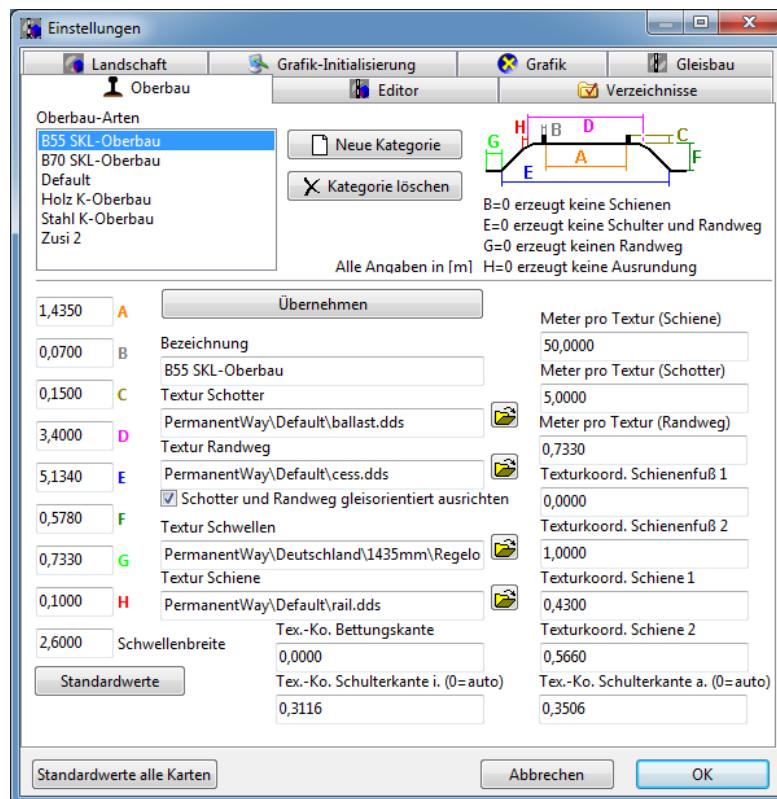
Textur-Dateien: Mit diesen Texturen werden die erzeugten Mesh-Subsets belegt. Die Texturen müssen kachelbar sein. Für den Schotter und Randweg gibt es zwei Anwendungsmöglichkeiten: Bei aktiviertem Kontrollkästchen „Schotter und Randweg gleisorientiert ausrichten“ werden die Texturen auch in Kurven immer bezüglich der Gleisachse ausgerichtet, womit sie quer zur Fahrtrichtung strukturiert sein können (z.B. Ölspuren um Schotter, Mittellinie einer Straße). Ohne Kontrollkästchen werden die Texturen im globalen UTM-Koordinatensystem gekachelt.

Meter pro Textur: Diese Angaben geben an, wie groß die Textur skaliert wird. Bei einem Wert von 5 würde also eine Textur ein 5x5 m großes Quadrat abdecken. Diese Einstellung ist nur wirksam bei globaler Orientierung der Textur, also wenn das Kontrollkästchen „Schotter und Randweg gleisorientiert ausrichten“ deaktiviert ist.

Texturkoordinaten: „Tex.-Ko. Bettungskante“ gibt die U2-Koordinate für den Abschluss des Bettungspolygons in Richtung Schulter an.

„Tex.Ko. Schulterkante“ wird nur benötigt, wenn gleisorientierte Ausrichtung gewählt wird. Bei dieser Bauart wird die Schottertextur genau von der linken Randweg/Schulter-Kante durchgehend bis zur rechten Kante verlegt. Dabei werden für die Zwischenpunkte am Knick Schulter/Gleisbett Texturkoordinaten benötigt. Durch die Ausrundung der Schulter werden zwei Koordinaten benötigt, die als innen (kurz i.) für den der Gleismitte zugewandten Punkt und außen (kurz a.) für den dem Randweg zugewandten Punkt bezeichnet werden. Diese Koordinaten können hier vorgegeben werden. Bei Angabe von 0 wird der Wert anhand der Geometrie automatisch berechnet und eingetragen (empfohlen). In Fahrtrichtung wird endlos gekachelt, wobei der Meter pro Textur-Wert entsprechend abgestimmt sein muss.

Die Schienentextur wird durchgehend vom linken Schienenfuß über den Schienenkopf bis zum rechten Schienenfuß gewickelt. Für diese vier Stützpunkte wird je eine Texturkoordinate benötigt, welche in den vier Feldern eingegeben wird. In Schienenlängsrichtung



wird endlos gekachelt.

5.5.1.6 Registerkarte „Editor“

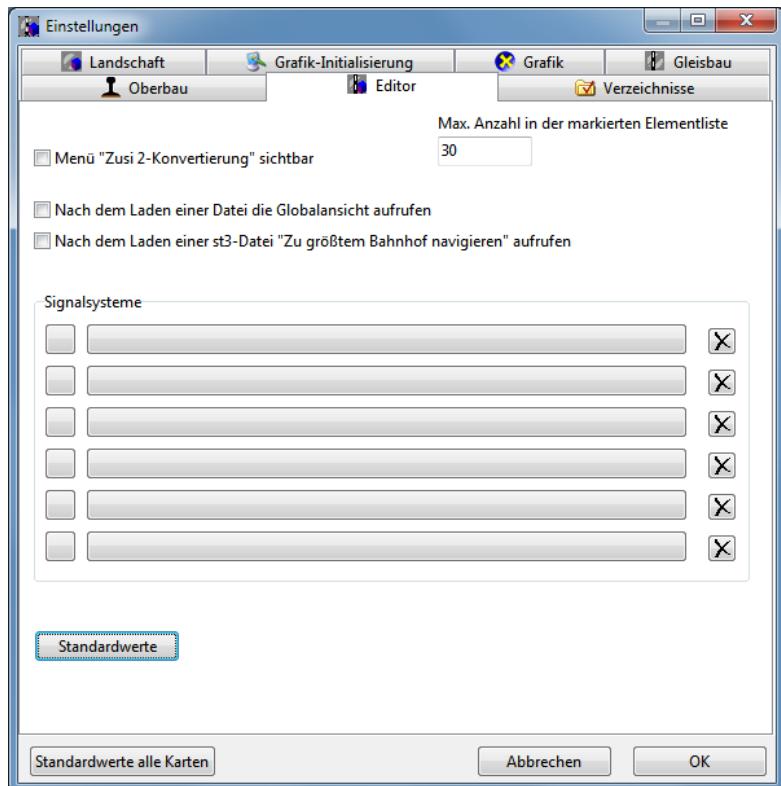
„Menü Zusi 2-Konvertierung sichtbar“: Das gleichnamige Menü im 3D-Editor und die zugehörige Registerkarte hier in den Einstellungen können zur besseren Übersicht mit diesem Kontrollkästchen ein-/ausgeblendet werden. Die Zusi 2-Funktionen sind im Anhang dokumentiert.

Nach dem Laden einer Datei die Globalansicht aufrufen: Wenn das Kontrollkästchen nicht gesetzt ist, bleibt die Betrachterposition unverändert, sonst wird nach jedem Laden einer Datei automatisch einmal die Funktion „Globalansicht“ aufgerufen, die i.d.R. einen Überblick über das Objekt gibt. Beim ersten Laden einer Datei nach dem frischen Start des 3D-Editors wird diese Funktion immer ausgelöst, auch wenn das Kontrollkästchen nicht aktiviert ist.

Nach Laden einer st3-Datei zu größtem Bahnhof navigieren: Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird nach jedem Laden einer st3-Datei die Funktion gemäß [Kapitel 5.2.6.4](#) aufgerufen. Beim ersten Laden einer st3-Datei nach dem frischen Start des 3D-Editors wird diese Funktion immer ausgelöst, auch wenn das Kontrollkästchen nicht aktiviert ist.

Signalsysteme: Hier können die Shortcuts im Menü und der Symbolleiste definiert werden, über die sich die häufig benutzte Signaldateien direkt aufrufen lassen. Der linke Schalter definiert das optionale Bild (16x16 Pixel), der mittlere die Signaldatei und der rechte setzt die Zeile wieder zurück.

Max. Anzahl in der markierten Elementliste: Die Auflistung markierter Elemente in der Symbolleiste des 3D-Editors führt zu einem Performanceproblem, wenn eine sehr große Menge Objekte markiert wird. Um dieses Problem zu vermeiden wird das Füllen der Liste bei dem hier angegebenen Grenzwert abgebrochen. In der Elementliste wird dieser Zustand durch 3 Punkte am Ende der Liste angezeigt.



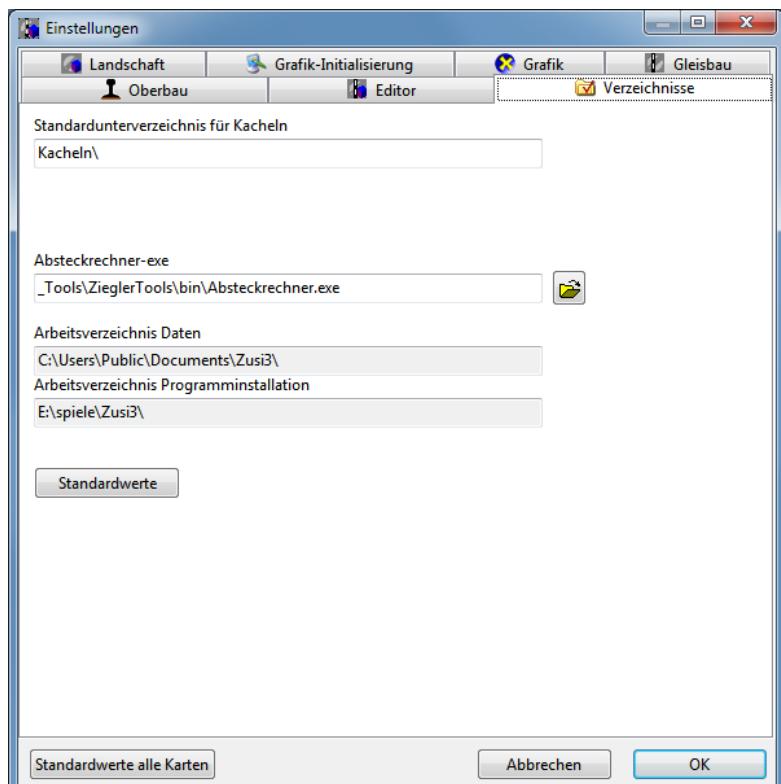
5.5.1.7 Registerkarte „Verzeichnisse“

Standardverzeichnis für Kacheln: Der hier eingetragene Pfad wird standardmäßig benutzt, wenn eine neue Strecke erstellt wird. Dieser Wert ist also die Vorgabe für das Kachel-Verzeichnis in den st3-Eigenschaften, siehe [Kapitel 5.3.2.6.1](#).

Absteckrechner-exe: Damit der Absteckrechner automatisch gestartet werden kann, muss hier der relative Pfad zum 3D-Editor angegeben werden.

Arbeitsverzeichnis Daten: Das in der Zusi-Dateiverwaltung zu definierende Arbeitsverzeichnis wird hier zur Information angegeben, damit man z.B. bei mehreren Zusi-Installationen feststellen kann, in welchem Verzeichnis man überhaupt arbeitet.

Arbeitsverzeichnis Programminstallation: Der Pfad zu den Zusi-exe-Dateien wird zur Information angezeigt.



5.5.1.8 Schnelleinstellungen

Hier können oft benötigte Einstellungen sofort geändert werden, ohne erst das Fenster und die entsprechende Registerkarte aufzurufen. Eine Änderung wird nicht bis zum nächsten Programmstart gespeichert, sondern wirkt nur so lange wie der Editor geöffnet ist. Erst wenn einmal der Einstellungsdialog mit „OK“ verlassen wird, wird die in diesem Moment aktive Einstellung für den nächsten Start gespeichert.

5.5.2 Symbolleisten

Über diesen Menüpunkt können die Symbolleisten ein-/ausgeblendet werden. Wenn eine Symbolleiste mit der Maus aus dem Menübereich abgezogen und dann mit dem „Schließen“-Knopf unsichtbar gemacht wurde, kann sie nur über diesen Menüpunkt wieder sichtbar gemacht werden.

5.5.3 Editor-Standardkonfigurationen

Zum einfacheren Einstieg bzw. zur Verbesserung der Übersicht kann die Oberfläche des Editors je nach Tätigkeitsschwerpunkt reduziert werden. Um die Symbolleisten nicht einzeln manuell aus-/einblenden zu müssen, sind die typischen Tätigkeiten „Gleisbau“, „Landschaftsbau“ und „Objektbau“ in dem Menüpunkt „Extras → Editor-Standardkonfigurationen“ vorkonfiguriert.

5.5.4 Alles markieren

Es werden alle Objekte markiert, die in der Symbolleiste „Anklickbar“ aktiviert sind, nicht aber Dreiecke und Punkte.

5.5.5 fps-Test

Der 3D-Editor zeichnet die Szene nur bei Bedarf, um nicht unnötig Rechenleistung abzufordern und Laptop-Akkus zu schonen. Deshalb ist nicht wie im Fahrsimulator eine aktuelle Framerate verfügbar. Um die für die aktuelle Szene zu erwartende fps-Zahl (frames per second) abschätzen zu können, berechnet diese Funktion einige hundert Bilder und gibt den fps-Mittelwert aus. Für relevante Werte müssen alle Editoreinblendungen (Anker, Schriften, Sterckenelemente) unsichtbar sein, da diese erhebliche Rechenlast ausmachen können.

5.5.6 DEM laden/entfernen

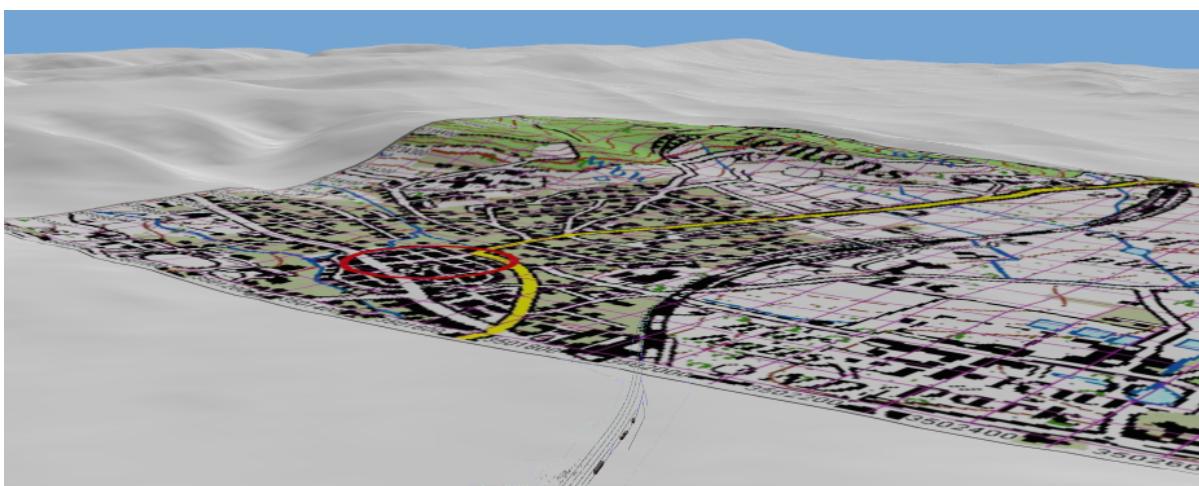
Es kann ein DEM (digitales Höhenmodell) als 3D-Objekt in den Editor geladen werden. Dieses wird kein Bestandteil der Landschaft, sondern nur zur Orientierung eingeblendet. Es kann für diverse Baufunktionen benutzt werden, wie Erstellung von Einschnitten/Dämmen, Objektimport usw.

Es kann immer nur eine DEM-Datei geladen werden. Falls das darzustellende Gelände in mehreren DEMs vorliegt, müssen diese zunächst mit Programmen wie TransDEM oder MicroDEM zu einem DEM verschmolzen werden.

Die Georeferenzierung wird automatisch durchgeführt und setzt entsprechend korrekt georeferenzierte Strecke und DEM voraus. „DEM entfernen“ macht das Einladen des DEMs wieder rückgängig.

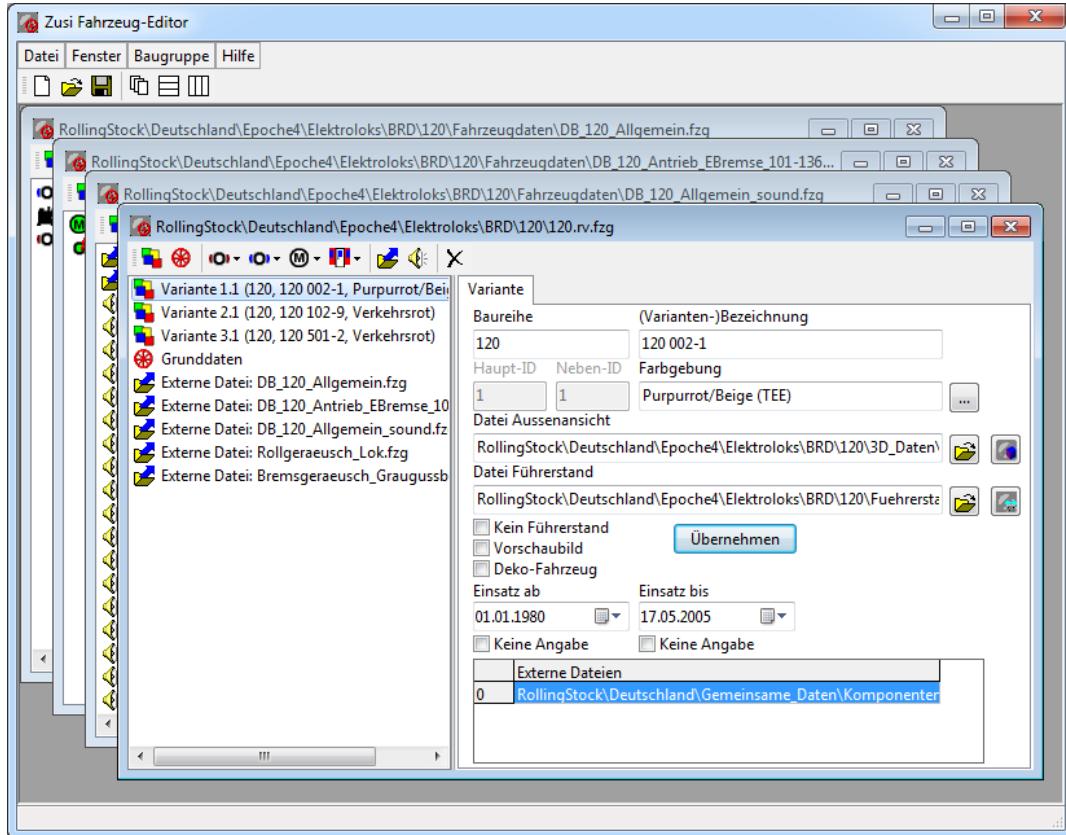
5.5.7 Georeferenziertes Bitmap auf DEM laden

Diese Funktion lädt ein georeferenziertes Bitmap, wie es von Transdem erstellt werden kann und legt es als Textur auf das DEM, um als Orientierungshilfe den Streckenbau zu vereinfachen. Es kann immer nur ein Bitmap gleichzeitig geladen sein.



6 Fahrzeugeditor

Mit dem Fahrzeugeditor werden die Fahrzeuge konfiguriert. Das sind insbesondere die Einstellungen für Antrieb und Bremse sowie einige Fahrzeuggrunddaten. Alles was Führerstand und Bedienung angeht, wird separat im Führerstandeditor definiert.



6.1 Bedienoberfläche

Im Fahrzeugeditor können mehrere Fahrzeuge gleichzeitig geöffnet werden. Für jedes Fahrzeug wird dabei ein eigenes Fenster geöffnet. Über das Menü „Datei“ kann das aktuelle Fenster oder auch alle Fenster in einem Rutsch geschlossen werden. Im Menü „Fenster“ könnte die Fahrzeug-Fenster innerhalb des Editors neu angeordnet werden.

Im jedem Fenster befinden sich links die Baugruppen in Listenform. Beim Anklicken einer Baugruppe werden deren Daten im rechten Bereich zur Bearbeitung dargestellt. Veränderte Werte werden erst übernommen, wenn der in jeder Eingabemaske vorhandene Schalter „Übernehmen“ betätigt wird. Dieses Vorgehen ermöglicht auch das Rückgängigmachen von Fehleingaben, indem ohne vorheriges „Übernehmen“ links eine andere Baugruppe angeklickt wird.

Die Baugruppen stehen im Menü nach Kategorien sortiert zur Auswahl. „Baugruppe löschen“ entfernt die markierte Baugruppe.

6.1.1 Fahrzeug importieren

Mit dieser Funktion werden die Baugruppen einer externen Datei dauerhaft als Kopie in die aktuell ausgewählte Fahrzeugdatei übernommen. Für die später erläuterte Modulbauweise ist hingegen eine Baugruppe „Externe Datei“ nötig, die die externe Datei lediglich verlinkt.

6.1.2 Datei-Information

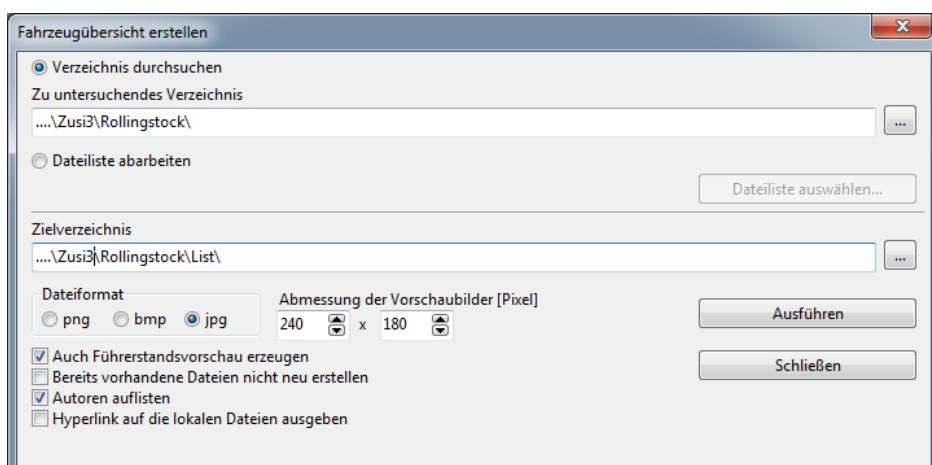
Siehe [Kapitel 1.7](#)

6.1.3 Fahrzeugübersicht erstellen

Die Fahrzeugübersicht ermöglicht die vollautomatische Erstellung einer html-Datei in der folgenden Art, mit der sich ein schneller Überblick über den auf der Festplatte vorhandenen Bestand an Fahrzeugen und deren Führerstände und technischen Grunddaten herstellen lässt:

86,0t 16,5m <ul style="list-style-type: none"> • G: 56t • P: 84t • R: 120t Indusi I60 <ul style="list-style-type: none"> • O • M Variante 17.1 (110, 110 365-4, Bügelfalte, Einzelleuchten, Kobaltblau, graues Dach, Versuchswarnanstrich) 01.01.1973 - 31.12.1983 140 km/h 86,0t 16,5m <ul style="list-style-type: none"> • G: 56t • P: 84t • R: 120t Indusi I60 <ul style="list-style-type: none"> • O • M Variante 18.1 (110, 110 189-8, Kastenform, Kombileuchten, Freimannblau) 27.12.1967 - 31.12.1993 140 km/h 86,0t 16,5m <ul style="list-style-type: none"> • G: 56t • P: 84t • R: 120t Indusi I54 <ul style="list-style-type: none"> • O <hr/> 22.) (Rollingstock\Deutschland\Epoche3\Elektroloks\BRD\Einheitsloks\DB_E40.rv.fzg)					
	Standardansicht	Fensterblick rechts	Fensterblick links	Blick zum H	
Variante 1.1 (E 40, E 40 128, Kobileuchten, Chromoxidgrün) 01.01.1957 - 31.12.1968 110 km/h 86,0t 16,5m					
	Standardansicht	Blick nach links	Blick nach rechts	Fensterblick	

Es öffnet sich der folgende Dialog:



Verzeichnis durchsuchen: Das ausgewählte Basisverzeichnis und sämtliche Unterverzeichnisse werden nach .rv.fzg-Dateien durchsucht.

Dateiliste abarbeiten: Es muss eine txt-Datei angegeben werden, die pro Zeile einen .rv.fzg-Dateinamen relativ zum Zusi-Datenverzeichnis enthält.

Zielverzeichnis: In diesem Verzeichnis werden alle Bilder und die html-Datei abgelegt. Es sollte vor dem Aufruf leer sein.

Dateiformat, Abmessungen: Das Format der Vorschaubilder für 3D und Führerstand.

Auch Führerstandsvorschau erzeugen: Bei gesetztem Kontrollkästchen werden für jedes Fahrzeug sämtliche Führerstandsansichten produziert so wie im Bild weiter oben zu sehen. Das Erstellen der Liste dauert dadurch erheblich länger.

Bereits vorhandene Dateien nicht neu erstellen: Diese Funktion prüft zunächst, ob die zu erstellende Vorschaudatei schon existiert (anhand des Dateinamens) und produziert das Bild nur neu, wenn es noch nicht existiert. Ohne das Kontrollkästchen wird eine vorhandene Datei durch eine neu erstellte überschrieben. Will man die Liste neu erstellen, ohne dass sich an den Bildinhalten etwas geändert hat, so empfiehlt sich das Setzen des Kontrollkästchens, da die Erstellung der Liste dann erheblich schneller abläuft.

Autoren auflisten: Bei aktiviertem Kontrollkästchen werden zu jeder Datei die Autoren aufgelistet.

Hyperlink auf die lokalen Dateien ausgeben: Diese Funktion fügt Hyperlinks in die Dateinamen ein. So lässt sich eine Fahrzeugdatei aus der Liste mit einem Mausklick sofort im Fahrzeugeditor öffnen. Da der Link aber nicht relativ sondern vollständig inkl. Laufwerkbuchstaben hinterlegt wird, funktioniert das in der Regel nur auf dem Rechner, auf dem diese Liste erstellt wurde, nicht aber, wenn die Liste weiter verteilt wird.

6.2 Fahrzeugkonzept

Damit ein Fahrzeug funktionsfähig ist, werden folgende Dateien benötigt:

- Fahrzeugdatei *.rv.fzg (Antrieb, Bremse)
- 3D-Datei *.ls3 (Außenansicht)
- optional Führerstandsdateien *.ftd (Führerstandsfunktion und -grafik)
- optional Sounddateien *.wav

6.2.1 Baugruppen

Jedes Fahrzeug setzt sich aus Baugruppen zusammen, die die einzelnen Komponenten des Fahrzeugs darstellen. So ergibt sich die Funktion (Lok, Waggon, Steuerwagen) aus der Kombination der vorhandenen Baugruppen.

Baugruppen können auch mehrfach eingebaut werden. Es ist dann Sache des Fahrsimulators, zur Laufzeit die jeweils passende Baugruppe zu verwenden. Sind von einer Sorte mehr Baugruppen vorhanden, als der Simulator erwartet, benutzt er die jeweils erste.

6.2.2 Modulbauweise

Die Komponenten einer Fahrzeugdatei können auch aus mehreren Dateien zusammengeladen werden. So lässt sich z.B. der Antrieb einer ganzen Fahrzeugfamilie in einer

fzg-Datei unterbringen. Jede Lok verweist dann auf diese Antriebsdatei. So muss bei Änderungen nur eine Datei angepasst werden, um alle Fahrzeuge auf den aktualisierten Stand zu bringen.

Um bei der Dateiauswahl – insbesondere bei der Zugzusammenstellung im Fahrplaneditor – gezielt die Gesamtfahrzeuge auswählen zu können, erhalten diese die Endung *.rv.fzg. Reine Komponentendateien, die nicht eigenständig lauffähig sind, erhalten die Endung *.fzg.

Es ist sinnvoll, die Fahrzeuge möglichst stark zu modularisieren, um die Datenpflege einfach und fehlerarm zu gestalten. Für die Performance des Simulators spielt es keine Rolle, ob die Daten in einer großen oder vielen kleinen Fahrzeugdateien liegen.

Als Grundregel kann man sich merken, dass kein Inhalt zweimal definiert, sondern dann besser in eine eigene fzg-Datei ausgelagert werden sollte.

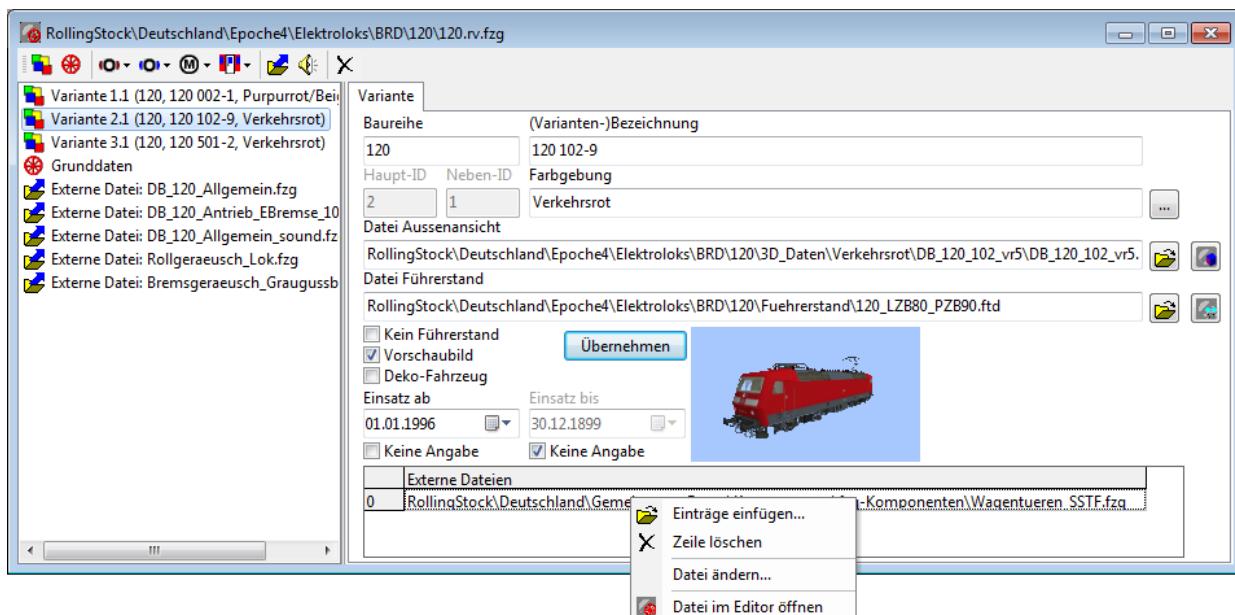
6.2.3 Vorschlag-Funktionen

Die Daten von Antrieb und Bremse lassen sich sehr detailliert eingeben. Oft liegen aber gar nicht so genaue Daten des Vorbilds vor. Daher gibt es für die meisten Einstellungen die Funktion „Vorschlagen“, die Kennlinien und Parameter nach Standardformeln berechnet, für die nur wenige Parameter nötig sind, die sich gut abschätzen lassen bzw. auch in einfachen Fahrzeugtabellen nachzulesen sind. Das Ergebnis weicht dann naturgemäß in gewissem Rahmen vom Vorbild ab, ist aber im Normalfall eine gute Näherung und bewegt sich in den Grenzen der Physik.

6.3 Fahrzeug-Variante

Jedes Fahrzeug benötigt immer mindestens eine Baugruppe „Variante“, in der einige grundlegende nichttechnische Daten definiert werden. Es können auch mehrere Varianten erzeugt werden, diese stehen dann im Fahrplaneditor zur Auswahl. Typische Anwendung sind unterschiedliche Lackierungen oder andere Bauartvarianten, die dann je eine Varianten-Baugruppe erhalten.

Zusätzlich muss für jedes Fahrzeug immer noch eine Baugruppe „Grunddaten“ eingebaut werden, siehe weiter unten.



6.3.1 Baureihe

Baureihe als Text, z.B. „216“. Bei der Buchfahrplanerstellung wird vom führenden Fahrzeug des Zuges diese Angabe in den Buchfahrplan übernommen, wenn der Fahrplanersteller keinen abweichenden Text definiert hat.

6.3.2 Varianten-Bezeichnung

Genauere Bezeichnung des Fahrzeugs, um den Typ ausreichend zu beschreiben, z.B. „216, PZB90“. Was hier genau stehen sollte, hängt vom Fahrzeug ab – es sollte dem Fahrplankonstrukteur eine ausreichende Information geben, um die richtigen Versionen für seinen Fahrplan auswählen zu können.

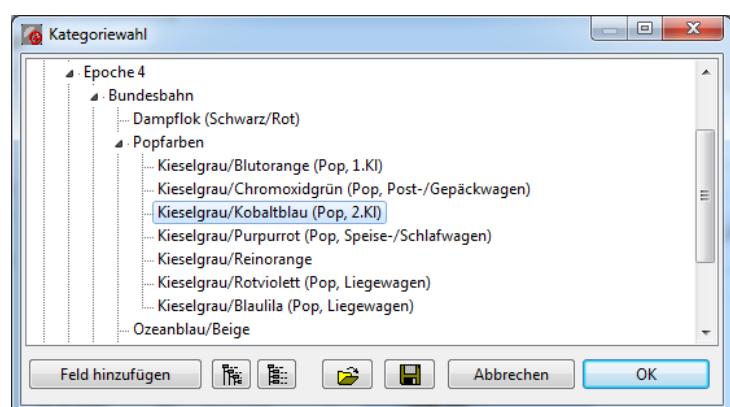
6.3.3 Haupt-ID und Neben-ID

Jede Fahrzeug-Variante erhält bei ihrer Erzeugung eine dauerhafte Haupt- und Neben-ID, die über das nebenstehende Formular abgefragt wird, sobald eine neue Variante angelegt wird. Sie kann danach nicht mehr über die Programmoberfläche geändert werden. Die genutzte Variante wird mit beiden IDs in den Fahrplandateien hinterlegt, und durch die dauerhaft gleichen IDs wird sichergestellt, dass vorhandene Fahrpläne durch spätere Weiterentwicklungen innerhalb der Fahrzeugdatei nicht unbrauchbar werden. Die Neben-ID dient dabei der fortlaufenden Nummerierung von kleineren Untervarianten. Innerhalb der selben Haupt-ID sollen die Fahrzeuge im Prinzip gegeneinander austauschbar sein, ohne dass sich dadurch in den Fahrplänen Technik- oder Epochen-Brüche ergeben. Deshalb sollten Lackierungsvarianten der 50er und 90er Jahre beispielsweise nicht innerhalb der selben Haupt-ID geführt werden, sondern unterschiedliche Haupt-IDs bekommen.



6.3.4 Farbgebung

Hier wird die Lackierung des Fahrzeugs angegeben, um z.B. im Fahrplaneditor ein entsprechendes Kriterium bereitzustellen. Zur Sicherstellung immer gleicher Schreibweisen dient der Auswahlenschalter neben dem Feld. In die Baumstruktur wird die Datei `_setup\colouring.txt` eingelesen. Klick auf einen Eintrag und „OK“ übernimmt den Text in das Editorfeld. Um neue Farben einzugeben, kann der Schalter „Farbe hinzufügen“ gedrückt werden, der in der Hierarchie unterhalb des gerade markierten Felds ein neues Feld anlegt. Soll ein Eintrag verändert werden, so muss der Eintrag markiert und dann mit der linken Maustaste einmal angeklickt werden, so wie im Bild gezeigt. Änderungen werden nicht automatisch gespeichert, sondern müssen mit dem „Speichern“-Schalter manuell ausgeführt werden.



6.3.5 Datei Außenansicht

Die Landschaftsdatei, die die 3D-Landschaft des Fahrzeugs enthält. Ausgewählt wird über den Schalter rechts neben dem Eingabefeld. Über den anderen Schalter lässt sich die 3D-Datei direkt mit dem 3D-Editor öffnen.

6.3.6 Datei Führerstand

Hier wird die Führerstandsdatei (*.ftd) festgelegt, die Führerstandsgrafik und -funktion für dieses Fahrzeugs enthält. Der Führerstand muss die notwendigen Einrichtungen enthalten, um das Fahrzeug bedienen zu können, was Zusi-seitig nicht überprüft wird. Werden hier also unsinnige Kombinationen zusammengestellt, so wird sich das Fahrzeug nicht sinnvoll bedienen lassen (z.B. auf Dieselhydraulik ausgelegter Fahrschalter in einer E-Lok). Für Fahrzeuge ohne Führerstand, also alle Waggons außer Steuerwagen oder auch Antriebseinheiten ohne Führerstand wird keine Führerstandsdatei angegeben und das entsprechende Kontrollkästchen aktiviert.

6.3.7 Vorschaubild

Wenn dieses Kontrollkästchen angeklickt wird, erzeugt der Fahrzeugeditor ein Vorschaubild der unter „Datei Aussenansicht“ gewählten 3D-Datei und zeigt dieses an.

6.3.8 Einsatz ab/bis

Diese Zeitangabe über den Einsatzbereich des Fahrzeugs, dient nur zur Information bzw. Auswertung für automatisch generierte Zugverbände.

6.3.9 Deko-Fahrzeug

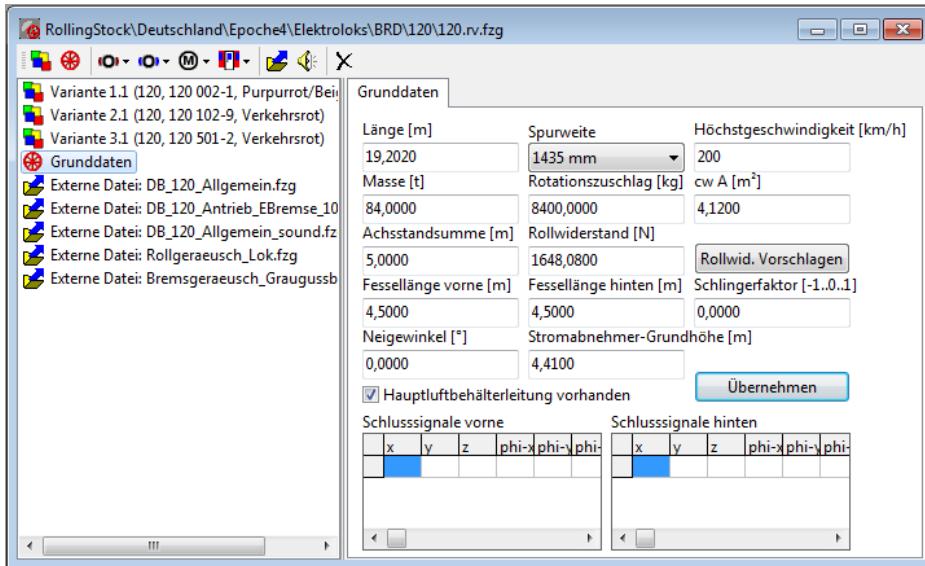
Manchen Triebfahrzeugen im Datenbestand fehlt ein vorbildgerechter Führerstand oder eine qualitativ hochwertige Soundkulisse. Die Kennzeichnung als Deko-Fahrzeug führt dazu, dass alle Züge, die ein solches Fahrzeug an führender Stelle enthalten, automatisch als Dekozug deklariert werden und somit bei der Auswahl der fahrbaren Züge im Simulator standardmäßig ausgeblendet werden. Alle Fahrzeuge, die nicht vollwertig mit Sound und passendem Führerstand ausgerüstet sind, müssen als Deko-Fahrzeug gekennzeichnet werden.

6.3.10 Externe Dateien

Hier können beliebig viele Dateien verlinkt werden. Dieselbe Funktionalität gibt es auch als Baugruppe, wo sie aber auf alle Varianten des Fahrzeugs wirkt. Soll eine externe Datei hingegen nur für die hier betrachtete Variante zum Einsatz kommen, so trägt man sie in dieser Tabelle ein. Die Bedienung erfolgt über das Kontextmenü.

6.4 Fahrzeug-Grunddaten

Die Grunddaten müssen exakt einmal pro Fahrzeug vorhanden sein. Weitere Einträge würden im Simulator ignoriert.



6.4.1 Länge

Die Länge über Puffer. Über diesen Wert wird festgelegt, in welchem Abstand das nachfolgende Fahrzeug auf dem Gleis steht. Es sollte ein paar cm Kupplungszuschlag gewährt werden, damit sich die Fahrzeugaufbauten in Kurven nicht durchdringen.

6.4.2 Spurweite

Die Angabe erlaubt im Fahrsimulator eine Überprüfung auf das Befahren kompatibler Infrastruktur und wird für die Berechnung des Bogenwiderstands benötigt.

6.4.3 Höchstgeschwindigkeit

Dieser Wert ist die größte lauftechnisch erlaubte Fahrzeuggeschwindigkeit.

6.4.4 Masse

Die Gesamtmasse des Fahrzeugs, ggf. inklusive Ladung. Bei Reisezugwagen rechnet man dafür mit ca. 5 t.

6.4.5 Rotationszuschlag

Die rotierenden Bauteile des Fahrwerks und Antriebs müssen bei der Beschleunigung zusätzlich zur Translation auch noch in Rotation versetzt werden. Diese zusätzlich zu überwindende Trägheit wird durch eine zusätzliche „virtuelle“ Masse eingerechnet. Der Rotationszuschlag wirkt also nur auf die Beschleunigung/Trägheit, nicht aber auf die Gewichtskraft des Fahrzeugs.

Da der genaue Wert in den meisten Datenblättern nicht zu finden sein wird, kann über die folgende Tabelle ein typischer Wert abgeschätzt werden.

Fahrzeugtyp	Rotationszuschlag als Anteil der Fahrzeugmasse
Dieselhydraulische Lok	10 - 15 %
Dieselelektrische Lok	15 - 25 %
Elektrische Lok	15 - 25 %
Güterwagen	8 - 10 % der Leermasse
Reisewagen	6 - 9 %

6.4.6 Luftwiderstand (cw A)

Der Luftwiderstand wächst quadratisch mit der Geschwindigkeit nach folgender Formel (ρ ist dabei die Dichte der Luft):

$$F_{Luft} = \frac{1}{2} \rho_{Luft} \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

Fahrzeugabhängig sind der Luftwiderstandsbeiwert c_w und die Querschnittsfläche A , das ist die Fläche, die sich dem Wind entgegenstellt in m^2 . Die beiden Werte werden zu einer Angabe zusammengefasst.

Im Zugverband wirken die führenden Fahrzeuge mit einem hohen Luftwiderstand (grobe Größenordnung 5-10 m^2), alle nachfolgenden mit einem geringeren (grobe Größenordnung 1-2 m^2), da das erste Fahrzeug schon die von vorne anströmende Luft verdrängt hat. Genau genommen, müssten daher für jedes Fahrzeug zwei Werte vorgehalten werden, je nachdem ob sie an der Zugspitze laufen oder weiter hinten. Um die Komplexität dieser sowieso nur spärlich dokumentierten Daten nicht unnötig zu steigern, wird es bei Zusi so gehandhabt, dass Lokomotiven mit dem Wert für führende Fahrzeuge ausgerüstet werden und Waggons, auch Steuerwagen, mit dem für nachlaufende Fahrzeuge. Damit hat ein Zugverband in den allermeisten Fällen recht plausible Werte. Je nach Temperatur, Regen, Windrichtung und -stärke schwankt der reale Luftwiderstand in recht erheblichem Maße, so dass gewisse Ungenauigkeiten in der Berechnung verkraftet werden können.

Typische Werte für $c_w A$ zeigt die folgende Tabelle:

Fahrzeug	cwA [m^2]
Baureihe 103	5
Baureihe 140	6
Baureihe V100	10
Baureihe V160	6
Baureihe 403 alt (4-teiliger Zug)	6,8
Baureihe 401 (1 Triebkopf)	2,2
Baureihe 80x (ICE-Mittelwagen)	0,8
Baureihe 420 (3-teilig)	7,4
Baureihe VT11 (7-teiliger Zug)	9,2
Baureihe ET30 (3-teiliger Zug)	7,1
Bundesbahn m-Wagen	1,1
O-Wagen, 2-achsrig, leer	2,5
O-Wagen, 2-achsrig, beladen	1,2
O-Wagen, 4-achsrig, leer	4,1
O-Wagen, 4-achsrig, beladen	1,4
G-Wagen, 2-achsrig	1
Fad-Wagen, leer	2,3
Fad-Wagen, beladen	1,2
Z-Wagen, 2-achsrig	1,7

Fahrzeug	cwA [m^2]
K-Wagen, 2-achsig, leer	1,2
K-Wagen, 2-achsig, leer mit Rungen	1,7
K-Wagen, 2-achsig, Container	1,6
S-Wagen, 4-achsig, leer	1,6
S-Wagen, 4-achsig, leer mit Rungen	2,4
S-Wagen, 4-achsig, 1 Container mittig	4,5
S-Wagen, 4-achsig, 2 Container mittig	2,8
S-Wagen, 4-achsig, 3 Container	2,2
DSB IC3-Zug	4,2

6.4.7 Achsstandssumme

Über die Achsstandssumme wird der Bogenwiderstand berechnet, der sich durch das Zwängen der Achsen in Gleisbögen ergibt. Je größer der Wert, desto höher ist der Bogenwiderstand. Bei einem zweiachsigen Wagen wäre der Abstand zwischen den beiden Achsen einzutragen. Bei einem Wagon mit zwei zweiachsigen Drehgestellen mit je 2,5 m Achsstand pro Drehgestell wäre es die Summe, also 5 m. Die Gesamtlänge des Fahrzeugs spielt dann keine Rolle.

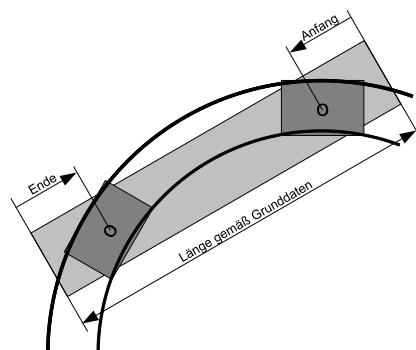
6.4.8 Rollwiderstand

Der Rollwiderstand beinhaltet die Reibung in Lagern und den Laufwiderstand des Rads auf der Schiene. Der Schalter „Vorschlagen“ berechnet einen Standardwert aus der Fahrzeugmasse.

In der Simulation wird automatisch zusätzlich ein Losbrechwiderstand beim Ingangsetzen eines Fahrzeugs hinzugerechnet.

6.4.9 Fessellängen

Hier werden die Fesselpunkte definiert, die den Lauf des Fahrzeugs auf der Gleismitte definieren. Diese Punkte liegen im Bereich der Achse bzw. im Drehpunkt des Drehgestells. Das nebenstehende Bild zeigt die beiden Fesselpunkte am Beispiel eines Drehgestellfahrzeugs. Die Position des Fahrzeugs ergibt sich, indem die beiden Fesselpunkte in Gleismitte geführt werden. Dafür sind die beiden in der Zeichnung eingezeichneten Längen als Abstand des Fesselpunkts vom Fahrzeugende anzugeben.



6.4.10 Schlingerfaktor

Dieser stufenlose Wert gibt an, wie stark das Fahrzeug schlingert. Bei einem Wert von -1 schlingert das Fahrzeug gar nicht, bei 0 mit einem vorgegebenen Standardwert, bei Werten zwischen 0 und 1 mehr als der Standard.

Der Standardwert für das Schlingern ist auf Drehgestellfahrzeuge optimiert. Bei Fahrzeugen mit Einzelachs fahrwerk ist eine leichte Erhöhung des Schlingerfaktors sinnvoll.

6.4.11 Neigewinkel

Dieser Wert ist konventionellen Fahrzeugen 0, bei Neigetechnik-Fahrzeugen ist es der maximale Winkel, um den sich das Fahrzeug aus der Gleisachse neigt (bei deutschen Triebwagen üblicher Wert: 8°).

6.4.12 Stromabnehmer-Grundhöhe

Um gleiche Stromabnehmer-Bausätze auf unterschiedlichen Loks verwenden zu können, muss die Einbaulage der Stromabnehmer in der Höhe einstellbar sein, damit der Simulator die Animation bezüglich der Fahr drahtlage korrekt ausführen kann. Einzutragen ist hier die Höhenlage des Schleifstücks über Schienenoberkante im abgesenkten Zustand (Animationswert = 0).

6.4.13 Hauptluftbehälterleitung vorhanden

Derzeit noch ohne Funktion.

6.4.14 Schluss signale vorne/hinten

Hier werden die Punkte am 3D-Modell des Fahrzeugs definiert, an denen Zugschluss signale angebracht werden können. Dies ist nur erforderlich und auch nur sinnvoll bei Fahrzeugen, die keine ins 3D-Modell integrierten Schlusslichter haben. Typischer Anwendungsfall sind Güterwagen. Pro Zeile wird ein Schlussignal angebracht, wenn die entsprechende Seite des Fahrzeugs am Zugschluss läuft. Welche Art von Schlussignal angebracht wird (z.B. Scheiben oder Oberwagenlaternen), wird über die authority.xml- Datei im Fahrplan editor festgelegt. Die Bedienung der Tabelle erfolgt über das Kontext menü.

6.5 Bremse

Hinweis: Dynamische Bremsen werden im nachfolgenden Kapitel behandelt, da sie funktional den Antrieben näher stehen.

6.5.1 Systemansatz

Die Berechnung der Druckluftbremse kann als die mit Abstand anspruchsvollste Aufgabe in der Programmierung der funktionalen Aspekte eines Eisenbahnsimulators betrachtet werden. Die besondere Herausforderung besteht darin, das sehr komplexe System eines druckluftgebremsten Zuges so zu modellieren, dass es in allen möglichen Fahrzeugzusammenstellungen sinnvolle Werte liefert und stabil arbeitet, schließlich arbeitet der Simulator je nach Rechenlast mit unterschiedlicher Framerate und daher auch mit unterschiedlichen und im kritischen Fall recht großen Zeitschritten zwischen zwei Zuständen. Wollte man so ein System vollständig abbilden, so müßte in jedem Rechenschritt ein aufwendiges Differentialgleichungssystem gelöst werden, was programmiertechnisch

aufwendig und hinsichtlich der Rechenlast höchst kritisch wäre. Zusi setzt daher auf ein rückwirkungsfreies Modell von Verzögerungsgliedern, deren Parameter so abgestimmt wurden, dass sie das Systemverhalten einer Druckluftbremse für alle relevanten Anwendungsfälle vernünftig wiedergeben. Das System hat seine Grenzen also dort, wo Konfigurationen gewählt werden, die fernab bahntypischer Werte sind und beim Herbeiführen von sehr kuriosen Zuständen. Als Ergebnis solcher Extremversuche können völlig sinnlose Druckverläufe berechnet werden.

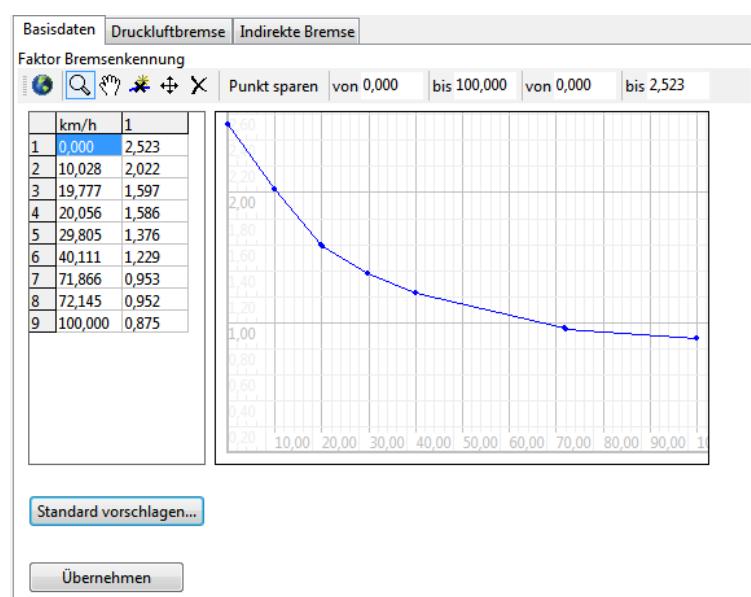
6.5.2 Struktur der Bremsbauarten

Die verschiedenen Bremssysteme sind in eine Struktur eingefügt, die ausgehend von den Grundlagen eines jeden Bremssystems die weiteren bauartspezifischen Komponenten hinzufügt, was sich in der Anordnung der Registerkarten widerspiegelt.

Wenn in dem Fahrzeug eine Bremsbedienung möglich sein soll (Lok, Steuerwagen), dann ist eine Baugruppe „Luftpresser“ hinzuzufügen. Diese enthält neben dem Luftpresser auch einen Hauptluftbehälter und die Schnittstelle zu einem Führerbremsventil (FbV). Der Fahrzeugbauer muss sicherstellen, dass in der benutzten Führerstandsdatei auch ein Kombischalter mit entsprechender FbV-Funktion eingebaut wird.

6.5.3 Registerkarte „Basisdaten“

Jede Bremse verfügt über eine geschwindigkeitsabhängige Bremskraft, die die Reibungscharakteristik zwischen z.B. Bremsklotz und Radfläche oder Bremsbelag und Bremsscheibe beschreibt. Dieser Zusammenhang wird in der Registerkarte „Basisdaten“ eingegeben. Über den Schalter „Vorschlagen“ sind typische Bremsen mit Standardkurven hinterlegt. Die bei „Vorschlagen“ abgefragte Geschwindigkeit legt lediglich fest, bis wohin das Diagramm angelegt wird. Die Kurven sind immer auf den Wert 1 normiert.



6.5.4 Druckluftbremsen

Zur Berechnung der Bremswirkung wird bei Zusi in allen Bauartvarianten eine von der Bremsbauart abhängige Kraft berechnet und diese mit der geschwindigkeitsabhängigen Kennung k_v von der Registerkarte „Basisdaten“ multipliziert, um die am Radumfang wirkende Bremskraft zu erhalten. So ergibt sich für die Druckluftbremsen die Bremskraft aus dem Druck im Bremszylinder und der Bremskraftübersetzung \ddot{u} . Für die fahrdynamisch wirksame Bremskraft gilt also:

$$F_{Brems} = p_{Zyl} \cdot \ddot{u} \cdot k_v$$

Der Bremszylinderdruck p_{Zyl} ergibt sich durch die Eigenschaften der jeweiligen Bremsbauart und Bremsstellung und ist in seinem grundsätzlichen Verhalten fest einprogrammiert.

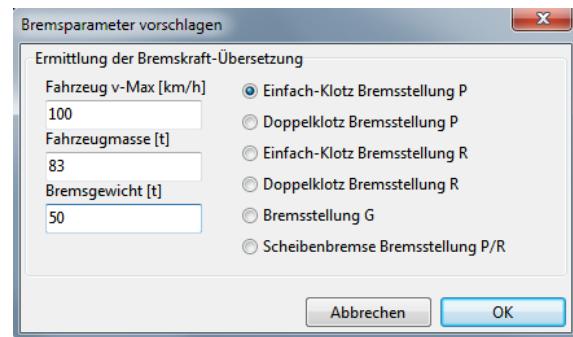
Die Bremskraftübersetzung \ddot{u} wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

6.5.4.1 Registerkarte „Druckluftbremse“

6.5.4.1.1 Bremskraftübersetzung

Die gesamte Mechanik der Bremsanlage lässt sich charakterisieren durch eine Übersetzung „Bremskraft pro Bremszylinderdruck“, die sich bei einer ausgeführten Wagenkonstruktion aus den Zylinderflächen, Übersetzungen des Bremsgestänges usw. ergibt. Beim Vorbild wird aus diesem Verhalten in Zusammenhang mit dem Anlegeverhalten per Fahrversuch das Bremsgewicht ermittelt. Die Bremskraftübersetzung ist also der zentrale Parameter, der die Leistungsfähigkeit der Bremse angibt.

Um aus dem in der Regel bekannten Bremsgewicht einen etwa passenden Wert für die in der Regel unbekannte Bremskraftübersetzung \ddot{u} abzuschätzen, fragt die „Vorschlagen“-Funktion Fahrzeug-Masse, angeschriebenes Bremsgewicht und die Höchstgeschwindigkeit ab. Außerdem muss die zum Bremsgewicht zugehörige Bremsstellung angegeben werden. Aus den Angaben wird eine Bremskraftübersetzung abgeschätzt.



Wenn für ein Fahrzeug mehrere Bremsstellungen bekannt sind, sollte sich im Idealfall für alle Angaben dieselbe Bremsübersetzung ergeben. Da die Zusammenfassung der Bremseigenschaften in einem simplen Bremsgewicht aber eine starke Vereinfachung darstellt, wird man hier in der Praxis entsprechende Abweichungen feststellen. In so einem Fall sollte man sich, wenn vorhanden, am Wert für P orientieren.

6.5.4.1.2 Volumen Bremszylinder

Die Angabe des Bremszylindervolumens wird benötigt, um den Luftverbrauch der Bremsanlage und damit den Druckverlauf in der Hauptluftleitung und dem Hauptluftbehälter zu berechnen.

Für ein korrektes Funktionieren der Bremsanlage müssen hier unbedingt vernünftige Größenordnungen eingetragen sein.

Typische Werte für das Volumen können nach folgender Tabelle anhand der Formel $V_{Zyl} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_{Zyl}^2 \cdot Hub$ abgeschätzt werden, wobei für zwei Anwendungsfälle eine Beispielrechnung durchgeführt ist. Kolbenhübe liegen zwischen ca. 70 und 200 mm.

Zylinder [Zoll/cm]	Beispiel-Konfiguration	Typischer Kolbenhub [mm]	Beispiel- Volumen [l]
6 / 15,24			
8 / 20,32	2-achsiger Güterwagen, KE-GP Klotz- bremse (90 mm), eine Bremsanlage	125	4
10 / 25,40			
12 / 30,48	4-achsiger Schnellzug-/Reisezugwagen, KE-GPR-Bremse (90 mm), 2 Bremsanla- gen	110	16
14 / 35,56			
16 / 40,64			
18 / 45,72			

6.5.4.1.3 Nachspeisung direkt aus der HBL

Wenn diese Funktion aktiviert ist, werden der R- und A-Behälter der Bremse nicht aus der Hauptluftleitung, sondern direkt aus der Hauptluftbehälterleitung gespeist. Bei Fahrzeugen mit Bremscomputer muss diese Funktion in der Regel aktiviert sein.

6.5.4.2 Direkte Druckluftbremse

Die direkte Druckluftbremse ist als Baugruppe einzubauen, wenn das Fahrzeug über eine Zusatzbremse verfügt. Das ist in der Regel bei Lokomotiven und Steuerwagen der Fall. Wenn sie auf dieselben Bauteile wirkt wie die indirekte Bremse, kann deren Bremskraftübersetzung übernommen werden.

6.5.4.2.1 Registerkarte „Haltebremse“

Eine Haltebremse hält das Fahrzeug im Stand automatisch fest, indem es die direkte Bremse im Stand ohne Zutun des Lokführers anlegt. Sobald der Lokführer Zugkraft aufschaltet, löst die Haltebremse automatisch wieder.

Bei manchen Fahrzeuge ist die Haltebremse nur aktiv, wenn die AFB eingeschaltet ist, was über das entsprechende Kontrollkästchen eingestellt wird.

„Eigener Maximaldruck“ legt einen Bremszylinderdruck der Haltebremse fest. Wird der Wert nicht vorgegeben, so wird ca. 4 bar eingespeist.

Haltebremsen gibt es Deutschland ca. seit Mitte der 1990er Jahre, sie sind oft verbaut, wenn das Fahrzeug auch AFB hat (und arbeiten dann meist auch nur bei aktiver AFB) und sind auch vor allem bei Triebwagen häufig zu finden.

Hinweis für einen Fall, der bei bei Triebwagen oft anzutreffen ist: Wenn ein Fahrzeug eine direkte Bremse als Baugruppe erhalten soll, um die Haltebremse darzustellen, aber keine Bedieneinrichtung für eine direkte Bremse besetzt und ein Türsystem mit Haltebremse vorhanden ist, dann muss die Funktion „Haltebremse nur bei aktiver AFB“ deaktiviert sein, da sonst die Haltebremse nach der Rücknahme der Türfreigabe nicht wieder löst.

6.5.4.3 Federspeicherbremse

Die Federspeicherbremse dient dazu, das Fahrzeug im Stand (beim Abstellen) gegen Wegrollen zu sichern. Ursprünglich wurden dafür Handbremsen mit mechanischem Kur-

belantrieb benutzt. Bei Federspeicherbremsen wird die Bremse durch eine Feder angepresst und kommt so ohne Druckluft aus. Etwa mit Einzug der Drehstromantriebstechnik in den 1980er Jahren lösten Federspeicherbremsen die Handbremsen ab und sind seither als Standardbauart zu betrachten. Erste Einsätze bei der Bundesbahn waren die BR 120.0 und 628.2.

6.5.4.3.1 Registerkarte „Basisdaten“

In den Basisdaten muss die Kennung hinterlegt werden. Das ist typischerweise die Kennung einer Scheibenbremse.

6.5.4.3.2 Registerkarte „Federspeicherbremse“

Bremsgewicht: Die Federspeicherbremse erfordert lediglich die Angabe eines Bremsgewichts. Der Simulator errechnet daraus eine entsprechende Bremskraft.

Zwangsbremse bei Aktivierung während der Fahrt: Federspeicherbremsen haben in der Regel eine Schutzschaltung, die beim Anlegen während der Fahrt eine Zwangsbremse auslöst, was über diese Option konfigurierbar ist.

Sound Fahren gegen angelegte Federspeicherbremse: Versucht der Lokführer bei angelegter Federspeicherbremse anzufahren, so kann das System eine Warnmeldung ausgeben, bei Sprachausgaben ist das die Ansage „Federspeicherbremse“.

Sprachausgabe: Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird die Warnmeldung über das Sprachausgabe-Modul ausgegeben.

6.5.4.4 Indirekte Druckluftbremse

6.5.4.4.1 Registerkarte „Indirekte Bremse“

Über die in der Registerkarte „Druckluftbremse“ eingetragene Bremskraftübersetzung ist das Verhalten der Bremse für alle Bremsstellungen definiert. Für Fahrplanangaben usw. wird aber ein Bremsgewicht und auch eine Angabe über die vorhandenen Bremsstellungen benötigt. Diese Werte werden in der Registerkarte „Indirekte Bremse“ eingetragen. Hier sollen also die Bremsgewichte eingetragen werden, die am Fahrzeug angeschrieben sind. Diese Daten fließen nicht in die Berechnung der Fahrphysik mit ein.

6.5.4.4.2 Registerkarte „Einlösige Bremse“

Zu beachten ist die Größe von Hilfsluftbehälter- und Bremszyllervolumen. Bei der einlösigen Bremse müssen diese aufeinander abgestimmt sein. Bei voll angelegter Bremse gilt folgende Abschätzung:

$$p_{Hilu} \cdot V_{Hilu} = p_{Zyl} \cdot (V_{Hilu} + V_{Zyl})$$

Und damit für die typischen Werte 5 bar (Ausgangsdruck Hilfsluftbehälter) und 3,8 bar (max. Zylinderdruck) für das Zylindervolumen:

$$V_{Zyl} = V_{Hilu} \cdot \frac{5 \text{ bar} - 3,8 \text{ bar}}{3,8 \text{ bar}} = 0,32 \cdot V_{Hilu}$$

In Literaturangaben sind i.d.R. nur die reinen Behältervolumen ohne Leitungen usw. zu finden, so dass ein reines Abtippen dieser Werte nicht zielführend ist und ggf. zu seltsamem Verhalten der Bremsanlage führt.

6.5.4.4.3 K1-Bremse

Hierbei handelt es sich um die einlösige Bremse der Bauart Knorr K1, ein Standardtyp der im wesentlichen die Funktion der einlösigen Bremse seit ihrer Einführung wiedergibt.

6.5.4.5 Mehrlösige Bremsen

Bei der mehrlösigen Bremse ist noch das Volumen des R-Behälters anzugeben. Ein typischer Wert ist 150 l. Je nach Einsatzzweck gibt es verschiedene Varianten:

6.5.4.5.1 KE-Bremse

KE steht für Knorr-Bremse mit Einheitswirkung. Sie wurde in Zusammenarbeit zwischen Knorr und der Bundesbahn in der Nachkriegszeit entwickelt und kann als eine Art Abschlussentwicklung der klassischen Druckluftbremse bezeichnet werden, die seitdem bei praktisch allen Wagenneubauten zum Einsatz kommt.

6.5.4.5.1.1 KE-GP

In der GP-Variante stehen nur Bremsstellungen G und P zur Verfügung. Sie kommt überall zum Einsatz, wo keine Bremsstellung R benötigt wird, also typischerweise Güterwagen und langsam laufende Personenwagen sowie Lokomotiven mit den Bremsstellungen G und P wie z.B. V100.

6.5.4.5.1.2 KE-GPR

Die KE-GPR-Bremse ermöglicht neben G und P auch die Bremsstellung R. In R wird die Bremskraft bei höheren Geschwindigkeiten zusätzlich erhöht, um die Charakteristik der Klotzbremse mit ihrer zu höheren Geschwindigkeiten abnehmenden Bremskraft zu kompensieren. Um die für R nötigen höheren Bremskräfte zu erreichen, arbeitet sie grundsätzlich auf einem niedrigen Bremszylinder-Druckniveau von 1,7 bar und hat zum Ausgleich eine stärkere Bremskraftübersetzung (konstruktiv gesehen größere Zylinderflächen). So kann die in R ab etwa 50 km/h erforderliche hohe Abbremsung durch ein Anheben des Bremszylinder-Drucks auf die üblichen 3,8 bar erreicht werden. Bei Scheibenbremsen wirkt geschwindigkeitsunabhängig in R der höhere Druck von 3,8 bar und in G und P ein Druck von 3 bar.

Typischer Einsatzbereich sind Personenwagen über ca. 100 km/h.

Die höhere Bremskraftübersetzung wird bei der „Vorschlagen“-Funktion bereits automatisch berücksichtigt.

6.5.4.5.1.3 KE-Tm

Bei dieser Bauform handelt es sich um ein Steuerventil für Lokomotiven, das in R die hohe Abbremsung durch Anheben des Bremszylinderdrucks auf bis zu 8,15 bar erreicht, wofür der Druck aus der Hauptluftbehälterleitung benutzt wird.

Einsatzbereich sind die klassischen Bundesbahn-Fahrzeuge mit Bremsstellung R und P2.

6.5.4.5.1.4 KE-L2a

Dieses Steuerventil kommt bei Lokomotiven mit Scheibenbremse und Bremsstellung R zum Einsatz. Es arbeitet in R unter 160 km/h mit 3 bar, sonst mit 1,6 bar Bremszylinderdruck.

Einsatzbereich: Taurus

6.5.4.5.1.5 KE-L2d

Dieses Steuerventil kommt bei Lokomotiven mit Scheibenbremse und Bremsstellung R zum Einsatz. Es arbeitet in R und P mit 4,4 bar und in G mit 3,3 bar Bremszylinderdruck.
Einsatzbereich: BR 146

6.5.4.6 Luftpresser

Die Baugruppe „Luftpresser“ enthält die Berechnungen für die Drucklufterzeugung (Luftpresser), Speicherung (Hauptluftbehälter) und die Schnittstelle zur Bedienung durch das Führerbremsventil. Beim Luftpresser wird als Leistungsangabe in Datenblättern üblicherweise das Ansaugvolumen in Litern pro Minute angegeben, welches auch in Zusi einzutragen ist. Im Folgenden sind einige Beispieldaten zur Orientierung aufgeführt.

Luftpresser	Fahrzeuge	Leistung [l/min]
VV450	103, 111, 151, 181.2, einige Einheitsloks	2400
VV224	110, 112, 139, 140, 141, 150, viele Altbauelloks	1800
VV100/100 (2x)	211/212, 220/221, 260/261	1500
VV160/200	216	1200
VV160/200	210, 215, 217, 218, 290/291	2400
VV64/100	515, 601/602, 612/613	480 je VT
VV110/200	614, 624	800 je VT
V70/155	795, Köf II	375
V70/155 (2x)	798	750
VV100/100	Köf III	750
VV130/200-LK	420	875

Fahrzeuge	Hauptluftbehälter-Volumen [l]
118, 144, 194, 103, 110, 141 bis 034, 111, 151, 181.2	800
139, 140, 141 ab 035, 150, 211/212/213, 260/261	600
210, 215, 216, 217, 218, 290/291	1000
420	580
515, Köf II, Köf III	300
601/602, 614/624/634	300 je VT
795, 798	200

Hinweis zur Umsetzung von Steuerwagen und ähnlichen Fahrzeugen: Damit im Steuerwagen die Druckluftbremse bedient werden kann, muss eine Luftpresser-Baugruppe vorhanden sein. Diese sollte jedoch ein Hauptluftbehälter-Volumen von 0 und eine Förderleistung von 0 haben. Fahrzeuge, die zwar einen Hauptluftbehälter, jedoch keinen eigenen Luftpresser haben, lassen sich derzeit nicht 1:1 umsetzen. Ein Luftpresser in Zusi versorgt im Moment immer nur seinen eigenen Hauptluftbehälter. Es findet kein

Luftaustausch zwischen verschiedenen Hauptluftbehältern statt. Ein Behälter ohne eigene Luftpumpe wird daher nach wenigen Bremsungen leer sein. Das Kontrollkästchen „Hauptluftbehälterleitung vorhanden“ bei den Fahrzeug-Grunddaten ist derzeit ohne Funktion. Eine Prüfung der Hauptluftbehälterleitung im Zug auf Durchgängigkeit findet noch nicht statt.

6.5.5 Bremscomputer

Unter Bremscomputer sind die Systeme zusammengefasst, bei denen ein Bremssteuergerät zwei oder mehr auf dem Fahrzeug vorhandene Bremssysteme je nach Vorgabe ansteuert. So wird typischerweise zunächst die dynamische Bremse angesteuert und erst wenn diese nicht mehr die vorgegebene Kraft aufbringen kann, wird z.B. die Druckluftbremse dazu genommen. Indirekte Bremsen werden dabei nicht über die Hauptluftleitung sondern direkt angesteuert. Dieser Typ eignet sich daher nur für geschlossene Verbände wie Triebwagen. Es wird jedes Fahrzeug separat betrachtet, eine Aufteilung der Bremswirkungen über Fahrzeuge hinweg ist nicht möglich. Um die Computerbremse anzusteuern, muss im Führerstandeditor die gleichnamige Rastenbelegung mit Werten zwischen 0 und 1 (keine bzw. maximale Bremswirkung) vergeben werden.

Maximale Bremskraft: Dieses ist der Schlüsselwert für die Arbeitsweise des Bremscomputers. Bei Voller Bremskraftanforderung (Wert 1 im Führerstandsschalter) wird versucht, diese Kraft aufzubringen, bei Teillast proportional weniger.

Zeit auf-/abschalten: In dieser Zeit läuft der Vorgabewert des Bremscomputers bei einer neuen Kraftvorgabe hoch/runter. Er muss auf die Hochlaufzeit der (typischerweise) dynamische Bremse abgestimmt werden. Läuft die dynamische Bremse langsamer hoch als der Vorgabewert, wird der Bremscomputer sofort kurzzeitig zusätzlich die Druckluftbremse hinzunehmen, was nicht vorbildgerecht wäre.

Bremssysteme: In der Tabelle werden alle Bremssystem des Fahrzeugs inklusiver verknüpfter Komponenten aufgeführt. Die vom Bremscomputer anzusteuernden Systeme erhalten eine laufende Nummer von 1 beginnend. Zu ignorierende System erhalten die Nummer 0. Es wird dann zuerst System 1 angesteuert, wenn dessen Bremskraft nicht reicht, System 2 usw.

Nicht angesteuert werden können bisher Magnetschienenbremsen sowie Federspeicher und direkte Bremsen, was aber auch nicht vorbildgerecht wäre.

6.5.6 Magnetschienenbremse

Die Magnetschienenbremse (Mg-Bremse) wird durch drei Werte definiert: In den Basisdaten muss die Kennung der Mg-Bremse hinterlegt werden. Zusätzlich sind die Bremsmasse und die Auslösegeschwindigkeit anzugeben, unterhalb der sich die Bremse automatisch wieder löst.

Typische Werte für die Bremsmasse sind 9 t pro Bremsschuh. Bei einem IC-Waggon mit zwei Drehgestellen mit je einem Bremsschuh pro Schiene sind also 36 t einzutragen. Die Auslösegeschwindigkeit beträgt meist 50 km/h.

6.6 Antrieb und dynamische Bremsen

Da sich dynamische Bremsen mit derselben Methodik nachbilden lassen, wie sie auch beim Antrieb benutzt werden, werden sie hier zusammen mit den Antriebsmodellen behandelt.

6.6.1 Grundlagen der Fahrphysik

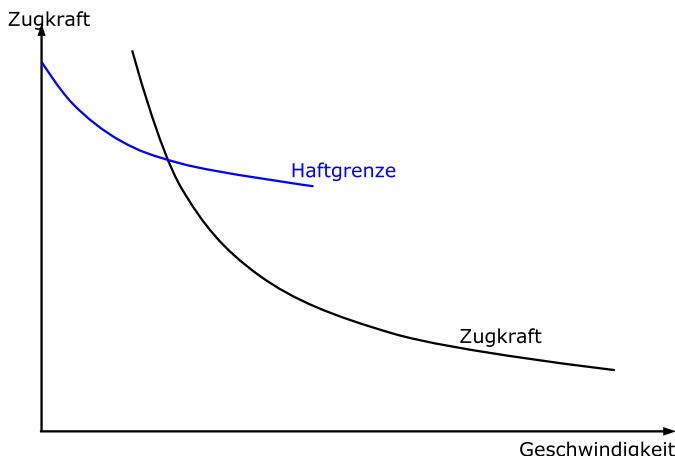
6.6.1.1 Zugkraftdiagramm

Dieses Kapitel liefert zunächst ein paar theoretische Grundlagen: Wenn man vereinfachend davon ausgeht, dass in einer Lokomotive eine gewisse maximale Antriebsleistung (P) installiert ist, die bei jeder Geschwindigkeit (v) abgerufen werden kann, dann ergibt sich für die von der Lok maximal aufgebrachte Zugkraft (F) folgender Zusammenhang:

$$\text{Leistung}_{max} = \text{Geschwindigkeit} \cdot \text{Kraft}_{max} \rightarrow F_{max} = \frac{P_{max}}{v}$$

Mit zunehmender Geschwindigkeit fällt die Zugkraft also ab, für sehr kleine Geschwindigkeiten wird sie theoretisch unendlich groß. Vorher wird irgendwann die Haftgrenze zwischen Rad und Schiene erreicht, die die maximale Kraft begrenzt.

Dieser Zusammenhang wird als Zugkraftdiagramm oder Zugkrafthyperbel bezeichnet und ist die übliche Darstellung der Antriebscharakteristik eines Fahrzeugs. Das folgende Bild zeigt den Verlauf der Zugkrafthyperbel für den idealen Fall. Eine Fahrt entlang der gezeigten schwarzen Kurve entspräche einer Fahrt mit dauerhaft abgegebener Maximalleistung:

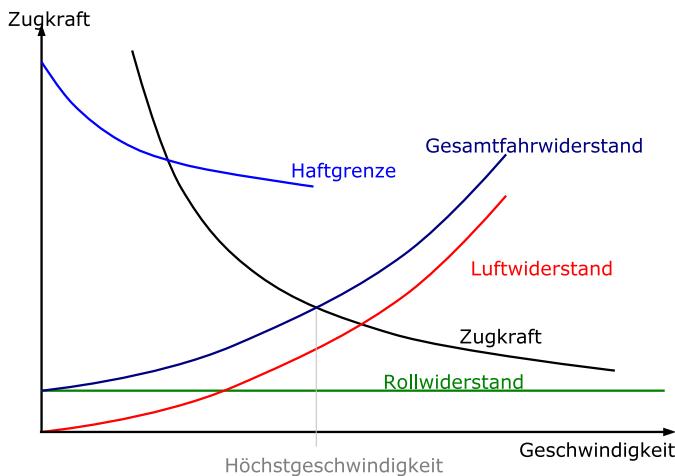


Die Annahme, dass die maximale Leistung an jedem Geschwindigkeitspunkt zur Verfügung steht, ist eine Vereinfachung, die nicht für alle Antriebssysteme zutreffend ist. Es ergeben sich also je nach Antriebsart recht unterschiedliche Übertragungen, wie in den folgenden Abschnitten erläutert wird.

6.6.1.2 Fahrwiderstände

Der Zugkraft wirken die Fahrwiderstände entgegen, insbesondere der näherungsweise konstante Rollwiderstand und der quadratisch mit der Geschwindigkeit steigende Luftwiderstand. Wenn die Summe der Fahrwiderstände und die Zugkraft sich gerade ausgleichen, hat der Zug keinen Zugkraftüberschuss mehr, der für eine weitere Beschleunigung

zur Verfügung stehen könnte - die Höchstgeschwindigkeit ist erreicht. Das folgende Bild zeigt diese Zusammenhänge.



Als weitere Widerstände kommen die Hangabtriebskraft in Steigungen und der Bogenwiderstand (Zwängen der Achsen in Kurven) hinzu. Die Parameter für die Fahrwiderstände werden bei den Fahrzeug-Grunddaten ([Kapitel 6.4](#)) näher erläutert.

6.6.2 Konzept und Komponenten

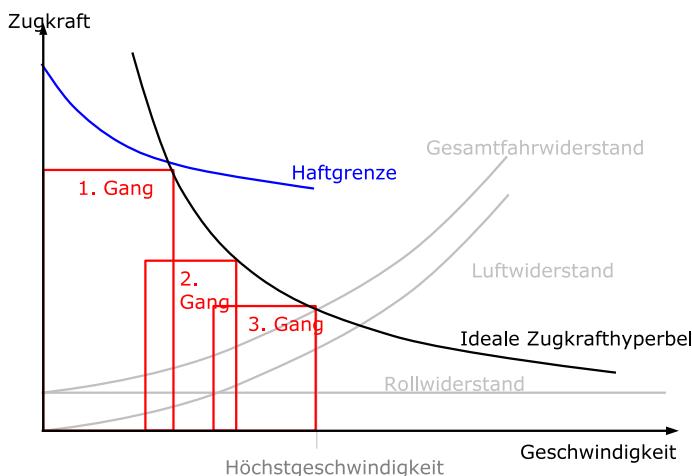
Die Antriebskomponenten der verschiedenen Systeme sind modular aufgebaut, wobei typischerweise für jedes Modul eine Registerkarte angelegt wird. Die gleichen Komponenten können also in verschiedenen Zusammenhängen auftauchen (Dieselmotor z.B. beim dieselhydraulischen, dieselelektrischen Antrieb usw.).

Im Folgenden werden zunächst die Komponenten isoliert erläutert. Im nachfolgenden Abschnitt werden die daraus zusammengesetzten Antriebssysteme erklärt.

6.6.2.1 Dieselmotor

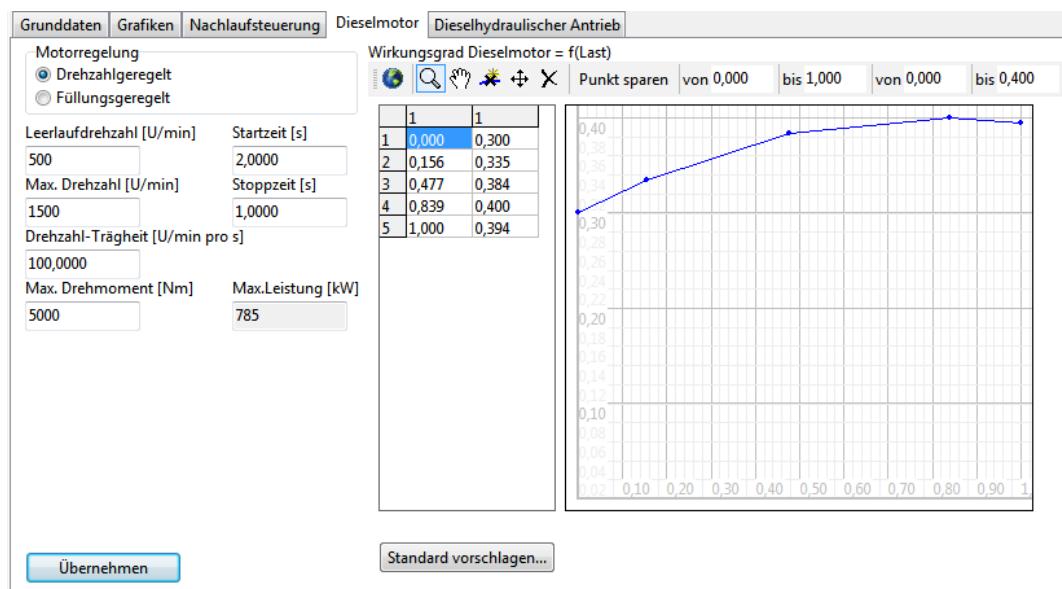
Verbrennungsmotoren weisen in erster Näherung das Verhalten „konstantes Drehmoment über Drehzahl“ auf und damit linear mit der Drehzahl steigende Leistung. Bei niedriger Drehzahl steht also nur wenig Leistung zur Verfügung. Um das ideale Zugkraftkennfeld trotzdem näherungsweise auszufüllen, werden mehrere Gänge benötigt, die es dem Motor erlauben, möglichst immer im Drehzahlbereich hoher Leistung betrieben zu werden. Weiterhin ist beim Anfahren eine spezielle Anfahrhilfe notwendig, da der Motor nicht aus dem Stand heraus unter Last starten kann.

Das Verhalten ist beispielhaft im folgenden Bild für drei Gänge dargestellt. Wegen der beschränkten Maximal- und Minimaldrehzahl eines Verbrennungsmotors beschränkt sich die Nutzung eines Ganges jeweils auf einen gewissen Geschwindigkeitsbereich. Je feiner die Unterteilung der Gänge ist (Idealfall: stufenloses Getriebe), desto näher kann man sich der idealen Zugkrafthyperbel annähern.



Die Umsetzung dieser Gangstufen kann über ein mechanisches Getriebe oder (für größere Leistungen) über mehrere hydraulische Wandler und Kupplungen erfolgen.

Der Dieselmotor wird im Fahrzeugeditor in einer eigenen Registerkarte aufgeführt:



Motorregelung: Von Füllungsregelung spricht man, wenn der Motor direkt über die Einspritzpumpe eingestellt wird. Die Menge des einzuspritzenden Diesels wird sozusagen direkt über die Fahrschalterstellung bestimmt. Nur Leerlauf- und Maximaldrehzahl werden überwacht. Die aktuelle Motordrehzahl ergibt sich damit aus dem Übertragungsverhalten des Antriebssystems.

Bei der Drehzahlregelung entspricht jede Fahrstufe einer Motordrehzahl. Der Motorregler versucht diese Drehzahl immer zu halten, indem er die Einspritzmenge entsprechend anpasst. Wäre dazu ein höheres Drehmoment nötig, als der Motor liefern kann, so wird sich die Drehzahl zwangsläufig reduzieren, was als Drehzahldrückung bezeichnet wird.

Leerlaufdrehzahl: Leerlaufdrehzahl in Umdrehungen pro Minute. Während des Start- und Stoppvorgangs wird der Motor von bzw. auf Drehzahl 0 heruntergefahren, sonst stellt diese Drehzahl die untere Grenze dar.

Maximale Drehzahl: Bei dieser Drehzahl wird der Motor abgeregelt.

Drehzahl-Trägheit: Dieser Wert gibt an, wie schnell der Motor einer neuen Drehzahlvorgabe folgt. Bei einem Wert vom 100 U/min/s wird es beispielsweise zwei Sekunden

dauern, bis der Motor von 700 auf 900 Umdrehungen pro Minute hochgelaufen ist. Dieser Wert ist für einen gleichmäßigen Hoch-/Runterlaufen ist die Schaltgeschwindigkeit der Nachlaufsteuerung abzustimmen.

Max. Drehmoment: Das maximale Drehmoment, gemessen an der Kurbelwelle, bestimmt zusammen mit der maximalen Motordrehzahl die mechanische Ausgangsleistung des Motors. Es wird angenommen, dass das maximale Drehmoment konstant, also unabhängig von der Drehzahl ist.

Startzeit: Dauer in Sekunden, die das Starten des Motors bis zum Erreichen der Leerlaufdrehzahl in Anspruch nimmt. Die Motordrehzahl wird in dieser Zeit linear hochgefahren.

Stopzeit: Verhalten beim Abstellen analog zur Startzeit.

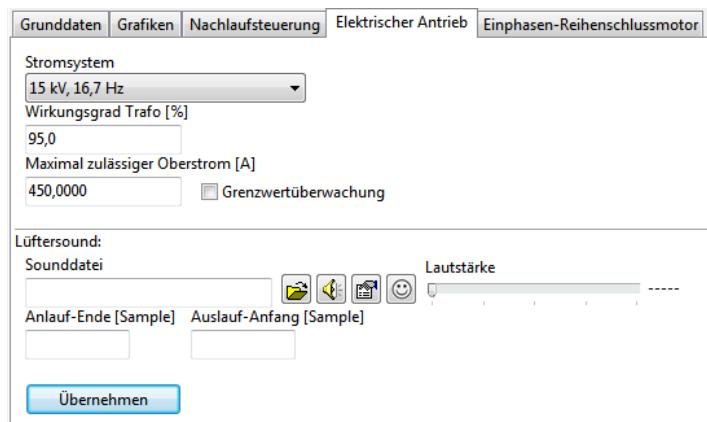
Max. Leistung: Die sich aus maximaler Drehzahl und dem Drehmoment ergebende Leistung wird hier zur Information angezeigt.

Wirkungsgrad: Der Wirkungsgrad kann über diese Tabelle in Abhängigkeit der Last angegeben werden. Der Schalter „Vorschlagen“ liefert eine typische Kurve. Die Angabe des Wirkungsgrads bezieht sich auf die Umsetzung vom Dieselkraftstoff auf die mechanische Leistung an der Kurbelwelle. Eine drehzahlabhängige Angabe ist bislang nicht vorgesehen.

6.6.2.2 Elektrischer Antrieb

Der große Vorteil aller Elektromotoren ist der weite Drehzahlbereich, den sie abdecken können. So ist kein Schaltgetriebe notwendig. Wenn keine Leistung benötigt wird, fließt auch kein Strom - es gibt also keinen Energieverbrauch im Leerlauf. Weiterhin können E-Motoren aus dem Stand heraus mit hoher Kraftentfaltung anfahren, so dass keine besondere Anfahrrhilfe nötig ist. Im Fahrzeugeditor werden die Daten zum elektrischen Antrieb in einer Registerkarte hinterlegt.

Hierbei geht es nur um die Grunddaten, die dann je nach Bauart um einen motorspezifischen Teil ergänzt werden.



Stromsystem: Die Angabe des Stromsystems wird benutzt, um die Kompatibilität zur Strecke zu überprüfen. Außerdem ist die Angabe der Fahrdrahlspannung für die Ermittlung des Oberstroms relevant.

Wirkungsgrad Trafo: Dieser Wirkungsgrad wird konstant in die Antriebsberechnung mit einbezogen und ist für die Gesamtkette vom Fahrdrahl zum Motor (ausschließlich) gedacht. Er schließt also beispielsweise auch eine Umrichtung bei Drehstromloks mit ein.

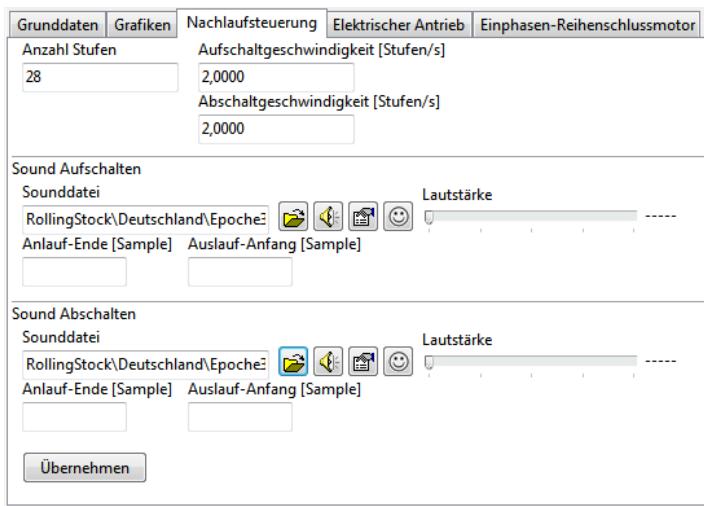
Maximal zulässiger Oberstrom: Wird hier ein Wert hinterlegt, so wird bei Überschreiten der angegebenen Stromstärke der Hauptschalter ausgelöst. Ist zusätzlich das Kontrollkästchen für Grenzwertüberwachung gesetzt, so wird statt einer Auslösung des Hauptschalters das Hochlaufen des Schaltwerks an der Stromgrenze bewirkt.

Lüftersound: Der hier hinterlegte Sound ist derzeit noch ohne Funktion. Zukünftig soll er als Lüftergeräusch vom Fahrsimulator angesteuert werden können.

6.6.2.3 Nachlaufsteuerung

Die Nachlaufsteuerung sorgt für ein verzögertes Hoch- und Ablaufen des Antriebs. Die Nachlaufsteuerung wird in einer eigenen Registerkarte angezeigt.

Anzahl Stufen: Die Anzahl der Stufen entspricht der Anzahl der Stellungen des Fahrschalterhandrads bzw. der Anzahl der Schaltstufen des Schaltwerks. Die Anzahl der Stufen muss mit dem zugehörigen Kombischalter des Führerstands abgestimmt werden, damit auch jeder Fahrschalterraste/-betätigung eine Schaltstufe zugeordnet ist. Fahrzeuge mit kontinuierlicher Steuerung können durch einen großen Wert für „Anzahl Stufen“ angenähert werden.



Auf- und Abschaltgeschwindigkeit: Geschwindigkeit, mit der die Stufen geschaltet werden, wobei zwischen Auf- und Abschalten unterschieden werden kann, auch wenn der Wert bei den meisten Loks identisch sein sollte.

Sound: Die Sounds sind getrennt für den Hochlauf und Runterlauf des Schaltwerks von Elektroloks vorgesehen. Ein Sound wird beim Überschreiten der Schaltstufe je einmal abgespielt.

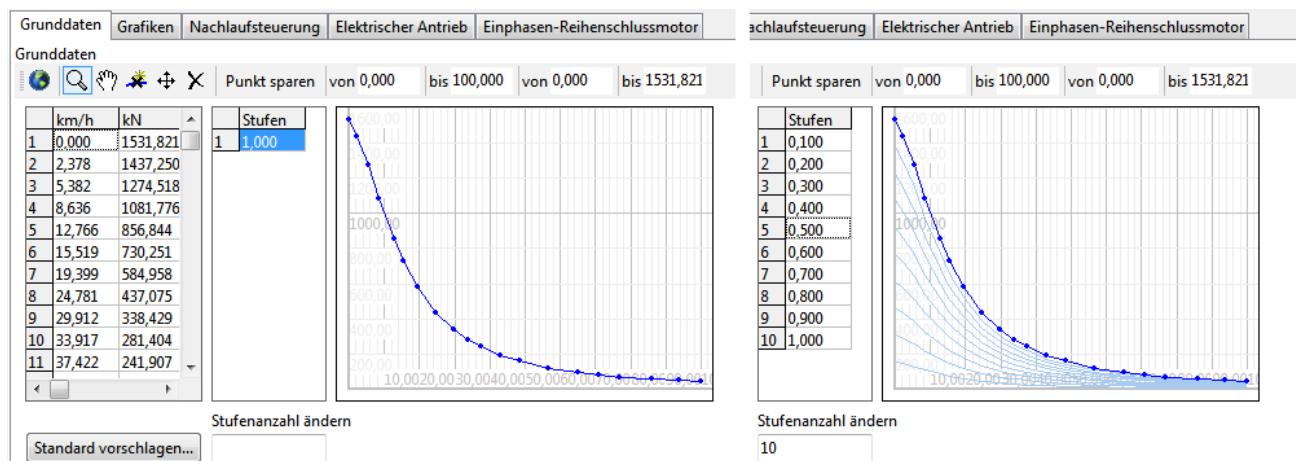
6.6.2.4 Registerkarte „Grunddaten“

6.6.2.4.1 Zugkraftkennlinie

Die Zugkraftkennlinie legt das Verhalten des Antriebssystems fest und ist damit die zentrale Angabe für das Verhalten der Antriebsleistung (Ausnahme beim dieselhydraulischen Antrieb, siehe entsprechendes Kapitel). Wenn eine Zugkraftkennlinie des Vorbilds vorliegt, kann diese exakt nachgebildet werden. Liegt keine Vorbildinformation vor, so lässt sich über den Schalter „Standard vorschlagen“ je nach ausgewähltem Antriebstyp eine typische Kurve annähern.

Meist sind die Fahrstufen etwa gleichmäßig geteilt. Dann genügt die Angabe der maximalen Zugkraft, so wie beispielhaft im folgenden Bild links gezeigt. Läuft das Fahrzeug unter Teillast, wird die jeweilige Zugkraft zwischen der Kurve und 0 interpoliert.

Über eine Eingabe „Stufenzahl ändern“ (+ Enter) können auch Zwischenlinien erzeugt werden, um ein nichtlineares Antriebsverhalten nachzubilden. Im nachfolgenden Bild sind auf der rechten Seite 10 Stufen dargestellt, die aber noch unverändert linear geteilt sind. Beide Bilder führen also im gezeigten Fall zu exakt dem gleichen Fahrverhalten. Da mit nur einer Kurve im linken Bild weniger Rechenaufwand nötig ist, um den Arbeitspunkt zu bestimmen, sollten die zusätzlichen Stufen wirklich nur eingetragen werden, wenn auch eine nichtlineare Teilung vorliegt. Zur vorübergehenden Darstellung der Teillastzugkräfte in den einzelnen Fahrstufen während der Kurvenerstellung ist die Stufenangabe aber auch bei linearer Teilung gut geeignet.



Soll eine nichtlineare Teilung umgesetzt werden, so müssen die Werte unter „Stufen“ entsprechend angepasst werden (+ Enter).

Beispiel für eine nichtlineare Teilung: Sechs Stufen mit 0,1 – 0,5 – 0,7 – 0,8 – 0,9 – 1. Hier würde in Fahrstufe 1 Teillast mit 10%, in Stufe 2 Teillast mit 50% usw. bis Fahrstufe 6 mit 100% erzeugt.

Im Bereich niedriger Geschwindigkeiten ist zu beachten, dass dort die maximale Zugkraft in der Regel nicht auf das Gleis gebracht werden kann, da die Lok vorher zu schleudern beginnt. Die Zugkraftkennung muss aber so angegeben werden, als ob die Lok nie schleudern würde – wie z.B. bei einer Zahnradbahn. Es ergibt sich dann das vorbildgerechte Verhalten, dass im Bereich niedriger Geschwindigkeiten nur mit niedrigeren Fahrstufen gefahren werden kann und die höheren Fahrstufen erst mit zunehmender Geschwindigkeit benutzt werden können. Die üblichen Zugkraftdiagramme werden hingegen bei der real möglichen Anfahrzugkraft gedeckelt. Ist die Fahrstufe bekannt, bei der diese Kraft erreicht wird, so lässt sich die Plausibilität der Zusi-Kurve abschätzen, indem – wie im Bild oben rechts – temporär die Zwischenstufen eingeblendet werden. Die entsprechende Fahrstufe sollte dann bei Geschwindigkeit 0 ca. die Anfahrzugkraft aufweisen. Ist diese Fahrstufe nicht bekannt, so kann die Anfahrzugkraft im Fahrversuch ermittelt werden. In jedem Fall ist die Güte der Kraftverteilung zu beachten, die zusammen mit der Reibmasse bestimmt, wann der Schleudervorgang einsetzt.

6.6.2.4.2 Grenzdruck HL

Wenn der Druck in der Hauptluftleitung unter diesen Wert fällt, wird der Antrieb abgeschaltet. Standardwert ist 3 bar.

6.6.2.4.3 Grenzdruck HBL

Wenn der Druck in der Hauptluftbehälterleitung unter diesen Wert fällt, wird der Antrieb abgeschaltet.

6.6.2.4.4 Angetriebene Achsen

Diese Angabe wird benötigt, um einige Führerstandsanzeigen richtig ansteuern zu können. Einfluss auf die Fahrphysik hat sie nicht.

6.6.2.4.5 Reibmasse

Die Masse, die auf den Antriebsrädern lastet. Diese ist bei Fahrzeugen mit Laufachsen kleiner als die Fahrzeug-Gesamtmasse.

6.6.2.4.6 Güte Kraftverteilung

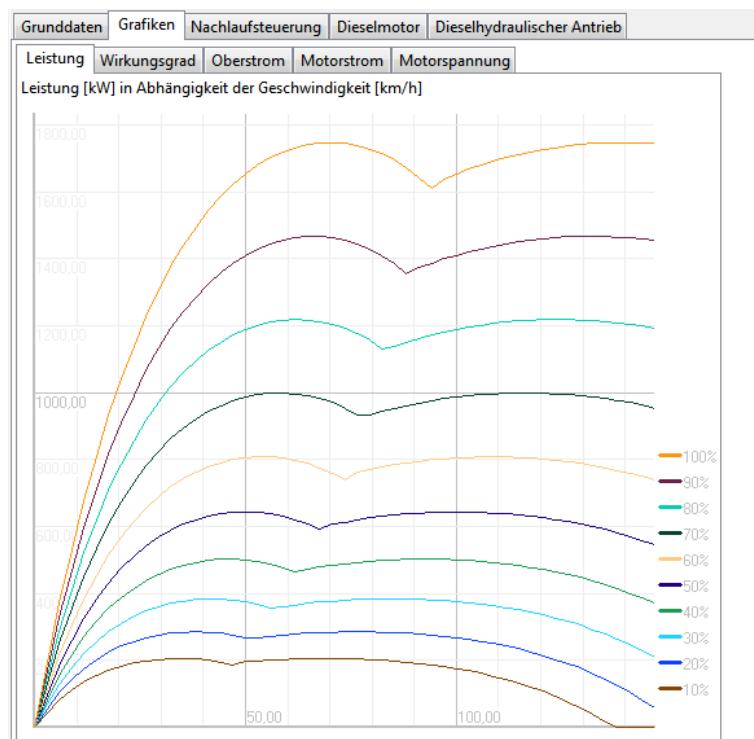
Über diesen Wert wird angegeben, wie gut bzw. gleichmäßig die Lok die Zugkraft auf die Schiene bringt. Eine Lok mit sehr gut funktionierendem Schleuderschutz liegt nahe 1. Eine Lok mit ungleichmäßiger Kraftverteilung über die Achsen und vielleicht noch zusätzlich stoßartiger Kraftentfaltung (z.B. Dampflokomotive) wird Kraftspitzen aufbauen und darum trotz durchschnittlich gleicher Antriebskraft wesentlich früher schleudern.

6.6.2.5 Registerkarte „Grafiken“

Hier werden verschiedene Betriebswerte des Antriebs zur Information dargestellt. Gezeigt wird die jeweilige Größe in Abhängigkeit der Geschwindigkeit für 10 Laststufen zwischen 10 und 100%. Ist z.B. der Wirkungsgrad nicht lastabhängig, erscheint nur eine Linie.

Diese Registerkarte ist insbesondere dafür gedacht, manuell vorgenommene Änderungen an den Antriebsparametern auf Plausibilität überprüfen zu können. Der Wirkungsgrad darf z.B. nie über 1 liegen.

Die Kurven werden mit den aktuellen Parametern neu erstellt, sobald in einer der Registerkarten auf „Übernehmen“ geklickt wird.



6.6.3 Antriebe

6.6.3.1 Einfaches Antriebsmodell

Dieser unspezifische Antrieb ist bewusst einfach gehalten und kann überall dort zum Einsatz kommen, wo es nur darum geht, dass sich ein Fahrzeug bewegt, ohne dass es in antriebsspezifischen Feinheiten betrachtet wird.

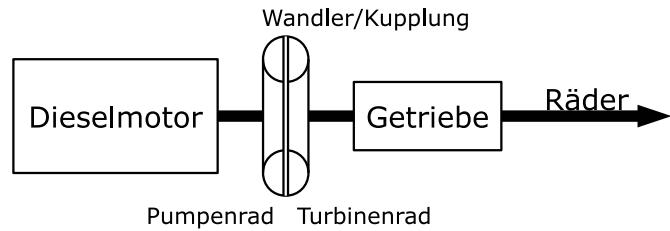
Der Gesamtwirkungsgrad kann last- und geschwindigkeitsabhängig in der letzten Registerkarte angegeben werden.

Unter „Vorschlagen“ wird eine ideale Zugkraftkennlinie errechnet, die bei der angegebenen maximalen Kraft gedeckelt wird.

6.6.3.2 Dieselhydraulischer Antrieb

Wie zuvor beim Dieselmotor erläutert, muss die Antriebsleistung bei Dieselloks in mehreren Übersetzungen/Gangstufen vom Motor auf das Gleis übertragen werden. Bei der dieselhydraulischen Kraftübertragung werden dafür mehrere hydrodynamische Wandler und/oder Kupplungen benutzt. Die Steuerung der Lok wählt automatisch den zur aktuellen Geschwindigkeit und Last passenden Wandler.

Das nebenstehende Bild zeigt die grundlegende Anordnung für eine Kupplung, die weiteren Wandler/Kupplungen wären parallel geschaltet. Immer nur ein/e Wandler/Kupplung ist aber tatsächlich im Einsatz, während die anderen durch Ablassen des Öls wirkungslos geschaltet werden.

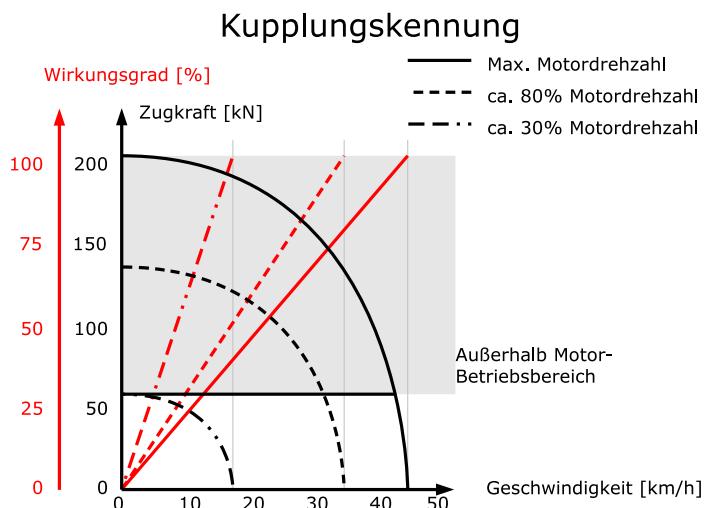


6.6.3.2.1 Kupplung

Eine Drehmomentkupplung besteht aus einem Pumpenrad, das vom Motor angetrieben wird, und einem Turbinenrad auf der Getriebeseite, von dem die Leistung an die Achse weitergeleitet wird. Als Übertragungsmedium dient Öl, welches vom Pumpenrad gegen das Turbinenrad geschleudert wird und dieses somit in Rotation versetzt. Dieses Übertragungsverhalten folgt der sogenannten Propellerkurve $M = n^2 \cdot k \cdot D^5$, wobei D der Schaufelraddurchmesser und k eine Konstruktionskonstante sind.

Damit überhaupt ein Drehmoment übertragen werden kann, muss immer eine gewisse Drehzahldifferenz zwischen Pumpen- und Turbinenrad vorhanden sein. Das Turbinenrad wird also – unter Last – nie ganz die Drehzahl des Pumpenrads erreichen können. Eingangs- und Ausgangsdrehmoment sind identisch, so dass sich der Wirkungsgrad der Kupplung direkt ergibt zu:

$$\eta_{Kupplung} = \frac{n_{Pumpenrad(Motor)}}{n_{Turbinenrad(Getriebe)}}$$



Kupplungen werden im Bahntrieb normalerweise recht steif ausgelegt, so dass die beiden Drehzahlen nahe beieinander liegen und sich somit ein guter Wirkungsgrad ergibt. Das Diagramm zeigt so eine Auslegung für eine Kupplung zum Einsatz bis ca. 40 km/h. Die Kupplung könnte prinzipiell auch schon aus dem Stand mit maximaler Motordrehzahl bedient werden (Arbeitspunkt ganz links oben im Diagramm). Das sich dabei ergebende Drehmoment wäre aber bei den bahnüblichen Auslegungen ca. Faktor 4 größer als das maximal vom Motor erzeugbare Drehmoment. Bei der hier gezeigten Auslegung kann die Kupplung also aus dem Stand nur mit ca. 30% der max. Motordrehzahl angefahren

werden. Erst mit zunehmenden Geschwindigkeiten rücken die Kennlinien höherer Motordrehzahlen in den Arbeitsbereich, womit sich die Motordrehzahl weiter erhöhen lässt. Die Motordrehzahl ist daher immer etwa proportional zur Geschwindigkeit.

Aus diesem Zusammenhang folgt auch, dass der Dieselmotor beim Einsatz einer Kupplung nicht drehzahlgeregelt sein darf, da er dann nicht diesem vom Übertragungssystem vorgegebenem Drehzahlverhalten folgen würde.

6.6.3.2.2 Wandler

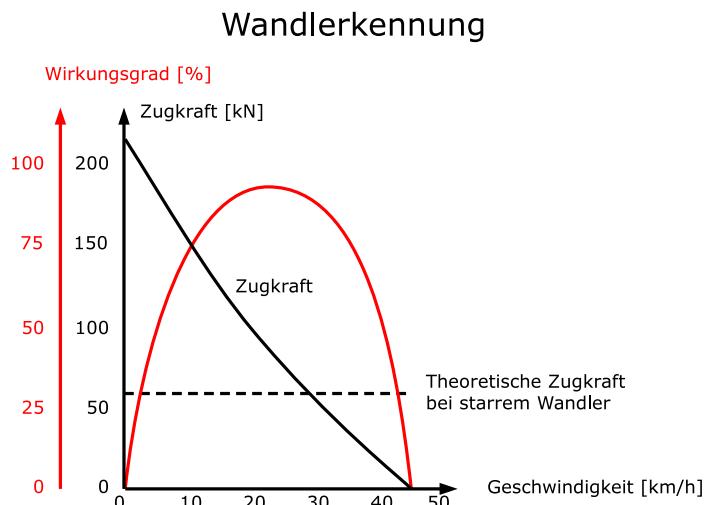
Der Drehmomentwandler unterscheidet von der Kupplung durch ein zusätzliches Leitrad zwischen Pumpenrad und Turbinenrad, das mit dem Gehäuse verbunden ist. Durch diese Abstützung kann der Wandler das eingeleitete Drehmoment verstärken. Das nebenstehende Bild zeigt die durch den Wandler erzeugte Zugkraftkennlinie, welche man angenähert als fallende Gerade betrachten kann. Trägt man gedanklich eine Kennlinie ein, die sich bei direkter Verbindung Motor-Getriebe ergibt (Wandler starr verbunden), so erkennt man die Überhöhung der Zugkraft durch den Wandler, die typischerweise bei Faktor 4 bis 5 liegt. Wegen der hohen Drehmomentverstärkung ist ein Wandler sehr gut für den Anfahrbereich geeignet. Der Wirkungsgrad des Wandlers ergibt sich zu:

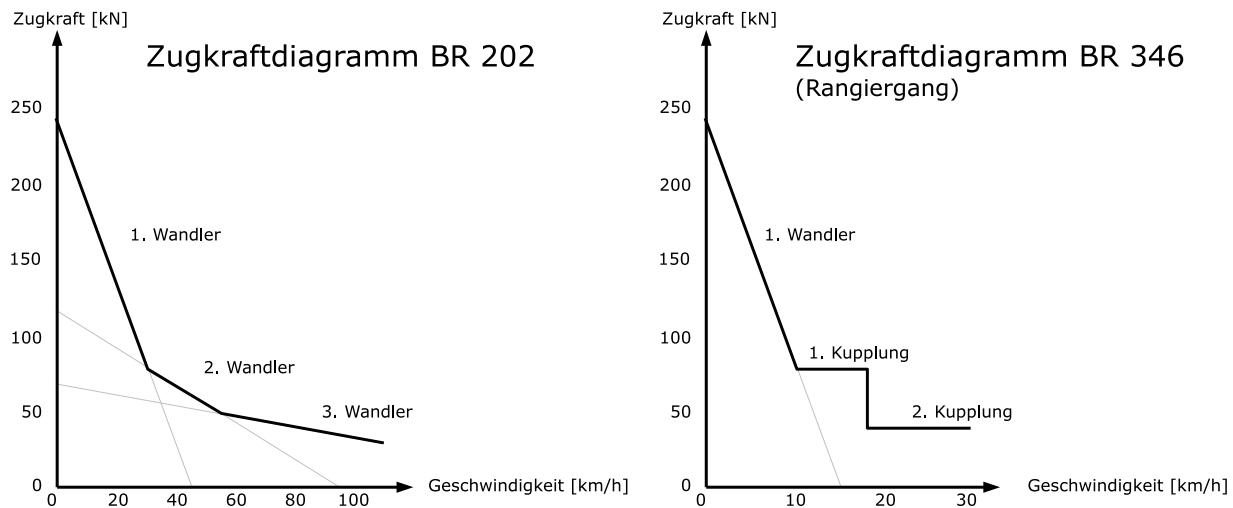
$$\eta_{Wandler} = \frac{M_{Motor} \cdot n_{Motor}}{M_{Getriebe} \cdot n_{Getriebe}}$$

Dieser Zusammenhang stellt sich grafisch als Parabel dar, deren Scheitelpunkt (besten Wirkungsgrad) gerade dann erreicht wird, wenn die Motordrehzahl doppelt so hoch wie die Getriebedrehzahl ist.

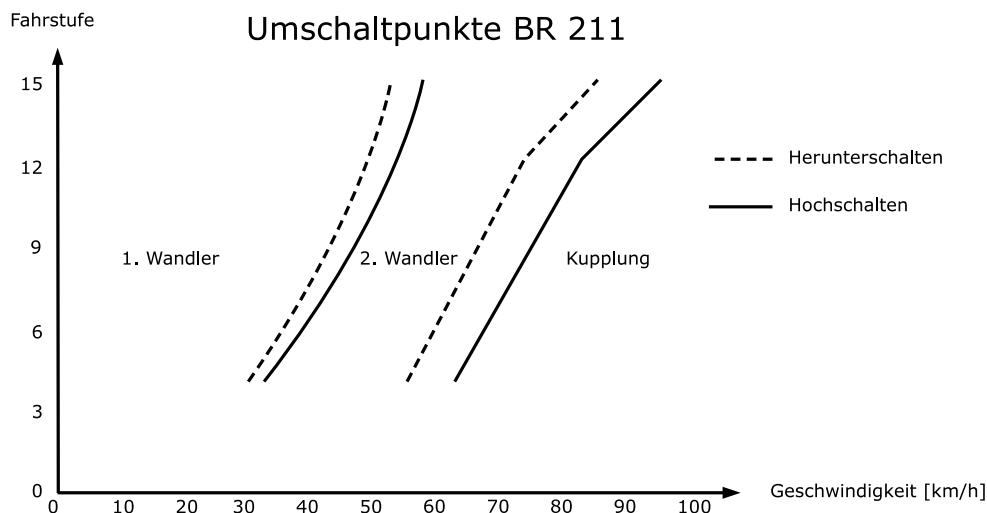
6.6.3.2.3 Auswahl der Gänge

Aufgrund der Wandlerkennung gibt es nur bei jeweils einer Geschwindigkeit einen idealen Arbeitspunkt, bei der Kupplung steht die maximale Motorleistung nur am Ende des Arbeitsbereichs zur Verfügung. Um der idealen Zugkraftkurve möglichst nahe zu kommen und über dem gesamten Geschwindigkeitsbereich einen guten Wirkungsgrad zu erreichen, werden typischerweise drei Wandler benutzt. Während für den Anfahrbereich ein Wandler ideal ist, da er durch die Zugkraftverstärkung für hohe Anfahruzugkräfte sorgt, kommen für die höheren Gänge auch Kupplungen in Frage. In den folgenden Bildern ist das für ein dreistufiges Getriebe gezeigt.





Die Auswahl des aktuellen Gangs erfolgt vollautomatisch in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und der Motorlast. Bei niedrigerer Last wird früher hochgeschaltet, da sich die Arbeitsbereiche der Wandler entsprechend in Richtung niedrigerer Drehzahl verschieben. Außerdem ist eine Hysterese zwischen Hoch- und Runterlauf vorgesehen, um ein ständiges Hin- und Herschalten zu verhindern, wenn sich der Betriebspunkt gerade in der Nähe des Schaltpunkts befindet. Das folgende Bild zeigt die Umschaltpunkte getrennt für Hoch- und Herunterschalten in Abhängigkeit von Last und Geschwindigkeit.



Im Anfahrbereich wird der Wandler ggf. nur teilgefüllt. Es wird also nur eine verringerte Menge Öl in den Wandler geleitet, so dass die übertragenen Leistungen entsprechend gering sind. Bei Rangierloks kann dieser Vorgang stufenlos möglich sein, so dass ein sehr gefühlvolles Fahren möglich ist. Bei Streckenloks ist häufig die erste Fahrstufe eine Teilfüllung bei Leerlaufdrehzahl, die zweite Fahrstufe die vollständige Füllung bei Leerlaufdrehzahl, und erst ab der dritten Fahrstufe wird die Drehzahl erhöht.

6.6.3.2.4 Rechenmodell

Die Vorgänge in Wandler und Kupplung lassen sich nicht ohne weiteres aus einer gegebenen Zugkraftkennlinie zurückrechnen. Im Gegensatz zu den anderen Antriebsmodellen kann daher beim dieselhydraulischen Antrieb die Zugkraftkennlinie nicht direkt vorgegeben werden, sondern sie ergibt sich aus den Parametern des Antriebs. Ist eine

Zugkraftkennlinie aus Vorbilddaten gegeben, so muss man sich dieser nähern, indem die Antriebsparameter modifiziert werden, bis die Zugkraftkennlinie dem Sollverlauf entspricht. Aus diesem Grund wird die Zugkraftkurve in der ersten Registerkarte passiv dargestellt und kann nicht direkt bearbeitet werden.

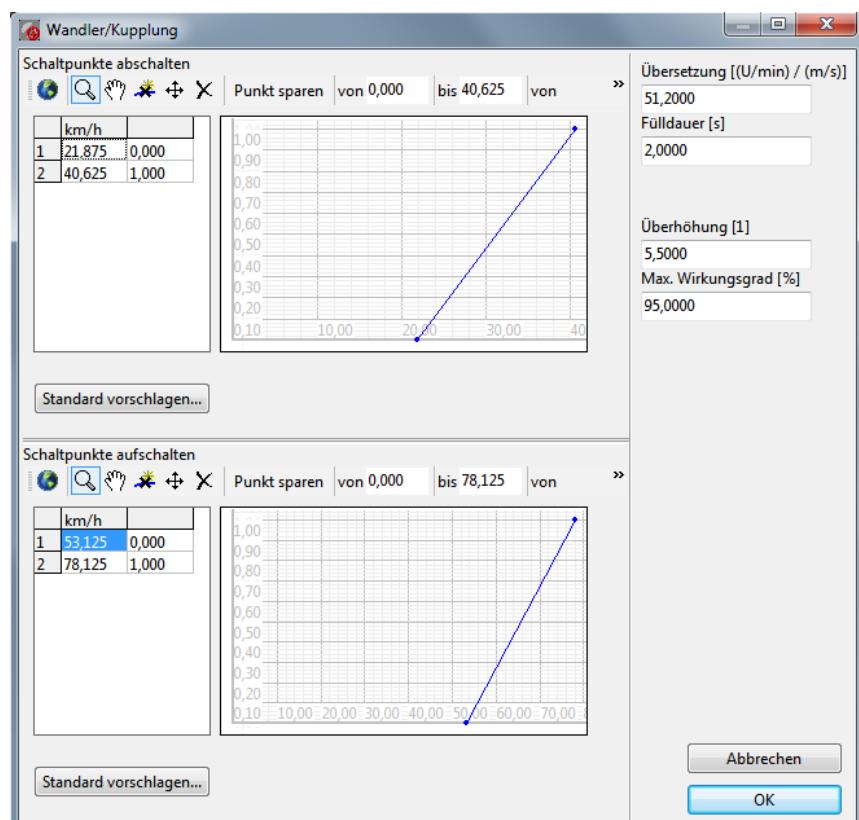
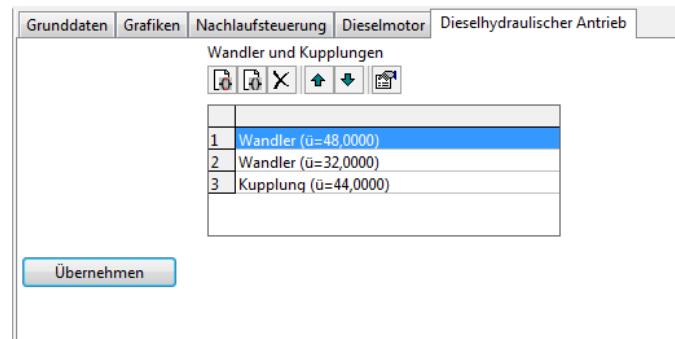
Neben der Nachlaufsteuerung und dem Dieselmotor gibt es in der Registerkarte „Dieselhydraulischer Antrieb“ eine Liste von Wandlern und Kupplungen. Der erste Eintrag in der Liste ist für den Anfahrbereich; mit zunehmender Geschwindigkeit werden die nächsten Bauteile in der gegebenen Reihenfolge eingeschaltet. Die oberhalb liegenden Schaltflächen dienen dazu, die Elemente hinzuzufügen, zu löschen, zu sortieren und zu bearbeiten.

Für Wandler und Kupplungen sind die in den vorhergehenden Kapiteln dargelegten Übertragungsverhalten hinterlegt. Die entsprechenden Eigenschaften lassen sich durch Doppelklick in die Zeilen im rechten Teil der Registerkarte aufrufen. Für Wandler und Kupplung öffnet sich ein nahezu gleiches Eingabefenster (siehe nächstes Bild) mit folgenden Einstellungen:

Schaltpunkte abschalten/aufschalten:

Diese beiden Kennfelder definieren die Schaltgrenze zum nächsten niedrigeren (oberes Diagramm) bzw. nächsthöheren (unteres Diagramm) Gang. Auf der waagerechten Achse ist die Geschwindigkeit und auf der senkrechten Achse die Last dargestellt. Es stellt also das Pendant zum zuvor gezeigten Bild der Schaltpunkte der BR 211 dar. Wird die Linie, die selbstverständlich auch aus mehreren Stützpunkten gestaltet werden kann, überfahren, so wird ein Schaltvorgang ausgelöst. Im Fall der BR 211 wäre hier der mittlere Wandler dargestellt, und die ganz linke Schaltlinie der BR 211

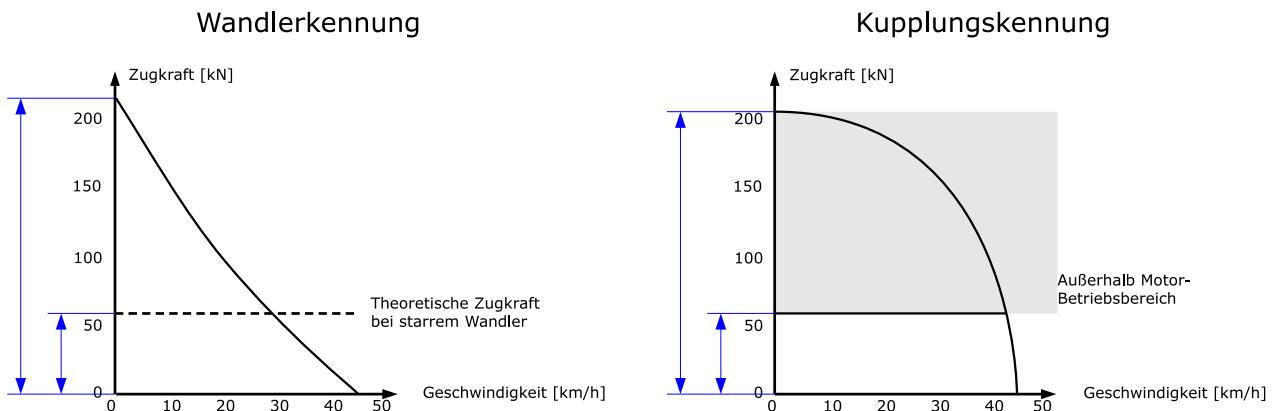
entspräche dem oberen Kennfeld, während die ganz rechte Linie der BR 211 dem unteren Kennfeld entspräche. Beim ersten Gang ist demzufolge das obere und beim letzten Gang das untere Kennfeld deaktiviert, da es in der Richtung jeweils keinen benachbarten Gang gibt.



Übersetzung: Die Gesamtübersetzung vom Motorausgang bis zum Rad. Über diesen Wert wird also die Lage des Kennfelds definiert (Vergleiche Kennfelder von Wandler und Kupplung im vorhergehenden Kapitel). Die Übersetzung des ersten Wandlers ist damit gleichzeitig auch die Stellschraube, mit der die Anfahrzugkraft justiert werden kann.

Fülldauer: Wandler und Kupplung werden aktiviert/deaktiviert, indem sie mit Öl gefüllt werden bzw. das Öl abgelassen wird. Die Dauer dieses Vorgangs wird hier angegeben. Bei Teilstellung wird entsprechend weniger Leistung übertragen.

Überhöhung: Die Überhöhung gibt im Falle des Wandlers an, um welchen Faktor das Drehmoment bei stehendem Turbinenrad verstärkt wird. Typische Werte liegen bei 5. Bei der Kupplung definiert die Überhöhung den Schnittpunkt der max. Drehzahlkurve mit der Abszisse. Typische Werte liegen ebenfalls bei 5. Die folgende Darstellung verdeutlicht die Überhöhung als Verhältnis der langen blauen zur kurzen blauen Länge:



Maximaler Wirkungsgrad: Dieser Parameter steht nur beim Wandler zur Verfügung, da sich der Wirkungsgrad bei der Kupplung schon direkt aus dem Drehzahlverhältnis ergibt. Beim Wandler gibt der Wert an, wie hoch der Wirkungsgrad im Scheitelpunkt der Wirkungsgrad-Parabel ist (Vergleiche rote Parabel im Diagramm zur Wandlerkennung). Der Wert sollte bei rund 80% liegen.

6.6.3.2.5 Vorschlagen

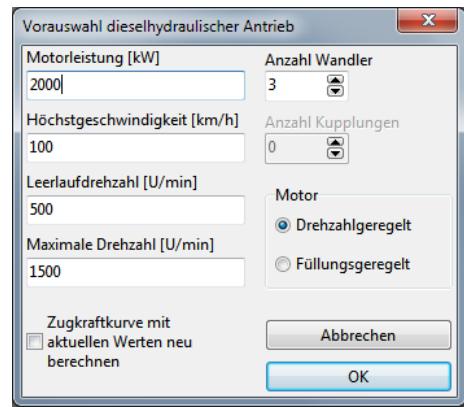
Abgefragte Größen

- Leistung am Motor
- Höchstgeschwindigkeit
- Leerlauf- und Maximaldrehzahl des Dieselmotors
- Anzahl Wandler und Kupplungen
- Motorregelung

Errechnete/gesetzte Größen

- Dieselmotor: Motorregelung
- Dieselmotor: Leerlauf- und Maximaldrehzahl
- Dieselmotor: Max. Drehmoment
- Dieselmotor: Wirkungsgrad-Kennung
- Wandler und Kupplungen mit sämtlichen Parametern
- Zugkraftkennlinie

Die „Vorschlagen“-Funktion zum dieselhydraulischen Antrieb fragt die oben links angegebenen Parameter ab und schätzt daraus die oben rechts aufgeführten Einstellungen ab. Der Drehzahlbereich der typischen mittelschnelllaufenden Dieselmotoren praktisch aller Bundesbahnloks liegt ca. bei 500 bis 1500 U/min. Ist die Anzahl der Wandler und Kupplungen nicht bekannt, so sollte man drei Wandler wählen. Kupplungen sind nur bei füllungsgeregeltem Motor möglich. Die Schaltpunkte und Übersetzungen der Wandler und Kupplungen werden bei Verwendung der „Vorschlagen“-Funktion gleichmäßig über den Geschwindigkeitsbereich verteilt.



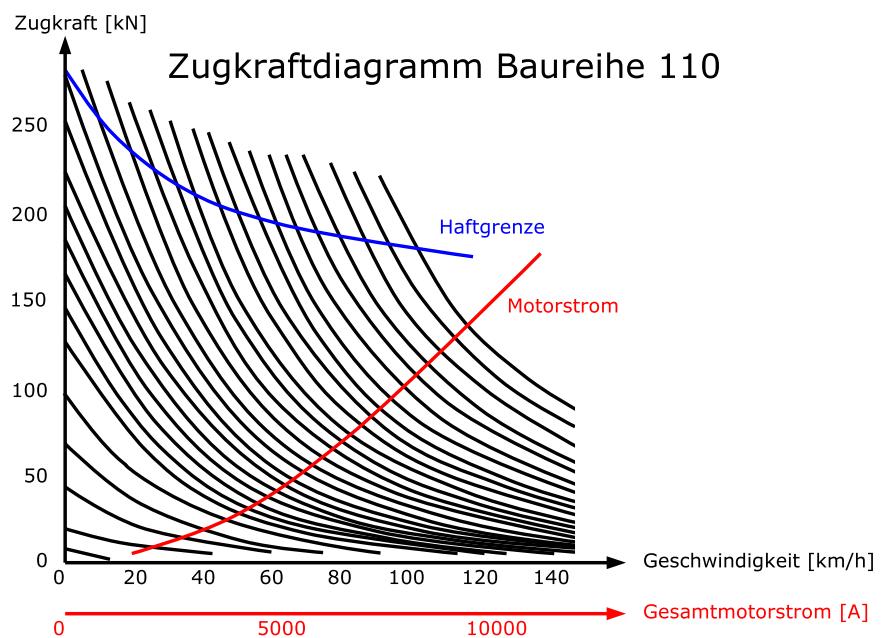
Soll die Zugkraftkurve nach manuellem Ändern von irgendwelchen antriebsrelevanten Parametern (z.B. Wandlerwerte oder Motordrehmoment) neu berechnet werden, so muss das im „Vorschlagen“-Dialog unten links befindliche Kontrollkästchen „Zugkraftkurve mit aktuellen Werten neu berechnen“ angeklickt werden. Dann sind die restlichen Eingaben im Dialog irrelevant und es wird lediglich die Zugkraftkurve aus den aktuellen Daten neu berechnet. Die Zugkraftkennlinie sollte immer das tatsächliche Verhalten des Antriebs zeigen, da sie immer dann für die Berechnung der Fahrdynamik herangezogen wird, wenn das Fahrzeug nicht manuell gefahren wird. Nur im manuellen Modus wird der Antrieb wirklich detailliert durchgerechnet; sobald der Autopilot übernimmt, wird die Zugkraft einfach direkt der Zugkraftkennlinie entnommen. Da der Zug dabei gegenüber dem manuellen Modus seine Fahrdynamik nicht ändern sollte, muss die Zugkraftkennlinie am Ende der manuell korrigierten Einstellungen einmal neu mit den aktuellen Werten berechnet werden.

6.6.3.3 Elektrischer Reihenschlussantrieb

Der Antrieb mit Reihenschlussmotoren stellt den klassischen Elektroantrieb dar. Die Fahrleitungsspannung wird über einen Transformator auf fahrmotorverträgliche Werte (z.B. 500 V) herabgesetzt. Je nach Fahrschalter bzw. Schaltwerkstellung werden über Schütze unterschiedliche Wicklungen am Transformator abgegriffen, so dass die am Fahrmotor anliegende Spannung und damit auch Motorstrom und Zugkraft mit hochlaufendem Schaltwerk in Stufen heraufgesetzt werden.

Der Reihenschluss-Motor kann das oben erläuterte Kraft-Geschwindigkeitskennfeld nicht optimal ausfüllen. Die Zugkraft und damit die Leistung fällt zu höheren Geschwindigkeiten ab.

Das nebenstehende Bild zeigt ein reales Zugkraftdiagramm mit dem Zugkraftverlauf der 28 Fahrstufen als typischen Vertreter einer Reihenschluss-Lokomotive. Der Bereich oberhalb der Haftgrenze ist irrelevant, da er wegen schleudernder Räder nicht angefahren werden kann.



6.6.3.3.1 Rechenmodell

Die am Rad wirksame Zugkraft wird aus dem Zugkraftdiagramm entnommen. Aus diesem Fahrzustand werden die Ströme und Spannungen zurückgerechnet.

Zentrale Stellschraube ist die Motorkonstante, die das Verhältnis von Zugkraft zu Motorstrom darstellt. Eine Gesamtübersetzung von der Motorwelle (Drehmoment) auf die Achse (Zugkraft) ist bereits enthalten. Um die Vorgänge innerhalb des Motors nachbilden zu können, sind vier Widerstände/Verluste vorgesehen, die für den charakteristischen Verlauf des Reihenschlussantriebs sorgen.

Grunddaten	Grafiken	Nachlaufsteuerung	Elektrischer Antrieb	Einphasen-Reihenschlussmotor
Maximale Motorspannung [V] 500,0000	Motorkonstante [N/A ²] 0,013934			
Wirbelstromverlustfaktor [V s ² / m ²] 0,0100	Hystereseverlustfaktor [1E-5 V s / (A m)] 30,0000			
Motor-Blindwiderstand [V/A] 0,0177	Motor-Widerstände [Ohm] 0,0031			
<input type="button" value="Übernehmen"/>				

Ausgehend von der Zugkraft werden Motorstrom, -spannung und der Oberstrom wie folgt errechnet, wobei F die aktuelle Zugkraft und F_{max} die bei der aktuellen Geschwindigkeit maximal mögliche Zugkraft darstellen:

$$U_{Motor} = U_{max} \cdot \sqrt{\frac{F}{F_{max}}} = U_{max} \cdot \sqrt{Last}$$

$$I_{Anker} = \sqrt{2\pi \cdot \frac{F}{k_{Motor}}}$$

Der Phasenwinkel φ ergibt sich mit Motor-Blindwiderstand X und Motorwiderstand R zu:

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{2\pi \cdot X}{2\pi \cdot R + k_{Motor} \cdot v}\right)$$

Die motorinternen Verluste errechnen sich zu:

$$P_{\text{Wirbelstromverlust}} = k_{\text{Wirbel}} \cdot v^2 \cdot I_{\text{Anker}}$$

$$P_{\text{Hystereseverlust}} = k_{\text{Hysterese}} \cdot v \cdot I_{\text{Anker}}^2$$

Daraus folgt der reale Motorstrom:

$$I_{\text{Motor}} = I_{\text{Anker}} + \frac{P_{\text{Wirbelstromverlust}} + P_{\text{Hystereseverlust}}}{U_{\text{Motor}} \cdot \cos \varphi}$$

Und durch Berücksichtigung der Trafoverluste der Oberstrom:

$$I_{\text{Ober}} = \frac{U_{\text{Motor}} \cdot I_{\text{Anker}} \cdot \cos \varphi + P_{\text{Wirbelstromverlust}} + P_{\text{Hystereseverlust}}}{U_{\text{Fahrdraht}} \cdot \eta_{\text{Trafo}} \cdot \cos \varphi}$$

$$\eta_{\text{Gesamt}} = \frac{F \cdot v}{U_{\text{Fahrdraht}} \cdot I_{\text{Ober}}}$$

Strom und Spannung werden nur für die Anzeigen errechnet und sind für das Zugkraftverhalten irrelevant.

6.6.3.3.2 Vorschlagen

Abgefragte Größen

- Stromsystem
- Höchstgeschwindigkeit
- Nennleistung
- Nenngeschwindigkeit
- Maximale Fahrmotorspannung

Im Normalfall nicht zu verändern:

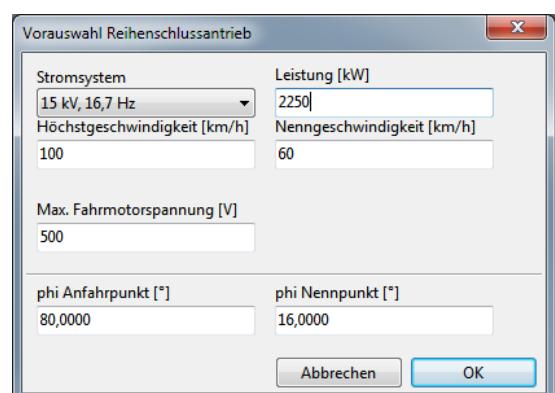
- $\varphi_{\text{Anfahrpunkt}}, \varphi_{\text{Nennpunkt}}$

Errechnete/gesetzte Größen

- Stromsystem
- Zugkraftkennlinie mit linearer Teilung
- Motor: Maximale Spannung
- Motor: Konstante
- Motor: Widerstand und Blindwiderstand

Mit der „Vorschlagen“-Funktion lässt sich das obige reale Diagramm wie folgt annähern: Es wird angenommen, dass die Fahrstufen linear geteilt sind, sich die Zugkraft also von Fahrstufe zu Fahrstufe um denselben Betrag erhöht. Ist eine Nenngeschwindigkeit nicht bekannt, so liegt man bei etwa 2/3 der Höchstgeschwindigkeit meist in einem realistischen Bereich. Der Vorschlagswert für die Fahrmotorspannung hängt vom ausgewählten Stromsystem ab. Typische Fahrmotorspannungen deutscher Loks liegen bei 500-600 V.

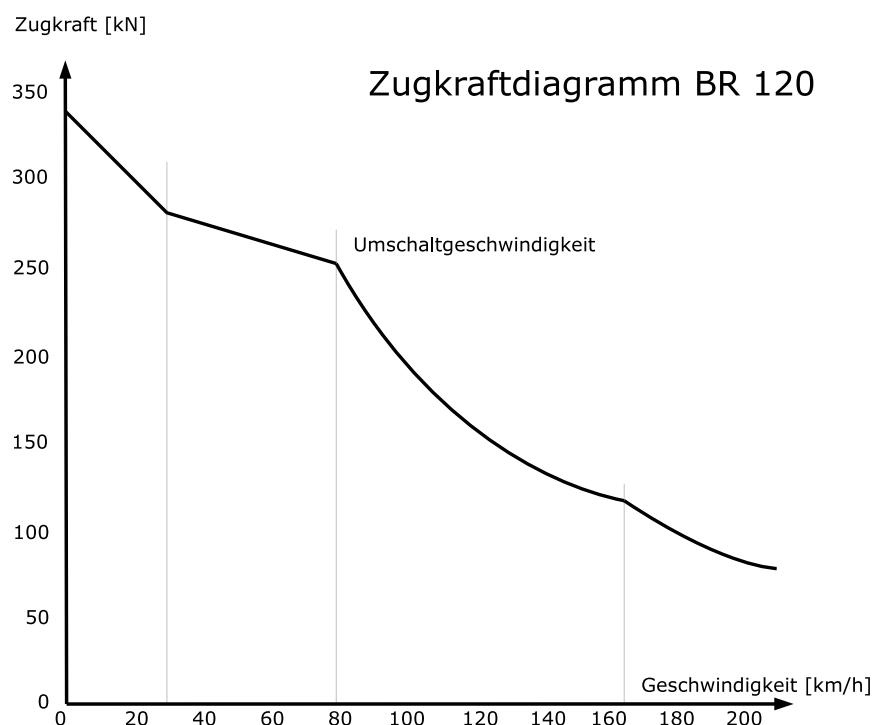
Die Höchstgeschwindigkeit muss nur angegeben werden, damit eine Grenze für das Diagramm festgelegt wird. Sie hat keinen weiteren Einfluss auf den Verlauf der Kurve. Die beiden Phasenwinkel sollten im Normalfall nicht verändert werden.



6.6.3.4 Elektrischer Drehstromantrieb

Der Drehstromantrieb stellt seit den 1980er Jahren den aktuellen Stand der Technik dar. Per Halbleiter-technik wird in der Lok Drehstrom jeweils passender Frequenz und Spannung erzeugt, mit dem Drehstrom-Asynchronmotoren gespeist werden. Dadurch lässt sich die ideale Zugkrafthyperbel umsetzen. Nach umfangreichen Erprobungen in den Versuchsloks der BR 202 und 120-Vorserie und einer Serie Industrieloks der Reihe E1200 war die BR 120.1 das erstes Großserienfahrzeug mit dieser Technik.

Bis zur Umschaltgeschwindigkeit wird eine leicht fallende Zugkraft erzeugt, anschließend folgt ein Abschnitt mit idealer Zugkrafthyperbel bis ggf. ein Bereich stärker fallender Zugkraft folgt, wenn magnetische Sättigung vorliegt.



6.6.3.4.1 Rechenmodell

Die am Rad wirksame Zugkraft wird aus dem Zugkraftdiagramm entnommen. Aus diesem Fahrzustand werden die Frequenz, Ströme und Spannungen zurückgerechnet. Zentrale Stellschraube ist die Motorkonstante, die das Verhältnis von Zugkraft zu Motorstrom darstellt. Eine Gesamtübersetzung von der Motorwelle (Drehmoment) auf die Achse (Zugkraft) ist bereits enthalten. Die Frequenz der am Motor anliegenden Spannung wird in Abhängigkeit der Geschwindigkeit zwischen minimaler und maximaler Frequenz eingestellt. Zur Nachbildung der Vorgänge innerhalb des Motors sind zwei Verluste vorgesehen. Um im Anfahrbereich für eine anliegende Spannung zu sorgen, ist zusätzlich zur maximalen Motorspannung eine Anfahrspannung anzugeben (sonst ergäbe sich die Spannung zu 0, so dass sich der Zug nicht in Bewegung setzen könnte).

Folgende Rechnungen werden zur Bestimmung von Frequenz, Strom und Spannung durchgeführt, wobei F die aktuelle Zugkraft und F_{max} die bei der aktuellen Geschwindigkeit maximal mögliche Zugkraft darstellen:

$$U_{Motor} = U \cdot \sqrt{\frac{F}{F_{max}}} \bullet$$

Die Spannung U wird dabei über eine Standardkurve vorgegeben, in die die Motorkonstante und die Umschaltgeschwindigkeit einfließen.

$$f = f_{min} + (f_{max} - f_{min}) \cdot \frac{v}{v_{max}}$$

$$I_{Anker} = F \cdot \frac{f}{U_{Motor} \cdot k_{Motor}}$$

Die motorinternen Verluste errechnen sich zu:

$$P_{Wirbelstromverlust} = k_{Wirbel} \cdot v^2 \cdot I_{Anker}$$

$$P_{Hystereseverlust} = k_{Hysterese} \cdot v \cdot I_{Anker}^2$$

Daraus folgt der reale Motorstrom:

$$I_{Motor} = I_{Anker} + \frac{P_{Wirbelstromverlust} + P_{Hystereseverlust}}{U_{Motor} \cdot \cos \varphi}$$

Wobei der Phasenwinkel φ als konstant angenommen wird.

Durch Berücksichtigung der Umformungsverluste ergibt sich der Oberstrom:

$$I_{Ober} = \frac{U_{Motor} \cdot I_{Anker} \cdot \cos \varphi + P_{Wirbelstromverlust} + P_{Hystereseverlust}}{U_{Fahrdrat} \cdot \eta_{Trafo} \cdot \cos \varphi}$$

6.6.3.4.2 Vorschlagen

Abgefragte Größen

- Stromsystem
- Nennleistung
- Maximal mögliche Anfahrkraft
- Höchstgeschwindigkeit
- Umschaltgeschwindigkeit

Im Normalfall nicht zu verändern:

- Wirkungsgrad Trafo
- Maximale Fahrmotorspannung
- Min. und max. Motorfrequenz
- Wirbelstromverlustfaktor
- Hystereseverlustfaktor

Errechnete/gesetzte Größen

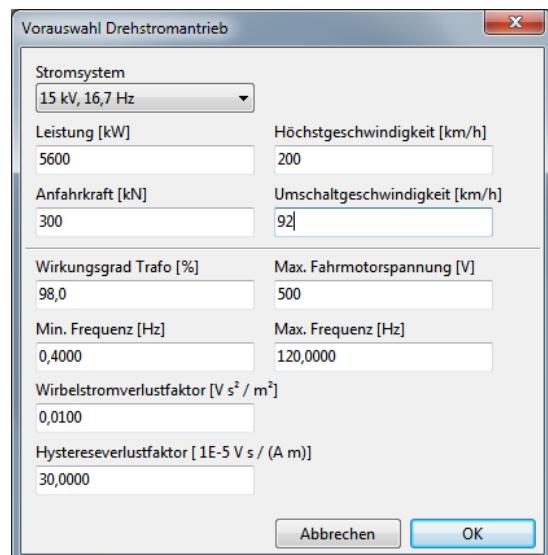
- Zugkraftkennlinie mit linearer Teilung in zwei Abschnitten
- Stromsystem
- Wirkungsgrad Trafo
- Umschaltgeschwindigkeit
- Motorkonstante
- Maximale Fahrmotorspannung
- AnfahrsSpannung
- Min. und max. Motorfrequenz
- Wirbelstromverlustfaktor
- Hystereseverlustfaktor

Mit der „Vorschlagen“-Funktion lässt sich das obige reale Diagramm wie folgt annähern: Es wird angenommen, dass die Fahrstufen linear geteilt sind, sich die Zugkraft also von Fahrstufe zu Fahrstufe um denselben Betrag erhöht. Zwischen Anfah zugkraft und Umschalt punkt wird eine Gerade gezogen (gedeckelt durch die angegebene Leistung), danach bis zur Höchstgeschwindigkeit die ideale Zugkrafthyperbel. Ist eine Nenngeschwindigkeit nicht bekannt, so liegt man bei etwa 1/3 bis 1/2 der Höchstgeschwindigkeit meist in einem realistischen Bereich.

Als Anfahzkraft ist hier wirklich die Anfahzkraft aus dem Zugkraftdiagramm des Vorbilds einzutragen. Der Vorschlagswert für die Fahrmotorspannung hängt vom ausgewählten Stromsystem ab.

Die Höchstgeschwindigkeit muss nur angegeben werden, damit eine Grenze für das Diagramm festgelegt wird. Sie hat keinen weiteren Einfluss auf den Verlauf der Kurve.

Die Werte unterhalb der Linie brauchen im Normalfall nicht verändert zu werden.



6.6.4 Dynamische Bremsen

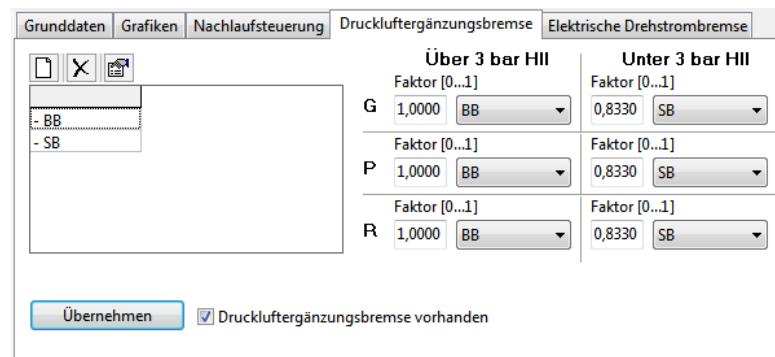
Dynamische Bremsen sind auf vielen Lokomotiven verbaut und sind dadurch gekennzeichnet, dass die Bremskraft nicht durch mechanische Reibung wie bei der Klotzbremse aufgebracht wird, sondern weitgehend verschleißfrei durch die in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Möglichkeiten.

6.6.4.1 Druckluftergänzungsbremse

Da viele dynamische Bremsen nicht den fahrdynamisch gewünschten konstanten Verlauf der Bremskraft über der Geschwindigkeit aufweisen, werden sie ggf. mit einer Druckluftergänzungsbremse kombiniert. Diese wirkt über die gewöhnliche Druckluftbremse und unterstützt so die dynamische Bremse in den Bereichen, in denen ihre Bremskraft alleine unzureichend ist.

Die Wirkung der Druckluftergänzungsbremse ist je nach Loktyp sehr unterschiedlich und oft auch abhängig von der Bremsstellung. Um das Modell möglichst gut anpassen zu können, sind beliebig viele Zylinderdruckverläufe einstellbar, die den unterschiedlichen Betriebszuständen zugeordnet werden können. Mit den drei Schaltern oberhalb der Tabelle können Druckverläufe hinzugefügt, gelöscht und bearbeitet werden. Angegeben wird in den Druckverläufen der Zylinderdruck in bar in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. Wird mit Teillast gebremst, reduziert sich der Bremszylinderdruck entsprechend. Das in den Grunddaten definierte Bremskraftdiagramm kann außerdem über einen Faktor für jeden Betriebszustand proportional herabgesetzt werden.

Das nebenstehende Bild zeigt den Fall für zwei verschiedene Zylinderdruckverläufe, hier mit den frei gewählten Bezeichnungen „BB“ und „SB“. Der erste ist in diesem Beispiel wirksam für Betriebsbremsungen (also HII-Druck über 3 bar) in den Bremsstellungen G, P und R, der zweite entsprechend bei Schnellbremsungen.



Als Faktor ist hier für die Schnellbremsungen 0,833 gewählt. Der in den Grunddaten hinterlegte Verlauf der dynamischen Bremskraft wird in diesem Fall also bei Schnellbremsungen auf 83,3% der angegebenen Kurve reduziert.

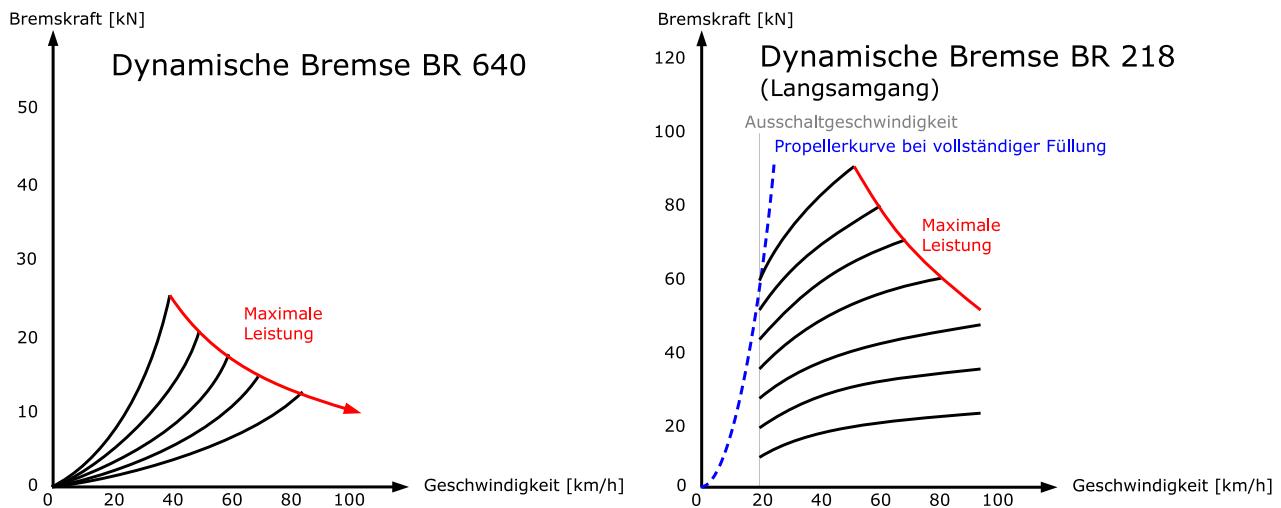
6.6.4.2 Hydrodynamische Bremse

Hydrodynamische Bremsen (auch als Retarder bezeichnet) werden häufig bei Lokomotiven mit dieselhydraulischem Antrieb eingebaut. Sie arbeiten im Prinzip wie eine rückwärts laufende hydrodynamische Kupplung, deren Turbinenrad fest eingebaut und deren Pumpenrad mit dem Antriebsstrang verbunden ist. Die Lok pumpt beim Bremsen also gegen ein stehendes Turbinenrad an. Das führt zu einer Bremswirkung entsprechend der Propellerkurve, wobei die Bremsleistung zu einer Erwärmung des Öls führt. Die Wärmeabfuhr nach außen und damit die Dimensionierung der Ölkühlung ist die kritische Auslegungsgröße einer hydrodynamischen Bremse und bestimmt die Leistungsgrenze. Vorteile der hydrodynamischen Bremse sind der nahezu verschleißfreie Betrieb sowie die gute Regulierbarkeit.

Die Propellerkurve $M = n^2 \cdot k \cdot D^5$ (siehe dieselhydraulischer Antrieb) gibt einen parabol-förmigen Anstieg der Bremskraft mit der Geschwindigkeit vor. Die Pumpenraddrehzahl n ist proportional zur Geschwindigkeit und die Konstruktionsparameter k und D sind für eine Bremse konstant.

Teilbremsstufen können durch Ablassen von Öl (Teilfüllung) realisiert werden. Die erreichbaren Bremskräfte werden durch die Leistungshyperbel begrenzt, die die Bremskraft bei höheren Geschwindigkeiten automatisch auf die Bremskräfte niedrigerer Bremsstufen reduziert. Den sich ergebenden Bremskraftverlauf zeigt das nachfolgende Bild am Beispiel der Baureihe 640.

Der Verlauf entspricht wegen der zu niedrigen Geschwindigkeiten stark abfallenden Bremskraft nur eingeschränkt dem im Betrieb gewünschten Verhalten von möglichst konstanter Bremskraft. Deshalb gibt es auch Ausführungen, die die gewünschten Bremskraftverläufe über eine Anpassung der Ölfüllung realisieren. Die Bremse ist also grundsätzlich auf sehr hohe Kraft ausgelegt (steil ansteigende Propellerkurve). Mit steigender Geschwindigkeit wird die Bremse zunehmend entleert, so dass sich ein nur moderater Anstieg mit der Geschwindigkeit ergibt – grundsätzlich ist der Bremskraftverlauf je nach Füllungsstrategie beliebig einstellbar. In Richtung niedriger Geschwindigkeit fällt die Bremskraft unterhalb der Ausschaltgeschwindigkeit, die Auslegungskriterium für die Propellerkurven-Parameter und damit für die Bremskonstruktion ist, sehr stark ab. Begrenzt wird alles wieder durch die Leistungsgrenze.

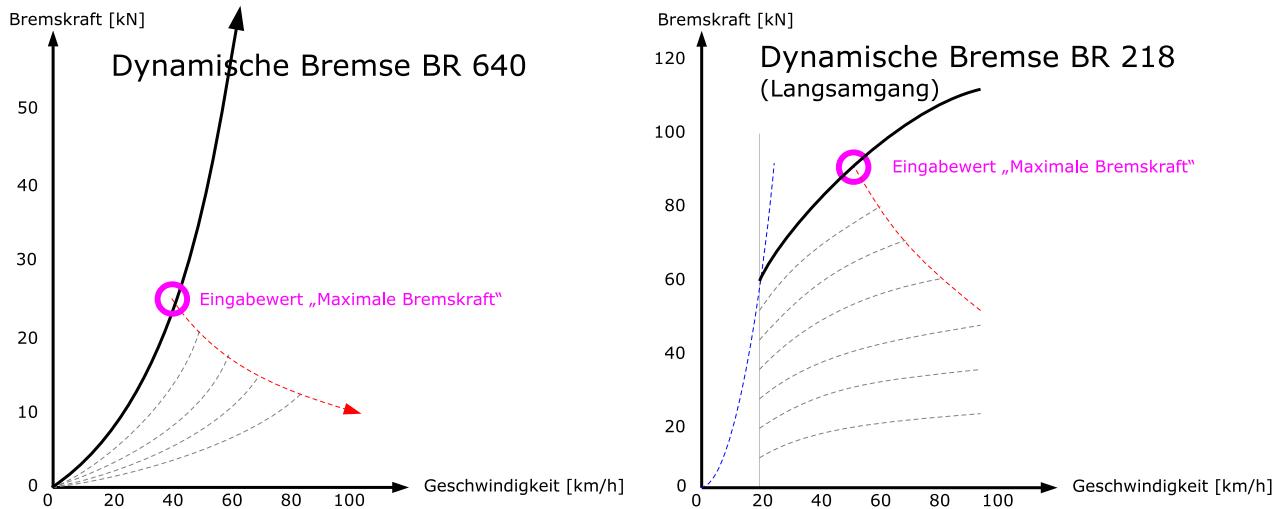


6.6.4.2.1 Rechenmodell

Die am Rad wirksame Bremskraft wird aus dem Zugkraftdiagramm entnommen. Teillaststufen werden entsprechend heruntergerechnet. Die Bremskraft wird in jedem Fall gemäß folgender Formel auf die maximale Leistung begrenzt:

$$F_{Brems} \leq \frac{P_{max}}{v}$$

Zu beachten ist, dass im Editor der Bremskraft-Verlauf ohne Leistungsgrenze hinterlegt wird. Die Leistungsbegrenzung kann nicht mit der normalen Kennlinienlogik dargestellt werden, schließlich entspricht die Leistungsbegrenzung nicht einer proportionalen Schaltung der Teillast-Stufen, mit der Zusi rechnet. Daher begrenzt Zusi die Kraft anhand des vorgegebenen Leistungswerts automatisch und für jede Fahrstufe gleich. Die beiden oben dargestellten Fahrzeuge müssten im Editor also mit den folgenden schwarz dargestellten Kennlinien hinterlegt werden:



Die erreichten Zahlenwerte in der Zusi-Editor-Darstellung (schwarze Kurve im Diagramm oben) werden sehr viel größer als die im Betrieb auftretenden Bremskräfte (die durch die Leistungskurve gedeckelt werden), schließlich steigt die Parabel in Richtung höherer Geschwindigkeit stark an.

6.6.4.2.2 Vorschlagen

Abgefragte Größen

- Nennleistung
- Höchstgeschwindigkeit
- Max. Bremskraft (markierter Punkt im vorherigen Diagramm)
- ggf. Exponent zur Füllungsanpassung
- ggf. Ausschaltgeschwindigkeit

Das Verhalten der hydrodynamischen Bremse lässt sich rechnerisch recht einfach nachstellen. Die Propellerkurve $M = n^2 \cdot k \cdot D^5$ lässt sich darstellen als $F_{Brems} = K \cdot v^2$

Als einziger Parameter für den Kurvenverlauf wird also die transformierte Turbinenkonstante K benötigt. Zusätzlich wird die maximale Leistung benötigt, um die Bremskraft zu höheren Geschwindigkeiten entsprechend der Leistungshyperbel zu begrenzen. Die maximale Bremskraft legt zusammen mit der Leistungsangabe den Scheitelpunkt der Kurve und damit die Turbinenkonstante fest.

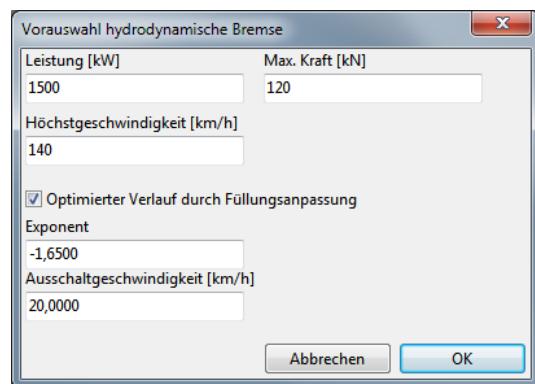
Der am Beispiel der BR 218 gezeigte Fall einer Bremse mit Füllungsanpassung erfordert zusätzlich eine Angabe über die Füllungsänderung in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und die Ausschaltgeschwindigkeit, bis zu der die normale Propellergleichung gilt. Eine typische Füllungsanpassung lässt sich durch einen Exponenten d wie folgt annähern:

$$F = K \cdot v^2 \cdot \left(\frac{v}{v_{max}} \right)^d$$

Werte in dem vorgeschlagenen Bereich von ca. -1,65 liefern typische Verläufe. Ggf. kann die erzeugte Kurve natürlich im Nachgang an eine Vorgabekurve angepasst werden.

Errechnete/gesetzte Größen

- Zugkraftkennlinie mit linearer Teilung
- Leistung



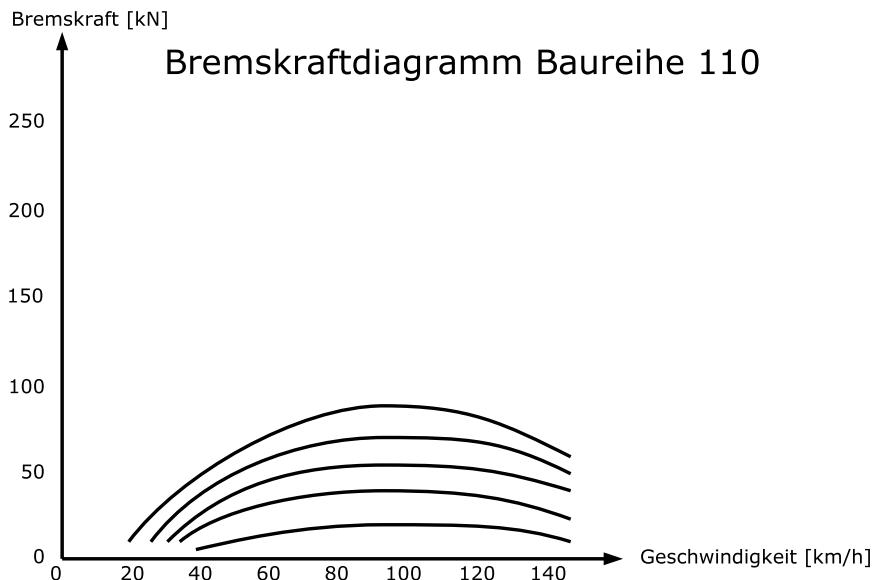
6.6.4.3 Elektrische Reihenschlussbremse

Lokomotiven mit Reihenschlussantrieb werden häufig mit einer dynamischen Bremse ausgerüstet, bei der die Fahrmotoren als Generatoren benutzt werden und der dabei entstehende Strom in Bremswiderständen in Wärme umgewandelt wird.

Bei fremderregter Ausführung werden die Fahrmotoren über die Fahrdrähtspannung erregt, womit die Bremse nur funktioniert, wenn

Fahrleitungsstrom anliegt (Hauptschalter nicht gefallen usw.). Manche Loks können die Erregungsspannung auch selbst erzeugen und sind damit unabhängig von der Fahrleitung.

Die Leistungsfähigkeit der Bremse wird im Wesentlichen durch die Bremswiderstände und deren Wärmeabfuhrung bestimmt und ist damit lokspezifisch. Sind also von einem Fahrzeug nur die Antriebsparameter bekannt, so lässt sich kaum die Leistungsfähigkeit der elektrischen Bremse daraus herleiten.



6.6.4.3.1 Rechenmodell

Die am Rad wirksame Zugkraft (bzw. aher Bremskraft) wird aus dem Zugkraftdiagramm entnommen. Aus diesem Fahrzustand werden die Ströme und Spannungen zurückgerechnet.

Zentrale Stellschraube ist der Bremswiderstand. Mit ihm werden Ankerspannung und -strom berechnet:

$$U_a = \sqrt{f_{\text{Brems}} \cdot v \cdot R_{\text{Brems}}}$$

$$I_a = \sqrt{\frac{F_{\text{Brems}} \cdot v}{R_{\text{Brems}}}}$$

Das Stromsystem wird benutzt, um im Betrieb die Kompatibilität zu überprüfen, da fremderregte Bremsen nur bei externer Spannungsversorgung arbeiten.

6.6.4.3.2 Vorschlagen

Abgefragte Größen

- Stromsystem
- Höchstgeschwindigkeit
- Nennleistung
- Übergangsgeschwindigkeit
- Maximale Fahrmotorspannung
- Fremderregung

Übernahme aus Antrieb:

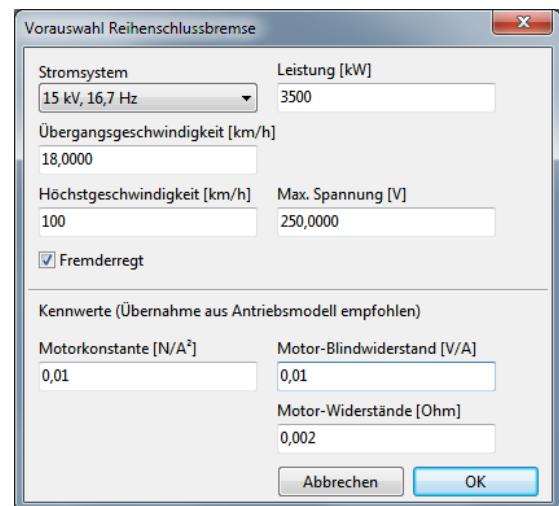
- Motorkonstante
- Blindwiderstand
- Ohmscher Widerstand

Errechnete/gesetzte Größen

- Bremskraftkennlinie mit linearer Teilung
- Stromsystem
- Bremswiderstand
- Fremderregung

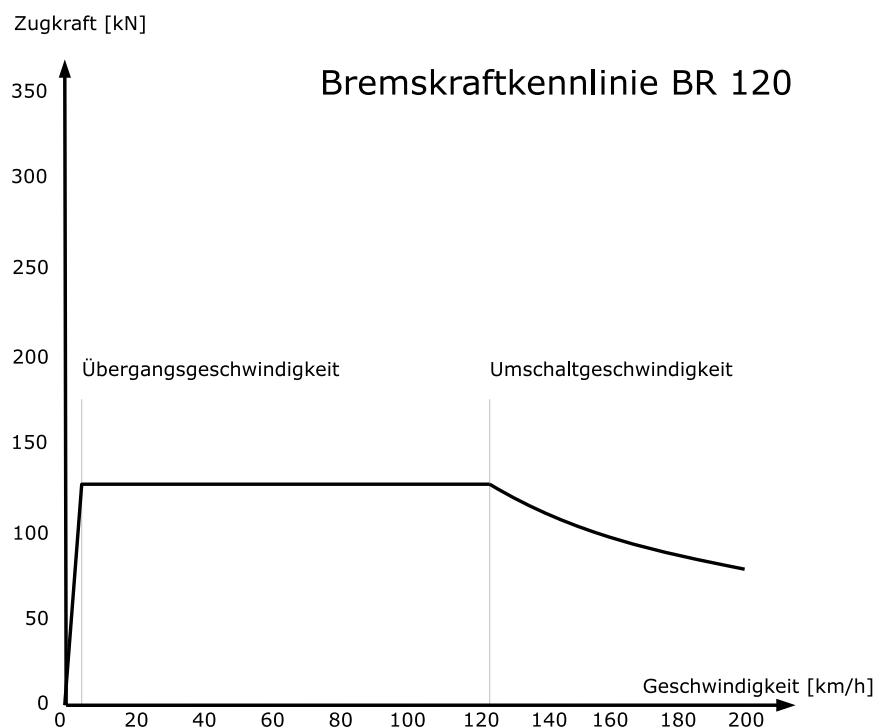
Es wird empfohlen beim Reihenschlussantrieb zunächst den Antrieb und dann die Bremse einzurichten. Da es sich bei Zusi formal um zwei unabhängige Systeme handelt, die beim Vorbild aber über dieselben Baukomponenten laufen, werden im Editor einzelne Parameter doppelt abgefragt und können aus dem Antriebsmodell übernommen werden. Die Motorkonstante und die beiden Widerstände sollten aus dem Antriebsmodell übernommen werden. Die Maximale Spannung liegt bei typischen Auslegungen grob abgeschätzt ca. bei der Hälfte der im Antriebsbetrieb vorkommenden Spannung. Es wird damit ein typischer Bremskraftverlauf errechnet, wobei die maximale Leistung am oberen Ende des Geschwindigkeitsbereichs liegt.

Die aus dem Antriebsmodell übernommenen Werte und auch die maximale Spannung werden nur einmalig während des „Vorschlagen“-Vorgangs für die Errechnung des Bremswiderstands und der Bremskraftkurve benötigt und sind danach und auch während der laufenden Simulation irrelevant.



6.6.4.4 Elektrische Drehstrombremse

Der Drehstromantrieb liefert quasi als Abfallprodukt die Möglichkeit, den Antrieb zum Bremsen rückwärts zu betreiben und den dabei entstehenden Strom in die Fahrleitung zurückzuspeisen. Der Bremskraftverlauf ähnelt dem des Antriebs, liegt aber meist auf einem niedrigeren Niveau und wird zum Stillstand hin abgeschwächt. Beispielhaft ist die BR 120 im nebenstehenden Diagramm dargestellt.



6.6.4.4.1 Rechenmodell

Die am Rad wirksame Bremskraft wird aus dem Bremskraftdiagramm entnommen. Aus diesem Fahrzustand werden die Frequenz, Ströme und Spannungen zurückgerechnet. Zentrale Stellschraube für den Motorstrom ist die Motorkonstante, die das Verhältnis von Zugkraft zu Motorstrom darstellt. Eine Gesamtübersetzung von der Motorwelle (Drehmoment) auf die Achse (Zugkraft) ist bereits enthalten. Die Frequenz der am Motor anliegenden Spannung wird in Abhängigkeit der Geschwindigkeit zwischen minimaler und maximaler Frequenz eingestellt. Zur Nachbildung der Vorgänge innerhalb des Motors sind zwei Verluste vorgesehen.

Folgende Rechnungen werden zur Bestimmung von Frequenz, Strom und Spannung durchgeführt, wobei F die aktuelle Zugkraft und F_{max} die bei der aktuellen Geschwindigkeit maximal mögliche Zugkraft darstellen:

$$U_{Motor} = U \cdot \sqrt{\frac{F}{F_{max}}}$$

Die Spannung U wird dabei über eine Standardkurve vorgegeben, in die die Motorkonstante und die Umschaltgeschwindigkeit einfließen.

$$f = f_{min} + (f_{max} - f_{min}) \cdot \frac{v}{v_{max}}$$

Für den zurückgespeisten Oberstrom ergibt sich:

$$I_{Ober} = \frac{\eta_{Umformung} \cdot \eta_{Motor} \cdot F \cdot v}{U_{Fahrleitung}}$$

Und für den Motorstrom:

$$I_{Motor} = \frac{F \cdot f}{U_{Motor} \cdot k}$$

6.6.4.4.2 Vorschlagen

Abgefragte Größen

- Stromsystem
- Nennleistung
- Maximale Bremskraft
- Höchstgeschwindigkeit

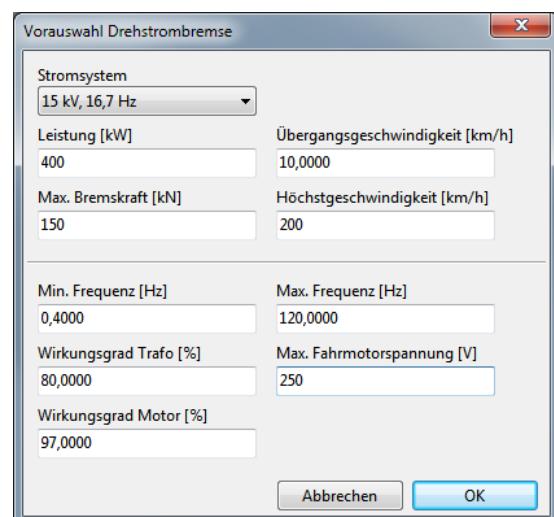
Im Normalfall nicht zu verändern:

- Min. und max. Motorfrequenz
- Wirkungsgrad Trafo
- Wirkungsgrad Motor
- Maximale Fahrmotorspannung

Errechnete/gesetzte Größen

- Zugkraftkennlinie mit linearer Teilung
- Stromsystem
- Wirkungsgrad Trafo
- Wirkungsgrad Motor
- Maximale Fahrmotorspannung
- Motorkonstante
- Min. und max. Motorfrequenz

Die Frequenzen sollten identisch zum Antrieb gewählt werden. Die maximale Spannung liegt bei typischen Auslegungen grob abgeschätzt ca. bei der Hälfte der im Antriebsbetrieb vorkommenden Spannung. Es wird damit ein typischer Bremskraftverlauf errechnet.



6.7 Türschließsysteme

Durch Hinzufügen von Türschließsystem-Baugruppen werden die Türschließsysteme bestimmt, über die das Fahrzeug verfügt. Es können in einem Fahrzeug mehrere Systeme hinterlegt sein, so haben z.B. Doppelstockwagen mit TAV im Regelfall TB0 als Rückfallebene, was dann auch beides in der Fahrzeugdatei hinterlegt wird. Beim Aufgleisen des Zuges werden die Türsteuersysteme in der durch die Führerstandsdatei des führenden Fahrzeugs vorgegebenen Reihenfolge durchgeprüft. Wenn ein System gefunden wird, das im Führerstand und in allen zu betrachtenden Fahrzeugen des Zuges unterstützt wird, dann wird dieses das aktive Türsteuersystem des Zuges. Auch bei Fahrzeugen mit Führerstand sollte der Einfachheit halber ein Türsystem deklariert werden, damit diese

Fahrzeuge problemlos auch als Wagenlok, Wendezuglok etc. laufen können (ansonsten müsste der Fahrplanersteller daran denken, solche Fahrzeuge von der Ermittlung des Türsystems im Zug auszunehmen).

6.8 Sound

Für die Sounds werden Windows-Wave-Dateien benötigt, wobei verschiedenste Abtastraten verarbeitet werden können. Es gibt diverse Varianten des wav-Formats. Wenn eine Datei einmal nicht funktioniert, kann es sein, dass man sie mit einem entsprechenden Wave-Editor in ein DirectX-kompatibles Format konvertieren muss.

In der Fahrsimulation werden die angegebenen Dateien je nach Situation langsamer/schneller und leiser/lauter als das Original abgespielt. Wie das genau gesteuert wird, erläutern die nachfolgenden Abschnitte.

6.8.1 Unterschied 2D- und 3D-Sound

Grundlegend unterschiedlich wird 2D- und 3D-Sound gehandhabt. 2D-Sound ist immer in seiner vollen Lautstärke zu hören, während ein 3D-Sound tatsächlich eine Schallquelle mit Position im 3D-Raum ist. Ob und wie dieser 3D-Sound wahrgenommen wird, hängt von der Lautstärke der Schallquelle und der Position des Betrachters relativ zur Schallquelle ab. 3D-Sound erfordert mehr Berechnungen und sollte deshalb sparsam benutzt werden.

2D-Sound ist im Normalfall nur zur Ausschmückung der Fahrzeug-/Führerstandsakustik der selbst gefahrenen Lokomotive sinnvoll. Der Fahrsimulator stellt die einem Fahrzeug oder Führerstand zugeordneten 2D-Sounds dar, wenn man das Fahrzeug steuert. Sobald z.B. ein anderer Zug ausgewählt wird, werden die 2D-Sounds wieder aus dem Speicher gelöscht und die Sounds des neu gewählten Fahrzeugs geladen. 3D-Sounds sind hingegen immer geladen, solange sich ihre Position im Umfeld des Betrachters befindet.

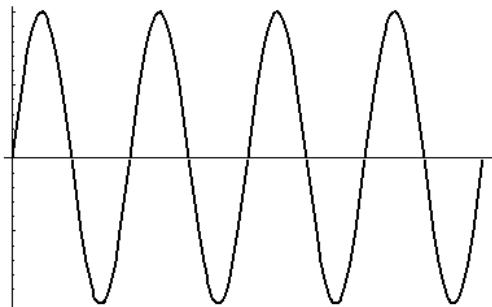
Sounds können Landschafts-, Fahrzeug- und Führerstandsdateien zugeordnet werden.

Technische Hintergrundinformation:

Für jede Sounddatei wird ein Soundbuffer von (maximal) einer Sekunde Spieldauer im Speicher der Soundkarte reserviert. Ist die Datei länger, so wird die gesamte Datei in den Systemspeicher geladen und der Speicher der Soundkarte wird während des Abspielens laufend mit den gerade abzuspielenden Daten beschrieben (streamen). Wenn eine wav-Datei mehrfach benutzt wird, wird diese auch mehrfach im Speicher gehalten, da die Mehrfachnutzung einer Instanz (wie bei 3D-Dateien) für die Soundkarte nicht möglich ist.

6.8.2 Loopen

Die meisten Sounds werden geloopt, also in einer Endlos-Schleife abgespielt. Der Anfang und das Ende der Datei müssen dabei - besonders bei Geräuschen mit ausgeprägten Tönen (Hupen, Motorengeräusch,...) - möglichst genau zueinander passen, damit man den Übergang nicht hört. Also z.B. müssen Anfang und Ende immer im Nulldurchgang schneiden, so wie im nebenstehenden Bild gezeigt.

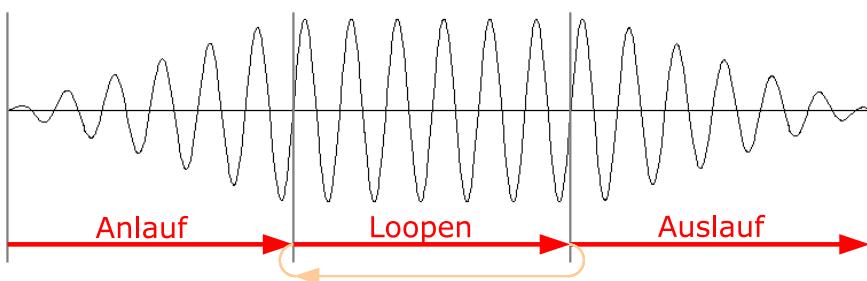


6.8.3 Lautstärke

Die Lautstärke wird bei Zusi im Gegensatz zur DirectX-Handhabung linear betrachtet. Also wenn z.B. zwei Schallquellen mit 50% Lautstärke versehen sind, ergibt sich in der Summe die gleiche Lautstärke wie bei einer Schallquelle mit 100%.

6.8.4 An- und Auslaufsound

Bei Sounds mit charakteristischem An- und Auslaufgeräusch (Luftpresser, Pfeife, Lüfter) kann eine dreigeteilte Wave-Datei benutzt werden. Diese ist wie folgt aufzubauen: 1. Teil Anlaufsound, 2. Teil Dauersound zum Loopen, 3. Teil Auslaufsound.



Wo der Übergang zum und vom Loop-Sound liegt, wird über die beiden Werte „Anlauf-Ende“ und „Auslauf-Anfang“ festgelegt. Die Werte geben an, wie viele Samples bzw. Bytes der Punkt vom Anfang der Datei entfernt liegt.

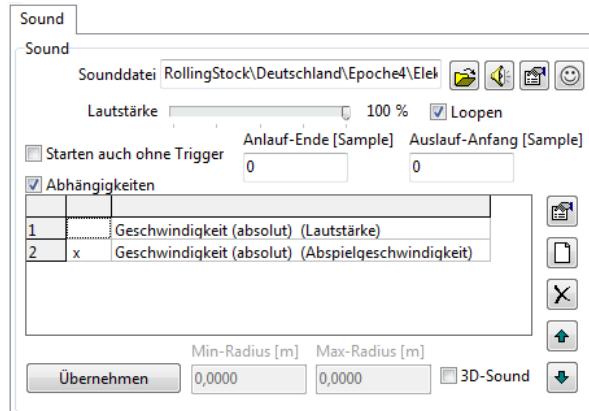
Beispiel: Ein Sound sei mit 22000 Hz Auflösung aufgezeichnet, dann hat also eine Sekunde 22000 Samples. Wenn ein Punkt 0,73 Sekunden nach dem Anfang kommt, dann wäre $22000 \times 0,73 = 16060$ einzutragen. Stereo-Dateien erfordern zusätzlich den Faktor 2 in der Berechnung der Werte.

Zwischen den beiden Positionsmarken muss mindestens eine halbe Sekunde Loop-Sound vorhanden und die Datei muss insgesamt länger als eine Sekunde sein, sonst kommt es zu Wiedergabefehlern. Falls eine Datei zunächst keine ausreichende Zeitspanne aufweist, kann dieser Bereich z.B. in einem Sound-Editor per Copy&Paste so oft verdoppelt werden bis mindestens 0,5 Sekunden loopfähiger Sound vorhanden sind. Wenn nur ein Anlauf- aber kein Auslaufsound dargestellt werden soll, dann wird der Positionsmarker für Auslauf auf 0 gesetzt.

6.8.5 Abhängigkeiten

Nach Anklicken des Kontrollkästchens „Abhängigkeiten“ lassen sich durch Klick auf das Icon mit dem weißen Blatt neue Abhängigkeiten erzeugen. So lässt sich das Abspielverhalten des Sounds an komplexe Zustände der Umgebung anpassen, z.B. Abspielen starten wenn gewisse Messwerte erreicht werden oder die Kopplung der Geschwindigkeit an beliebige physikalische Größen.

Doppelklick auf einen Eintrag in der Liste öffnet das Fenster „Soundabhängigkeit“, das in den beiden folgenden Abschnitten beschrieben wird. Die Reihenfolge, in der die Abhängigkeiten abgearbeitet werden, lässt sich mit den Pfeil-Icons einstellen.



6.8.5.1 Trigger

Trigger bestimmen, wann ein Sound eingeschaltet oder ausgeschaltet wird.

Triggertyp: Ein Trigger vom Typ „Steigend“ löst aus, wenn die ausgewählte physikalische Größe den Trigger-Grenzwert erreicht und dabei ansteigt, nicht jedoch wenn die physikalische Größe den Grenzwert durchschreitet und dabei im Fallen begriffen ist. Trigger vom Typ „Fallend“ verhalten sich umgekehrt, und ein Trigger vom Typ „Beide Richtungen“ an löst immer aus, wenn der Grenzwert durchlaufen wird. Ungeloopete Sounds werden beim Auslösen eines Einschalt-Triggers einmal abgespielt und benötigen daher keinen Ausschalt-Trigger. Geloopete Sounds benötigen zusätzlich mindestens einen Ausschalt-Trigger, da sie ansonsten nach dem Einschalten endlos geloopt werden.

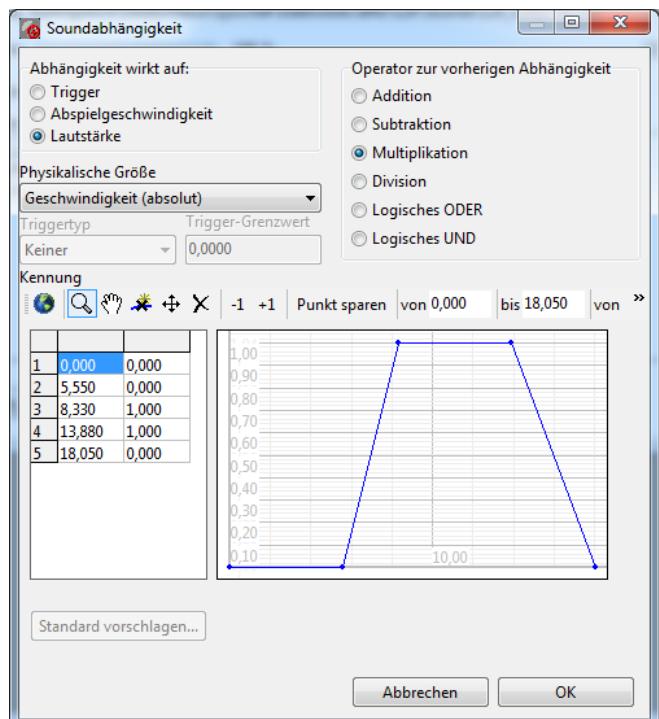
Starten auch ohne Trigger: Wenn dieses Kontrollkästchen gesetzt ist, wird der Sound beim Simulationsbeginn sofort gestartet, ohne dass erst eine Triggerbedingung erfüllt werden muss.

6.8.5.2 Abspielgeschwindigkeit und Lautstärke

Abhängigkeit wirkt auf: Abhängigkeiten vom Typ „Abspielgeschwindigkeit“ oder „Lautstärke“ werden im unteren Teil des Fensters konfiguriert. Mit den Werkzeugen im Bereich Kennung lassen sich Kurven definieren, die das Verhalten der Abspielgeschwindigkeit bzw. Lautstärke bestimmen. Die linke Spalte der Wertetabelle steht dabei für den Wert der oben ausgewählten physikalischen Größe. Die rechte Spalte bestimmt, welchen Wert die Abspielgeschwindigkeit / Lautstärke dann annimmt. Der Wert 1 entspricht dabei einer unveränderten Wiedergabe der wav-Datei.

Physikalische Größe: Der Wert dieser Größe wird für die Berechnung herangezogen, hier z.B. die gefahrene Geschwindigkeit des Fahrzeugs.

Operator zur vorherigen Abhängigkeit: Mit Hilfe der Operatoren für vorherige Abhängigkeit lässt sich eine Abhängigkeit mit der nächsten Abhängigkeit in der Liste verbinden. Bei einem Operator vom Typ Multiplikation werden dabei im Simulator beispielsweise die Werte der rechten Spalte der Wertetabelle miteinander multipliziert. Damit lässt sich zum Beispiel das Quietschen einer Bremse sowohl vom Zylinderdruck als auch der Geschwindigkeit abhängig machen. Operatoren wirken nicht auf die nachfolgende Abhängigkeit, wenn diese nicht vom selben Typ (Lautstärke bzw. Abspielgeschwindigkeit) ist.



6.8.5.3 Problembehebung

Wenn eine Abhängigkeit nicht wie erwartet funktioniert, sollte als erstes geprüft werden, ob die Werte in der korrekten Größenordnung angegeben sind. Der Simulator arbeitet intern ausschließlich mit SI-Einheiten. Daher werden Geschwindigkeiten beispielsweise in der Einheit m/s und nicht km/h angegeben, Kräfte in Newton statt der in der Literatur häufig zu findenden Einheit Kilonewton. Auskunft über die zu erwartenden Einheiten der physikalischen Größen gibt die Liste der Führerstands-IDs ([Kapitel 11.3.3.3.1](#)).

Eine weitere Hilfe ist das Fenster „Fehlersuche“ im Simulator, das alle Sounds mit ihren aktuellen Zuständen auflistet.

Außerdem lässt sich die Testdatei ansteigend.wav benutzen, die einen synthetisch erzeugten Ton mit linear ansteigender Frequenz enthält, so dass sich recht gut hören lässt, mit welchem Zustand die Datei gerade abgespielt wird.

6.8.6 3D-Sound

Bei 3D-Sound wird anhand der physikalischen Gesetze zur Ausbreitung von Schall ein räumlicher Eindruck der Akustik aus Sicht des Betrachters errechnet. Berücksichtigt wird dabei die Lage und Geschwindigkeit der Schallquellen und die Position und die Blickrichtung des Betrachters. Dadurch werden Lautstärke, Dopplereffekt und kopfabhängige

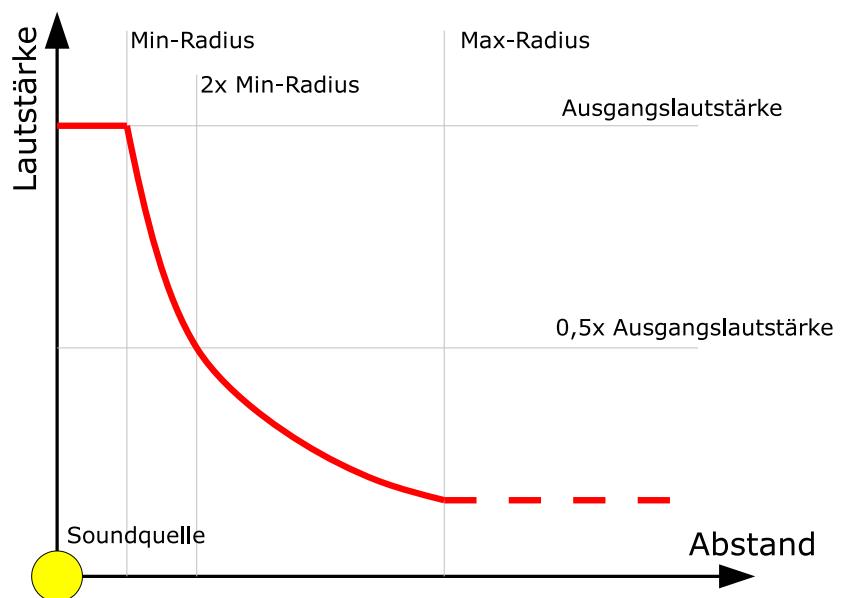
Effekte (die Wahrnehmung des Ohrs ist richtungsabhängig) in der Wiedergabe berücksichtigt. Um auch die räumliche Lage der Schallquellen zu erfassen, sollte ein Stereo- oder besser Surround-Sound-System benutzt werden.

Da Schallquellen von Natur aus einkanalig sind, müssen Sound-Dateien für 3D-Sound mono sein.

6.8.6.1 Funktionsprinzip in DirectX

Die Reichweite/Lautstärke des 3D-Sounds wird in DirectX über die Parameter „Min-Radius“ und „Max-Radius“ beeinflusst. Der Min-Radius legt fest bis zu welchem Abstand von der Soundquelle der Sound in unveränderter Lautstärke zu hören ist. Anschließend wird der Sound mit zunehmendem Abstand leiser bis er in einem Abstand von Max-Radius die Endlautstärke erreicht. Diese ist nicht 0, sondern ergibt sich aus der für diesen Abstand angebrachten Lautstärke. Zusi unterdrückt den Sound trotzdem bei größerem Abstand, um Rechenressourcen zu sparen.

Das Maß, mit dem der Sound leiser wird, hängt alleine vom Min-Radius ab. Mit jeder Verdoppelung des Abstands halbiert sich die Lautstärke. Also angenommen, der Min-Radius betrage 50 m, dann ist bis 50 m um die Soundquelle volle Lautstärke zu hören, bei 100 m Abstand ist die Lautstärke halbiert, bei 200 m ist noch ein Viertel der Ursprungslautstärke zu hören. Wie man erkennt, wird die Lautstärke nie Null, sondern nähert sich nur Null an – ist also theoretisch unendlich weit zu hören, wenn auch nur noch extrem leise. Über den Max-Radius wird der Vorgang irgendwann unterbrochen, um Rechenleistung zu sparen. Dieser sollte also so gewählt werden, dass der Sound nicht zu abrupt abbricht, aber auch nicht unnötig lange berechnet werden muss.



6.8.6.2 Umsetzung in Zusi

Ein 3D-Sound wird genauso erstellt wie ein 2D-Sound, nur dass zusätzlich das Kontrollkästchen „3D-Sound“ aktiviert und die beiden erläuterten Abstände einzutragen sind.

In dem vom Spieler gesteuerten Zug werden 3D-Sounds des führenden Fahrzeugs nicht wiedergegeben. Die Soundkulisse im Führerstand des führenden Fahrzeugs muss also grundsätzlich mit 2D-Sounds realisiert werden. Es sind im Führerstand allerdings die 3D-Sounds der nachfolgenden Fahrzeuge im Zug zu hören, ebenso wie die 3D-Sounds entgegenkommender Züge und sonstige in der Landschaft positionierte 3D-Sounds.

Bei den vom Autopiloten gesteuerten Zügen (das betrifft auch entgegenkommende Züge) steht nur ein sehr eingeschränkter Satz von physikalischen Größen für die Steuerung der Sounds zur Verfügung. Der Autopilot rechnet nämlich nicht die vollen Antriebs- und Bremsmodelle durch, sondern berechnet nur die grundlegenden Größen. Zu den auch im Autopilotbetrieb verfügbaren Größen zählen „Geschwindigkeit (absolut)“ und „Zugkraft gesamt“. Obwohl der Autopilot bei der Bremswirkung nicht zwischen verschiedenen Bremssystemen unterscheidet, wird die Gesamtbremskraft des Zuges über die Wagen des Zuges verteilt und in der physikalischen Größe „Druck Bremszylinder“ verfügbar gemacht, um Bremsenquietschen auch bei Autopilot-Zügen realisieren zu können.

Laufen Fahrzeuge im Modus „Mehrfachtraktion“ im vom Spieler gesteuerten Zug, dann steht in diesen Fahrzeugen praktisch der komplette Satz physikalischer Größen für die Steuerung von 3D-Sounds zur Verfügung.

Damit der 3D-Sound auch in Situationen mit vielen gleichzeitig abzuspielenden 3D-Sounds ordnungsgemäß funktioniert (zum Beispiel in Bahnhöfen mit vielen Fahrzeugen), sollten häufig verwendete, geloopte 3D-Sounds unbedingt kürzer als eine Sekunde sein und möglichst keine Trigger haben. Längere oder getriggerte Sounds benötigen zusätzliche Simulatorressourcen (interne Streaming-Threads), die nur in begrenzter Zahl zur Verfügung stehen. Betriebssicher abspielbar sind nur ca. 200 gleichzeitige Streaming-Thread-Sounds.

6.8.7 Sounddateien erstellen

Die Sounds sollten möglichst unter realistischen Bedingungen aufgenommen werden, also z.B. auf dem Führerstand einer Lok mit dem Mikrofon in Ohrnähe. Die verschiedenen Geräuschquellen müssen möglichst isoliert aufgenommen werden, da sich Störgeräusche später kaum herausfiltern lassen.

Empfohlen ist eine digitale Videokamera mit externem Mikrofon der etwas gehobenen Preisklasse. Wer einen Laptop mit vernünftiger Soundkarte hat, kann damit natürlich direkt auf die Festplatte aufnehmen. Ideal ist ein digitales Aufzeichnungsgerät mit einstellbarer Aussteuerung, da die automatische Aussteuerung von typischen Videokameras zu einer nicht authentischen Lautstärke führt.

Um z.B. das tiefe Wummern eines Dieselmotors aufnehmen zu können, sollte die untere Frequenzgrenze des Aufnahmegeräts und Mikrofons möglichst niedrig liegen - ein Diktiergerät oder die integrierten Mikrofone von Video- und Digitalkameras sind dafür wenig geeignet.

Mit dem Windows-Audiorekorder lassen sich schon die grundlegendsten Bearbeitungen der Wave-Dateien durchführen (Schneiden, lauter/leiser und langsamer/schneller). Die Freeware Audacity bietet eine Menge weitergehende Möglichkeiten der Bearbeitung.

Eine niedrigere Abtastrate erzeugt weniger Datendurchsatz und ist wegen des Ressourcenbedarfs sinnvoll. Die Abtastrate sollte natürlich nicht so niedrig werden, dass der akustische Eindruck leidet.

6.9 Externe Datei

Zur Umsetzung eines Modulbauverfahrens (siehe einleitender Abschnitt dieses Kapitels) kann hier eine Datei angegeben werden, die weitere Fahrzeug-Daten enthält. Im Simulator werden alle so verknüpften Dateien zu einer Datei zusammengeladen.

Über den Schalter „Datei im Editor öffnen“ wird die angegebene Datei zum Editieren geöffnet.

6.10 Animationen

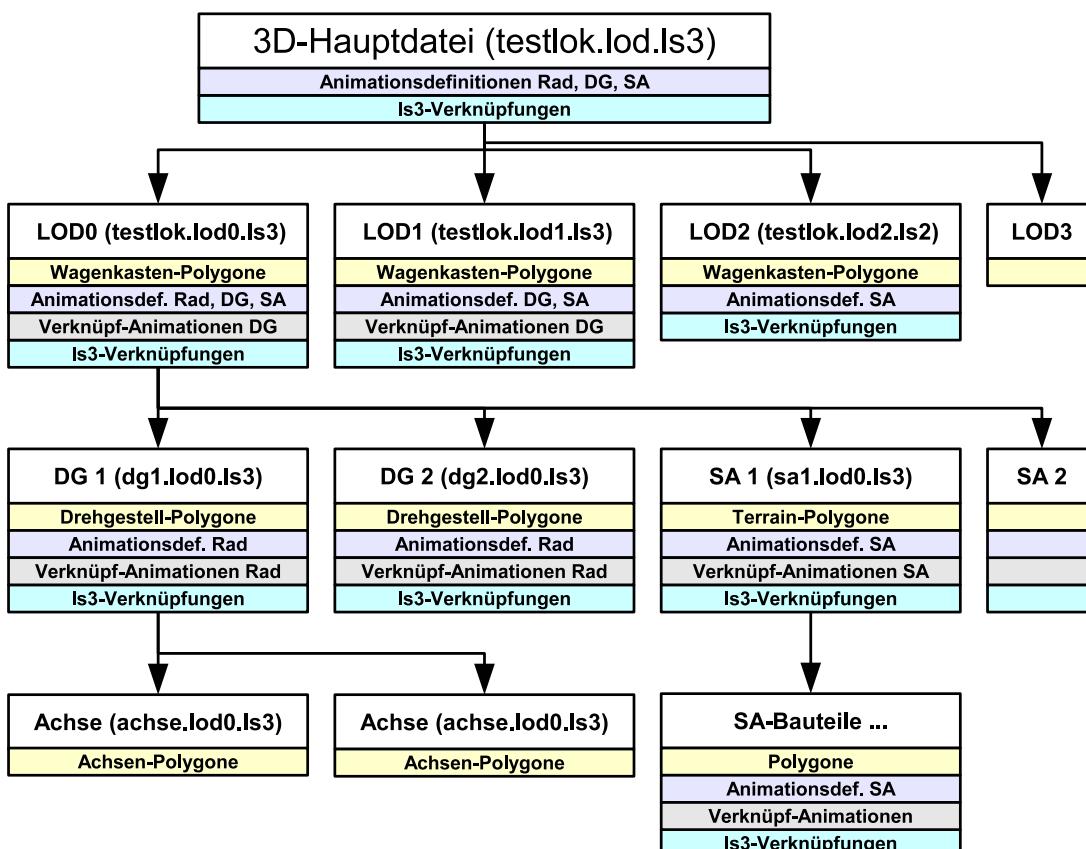
Aus funktionaler Sicht sind zwei Arten von Animationen zu unterscheiden: Manche laufen kontinuierlich zeitgesteuert. Andere sind direkt an eine Führungsgröße zwangsgekoppelt und bewegen sich rund um einen Arbeitspunkt. Ein Beispiel für den ersten Fall wäre die Raddrehung (in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit). Ein Beispiel für den zweiten Fall ist ein Drehgestell, das direkt an die Gleiskrümmung gekoppelt ist und rund um die Nulllage ausschlägt.

In der Fahrzeug-Datei (*.lod.ls3-Datei) dürfen keine Mesh- und Verknüpfungsanimationen liegen, sondern nur Animationsdeklarationen.

Loopen bei allen Fahrzeuganimationen sollte auf „aus“ stehen.

6.10.1 Beispielstruktur

Hier wird die Struktur der Animationen anhand einer typischen Lok dargelegt. Diese hat animierte Räder (nur in LOD0), animierte Drehgestelle (DG) in LOD0 und 1 und animierte Stromabnehmer (SA) in LOD0 bis 2. Die Darstellung der Stromabnehmer ist etwas vereinfacht, um die Übersicht zu wahren. Wegen der diversen animierten Bauteile ist die hier nur bis zur SA-Hauptdatei dargestellte Struktur tatsächlich entsprechend aufwendig.



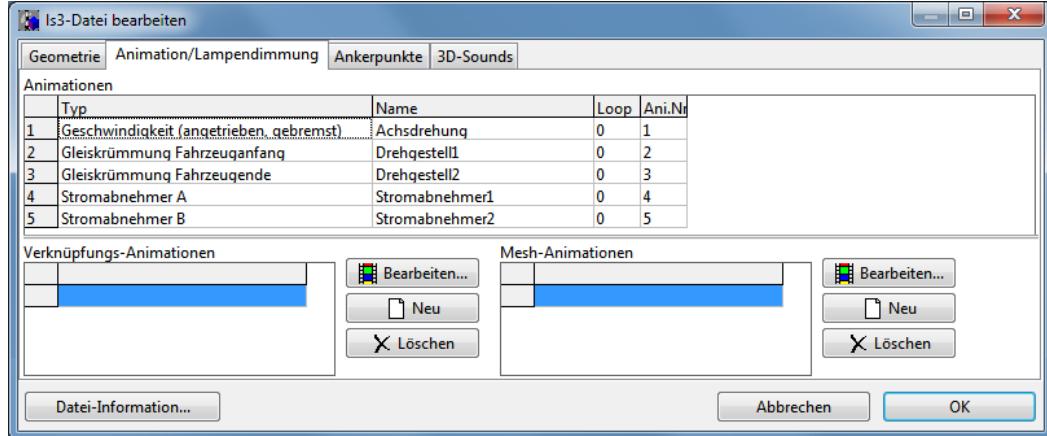
Zu beachten ist:

- In der Hauptdatei dürfen nur Animationsdeklarationen (blassblaue Felder), aber keine tatsächlichen Animationen (graue Felder) enthalten sein.

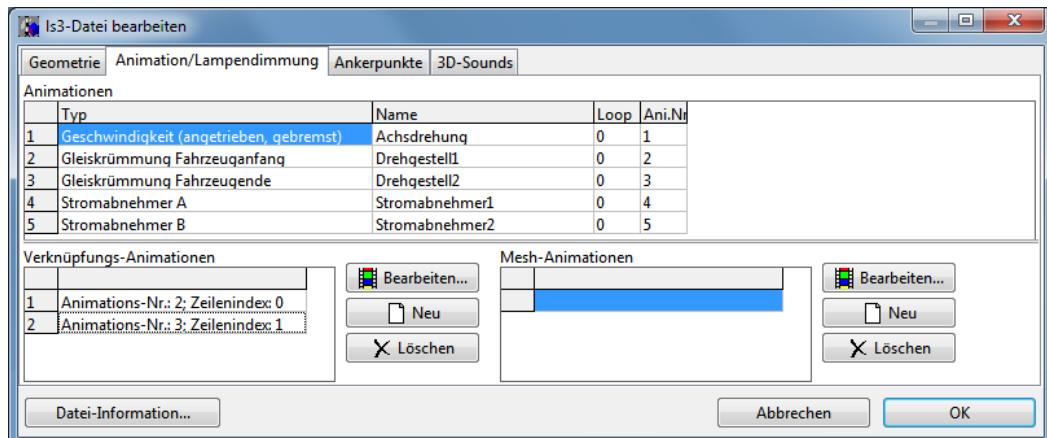
- Soll eine irgendwo in der Tiefe der Struktur vorhandene Animation angesteuert werden können, so muss die Definition (blassblaue Felder) in jeder übergeordneten Datei vorhanden sein. Siehe z.B. die Definition für SA unter „SA-Bauteile“. Diese ist auch in „SA 1“, „LOD0“ und der Hauptdatei vorhanden. Da in LOD1 die Räder nicht animiert werden sollen, kann die Raddefinition in „LOD1“ entfallen.

- Die Werte für Loop sind immer auf 0 (für „aus“).

Im Folgenden noch die ls3-Eigenschaften von drei Dateien als Beispiel für die konkreten Dateieintragungen. Die Tabelle unter „Animationen“ entspricht den blassblauen Feldern. Die Verknüpfungs- (und auch Mesh-) animationen entsprechen den grauen Feldern.



test/lok.lod.ls3 (nur die Deklarationen, da Hauptdatei)

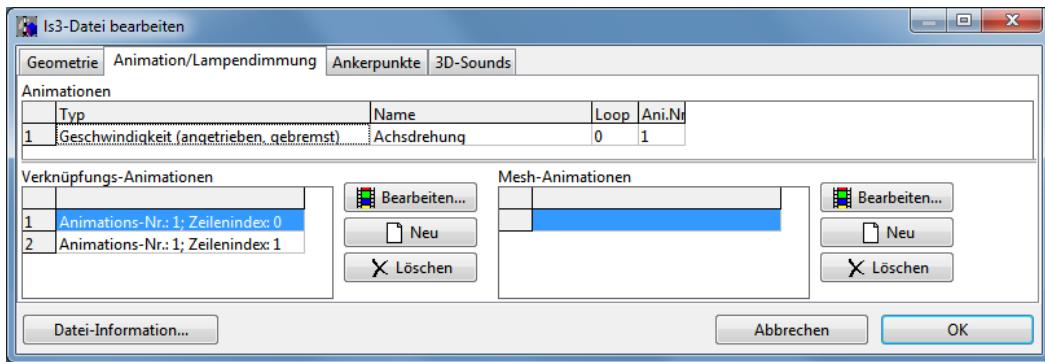


test/lok.lod0.ls3 (alle hier und tiefer benötigten Deklarationen und zwei Animationen für die beiden Drehgestelle)

6.10.2 Raddrehung

Es stehen vier Typen für die Animation der Räder zur Verfügung. Je nachdem, ob gebremst oder angetrieben ausgewählt wird, wird Schleudern und/oder Gleiten dargestellt.

Die Geschwindigkeit der Animation muss auf den Raddurchmesser abgestimmt werden. Einzutragen ist der Kehrwert des Radumfangs in Metern. Ein Beispiel für Raddurchmesser 900 mm:



dg1.lod0.ls3 (die hier benötigte Deklaration für die Radanimation und zwei Animationen für die beiden Räder des Drehgestells)

$$\text{Animationsgeschwindigkeit} = \frac{1}{0,9[m] \cdot \pi} = \frac{1}{0,9 \cdot 3,14} = 0,354$$

Die Animation muss eine Raddrehung enthalten, geloopt wird dann automatisch. Beispiel:

t	Rot y	Phi
0	0	0
0,25	1	90
0,5	1	180
0,75	1	270
1	0	360

6.10.3 Drehgestelle

Drehgestelle sind in der Drehung auf +/-45° zu normieren und so zu bauen, dass der Drehpunkt mit der Lage des Fesselpunkts übereinstimmt. Die Animierung zeigt die folgende Tabelle. So ist sichergestellt, dass die Drehgestelle passend zur Kurvenlage animiert werden:

Vorderes Drehgestell			Hinteres Drehgestell		
t	Rot z	Phi	t	Rot z	Phi
0	-1	45	0	1	45
0,5	0	0	0,5	0	0
1	1	45	1	-1	45

Siehe dazu auch Fessellängen in [Kapitel 6.4.9](#).

Die Animationsgeschwindigkeit ist 0, da sich die Animation schon durch die Normierung auf 45° definiert.

6.10.4 Stromabnehmer

Der Arbeitsbereich der Stromabnehmer hängt vom Stromsystem ab und ist für das jeweilige System fest programmiert. Der Simulator benötigt zur Animation die Einbauhöhe des Stromabnehmers im Fahrzeug (unter Fahrzeuggrunddaten in [Kapitel 6.4.12](#)), und das

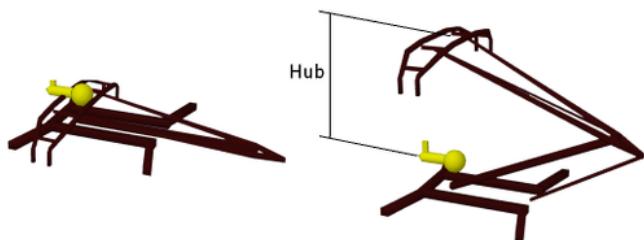
3D-Modell des Stromabnehmers muss so gebaut sein, dass es zwischen den Animationspunkten 0 (abgesenkt) und 1 (höchste Lage) einen definierten Gesamthub zurücklegt. Diese Werte sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Stromsystem	Gesamthub
15 kV, 16,7 Hz	2,5 m
25 kV, 50 Hz	2,5 m
1,5 kV, Gleichstrom	2,5 m
3 kV, Gleichstrom	2,5 m

Die Animationsgeschwindigkeit ist 0, da sich die Animation schon durch die Normierung auf die Höhenlage definiert.

Die im Streckenelement hinterlegten Fahrdrahthöhen werden immer von Streckenelementmitte zu Streckenelementmitte betrachtet, und der Stromabnehmer wird zwischen diesen beiden Punkten entlang einer Geraden animiert. Für die Stromabnehmer A und C wird die x-Lage des vorderen Fesselpunkts, für die Stromabnehmer B und D die des hinteren Fesselpunkts bei der Ermittlung der Fahrdrahthöhe herangezogen.

Die Stromabnehmer sollten so konstruiert werden, das sich der Ursprung der Stromabnehmer-Datei (hier durch einen Ankerpunkt dargestellt) in Schleifstückmitte im abgesenkten Zustand befindet. So können dieselben Stromabnehmer auf unterschiedlichen Loks eingebaut werden und der Fahrzeugbauer kann die Einbaulage (z-Wert) direkt ohne Umrechnung in die Grunddaten übernehmen.



6.10.5 Türen

Unterschieden wird zwischen der Fahrtrichtung links und rechts (in x-Richtung betrachtet). Die Animation muss so gestaltet werden, dass die Türen bei t=0 geschlossen und bei t=1 offen sind. Die Animation muss mit einer Geschwindigkeit versehen sein. Ist diese 1, läuft die Animation nach Anstoß in einer Sekunde ab, bei anderen Geschwindigkeitswerten entsprechend schneller/langsamer.

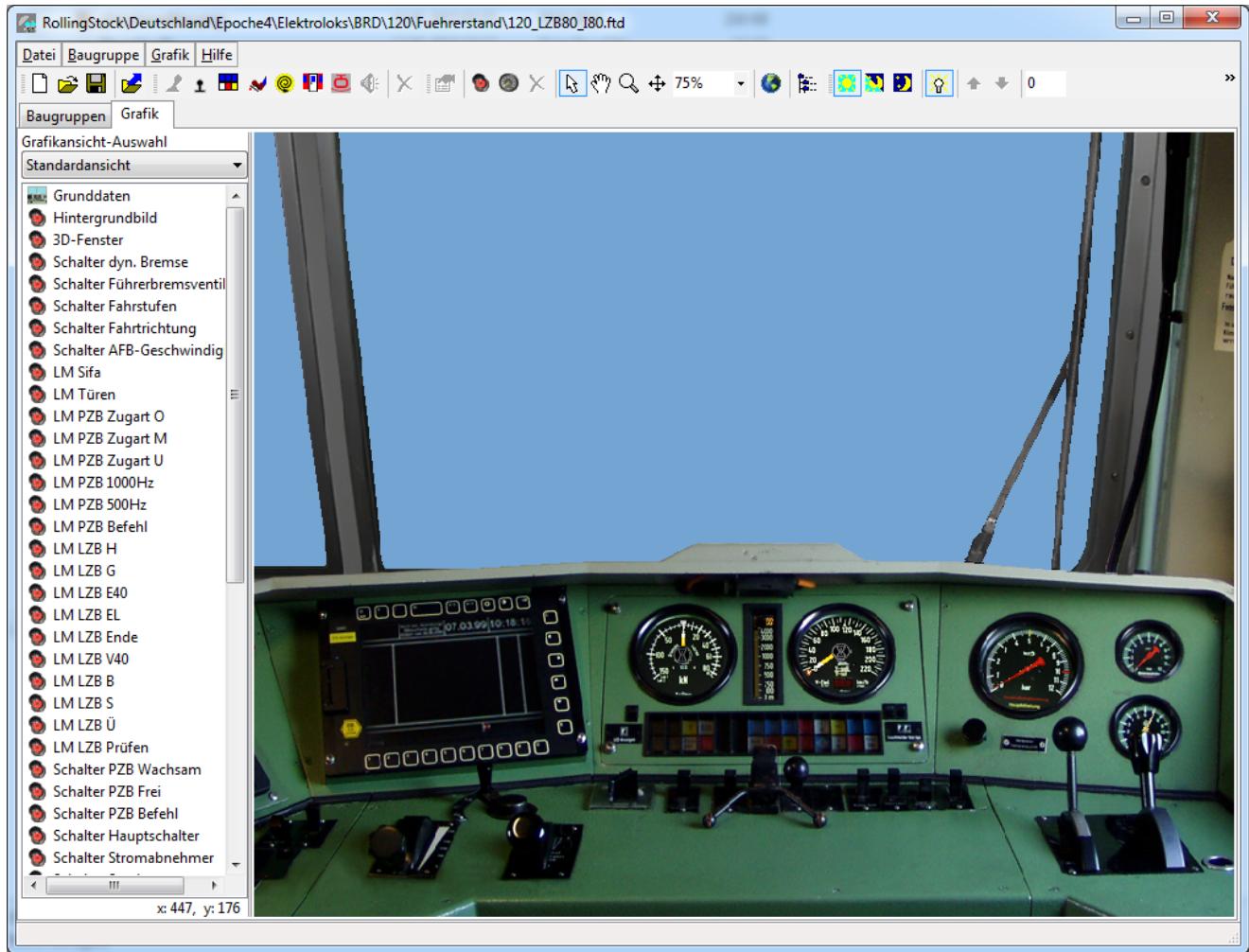
6.10.6 Neigetechnik

Die maximale Neigung wird in den Fahrzeugdaten angegeben. Die Animation kann daher immer zwischen 0 und 0,5 sowie 0,5 und 1 angelegt werden, wobei 0,5 die Grundstellung ist. Die Animationsgeschwindigkeit ist 0, da sich die Animation schon durch die Normierung definiert. Im Folgenden ein Beispiel für einen Zug mit einer Maximalneigung von 8°:

t	Rot x	Phi
0	-1	8
0,5	0	0
1	1	8

7 Führerstandeditor

Im Führerstandeditor werden Grafik und Bedienung eines Fahrzeugs definiert, das vom Nutzer gesteuert/bedient werden soll. Das sind insbesondere alle Hebel und Schalter zur Bedienung des Führerstands sowie die Zugbeeinflussungssysteme, Türschließsysteme usw.



Das Fenster ist zunächst in zwei Registerkarten aufgeteilt, eine für die Funktionalität und eine für die Grafik. Dort befinden sich jeweils links die Bauteile in Listenform. Beim Anklicken einer Baugruppe werden deren Daten im rechten Bereich zur Bearbeitung dargestellt bzw. markiert.

Der Führerstand wird mit denselben Methoden wie im Simulator gezeichnet, so dass sich der Führerstand bereits im Editor hinsichtlich aller grafischen Effekte beurteilen lässt.

7.1 Führerstandskonzept

Ein Führerstand besteht aus zwei großen, weitgehend unabhängigen Blöcken (Baugruppen und Grafik), die sich in den beiden Registerkarten wiederfinden. Die Baugruppen regeln die gesamte Bedienlogik und Funktionalität. Die Grafik sorgt für die optische Darstellung der Vorgänge, wenn einer Baugruppe das entsprechende Grafikelement zugeordnet wird. Notwendig ist die Grafik für die in den Baugruppen definierte Funktionalität nicht.

Es gibt gewisse Schnittstellen zur Fahrzeugfunktion (z.B. Bremse in der Fahrzeugdatei/Bremsbedienung in der Führerstanddatei), die passend abgestimmt werden müssen. So müssen z.B. alle notwendigen Kommandos zur Bedienung eines Führerbremsventils im Führerstand definiert werden, wenn die Bremse des Fahrzeugs bedient werden soll.

Innerhalb des Grafikteils können mehrere Grafikansichten definiert werden, um unterschiedliche Perspektiven zu realisieren, zwischen denen man im Simulator hin- und herschalten kann.

7.1.1 Baugruppen

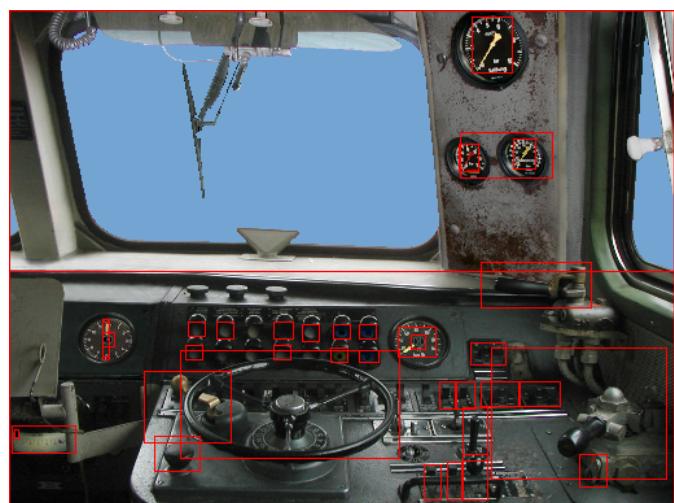
Bei den Baugruppen gibt es diverse spezielle Elemente für genau eine definierte Funktion (z.B. Zugbeeinflussung, Sander, Angleicher) sowie einen allgemeingültigen Kombischalter, der sehr flexibel konfiguriert und in beliebiger Anzahl eingebaut werden kann.

Als Basiselement gibt es einen Schalter mit zwei Stellungen. Dieser dient als Grundlage für diverse Funktionen mit zwei Schaltzuständen (Sander, Sifa usw.). Auch der Kombischalter baut auf diesem Element auf, erlaubt aber beliebig viele Schaltstellungen. Es kann eine Sounddatei angegeben werden, die für das Rast-/Schaltgeräusch des Schalters selbst gedacht ist und bei jeder Betätigung einmal gespielt wird. Die meisten originalen Schalter schalten so leise, dass dieser Sound leer bleiben kann. Soll der Schaltvorgang auch grafisch dargestellt werden, so muss ein Leuchtmelder-Element vorhanden sein, das die passende Anzahl Bilder für die unterschiedlichen Schaltstellungen aufweist.

Die weiteren Baugruppen sind funktional sehr spezifisch und haben entsprechend individuelle Einstellungen.

7.1.2 Grafik

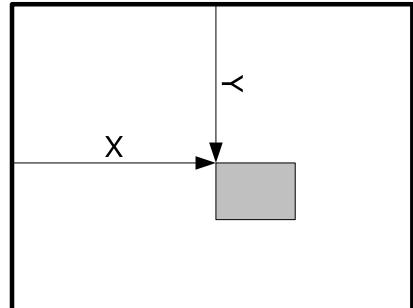
Alle Instrumente, Melder, Schalter und sonstige grafische Darstellungen werden durch zwei Instrument-Typen dargestellt, das sind der Leuchtmelder und das Zeigerinstrument. Die Schalterelemente, das Hintergrundbild und der Platzhalter für das 3D-Fenster werden auch durch den Typ „Leuchtmelder“ dargestellt. Das nebenstehende Bild zeigt das Beispiel der BR 216 wobei alle Leuchtmelderpositionen rot markiert sind. Durch diese werden alle animierten Schalter, Leuchtmelder sowie das Hintergrundbild und der



Bereich des 3D-Fensters definiert.

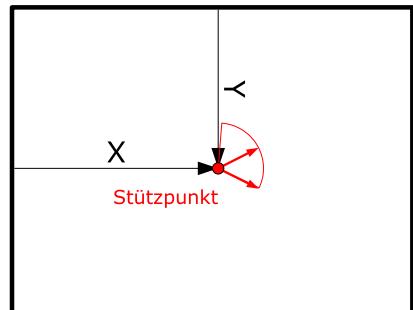
7.1.2.1 Leuchtmelder

Die Elemente „Leuchtmelder“ werden für die verschiedensten Instrumente benutzt und umfassen eine rechteckige Teilfläche des Führerstands wie auf der nebenstehenden Skizze dargestellt. Es kann damit eine Ziffern-Anzeige mit variablem Text (Fahrstufen, Digitaluhr...), ein Leuchtmelder mit dem Zustand an/aus oder z.B. auch ein Fahrschalter mit zahlreichen Schaltpositionen verwirklicht werden. Im Bitmap-Modus zeigt ein Leuchtmelder eine der zugeordneten Texturen, im Textmodus einen Schriftzug an.



7.1.2.2 Zeigerinstrument

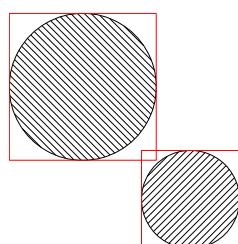
Ein Zeigerinstrument ist die sehr allgemeingültig gehaltene Bewegungskurve eines Zeigers anhand einer Stützpunkttafel relativ zu einem im Führerstand definierten Stützpunkt. Damit lassen sich drehende oder auch entlang beliebiger Wege laufende Zeiger oder Balkenanzeigen darstellen.



7.1.2.3 Überdeckungen

Bei überlappenden Führerstandselementen kann sich ein falscher optischer Eindruck ergeben, wenn die Reihenfolge der Darstellung nicht eingehalten wird. Zur Umgehung des Problems der Überlappungen kann die Überdeckungsreihenfolge der Elemente festgelegt werden. Um einen schnellen Überblick zu bekommen, welche Überdeckungen im Führerstand aktiviert sind, kann die Funktion „Verdeckungshierarchie“ aufgerufen werden.

Es muss nicht bei allen Überdeckungen notwendigerweise zu Problemen kommen. Ein Beispiel ohne Problem zeigt die Skizze mit zwei runden Leuchtmeldern, bei der sich die Melderpositionen zwar überlappen, die wirklich darzustellenden Flächen aber ohne Überlappung sind. Aus Performancegründen sollten nur die tatsächlichen Überdeckungen als solche gekennzeichnet werden. Zu beachten ist, dass der überlappte Bereich in beiden Melder-Rechtecken komplett transparent sein muss.



7.1.2.4 Nachtdarstellung

Damit sich die Führerstandsdarstellung im Simulator an die Umgebungshelligkeit anpassen kann, muss allen Komponenten ein „Farbwert bei Dunkelheit“ gegeben werden. Die Helligkeit des Führerstands wird von weiß bei Tageslicht proportional zur Helligkeit bis zu diesem Farbwert verändert. Diese Farbe sollte nicht schwarz sein, da man sonst bei Dunkelheit überhaupt nichts mehr sieht, sondern ein dunkles Grau ist zu empfehlen. Zusätzlich muss die Beleuchtung definiert werden, die bei Dunkelheit sichtbar bleibt, wie z.B. die Hinterleuchtung von Instrumentenskalen. Eine Möglichkeit der Umsetzung ist eine zweite Textur für das Hintergrundbild, die die Nachteffekte enthält. Die beiden folgenden Bilder zeigen beispielhaft das Hintergrund der BR 120 und die gleich dimensionierte Nachttextur, auf der alle Lichteffekte festgelegt sind:



Die Lichteffekte auf der Nachttextur werden in das normale Hintergrundbild gemischt, so dass bei Dunkelheit die beleuchteten Skalen und Monitore entstehen. Die Beleuchtung der Leuchtmelder geschieht über die Einstellungen in den jeweiligen Instrumenten und muss beim Hintergrundbild nicht beachtet werden.

Dieser Ansatz führt häufig zu recht großen ungenutzten Flächen auf der Nachttextur, wie hier die oberen ca. 2/3 der Textur. Zur Einsparung von Texturfläche (und damit Speicherbedarf) können auch nur gezielt die Bereiche mit einer Nachttextur versehen werden, auf denen wirklich Leuchteffekte vorgesehen sind, indem in diesen Bereichen ein Leuchtmelder definiert wird, der mit entsprechenden Texturen ausgerüstet ist.

7.1.2.5 Grafikansichten

Für jeden Führerstand können beliebig viele Grafikansichten definiert werden, zwischen denen im Simulator mit den Pfeiltasten gewechselt werden kann. Jede dieser Ansichten ist eine eigenständige Führerstandsgrafik mit eigenen Bitmap-Dateien.

Es folgt als Beispiel die BR 120, bei der neben der Standardansicht eine Zoomansicht mit vergrößerten Instrumenten und ein reiner Fensterblick sowie zu beiden Seiten je eine schräge Führerstandsansicht und ein Blick zurück am Zug umgesetzt wurden.



7.1.2.6 Unterschiedliche Auflösungen/Qualitätsstufen

Damit die Darstellung des Führerstands möglichst gut an verschiedene Monitorauflösungen angepasst werden kann, besteht die Möglichkeit, für eine Perspektive mehrere alternative Auflösungen bereitzustellen. Dafür werden mehrere eigenständige Grafikansichten benutzt. In den Einstellungen der Grafikansicht lassen sich die zugehörigen Monitorauflösungen differenzieren. Hier sind einige typische Monitorauflösungen fest hinterlegt. Der Endnutzer wählt im Fahrimulator aus dieser Auswahl, welche Auflösung seinem System am nächsten kommt und wenn für eine Grafikansicht mehrere Auflösungen hinterlegt sind, dann lädt der Fahrimulator die entsprechend zugeordnete Ansicht.

7.1.2.7 Erstellen eines neuen Führerstandes

Es folgen zunächst die Erläuterungen der Editorfunktionen in der Reihenfolge der Menüstruktur. Im letzten Kapitel wird dann das Erstellen eines neuen Führerstands ausführlich und chronologisch beschrieben.

7.2 Menü Datei

7.2.1 Neu/Öffnen/Speichern

Hier handelt es sich um die üblichen Funktionen zum Laden und Speichern der Führerstandsdatei. Nur die ftd-Datei wird hier betrachtet. Die verknüpften Dateien für Texturen und Sounds werden vom Editor nur geladen und nicht verändert, wenn man vom Erstellen der dds-Texturen im eigens dafür vorgesehenen Editor absieht.

7.2.2 Führerstand importieren

Diese Funktion kopiert die Komponenten eines weiteres auszuwählenden Führerstands zusätzlich in den aktuell geladenen Führerstand.

7.2.3 Datei-Information

Siehe [Kapitel 1.7](#)

7.2.4 Programm-Einstellungen

Grafikkarten-Einstellungen: Die Parameter, mit denen der DirectX-Prozess zur Darstellung der Grafik gestartet wird. Nähere Erklärungen finden sich z.B. im Kapitel zu den Fahrsimulator-Einstellungen, wo die gleichen Parameter eingestellt werden.

Editor-Bezugsfenstergröße: Ein Führerstand ist an keine feste Bezugsgröße gebunden, sondern kann stufenlos an jede Bildschirmauflösung angepasst werden. Intern werden viele Werte deshalb nur als relative Größe gespeichert, die dann je nach Bildschirmgröße in tatsächliche Pixeldimensionen umgerechnet werden. In den Eingabefeldern werden meistens diese Pixelwerte angegeben, da sie besser zu handhaben sind. Die Bezugsgröße, mit der gerechnet wird, wird in diesen beiden Feldern eingegeben. Es sollte sich hier also typischerweise um die Abmessungen des Hintergrundbildes handeln, so dass alle Koordinaten in den tatsächlichen Pixelwerten bearbeitet werden können. Wird das Kontrollkästchen „Automatisch einstellen“ gesetzt, so wird bei jedem Ladevorgang einer Grafikansicht die Abmessung des Hintergrundbildes ermittelt und als Bezugsgröße benutzt, egal welche Werte in den Einstellungen angegeben sind.

7.3 Menü Baugruppe

7.3.1 Sprachausgabe benutzen:

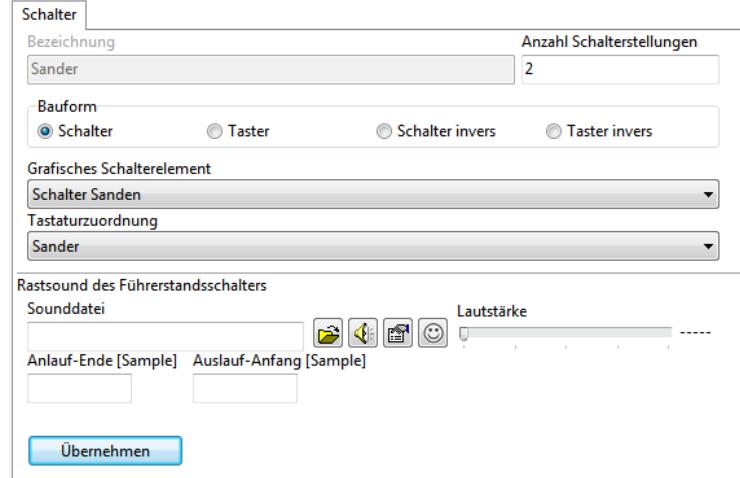
Für Baugruppen besteht die Möglichkeit, das Sprachausgabemodul des Simulators zu benutzen. Bei Aktivierung dieser Option werden die in den Baugruppen konfigurierten Sounds durch das Sprachausgabemodul geleitet und von diesem ggfs. nacheinander wiedergegeben (falls mehrere Soundereignisse gleichzeitig zur Wiedergabe anstehen). Dabei stellt das Sprachausgabemodul auch die Einhaltung der vorbildgerechten Prioritätsreihenfolge der Meldungen sicher.

7.3.2 Diverse Schalter hinzufügen

Mit dieser Funktion wird eine Baugruppe hinzugefügt, die auf einem einfachen Schalter (an/aus) besteht. Eingestellt werden:

Bauform: Schalter (jeder Tastendruck schaltet einmal um) oder Taster (Funktion ist nur aktiviert solange die Taste gedrückt ist).

Die beiden inversen Funktionen kehren die Funktion um. Sie wird also ausgelöst, wenn der Schalter/Taster nicht betätigt ist. Das ist für reguläre Führerstände normalerweise nicht zu verwenden, bei individuellen Fahrpultprojekten kann



es aber sinnvoll sein, wenn die Hardware ein umgekehrtes Signal liefert.

Grafisches Schalter-Element: Optionale Angabe, wenn der Schalter in der Grafik animiert sein soll. In der Liste sind alle Elemente aufgeführt, die in den Grafikansichten vorhanden sind. Die Anzahl der Texturen muss zur logischen Anzahl der Schalterstellungen passen, wenn die Animation korrekt sein soll.

Tastaturzuordnung: Auswahl, welcher Tastaturfunktion der Schalter zugeordnet werden soll. Die Zuordnung von Tasten und Tastaturfunktion erfolgt in den Simulatoreinstellungen. Durch das flexible Führerstandskonzept ist diese Zwischenebene nötig, da eine direkte Zuordnung einer Schalterfunktion zu einer Tastenbelegung zu viele Einschränkungen mit sich bringen würde.

Rastsound: Dieser Sound wird bei jeder Schalterbetätigung einmal abgespielt und ist für das Geräusch vorgesehen, das der Schalter selbst abgibt, nicht aber für irgendwelche Funktionen, die durch die Betätigung ausgelöst werden.

7.3.2.1 Angleicher

Diese Funktion löst das Angleichen aus, also eine leichte Druckerhöhung in der Hauptluftleitung. Für die Funktion der Druckluftbremse muss keine Angleicher-Baugruppe eingebaut sein. Es sollte die Bauform „Taster“ gewählt werden

7.3.2.2 Manuelle Mg-Bremse

Diese Funktion muss verbaut werden, wenn die Mg-Bremse über einen Schalter im Führerstand manuell angesteuert werden kann, was bei manchen Triebwagen möglich ist. Ohne diese Baugruppe arbeitet die Mg-Bremse automatisch.

7.3.2.3 Sander

Die Baugruppe wird gebraucht, wenn das Sanden zur Erhöhung der Reibkraft ermöglicht werden soll. Es sollte die Bauform „Taster“ gewählt werden.

7.3.2.4 Pfeife/Glocke

In der zweiten Registerkarte wird ein Sound hinterlegt, der so lange abgespielt wird, wie diese Funktion ausgelöst wird. Diese Funktion kann als Pfeife und/oder Glocke genutzt werden. Dazu kann die Tastaturzuordnung entsprechend gewählt werden. Es ist auch möglich, eine Zweittonpfeife damit umzusetzen, indem man die Glocke für den zweiten Kanal benutzt. Es sollte zumindest bei Pfeifen ein Anlauf- und Auslauf vorgehen werden und bei Pfeifen die Bauform „Taster“ und bei Glocken die Funktion „Schalter“ gewählt werden.

7.3.2.5 Luftpresser aus

Diese Baugruppe ermöglicht das Ausschalten des Luftpressers. Im Grundzustand oder wenn diese Baugruppe nicht verbaut ist, ist der Luftpresser betriebsbereit. Es sollte die Bauform „Schalter“ gewählt werden.

7.3.2.6 Notaus

Diese Baugruppe löst eine Stromabnehmerabsenkung sowie Schnellbremsung und Sanden aus, so lange wie sie betätigt wird.

7.3.2.7 AFB an/aus

Diese Funktion muss verbaut werden, wenn eine AFB vorhanden ist, zusätzlich muss ein Kombischalter mit AFB-v-Soll-Vorgabe eingebaut werden. Es sollte die Bauform „Schalter“ gewählt werden, so dass jedes Drücken der Taste die AFB den Status wechselt. **Auch über Hauptluftleitung bremsen:** Durch Aktivierung dieser Option bremst die AFB auch mit der indirekten Bremse des Zuges. Ohne diese Option wird nur die dynamische Bremse des Triebfahrzeugs genutzt.

Sprachausgabe benutzen und Sound: Das Kontrollkästchen legt fest, ob der unten angegebene Sound über die Sprachausgabelogik gespielt wird oder direkt ohne weitere Abhängigkeiten bei Aktivierung/Deaktivierung ertönt.

7.3.2.8 Tempomat an/aus

Diese Baugruppe ermöglicht eine einfache Tempomat-Funktion.

Tempomat mit Zugkraftbegrenzung: Aktivieren hält die aktuelle Geschwindigkeit, begrenzt durch die aktuelle Position des Fahrschalters. Deaktivierung durch Fahrschalter in 0 oder erneutes Drücken.

Tempomat mit fahrschalterunabhängiger Zugkraftregelung: Aktivieren hält die aktuelle Geschwindigkeit ohne Zugkraftbegrenzung. Deaktivierung durch Bewegen des Fahrschalters oder erneutes Drücken.

Geschwindigkeitsbegrenzer, +/- 5 km/h-Taster: Dieser Typ ist immer aktiv. Der Zug wird so geregelt, dass er nicht schneller fährt als durch v-Soll vorgegeben und nicht mehr Zugkraft erzeugt als durch den Fahrremsschalter eingestellt. Die maximale Beschleunigung beträgt 1 m/s^2 . „AFB auf/ab“ schaltet v-Soll jeweils um 5 km/h hoch/runter. „AFB ein/aus“ setzt v-Soll auf die gerade aktuell gefahrene Geschwindigkeit. Beim Vorbild kommt so ein Typ beim Stadler-KISS zum Einsatz.

7.3.2.9 Fahrschalter deaktivieren

Diese Funktion ermöglicht das Ausschalten des Fahrschalters über einen entsprechenden Schalter im Führerstand. Im Grundzustand ist der Fahrschalter aktiviert.

7.3.2.10 Dynamische Bremse deaktivieren

Diese Funktion ermöglicht das Ausschalten der dynamischen Bremse über einen entsprechenden Schalter im Führerstand. Im Grundzustand ist die Bremse aktiviert.

7.3.2.11 Bremsprobefunktion

Diese Baugruppe hat selbst keine Funktionalität. Sie setzt das Fahrzeug bei einer Aktivierung in den „Status Bremsprobefunktion“, verbunden mit einer Traktionssperrre und dem Lösen der Haltebremse. Zusatzsoftware kann diesen Status auswerten und zur Anzeige/Durchführung von Bremsproben nutzen. Diese Funktion ist vor allem für die bei modernen Fahrzeugen per Display ausgeführten menügeführten Bremsproben gedacht.

7.3.2.12 Individuelle Datenverarbeitung

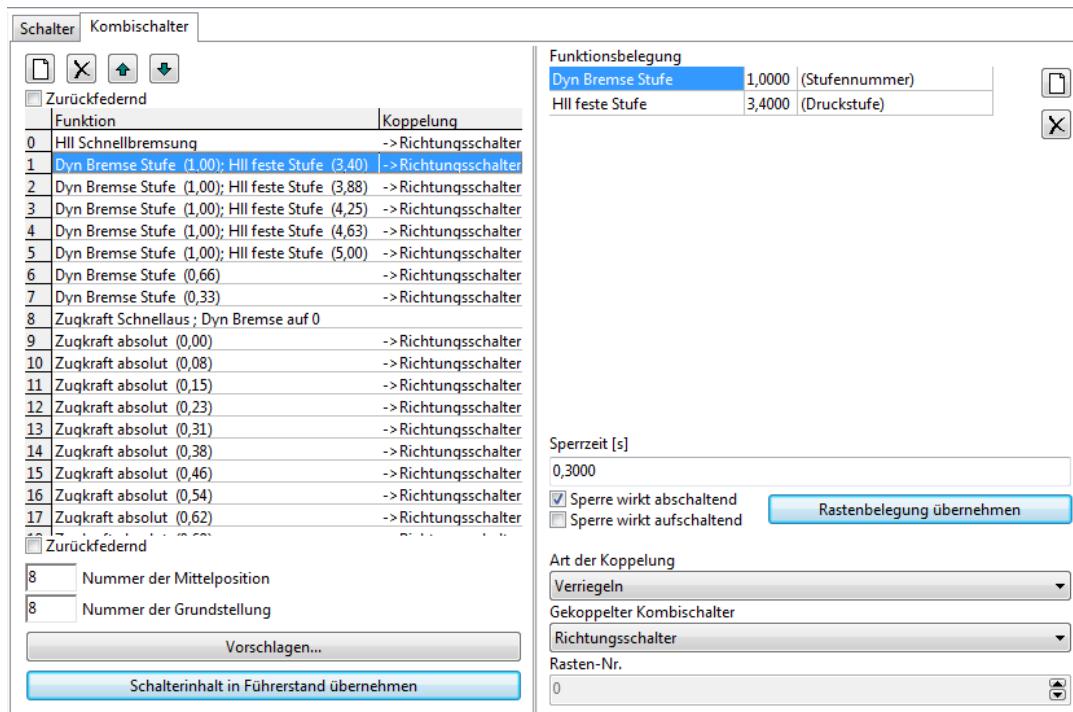
Siehe [Kapitel 11.3.5.](#)

7.3.3 Kombischalter hinzufügen

Kombischalter-Baugruppen dienen dazu, verschiedene Schaltfunktionen in einem Schalter vereinigen zu können. Sie lassen sich sehr flexibel konfigurieren. Im Simulator schaltet man typischerweise mit 2 Tasten von Funktion zu Funktion der Reihe nach durch (z.B. „+“ und „-“ zum Durchschalten des Führerbremsventils). Zu den Optionen der Registerkarte „Schalter“ siehe Kapitel [7.3.2](#).

7.3.3.1 Registerkarte „Kombischalter“

Das folgende Bild zeigt als Beispiel einen Fahrbremsschalter:



7.3.3.1.1 Rasten des Schalters

Die Tabelle im linken Teil des Fensters definiert die Anzahl der Schalterstellungen bzw. -rastungen des Kombischalters. Wenn man eine der Rasten anklickt, kann in der Tabelle im rechten Teil des Fensters festgelegt werden, welche Schaltfunktionen in der ausgewählten Raste ausgelöst werden sollen. Um die Änderungen in der Liste in den Führerstand zu übernehmen, muss „Schalterinhalt in Führerstand übernehmen“ gedrückt werden.

Zurückfedern: Die erste und/oder letzte Raste eines Kombischalters kann mit diesen Kontrollkästchen so eingestellt werden, dass sie als Taststellung funktioniert. Der Schalter federt dann nach Betätigung in die darüber bzw. darunter liegende Stellung zurück.

Mittelposition: Im Normalfall ist der Wert 0. Für Schalter mit zwei Wertebereichen (z.B. Fahrbremsschalter) muss die Nummer der Raste angegeben werden, die der Neutralstellung entspricht.

Grundstellung: In dieser Raste liegt der Schalter, wenn man den Zug zum eigenen Fahren übernimmt. In diese Raste wird der Schalter auch gelegt, wenn man die Taste für „Aus“ betätigt, also z.B. bei Standardbelegung die Taste „5 (Zehnerblock)“ beim Fahrschalter oder die „6“ bei der dynamischen Bremse.

7.3.3.1.2 Rastenbelegung

In der rechten Tabelle unter „Funktionsbelegungen“ wird alles dargestellt, was in der links gewählten Kombischalter-Raste ausgelöst werden soll und welche Abhängigkeiten zu anderen Kombischaltern im Führerstand bestehen. Innerhalb einer Raste können mehrere Funktionen gleichzeitig geschaltet werden. Das Beispielbild oben zeigt einen solchen Fall. In der ausgewählten Raste wird sowohl die dynamische Bremse des Fahrzeugs angesteuert, als auch ein Druck von 3,5 bar in der Hauptluftleitung eingeregelt.

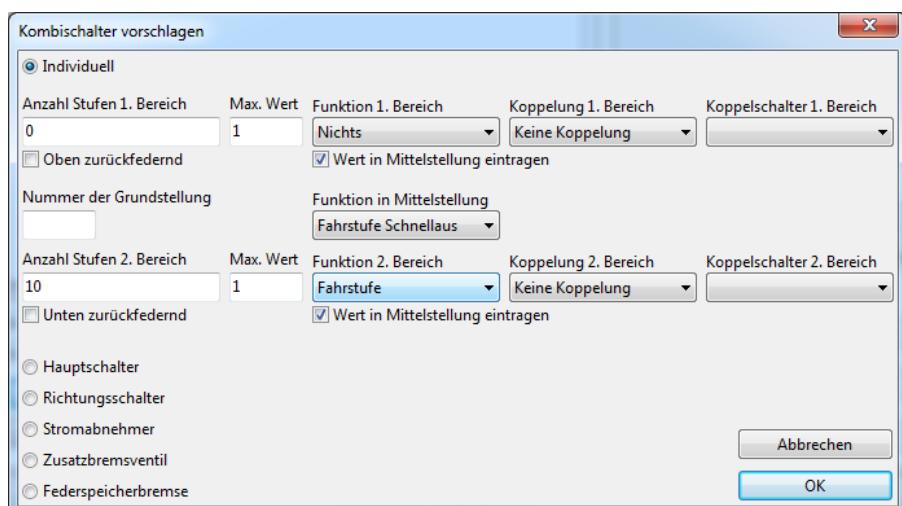
Sperrzeit: Um Schalterstellungen vor versehentlicher Betätigung zu schützen, kann die davorliegende Stellung mit einer Sperrzeit versehen werden. Das kann z.B. angewendet werden, wenn der Vorbildschalter nur mit über eine Sperre oder einen großen Drehwinkel in diese Lage gebracht werden kann wie die Schnellbremsstellung eines Führerbremsventils. Die Taste für die Betätigung des Schalters muss dann mindestens so lange wie die Sperrzeit gedrückt werden, um einen Wechsel der Schalterstellung auszulösen. Das Beispielbild oben zeigt einen solchen Fall. Die Schalterstellung 0 wird hier vor versehentlicher Betätigung geschützt, indem Schalterstellung 1 mit einer Sperrzeit von 0,3 Sekunden versehen wurde, die beim Abschalten von Stellung 1 in Stellung 0 wirkt.

Kopplung: Hiermit kann konfiguriert werden, dass der Kombischalter bei Betätigung einen anderen Schalter mitbewegt, oder einen anderen Schalter mechanisch verriegelt. Im Beispielbild oben verriegelt die ausgewählte Schalterstellung den Richtungsschalter. Die einzige Stellung, in der der Richtungsschalter im Beispiel bewegen werden kann, ist Stellung 8 des gezeigten Kombischalters. „Rasten-Nummer“ legt beim Koppeltyp „Mitnehmen“ fest, welche Rasten-Nr. des gekoppelten Schalters mit der hier aktuellen Raste korrespondiert.

7.3.3.1.3 Vorschlagen

Diese Funktion öffnet das nebenstehende Fenster, mit dem sich ein Kombischalter komplett konfigurieren lässt. Auch wenn das Ergebnis nicht gleich in jedem Detail dem gewünschten Endergebnis entspricht, so kann diese Vorkonfiguration eine erhebliche Arbeitserleichterung im Vergleich zu einer komplett manuellen Erstellung sein.

Bei der individuellen Konfiguration gibt es einen ersten und zweiten Schaltbereich, jeweils mit „Anzahl“



Stufen“, „zurückfedernd“, „Max. Wert“, „Funktion“, „Koppelung“ und Koppelschalter. Der erste Bereich wird nur bei Schalter mit in der Mitte liegenden Grundstellung (z.B. Fahrbremsschalter) benötigt. Für alle anderen Typen wird nur der zweite Bereich benötigt und beim ersten wird eine Stufenanzahl von null eingetragen. Der Parameter zur Funktion wird gleichmäßig zwischen null und „Max. Wert“ auf die Rasten verteilt.

Für die oben gezeigten Einstellungen wird das rechts zu sehende Ergebnis geliefert.

Neben der beschriebenen individuellen Konfiguration gibt es links unten noch einige Standardvorlagen, zum Beispiel für Hauptschalter oder Zusatzbremse.

	Funktion	Koppelung
0	Fahrstufe (0,00); Fahrstufe Schnellaus	
1	Fahrstufe (0,10)	
2	Fahrstufe (0,20)	
3	Fahrstufe (0,30)	
4	Fahrstufe (0,40)	
5	Fahrstufe (0,50)	
6	Fahrstufe (0,60)	
7	Fahrstufe (0,70)	
8	Fahrstufe (0,80)	
9	Fahrstufe (0,90)	
10	Fahrstufe (1,00)	

7.3.4 Zugbeeinflussungssystem hinzufügen

Die unterschiedlichen Zugbeeinflussungssysteme sind als vollständige Baugruppe vorhanden und können im Verhalten nur noch über fahrzeugspezifische Parameter wie Hupe oder Grunddaten angepasst werden. Die Systeme sind in [Kapitel 2.12](#) ausführlich erläutert, so dass die meisten Einstellungen selbsterklärend sein sollten. Hier noch einige ergänzende Hinweise:

LZB/AFB-Zeiger Folgende Konstellationen sind zulässig: Ein Zeiger für LZB und AFB, wie es in klassischen MFAs der Fall ist, wird bei „LZB/AFB-Sollgeschw.“ eingetragen, und das Feld „LZB-Sollgeschw.“ bleibt leer. Bei Führerständen mit zwei getrennten Zeigern wird der AFB-Zeiger hier gar nicht zugeordnet, der LZB-Zeiger bei „LZB-Sollgeschw.“ und „LZB/AFB-Sollgeschw.“ bleibt leer.

Indusi-Hupe: Bei einem System mit aktiverter Sprachausgabe muss die „Indusi-Hupe“ den Text „Zugbeeinflussung“ sagen.

Grunddaten und Ersatzzugdaten: Die Ersatzzugdaten dienen beim Vorbild dazu, auch dann eine Zugfahrt mit halbwegs passenden Zugdaten durchführen zu können, wenn bei rechnergestützten PZB-/LZB-Anlagen aufgrund eines Defekts keine Eingabe der richtigen Zugdaten möglich ist. Bei Fahrzeuganlagen ohne LZB-Funktion werden die hinterlegten Ersatzzugdaten automatisch nach dem Einschalten der Anlage wirksam. Um dieses Feature nutzen zu können, muss Zusi mit der Einstellung „Zugbeeinflussung manuell einstellen“ (siehe [Kapitel 2.2.1.4](#)) betrieben werden. Bei LZB-Anlagen werden nach dem Einschalten anstatt der Ersatzdaten die Grunddaten wirksam. Die Grunddaten sind so niedrig gewählt, dass mit ihnen (aus Sicherheitsgründen) keine Aufnahme in die LZB möglich ist. Ist die Zugdateneingabe nicht möglich und der Zug erreicht die als Ersatzzugdaten hinterlegten Werte (diese sind höher ausgelegt als die Grunddaten und erlauben meistens auch LZB-Betrieb), dann muss durch eine bewusste Handlung des Triebfahrzeugführers auf die Ersatzzugdaten umgeschaltet werden. Hierzu muss der Richtungsschalter im Führerstand für mindestens 15 Sekunden in die Stellung „Rückwärts“ gelegt werden.

Als LZB-Grunddaten sind bei Loks typischerweise hinterlegt: BRA 6, BRH 40, ZL 400, VMZ die Höchstgeschwindigkeit des Triebfahrzeugs, jedoch nie mehr als 120 km/h. Bei Triebwagen sind Abweichungen möglich.

Die Ersatzzugdaten werden pro Triebfahrzeugbaureihe anhand typischer Einsatzszenarien ermittelt. Im Folgenden einige Beispiele für Fahrzeuge mit LZB (HG Fz steht für die jeweilige Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeugs):

	BRA	BRH	ZL	VMZ
Baureihen 101, 103, 120, IC Stwg	9	140	400	200
Baureihen 110, 111, 112, 143, 146, Wittenberger Stwg, Dosto Stwg	9	120	400	HG Fz
Baureihe 140	4	70	700	110
Baureihe 145	9	120	700	140
Baureihen 151, 152, 155, 185, 189	4	70	700	120
Baureihe 182	9	140	700	200
Baureihen 401, 402	9	180	420	250
Baureihen 403, 406	7	150	420	230
Baureihen 411, 415, 605	7	140	400	200
Baureihe 423	9	120	210	140
Baureihe 425	9	120	280	160

Die Daten aus obiger Tabelle können auch als Anhaltspunkte für Loks ohne LZB dienen, jedoch kennt die PZB 90 nur die Bremsarten 1 (Bremsstellung G) und 8 (Bremsstellung R/P).

Hinweis zu Zugbeeinflussungssystemen LZB 80: Bei Zügen mit LZB 80 wird der im Fahrplaneditor eingestellte Wert für die Zugpriorität während der LZB-Führung ignoriert. Die Fahrstraßenreservierung orientiert sich dann stattdessen an der maximalen Vorschau-Reichweite der LZB (10 km ohne CIR-ELKE, 35 km mit CIR-ELKE). Der Simulator hat allerdings keine Möglichkeit zur Ermittlung, ob eine Fahrstraßenreservierung in dieser Reichweite voraus aus Sicht des restlichen Fahrplans sinnvoll ist.

7.3.5 Sifa hinzufügen

Die unterschiedlichen Sifasysteme sind als vollständige Baugruppe vorhanden und können im Verhalten nur noch über fahrzeugspezifische Parameter wie die Hupe angepasst werden. Die Systeme sind in [Kapitel 2.12.2.1](#) ausführlich erläutert, so dass die Einstellungen selbsterklärend sein sollten. Hier noch einige ergänzende Hinweise:

Sprachausgabe: Bei einem System mit aktiver Sprachausgabe muss die „Sifa-Hupe“ den Text „Sifa“ sagen.

Sifa-Bedienung über 2 getrennte Schaltereingänge ermöglichen: Diese Option ist für Hardware-Fahrpulte gedacht, bei denen es nicht möglich ist, mehrere Sifa-Schalter (z.B. Fußpedal und Handtaster) elektrisch als einen Schalter darzustellen, so dass beide Schalterstellungen separat an Zusi angeschlossen werden. Die Aktivierung dieser Option ermöglicht die vorbildgerechte Verarbeitung der beiden Eingangssignale.

7.3.6 Schleuderschutz hinzufügen

Schleuderschutzbremse: Diese Bauform wirkt auf die direkte Bremse des Fahrzeugs.

Schleuderschutz (Motordrosselung): Bei beginnendem Schleudern reduziert dieser Schleuderschutz die Motorleistung. Diese Bauform ist insbesondere bei Fahrzeugen mit dieselhydraulischem Antrieb zu finden.

Elektronischer Schleuderschutz: In der Literatur auch als automatische Kraftschlussregelung (KSR) bezeichnet. Dieser Schleuderschutz begrenzt die Antriebsleistung permanent so, dass das Fahrzeug ständig an der Haftgrenze fährt. Bei Zusi ist diese Funktion in den Drehstromantrieb fest integriert. Wenn diese Baugruppe im Führerstand eingebaut wird, kann darüber zusätzlich ein Leuchtmelder angesteuert werden, einen Einfluss auf das Fahrverhalten hat sie aber nicht. Hinweis: Beim Drehstromantrieb sollte im Fahrzeugeditor der Wert für die „Güte Kraftübertragung“ auf 1 gesetzt werden.

7.3.7 Türschließsystem hinzufügen

Die Türschließsysteme im Führerstandeditor definieren das bzw. die im Führerstand verbauten System(e). Zusätzlich müssen in der Fahrzeugdatei noch alle Türschließsysteme des Fahrzeugs definiert werden. Die Funktionen der Systeme sind in [Kapitel 2.7.3](#) erläutert, so dass die Angaben hier selbsterklärend sein sollten.

Für den Fall, dass der Wagenzug bestimmte Türschließsysteme nicht in allen Fahrzeugen unterstützt, können in einem Führerstand mehrere Türschließsysteme hinterlegt werden. Der Simulator prüft dann die Systeme von oben nach unten, ob alle Fahrzeuge im Zug das jeweilige System unterstützen. Das erste System, bei dem alle Fahrzeuge die Voraussetzungen erfüllen, wird dann das aktive Türsteuersystem des Zuges. Die Reihenfolge, in der die Systeme in der Führerstandsdatei stehen, ist hier also entscheidend.

Schalttyp: „Drehschalter“ enthält die Stellungen zu/links/rechts/beide und kann endlos gedreht werden. „Zwei Taster“ hat je einen Taster für die rechte und linke Seite.

Keine separate Freigabe nötig: Fahrzeugabhängig kann nach der Wahl der Seite noch eine zusätzliche Freigabe (Taste „T“) nötig sein.

Melder an, wenn Tür auf: Standardfall ist bei Zusi das Aufleuchten des Melders, wenn der Zug fahrbereit ist (also Türen gesichert). Es gibt aber auch Fahrzeuge, die offene Türen mit dem Leuchtmelder anzeigen, was durch dieses Kontrollkästchen eingestellt wird.

Haltebremse an, solange Türfreigabe wirksam: Die TAV hat standardmäßig eine Haltebremse, die wirksam ist, solange der Türschließvorgang läuft. Bei aktiviertem Kontrollkästchen ist die Haltebremse aktiv, solange eine Türfreigabe vorliegt. Beide Varianten gibt es fahrzeugabhängig in der Realität.

7.3.8 Notbremssystem hinzufügen

Ein/Aus als Taster: Bei aktivem Kontrollkästchen wird der Einschalter zum Aktivieren der NBÜ-Funktion als Taster verarbeitet, Standardfall ist der Schalter (Verhalten analog zu „Diversen Schaltern“).

Ein/Aus invers betrachtet das System als betriebsbereit, wenn der Schalter nicht verlegt ist.

UIC-NBÜ/UIC 541-5: Diese Baugruppe simuliert eine Notbremsüberbrückung mit sofortiger Entlüftung der Hauptluftleitung. Das Überbrücken der Notbremsung geschieht mit einem kurzen Füllstoß. Neben der NBÜ nach UIC-Merkblatt 541-5 verhält sich auch die NBÜ System DB in gleicher Weise.

NBÜ 2004: Diese NBÜ gibt dem Lokführer 10 Sekunden Reaktionszeit bis zum Entlüften der Hauptluftleitung. Die Überbrückung geschieht über einen Taster im Führerstand.

S-Bahn: Diese NBÜ kommt in S-Bahn-Triebwagen zum Einsatz. Es gibt beim Ziehen der Notbremse lediglich ein Ton- und Leuchtmeldersignal im Führerstand ohne Zwangsbremung.

Hinweis: Die NBÜ-Baugruppen können derzeit zwar konfiguriert werden, sind aber im Simulator noch ohne Funktion.

7.3.9 Sound hinzufügen

Hier können beliebig viele Sounds definiert werden. Es sollten aber nur Geräusche hier im Führerstandeditor hinterlegt werden, die wirklich im Führerstand entstehen und damit auch logisch zur Führerstandsdatei gehören. Die meisten Sounds (Fahren, Bremsen usw.) wird man daher in der Fahrzeugdatei definieren. Die Bedeutung der Eingabefelder wird beim Fahrzeugeditor in [Kapitel 6.8](#) erklärt.

7.3.10 Baugruppe löschen

Diese Funktion entfernt die gerade ausgewählte Baugruppe aus dem Führerstand.

7.4 Menü Grafik

Die Funktionen im Menü „Grafik“ korrespondieren mit der Darstellung in der Registerkarte „Grafik“ und sind auch nur aktiviert, wenn diese Registerkarte aktiv ist. Links werden alle Grafikkomponenten aufgelistet, rechts wird die Grafik des Führerstands angezeigt.

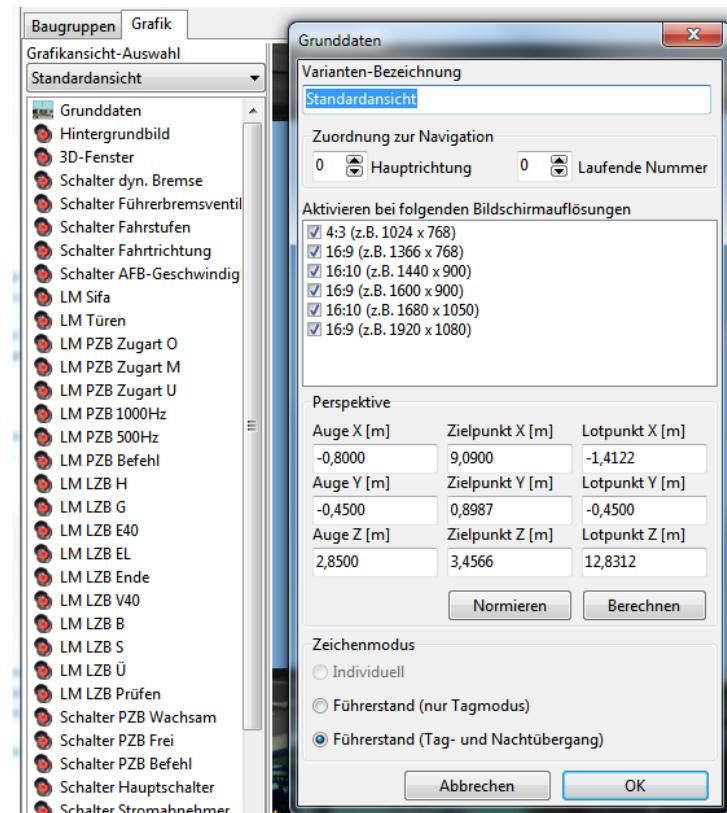
7.4.1 Grafikansicht hinzufügen/löschen

Jeder Führerstand braucht mindestens eine Grafikansicht, die über diesen Befehl erzeugt wird. Wird mehr als eine Grafikansicht angelegt, so kann man im Simulator zwischen dieses Ansichten mit den Pfeiltasten wechseln. Im Editor wird immer eine Ansicht zum Bearbeiten dargestellt. Ganz oben links in der Registerkarte „Grafik“ kann die gewünschte Grafikansicht zur Bearbeitung ausgewählt werden.

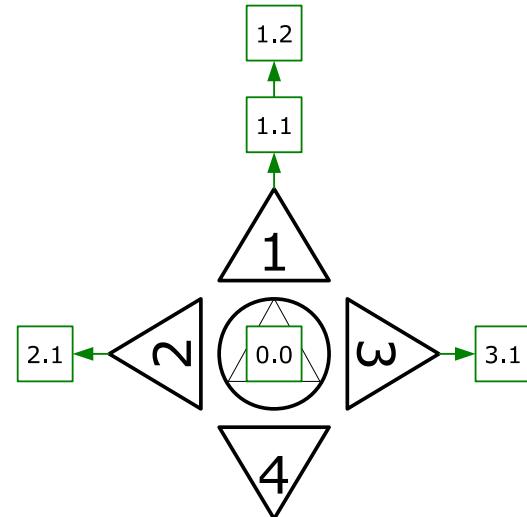
7.4.2 Grafikansicht-Grunddaten

Jede Grafikansicht hat einen Satz Grunddaten, der in der Liste der Komponenten ganz oben steht und durch Anklicken bearbeitet werden kann:

Varianten-Bezeichnung: Ein beliebiger Name für diese Führerstandsansicht.



Zuordnung zur Navigation: Die Standardansicht des Führerstands wird mit Hauptrichtung 0, Laufende Nr. 0 (kurz 0.0) definiert, in der Skizze entspricht das der zentralen 0.0 im Kreis. Im Simulator schaltet dann „Pfeil rauf“ von 0.0 auf Ansicht 1.1 → 1.2 → 1.3 usw. und „Pfeil runter“ schaltet 1.3 → 1.2 → 1.1 → 0.0 → 4.1 → 4.2 usw. Pfeil links entsprechend 2.1 → 2.2 usw. und Pfeil rechts 3.1 → 3.2 usw. Wie die einzelnen Ansichten ausgestaltet werden, hängt von den zur Verfügung stehenden Bildern, der Führerstandsbauart und der Fantasie des Erstellers ab. Eine typische Anwendung ist ein Blick mit herangezoomten Instrumenten auf 1.1 oder einem Blick nach rechts auf 3.1.



Bildschirmauflösungen: Um die Führerstandsgrafik an verschiedene Bildschirmauflösungen anzupassen zu können, kann eine Perspektive mehrfach in unterschiedlichen Auflösungen (je eine eigene Grafikansicht) in der Führerstandsdatei hinterlegt werden. Für jede Grafikansicht muss hier definiert werden, welche Auflösungen sie abdeckt. Im gezeigten Fall oben existiert nur eine Version dieser Grafikansicht, so dass diese allen Auflösungen zugeordnet ist. Der Ersteller des Führerstands muss beachten, dass für jede Perspektive jede Auflösung genau einmal angeklickt ist.

Angenommen, für die im Bild gezeigte Ansicht 0.0 sollen zwei Versionen hinterlegt werden, eine in 1024x768 (3:4) und eine in 1920x1080 (16:9), dann würden dafür zwei

Grafikansichten erzeugt. Die Grafikansicht mit der Auflösung 1024x768 würde in den Grunddaten bei „4:3 (z.B. 1024 x 768“ und „16:9 (z.B. 1366 x 768“ zugeordnet. Die Grafikansicht mit der Auflösung 1920x1080 würde in den Grunddaten bei allen anderen zugeordnet, da die anderen Auflösungen besser zu 1920x1080 passen. Hat der Anwender also in seinen Simulatoreinstellungen „4:3 (z.B. 1024 x 768“ oder „16:9 (z.B. 1366 x 768“ eingestellt, so sieht er in der Perspektive 0.0 unsere kleine Grafikansicht.

Perspektive: Auge ist der Punkt, von dem man in der Grafikansicht in die Welt hinaus blickt. Der Punkt 0/0/0 entspricht dabei der Mitte zwischen den Schienen auf Höhe der Schienenoberkante an der Puffer-Vorderkante des Fahrzeugs. Der Zielpunkt (auch Fluchtpunkt genannt) ist ein Punkt auf den man blickt. Dieser hat also typischerweise einen um z.B. 10 m größeren x-Wert als der Augenpunkt und dieselben y- und z-Werte. Der Lotpunkt bestimmt, wo oben ist. Für den gängigen Fall, dass man vom Augenpunkt geradeaus auf den Zielpunkt blicken möchte, lässt sich der Lotpunkt auch vom Editor berechnen. Der Editor erstellt ein auf 10 m normiertes Koordinatensystem. Es kann aber auch andere Werte normiert werden.

Zeichenmodus: Bei einem Führerstand mit Tag- und Nachtübergang wird in Abhängigkeit von der Tageszeit und der Umgebung zwischen der Tag- und Nachtdarstellung überblendet. Der Führerstand muss dafür mit Nachttexturen oder Nachtdarstellungs-Meldern (siehe Kapitel 7.1.2.4) ausgerüstet sein. Wenn die Nachtausrüstung fehlt, sollte der Zeichenmodus auf Tagmodus umgestellt werden - dies erfordert etwas weniger Rechenaufwand, da der Führerstand immer gleich hell dargestellt wird.

7.4.3 bmp-Melder-Editor

Mit dem bmp-Melder-Editor lassen sich sehr schnell die Leuchtmelder im Führerstand animieren, wenn die zu Grunde liegenden Bilder passend aus dem Bildbearbeitungsprogramm gewonnen wurden. Der Ansatz besteht aus dem Abgleich eines jeden Bildes mit dem Hintergrundbild und einer Erkennung der Melder über einen pixelweisen Vergleich. Für jede Animationsstufe eines jeden Melders wird eine bmp-Datei in der Größe des Melders angelegt. Die Beschreibung der folgenden Funktionen erklärt die Verfahrensweise.

Während der bmp-Melder-Editor geöffnet ist, kann der Führerstandeditor weiterhin benutzt werden.



7.4.3.1 Hintergrundbild definieren

Hier muss das Hintergrundbild ausgewählt werden, welches unverändert auch im Führerstand als Hintergrundbild benutzt wird. Es zeigt den Grundzustand des Führerstands ohne jegliche Hebel, Melder usw. Nach der Auswahl steht es in links in der Dateiliste an der ersten Position.

7.4.3.2 Dateien öffnen

Mit dieser Funktion werden die weiteren Dateien in die Liste geladen. Alle diese Dateien müssen dieselben Abmessungen haben wie das Hintergrundbild. Jede Datei unterscheidet sich vom Hintergrundbild durch die zusätzliche Darstellung eines Hebels/Melders.

7.4.3.3 Dateiliste leeren

Die links stehende Dateiliste wird geleert, die Dateien aber nicht von der Festplatte gelöscht.

7.4.3.4 Datei nach oben/unten

Die Dateien sollten innerhalb eines Instruments in der richtigen Animationsreihenfolge in der Liste stehen, da man dann später nicht nacharbeiten muss. Also hat das Führerbremsventil z.B. 10 Stellungen, die in den Bildern Fbv01.bmp bis Fbv10.bmp dargestellt sind, dann sollten die Dateien in dieser Reihenfolge links gelistet sein. Mit den Funktionen „Datei nach oben/unten“ kann die Reihenfolge ggf. nachträglich hergestellt werden.

7.4.3.5 Melderbereich ausmessen

Beim Aufruf dieser Funktion werden alle links angeklickten Bilder pixelweise mit dem Hintergrund verglichen. So wird der Bereich ermittelt, der bei allen Bildern identisch ist und der Melder auf den Bereich beschränkt, der wirklich Änderungen gegenüber dem Hintergrundbild aufweist. Damit erreicht der Melder optimale, kleinstmögliche Dimensionen. Das Ergebnis der Berechnung wird zur Kontrolle zunächst als rotes Rechteck angezeigt. Ist dieses Rechteck größer als es sein sollte, so sind möglicherweise in den Ausgangsbildmaps einzelne Pixel im Hintergrund nicht identisch.

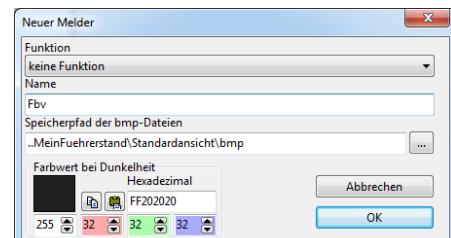
Sollte das zuvor als Beispiel erwähnte Führerbremsventil erstellt werden, so müssen also neben dem Hintergrundbild die 10 Dateien Fbv01.bmp bis Fbv10.bmp angeklickt werden und alle anderen Dateien deaktiviert sein. Der Aufruf von „Melderbereich ausmessen“ ermittelt dann genau den Arbeitsbereich der Bremsventilanimation.

7.4.3.6 Melderbereich darstellen

Wenn diese Funktion aktiviert ist (jeder Aufruf schaltet die Aktivierung einmal um), wird der zuvor erkannte Melderbereich durch ein rotes Rechteck dargestellt. Das Ausblenden ist gelegentlich sinnvoll, um das Bild ohne Einblendungen betrachten zu können.

7.4.3.7 Melder erzeugen

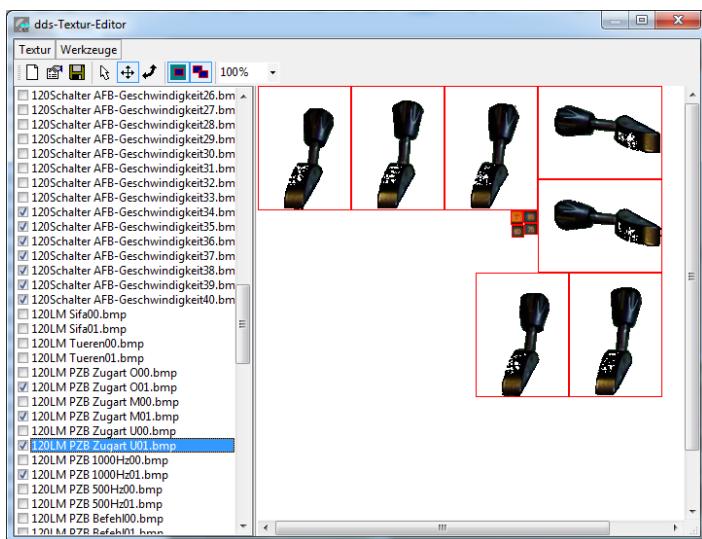
Wurde in den Schritten zuvor der Melderbereich für einen zu erstellenden Melder erfolgreich ermittelt, so generiert diese Funktion den Melder tatsächlich im Führerstand. Es öffnet sich der nebenstehende Dialog, wo ggf. die Funktion festzulegen ist (in unserem Fall des Führerbremsventils ist keine eigene Funktion vorhanden, da der Melder nur die Animation eines Kombischalters darstellt). Der



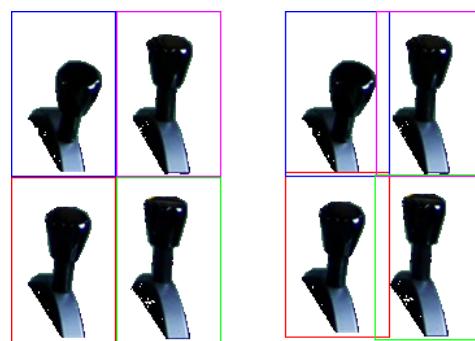
Name ist als freier Text einzugeben (unter diesem Namen wird der Melder im Führerstand gespeichert). Der Speicherpfad gibt an, wo die generierten Dateien abgelegt werden. Wird dieser Dialog mit OK geschlossen, so wird für jede Animationsstufe in der Größe des Melders eine bmp-Datei erzeugt, in dem angegebenen Pfad abgespeichert und ein Melder im Führerstand unter dem angegebenen Namen angelegt, passend platziert und mit den neu erstellten Mitmaps animiert. Die Funktion überschreibt keine bereits vorhandenen bmp-Dateien. Ergibt sich bei der automatischen Dateinamensgenerierung ein bereits vorhandener Dateiname, so wird der Dateiname automatisch zu einem neuen Dateinamen modifiziert.

7.4.4 dds-Textur-Editor

Zur Verringerung des Speicherbedarfs und zum schnelleren Laden des Führerstands wird eine Führerstandsansicht im letzten Schritt ins dds-Format gebracht. Aus den einzelnen bmp-Dateien werden wenige, große, quadratische dds-Texturen erstellt, auf die die Bilder verteilt werden. Dazu werden beim Aufruf des dds-Textur-Editors in der linken Tabelle alle noch in der Führerstandsansicht verbauten bmp-Dateien aufgelistet. Es wird dann eine neue, leere Textur angelegt, die nun mit den Inhalten der linken Spalte gefüllt wird. Jede links angeklickte Datei erscheint zunächst in der linken oberen Ecke des Grafikbereichs und kann dann mit den Werkzeugen an eine passende Position geschoben werden.



Zur Einsparung von Texturflächen können die transparenten Bereiche überlappen. Das nebenstehende Beispielbild zeigt links die aneinander gereihten Bilder im Ausgangszustand und rechts eine optimierte Version, bei der die Rechtecke soweit übereinandergeschoben wurden, dass die transparenten Bereiche so weit wie möglich doppelt genutzt werden. Zur Veranschaulichung werden die Rahmen in 4 unterschiedlichen Farben dargestellt.

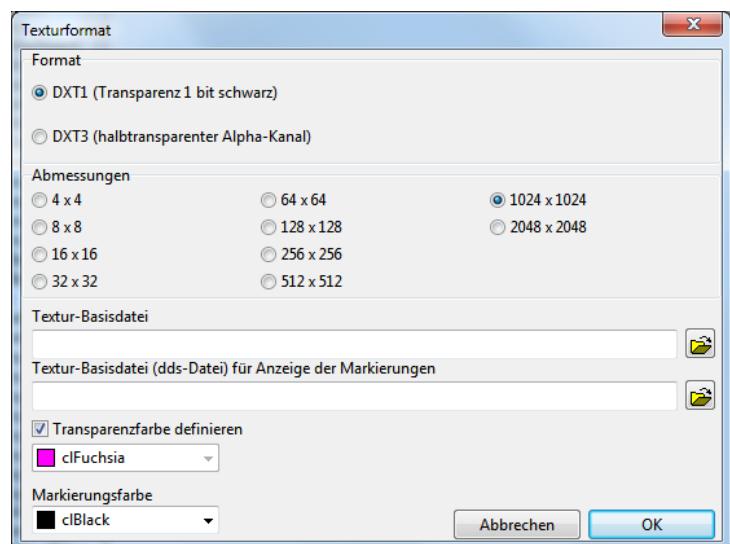


Jede Texturdatei wird im Simulator nur einmal geladen und nur einmal im Speicher gehalten, egal wie viele Instrumente sie nutzen. Es sollten keine Texturen erzeugt werden, die Elemente aus verschiedenen Führerstandsansichten enthalten, da der Simulator immer nur die aktuell aktive Ansicht lädt und diese daher keine unnötigen Elemente enthalten sollte, solange dadurch zusätzliche Texturfläche benötigt wird. Mehrere kleine Texturen brauchen gegenüber einer in der Summe gleich großen Textur nur wenig mehr Ressourcen, so dass eine große Textur ggf. besser auf kleinere Texturen aufgeteilt werden sollte, wenn sich die Texturfläche in der Summe dadurch reduziert.

7.4.4.1 Menü „Textur“

7.4.4.1.1 Neue dds-Textur anlegen.../Textur-Eigenschaften...

Es wird mit dieser Funktion eine neue, leere Textur angelegt, wofür sich das nebenstehende Fenster öffnet. Die Parameter können auch jederzeit im Nachhinein durch den Aufruf von „Textur-Eigenschaften“ angepasst werden. Über den Eintrag „Textur-Basisdatei“ kann mit einer bereits vorhandenen Textur-Datei im bmp-Format weitergearbeitet werden. DXT3 ist nur nötig, wenn mit halbtransparenten Effekten gearbeitet wird. Die restlichen Einstellungen sollten selbsterklärend sein.



7.4.4.1.2 Textur speichern

Es wird eine dds-Datei des aktuellen Arbeitsstands erstellt. Diese sollte vor dem weiteren Vorgehen auf korrekten Inhalt geprüft werden. Zusätzlich wird eine bmp-Datei gleichen Inhalts erstellt, da DXT1 und DXT3 komprimierte Formate sind und daher in seltenen Fällen Artefakte auftreten können. Die unkomprimierte bmp-Datei liefert in so einem Fall die Originaldaten. Speicherort und Dateiname sind so auszuwählen, wie sie später im Führerstand auch benutzt werden sollen, da sich die nachfolgenden Schritte auf diese angelegte dds-Textur beziehen.

7.4.4.1.3 Modifikationen auf den Führerstand anwenden

Der Aufruf dieser Funktion wendet den aktuellen Arbeitsstand auf die Führerstandsansicht an. Es werden also bei den Meldern alle ausgewählten bmp-Dateien durch den Ausschnitt auf der neuen dds-Textur ersetzt, womit die bmp-Dateien überflüssig sind. Alle Dateiverknüpfungen und Texturkoordinaten werden automatisch angepaßt.

7.4.4.1.4 Beenden und Änderungen verwerfen

Der dds-Textur-Editor wird beendet, ohne den aktuellen Arbeitsstand anzuwenden.

7.4.4.2 Menü „Werkzeuge“

In diesem Menü befinden sich alle Werkzeuge zum Anordnen der bmp-Dateien auf der neuen dds-Textur.

7.4.4.2.1 Selektieren

Ist dieses Werkzeug aktiv, kann eine Texturdarstellung im rechten Grafikbereich angeklickt werden, woraufhin die zugehörige Datei in der linken Dateiliste markiert wird.

7.4.4.2.2 Verschieben

Mit diesem Werkzeug werden die links markierten Dateien im Grafikbereich verschoben, indem die Maus bei gedrückter linker Maustaste bewegt wird. Mehrere Dateien werden gleichzeitig markiert, indem man bei gedrückter Strg-Taste weitere Dateinamen in der Liste anklickt.

7.4.4.2.3 Um 90° drehen

Ein Aufruf dieser Funktion dreht die links markierten Dateien um 90°. Diese Funktion hat den Sinn, die Fläche der Textur möglichst gut ausnutzen zu können. In manchen Fällen lässt sich eine Textur nur in gedrehter Ausrichtung noch in eine verbliebene Freifläche einpassen. Eine Drehung um 180° oder 270° ist nicht vorgesehen.

7.4.4.2.4 Markierung darstellen

Wenn diese Funktion aktiviert ist (jeder Aufruf schaltet die Aktivierung einmal um), wird jeder Texturbereich durch ein Rechteck dargestellt. Das Ausblenden ist gelegentlich sinnvoll, um das Bild ohne Einblendungen betrachten zu können.

7.4.4.2.5 Kollisionen verhindern

Wenn diese Funktion aktiviert ist (jeder Aufruf schaltet die Aktivierung einmal um), versucht der Editor die Lage anderer Texturen und die Begrenzungen der Gesamttextur zu erkennen und blockiert ein Verschieben über diese Grenzen hinaus.

Da neu eingefügte Dateien immer in der linken oberen Ecke erscheinen, empfiehlt es sich, diese Ecke erst zum Ende hin mit Dateien zu belegen, da sich bei aktiver Kollisionserkennung sonst die neu hinzugefügte Datei sofort mit einer dort schon vorhandenen Textur blockiert.

7.4.5 Instrumente hinzufügen

Im Regelfall wird man die Leuchtmelder/Schalter mit den zuvor erläuterten Editoren erzeugen. Soll trotzdem ein Melder von Grund auf neu erstellt werden, so generiert diese Funktion einen neuen Melder, der links in der Instrumentenliste ergänzt wird und von dort durch Doppelklick zum Bearbeiten geöffnet werden kann.

Neue Zeigerinstrumente kann man (nur) über diese Funktion erzeugen. Auch sie werden in der Liste angefügt und können von dort aus bearbeitet werden.

7.4.6 Instrument duplizieren

Das markierte Instrument wird als Kopie an gleicher Stelle in den Führerstand eingefügt, womit es das ursprüngliche Instrument zunächst überdeckt.

7.4.7 Instrument löschen

Ein in der linken Liste markiertes Instrument wird mit Aufruf dieser Funktion gelöscht.

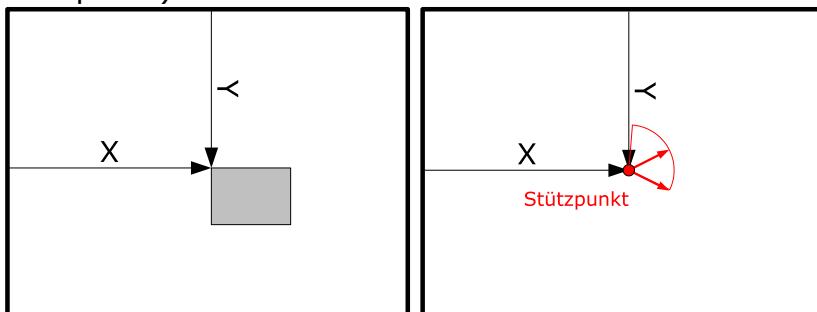
7.4.8 Eigenschaften

Die Eigenschaften der Leuchtmelder und der Zeigerinstrumente bestehen aus für beide Typen gleichartigen Grunddaten (nächstes Kapitel) in der ersten Registerkarte. In der zweiten Registerkarte folgen dann weiterführende Eigenschaften.

7.4.8.1 Grunddaten

Name: Ein frei zu vergebender Name, der aber innerhalb der Grafikansicht eindeutig sein muss, da verschiedene Zuordnungen anhand des Namens vorgenommen werden. Wichtig: Die Melder/Instrumente, die von Baugruppen (Kombischalter, Zugbeeinflussung usw.) benutzt werden, müssen in allen Grafikansichten denselben Namen haben, damit die Baugruppe auch nach dem Umschalten der Grafikansicht die passenden Instrumente animieren kann.

Stützpunkt X/Y: Jedes Instrument wird zunächst hinsichtlich der Lage im Führerstand durch einen Stützpunkt bezüglich der linken oberen Ecke des Führerstands definiert. Das ist beim Melder (linkes Bild) die linke obere Melderecke, bei Zeigerinstrumenten (rechtes Bild) ein sinnvoller Bezugspunkt (bei Rundinstrumenten z.B. typischerweise der Drehpunkt).



Farbwert bei Dunkelheit: Damit die Instrumente bei Fahrt in dunkler Umgebung ebenfalls abgedunkelt werden, muss dieser Wert passend eingestellt werden. Die Helligkeit des Führerstands wird von weiß bei Tageslicht proportional zur Helligkeit bis zu diesem Farbwert verändert. Diese Farbe sollte nicht schwarz sein, da man sonst bei Dunkelheit überhaupt nichts mehr sieht, sondern ein dunkles Grau ist zu empfehlen. Leuchtmelder bleiben auch bei Nacht hell und müssen darum auf weiß (#FFFFFF) gesetzt werden. Es darf dabei vom Leuchtmelder nur die Lampe dargestellt werden, der Rahmen muss transparent sein.

Funktion: Hier kann eine Funktion ausgewählt werden, die das Instrument anzeigen soll, wie z.B. die aktuelle Geschwindigkeit. Bei Instrumenten deren Funktion bereits durch die Zuordnung zu einer Baugruppe festgelegt wurde, muss hier „keine Funktion“ ausgewählt werden.

TCP-Parameter für MFA-Software: Diese Angaben dienen dazu, Melder darstellen zu können, deren Zustand nur mittels Datenstrukturen des TCP-Protokolls übermittelt wird. In normalen Führerständen ist das nicht sinnvoll zu verwenden. Es kann aber für Zusatzsoftware verwendet werden, z.B. wenn der Führerstand in der Software ZusiAnzeige angezeigt wird, da innerhalb von ZusiAnzeige die Führerstandsbaugruppen (z.B. das Zugbeeinflussungssystem) nicht zur Ansteuerung der Melder zur Verfügung stehen. In

so einem Fall kann hier gemäß der Dokumentation des Zusi-TCP-Protokolls ([Kapitel 11.3](#)) eingestellt werden, an welcher Stelle im TCP-Datenstrom die notwendigen Angaben zum Zustand des Melders zu finden sind.

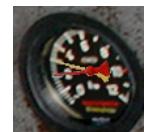
Faktor für Ausgabewert: Zusi arbeitet grundsätzlich mit SI-Einheiten. Bei Instrumenten, deren Skalen mit anderen Einheiten arbeiten, kann mit diesem Wert die entsprechende Umrechnung erfolgen, damit sich bequem in den Skaleneinheiten arbeiten lässt. Beispiel: Um einen Tacho in glatten km/h bauen zu können, wird der Faktor 3,6 angegeben (das ist der Umrechnungsfaktor von der SI-Einheit m/s in km/h). Bei einem Zugkraftanzeiger sollte der Faktor 0,001 angegeben werden, um die Anzeige in kN bearbeiten zu können.

Zusätzlich besteht eine Wechselwirkung zwischen dem Faktor für Ausgabewert, dem Wertebereich von Instrumenten und dem Trägheitswert für Instrumente. Dies macht sich beispielsweise bei Zugkraftanzeigern bemerkbar, die nicht mit dem oben genannten Faktor von 0,001 betrieben werden. Wird eine solche Anzeige stattdessen mit einem Faktor von 1 betrieben, dann muss sie gleichzeitig mit stark verringelter Trägheit betrieben werden (siehe auch [Kapitel 7.4.8.3](#)), da ihr Wertebereich von mehreren hunderttausend Newton sonst zu einem extremen Nachlaufen der Anzeige führt.

Runden: Der Wert wird auf die hier angegebene Zahl gerundet. Steht dort beispielsweise 200, so wird der angezeigte Wert nicht kontinuierlich, sondern in 200er Schritten steigen. Ein Wert von 0 oder 1 hat keinen Einfluss auf das Ergebnis. Das Runden findet nach der ggf. vollzogenen Multiplikation mit dem zuvor erläuterten Faktor statt.

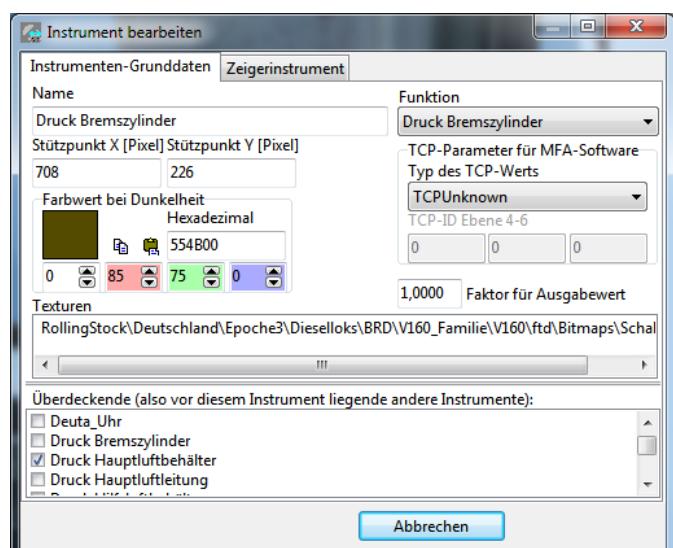
Texturen: Hier handelt es sich um die Liste der Texturen, die die verschiedenen Stellungen eines Melders darstellen. Bei Zeigerinstrumenten darf das nur ein Eintrag (also eine Zeile) sein, bei Meldern muss für jede Position der grafischen Animation eine Zeile vorhanden sein. Durch Doppelklick öffnet sich der Textureditor, der im folgenden Kapitel beschrieben wird.

Überdeckende: Bei überlappenden Führerstandselementen kann sich ein falscher optischer Eindruck ergeben, wenn die Reihenfolge der Darstellung nicht eingehalten wird. Zur Umgehung des Problems der Überlappungen kann die Überdeckungsreihenfolge der Elemente festgelegt werden. Es muss bei den im Hintergrund liegenden Instrumenten angeklickt werden, welche Instrumente optisch davor liegen.



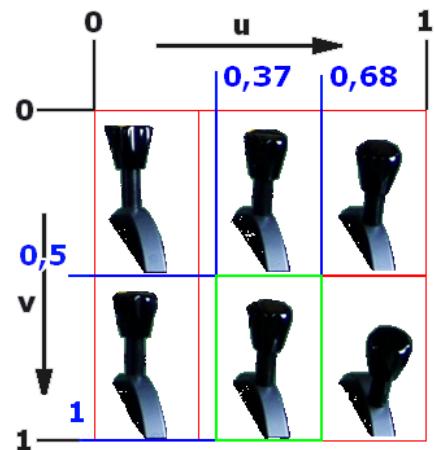
In diesem Beispiel (Hauptluftbehälterdruck überlappt mit dem Bremszylinderdruck), muss also beim Bremszylinderdruck (gelber Zeiger) der Hauptluftbehälterdruck (roter Zeiger) angeklickt werden. So wird nach jedem Zeichnen des gelben Zeigers der rote Zeiger des Hauptluftbehälterdrucks noch einmal neu darüber gezeichnet.

Um einen schnellen Überblick zu bekommen, welche Überdeckungen im Führerstand aktiviert sind, kann die Funktion „Verdeckungshierarchie“ aufgerufen werden.



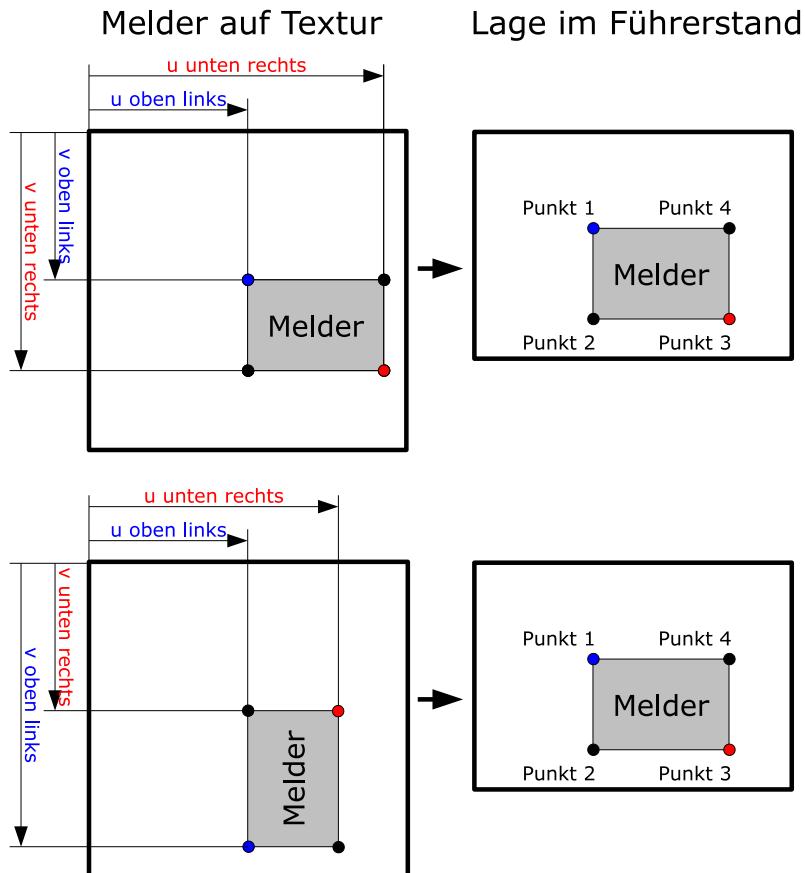
7.4.8.1.1 Textur-Editor

Im Textur-Editor werden die Texturausschnitte und einige Parameter festgelegt. Es muss hier zunächst das Prinzip der Textur-Koordinaten erläutert werden. Die Zuordnung des Texturausschnitts zum Melderrechteck oder auch Zeiger erfolgt über die Texturkoordinaten u und v. Die Koordinaten u und v laufen innerhalb der Textur von 0 bis 1, wobei Koordinatenwert multipliziert mit der Bitmapabreite das jeweilige Pixel ergibt. Die nebenstehende Skizze verdeutlicht das anhand einer Schalterstellung. Dargestellt ist eine quadratische Textur, auf der sechs einzelne Schalterstellungen untergebracht sind. Um hier in der unteren Reihe das mittlere Bild anzusprechen, benötigt man die Textur-Koordinaten u und v der vier Eckpunkte. Die vier Werte sind in blauer Schrift eingetragen. Da Zusi von rechteckigen Formen ausgeht, reduziert sich die Definition auf die Ecken oben links und unten rechts. Es ergibt sich hier bei einer Bitmapabmessung von 256x256 Pixeln: oben links: $u=0,37$ und $v=0,5$ oder auch in Pixeln: $U=0,37 \times 256 = 95$ und $V=0,5 \times 256 = 128$, unten rechts: $u=0,68$ und $v=1$ oder auch in Pixeln: $U=0,68 \times 256 = 174$ und $V=1 \times 256 = 256$

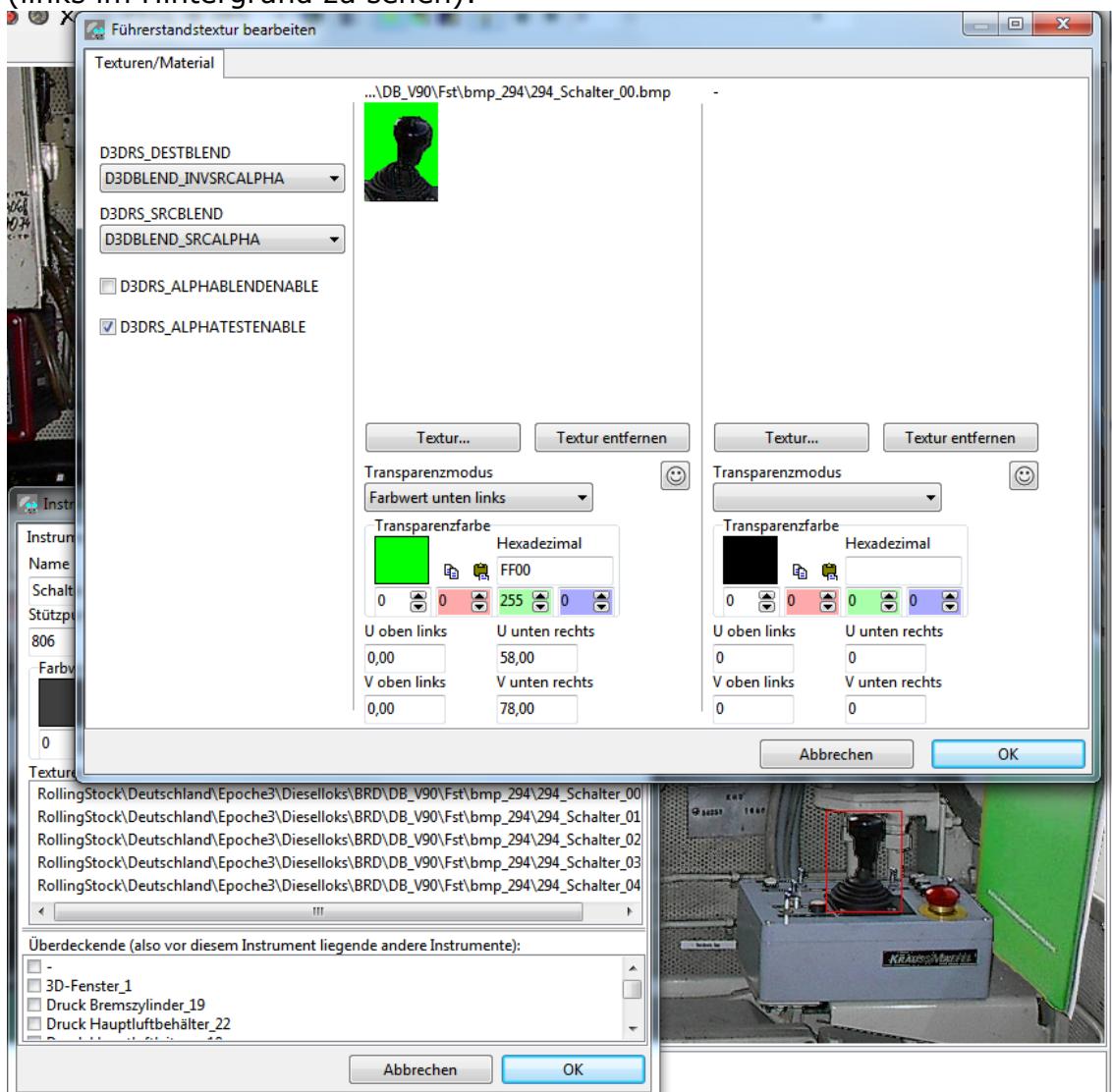


Zur einfacheren Handhabung rechnet der Editor die u- und v-Werte in den Eingabefeldern immer in Pixel-Angaben um. Intern und im Dateiformat wird aber mit u und v gearbeitet, so dass z.B. eine Texturabmessung später verändert werden kann, ohne dass sich (dank des relativen Ansatzes) an der Texturzuordnung etwas ändert.

Wie bereits erwähnt, werden nur die Punkte oben links und unten rechts gespeichert und die beiden anderen (im nebenstehenden Bild schwarz gezeichneten) Punkte ergeben sich durch den Ansatz einer rechteckigen Textur automatisch. Eine um 90° gedrehte Textur definiert sich durch die Werte der v-Koordinaten: Ist „v oben links“ kleiner als „v unten rechts“, so wird eine waagerechte Anordnung angenommen (oberes Bild). Ist „v oben links“ größer als „v unten rechts“, so wird eine um 90° gedrehte Anordnung angenommen (unteres Bild). Weitere Winkel sind nicht umsetzbar.



Das folgende Fenster öffnet sich beim Doppelklick auf eine Zeile der Textur-Auflistung (links im Hintergrund zu sehen):



Hier werden festgelegt:

DirectX-Parameter: D3DRS_DESTBLEND, D3DRS_SRCBLEND, D3DRS_ALPHABLENDENABLE und D3DRS_ALPHATESTENABLE regeln das Zeichenverhalten und brauchen normalerweise nicht verändert zu werden.

Textur 1 und 2: Festlegung der Textur-Dateien, wobei die 2. Textur (rechts) sinnvoll nur für die übergeblendete Nachtbeleuchtung genutzt werden kann. Die zu verwendende Textur wird über „Textur...“ ausgewählt und in einer Vorschau dargestellt. Über „Textur entfernen“ kann die Textur wieder entfernt werden (ohne von der Festplatte gelöscht zu werden).

Transparenz-Modus und Transparenz-Farbe: Der Transparenz-Modus legt fest, ob beim Laden ein Alphakanal erzeugt werden soll. „Keine“ bedeutet, dass nichts verändert wird. Eine Textur mit eigenem Alphakanal wird diesen Kanal unverändert laden. „Farbwert unten links“ erzeugt einen 1-Bit-Alphakanal, der alle Bereiche transparent macht, die den Farbwerte des Pixels unten links enthalten (nur bei bmp-Dateien möglich). „Farbwert vorgeben“ erzeugt einen 1-Bit-Alphakanal, der alle Bereiche transparent macht, die den bei „Transparenzfarbe“ angegebenen Farbwert enthalten. Es ist für Transparenz außer zu Testzwecken und während der Entwicklungsphase nur der textureigene Alphakanal zu

verwenden, da er wesentlich performancefreundlicher ist.

U/V-Koordinaten: Hier werden die anfangs ausführlich erläuterten Textur-Koordinaten eingegeben.

7.4.8.1.2 Nachtdarstellung

Das Instrument kann (sinnvoll nur mit einem Leuchtmelder anzuwenden) zur Realisierung eines lokalen Nachteffekts benutzt werden. Das ist sinnvoll, wenn eine große Nachttextur für das Hintergrundbild große leere Flächen enthält. Dieser Nachteffektmelder deckt dann nur den Bereich ab, in dem Nachteffekte vorgesehen sind, wobei auch mehrere Melder möglich sind, wenn die Fläche mit einem Melder nicht gut abgedeckt werden kann. Bei der BR 120 kann z.B. statt des gesamten Hintergrundbildes (linkes Bild) auch nur ein Rechteck im Bereich der Instrumente angelegt werden (rechtes Bild), welches dann über den hier diskutierten Nachteffektmelder platziert wird.



So ein Melder wird folgendermaßen eingerichtet: Funktion: „Keine Funktion“; eine Position in der Texturliste, welche mit zwei Texturen belegt ist: erste Textur ist das Tag-Hintergrundbild (hier wird also exakt dieselbe Datei ausgewählt, die das normale Hintergrundbild darstellt), die zweite Textur ist die hier gezeigte Nachbeleuchtung. Die Tex-turkoordinaten U/V der ersten Textur müssen den Ausschnitt auf dem Hintergrundbild definieren, der im Melderbereich zu sehen ist.

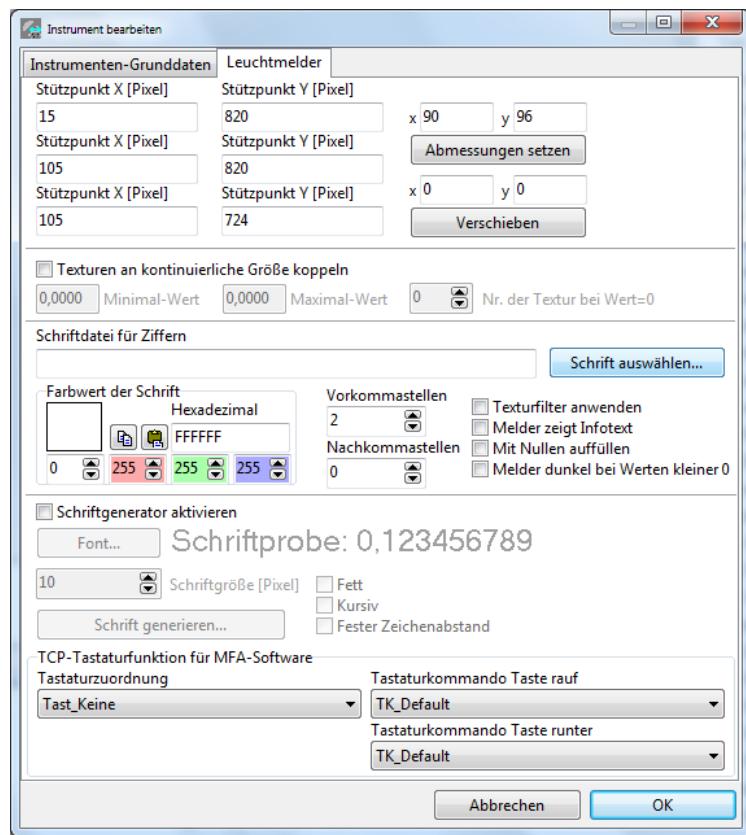
7.4.8.2 Leuchtmelder

Das nebenstehende Bild zeigt die zweite Registerkarte bei Leuchtmeldern mit folgenden Parametern:

Stützpunkte 2-4: Die weiteren 3 Punkte, die die Lage des Melderrechtecks definieren. Sie müssen wie in den weiter oben gezeigten Skizzen dargestellt gegen den Uhrzeigersinn angeordnet werden.

Abmessungen setzen: Soll die Größe des Rechtecks neu gesetzt werden, so erspart diese Funktion das Umrechnen und manuelle Eintippen der Werte. Beim Drücken auf „Abmessungen setzen“ werden die Eckpunkte 2 bis 4 bezüglich Punkt 1 anhand der beiden Werte für x (Breite) und y (Höhe) neu gesetzt.

Verschieben: Beim Drücken auf „Verschieben“ werden die für x und y eingegebenen Werte bei den Punkten 1 bis 4 addiert, was einer Verschiebung des Melders um die Werte x und y entspricht.



Texturen an kontinuierliche Größe koppeln: Ein Melder kann über die Minimal- und Maximal-Werte an eine kontinuierliche Größe gekoppelt werden. Der Melder muss dafür mindestens zwei Texturen besitzen. Der Simulator ermittelt dann anhand des aktuellen Werts der anzuseigenden Größe und der Angaben in Minimal- und Maximal-Wert, welche der Texturen angezeigt werden soll.

Wenn man z.B. einen Melder erzeugen möchte, der bei stehender Lok aus und bei fahrender Lok aktiv ist, dann wird ihm als Funktion die Geschwindigkeit zugeordnet und z.B. 0 und 0,1 als Minimal- und Maximal-Wert, womit er ab 0,1 m/s eingeschaltet wird. Über eine entsprechend große Anzahl an Texturen lassen sich auch feinstufige Vorgänge auf einem größeren Wertebereich der „Funktion“ umsetzen.

Mit der Angabe bei „Nr. der Textur bei Wert=0“ lässt sich der Wertebereich zusätzlich in 2 Abschnitte unterteilen. Ein Beispiel verdeutlicht die Anwendung: Man habe für die Animation eines Brems- und Zugkraftanzeigers neben der Textur der Grundstellung 15 Texturen für den Zugkraftbereich und 10 Texturen für den Bremsbereich erstellt. Nur über den Minimal- und Maximal-Wert wäre die Zentrierung schwierig herzustellen, also die Anzeige der Grundstellungs-Textur, wenn die Zugkraft 0 beträgt. Hier kommt die „Nr. der Textur bei Wert=0“ ins Spiel. Es wird die laufende Nummer (von 0 beginnend) der Textur eingetragen, die die Grundstellung darstellt. In unserem Beispiel wäre das die 10. Hier zur Verdeutlichung die zugehörige Liste der Texturen und der Wertebereich der zugeordneten „Funktion“:

laufende Nummer	Textur-Datei	Wert der Funktion
0	Bremskraft200.bmp	-200 kN (=Minimal-Wert)
1	Bremskraft180.bmp	-180 kN
...	...	
9	Bremskraft020.bmp	-20 kN
10	Grundstellung.bmp	0 kN
11	Zugkraft030.bmp	30 kN
12	Zugkraft060.bmp	60 kN
...	...	
25	Zugkraft450.bmp	450 kN (=Maximal-Wert)

Schrift-Datei für Ziffern: Wird hier eine Schrift-Datei (*.font.xml) zugeordnet, stellt Zusi den Wert der Funktion als Ziffern mit der angegebenen Zahl an **Nachkommastellen** dar. Der Melder darf dann keine Texturen haben. Die Angabe für die **Vorkommastellen** wird zur Berechnung des Platzbedarfs benötigt. Auch bei kleineren Werten wird also links entsprechend Platz für weitere Ziffern gelassen, so dass ein Verspringen der Anzeige verhindert wird. Werden dennoch größere Werte geliefert, so wird der ganze Wert gestaucht angezeigt, dann mit entsprechendem Versprung in der Anzeige.

Die Schrift wird erzeugt, indem auf eine Textur mit den Buchstaben zugegriffen wird. Die Schrift-Datei enthält die nötigen Daten, also die Angabe, welche Textur zu verwenden ist und wo welcher Buchstabe auf der Textur zu finden ist. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die gewünschte Schriftart auf dem Zielrechner nicht als Windows-Font installiert sein muss. Die Buchstaben werden auf der Textur in weiß angelegt und dann beim Zeichnen mit dem „Farbwert der Schrift“ gemischt.

Texturfilter: Mit aktiviertem Texturfilter werden die Schriften in der Regel etwas besser lesbar sein, vor allem wenn der Führerstand skaliert dargestellt wird.

Melder zeigt Infotext: Wenn dieses Kontrollkästchen gesetzt ist, ist der Melder im Simulator mit der Taste F6 ein- und ausblendbar. Gedacht ist dies für zusätzliche Instrumente, die im Vorbild-Führerstand nicht oder nur unleserlich vorhanden sind.

Mit Nullen auffüllen: Im Normalfall werden die Ziffern links mit Leerzeichen aufgefüllt, wenn der Wert bei „Vorkommastellen“ nicht erreicht wird. Bei aktivem Kontrollkästchen werden stattdessen Nullen vorangestellt.

Melder dunkel bei Werten über Grenzwert: Mit dieser Option wird keine Schrift mehr dargestellt, wenn der Wert gleich oder größer dem im Eingabefeld angegebenen Wert ist. Wenn der Wert mit einem Faktor oder einen Rundungsvorgang verändert wurde, dann ist der Wert nach der Multiplikation/Rundung als Grenzwert maßgebend. Hinweis: Negative Werte werden im Führerstand wie gewohnt mit einem vorangestellten Minuszeichen dargestellt.

Melder dunkel bei Werten unter Grenzwert: Mit dieser Option wird nach gleichem Schema keine Schrift mehr dargestellt, wenn der Wert unter den im Eingabefeld angegebenen Wert sinkt.

Schriftgenerator: Die Schriftdatei besteht aus einer Textur mit den Ziffern und einer Zuordnungsdatei (*.font.xml), die festlegt, wie die einzelnen Ziffern auf der Textur zu finden sind. Mit dem Schriftgenerator können diese beiden Dateien automatisch aus einer installierten Windows-Schriftart erstellt werden. Dazu wird der Generator aktiviert, die Schrift mit den gewünschten Einstellungen ausgewählt (die Schriftgröße muss zur späteren Größe der Darstellung im Führerstand passen) und „Schrift generieren“ gedrückt. Die Dateien sollten hinsichtlich Speicherort zusammen mit dem Führerstand abgespeichert werden. Die so generierte Datei kann dann als Schrift-Datei benutzt werden, wie im Abschnitt zuvor beschrieben. Durch dieses Verfahren wird der Führerstand auf jedem

Rechner korrekt dargestellt, egal welche Schriften dort installiert sind.

TCP-Tastaturfunktion für MFA-Software: Diese Angaben dienen dazu, Mausklicks auf Leuchtmelder zu erfassen. In normalen Führerständen ist das nicht sinnvoll zu verwenden. Es kann aber für Zusatzsoftware verwendet werden, z.B. wenn der Führerstand in der Software ZusiAnzeige angezeigt wird, da innerhalb von ZusiAnzeige die Führerstandsbaugruppen (z.B. das Zugbeeinflussungssystem) nicht zur Ansteuerung der Melder zur Verfügung stehen. In so einem Fall kann hier gemäß der Dokumentation des Zusi-TCP-Protokolls ([Kapitel 11.3](#)) eingestellt werden, welche Tastaturfunktionen beim Anklicken des Leuchtmelders ausgelöst werden sollen.

7.4.8.3 Zeigerinstrument

Das nebenstehende Bild zeigt die zweite Registerkarte bei Zeigerinstrumenten mit folgenden Parametern:

Typ: Der Typ der grafischen Darstellung wird unten ausführlich erläutert. Das Kreisringsegment steht für Führerstände nicht zur Verfügung.

Anzahl Balken-Elemente: Wird unten beim Balken erläutert.

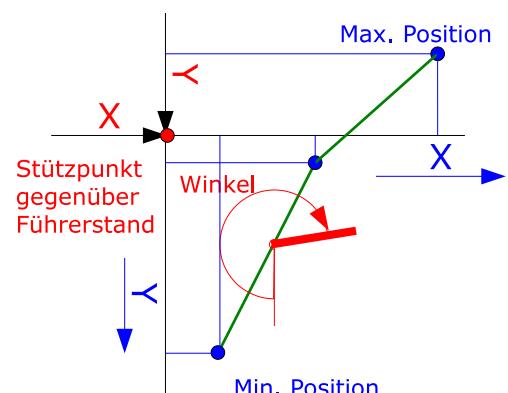
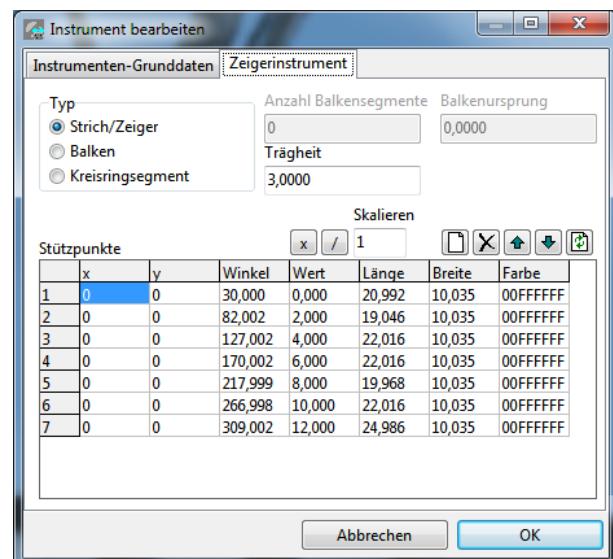
Balkenursprung: Wird unten beim Balken erläutert.

Trägheit: Je größer dieser Wert ist, desto langsamer folgt die Anzeige dem Vorgabewert des Simulators. So wird die Trägheit der Anzeige simuliert.

Skalieren: Drücken der Schalter „x“ bzw. „/“ multipliziert bzw. dividiert alle Einträge der Tabelle bei „Wert“ mit dem bzw. durch den bei „Skalieren“ angegebenen Wert.

Stützpunkte: Diese Tabelle enthält die Stützpunkte, die den Lauf des Zeigers bzw. Balkens definieren. Für jeden Stützpunkt gibt es einen Ort (x und y relativ zum Bezugspunkt), Einen Winkel, um den der Zeiger gedreht wird, den Wert, den er anzeigen soll, Länge und Breite in Pixeln und einen Farbwert. Im einfachsten Fall reicht ein Minimal- und Maximalwert als Stützpunkt, zwischen denen der Simulator die Parameter interpoliert. Nichtlineare Verläufe benötigen entsprechend zusätzliche Punkte.

Die nebenstehende Skizze verdeutlicht die Funktion des Winkels anhand einer schräg nach rechts oben laufenden Zeigeranzeige: Der Ursprung des Zeigers wandert auf der grün gezeichneten Linie über insgesamt 3 Stützpunkte, und der Winkel gibt an, wie die Ausrichtung des Zeigers relativ zum globalen x/y-



Koordinatensystem gewählt wird.

Die Tabelle im Bild oben oben zeigt beispielsweise ein Manometer, das zwischen 0 und 12 bar anzeigen kann und über 7 Punkte abgesteckt wurde, da der Zeiger durch die schräge Ansicht einen ungleichmäßigen Lauf aufweisen muss.

Jedem Stützpunkt kann eine eigene Farbe gegeben werden. Auch hier wird bei Zwischenwerten interpoliert.

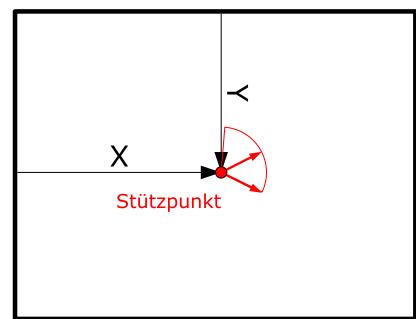
Wird keine Textur zugeordnet, so wird der Farbwert für die Darstellung benutzt, mit Textur wird die Farbe in die Textur gemischt. Bei farbtreuer Texturdarstellung ist also die Farbe FFFFFF (weiß) zu wählen.

7.4.8.3.1 Typ Strich/Zeiger

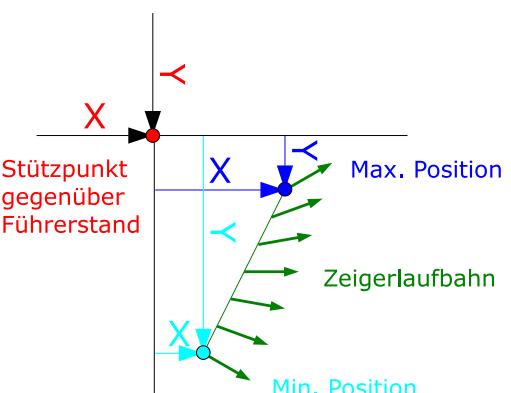
Der Typ „Strich/Zeiger“ ist gedacht für Rundinstrumente oder auch Anzeiger mit translatorisch arbeitenden Zeigern, also alle Anwendungen, bei denen sich eine Markierung auf irgendeiner beliebigen Bahnkurve vor einer Skala bewegt.

Die Position des Instruments wird relativ zu einem Stützpunkt (Punkt 1 aus der ersten Registerkarte) gegenüber dem Führerstand definiert, der Zeiger wird immer relativ zu dem Stützpunkt berechnet. Soll das gesamte Instrument verschoben werden, so muss nur dieser Punkt an die neue Position gesetzt werden.

Das nebenstehende Bild zeigt das Beispiel eines Rundinstruments. Der Stützpunkt ist vorzugsweise auch der Drehpunkt des Zeigers, so dass alle x/y-Werte in der Tabelle auf 0/0 gesetzt werden. Läuft der Zeiger linear, reichen 2 Stützpunkte. Dreht der Zeiger in der falschen Richtung zwischen den beiden Punkten, so muss ein weiterer Zwischenpunkt ca. in der Mitte definiert werden. Die beiden Zeilen unterscheiden sich nur durch den Winkel, die erste Zeile muss den Winkel für den unteren, die letzte Zeile den Winkel für den oberen Anschlag aufweisen. Nach oben hin sollte der Laufweg noch etwas über die Skala hinaus definiert sein, damit im Simulator ein Überschreiten des Endwerts erkannt werden kann.



Dieses Bild zeigt einen allgemeingültigeren Fall, bei dem die Stützpunkte nicht auf 0/0 gesetzt sind. Es wurden zwei Stützpunkte für die Bahnkurve definiert (einer ist blau, einer türkis eingezeichnet), die auch einen unterschiedlichen Wert für den Winkel verzeichnen. Wenn sich der Vorgabewert zwischen diesen beiden Punkten befindet, werden Zwischenpositionen interpoliert, wie sie hier für einige Fälle grün eingezeichnet sind. Über weitere Stützpunkte können Nichtlinearitäten eingebaut werden. So lässt sich beispielsweise ein vertikal laufender Anzeiger umsetzen, wie er in



vielen Führerständen anzutreffen ist. Soll der Zeiger im gesamten Anzeigebereich in dieselbe Richtung zeigen, so muss der Wert für den Winkel bei allen Stützpunkten derselbe sein.

Ein Rundinstrument ist als der Sonderfall zu betrachten, dass der blaue und türkise Punkt identische Koordinaten haben.

Während ein Zeiger ohne Textur so gezeichnet wird, wie es im vorherigen Abschnitt erläutert wurde, wird die Fläche bei Verwendung einer Textur verdoppelt, um ggf. Gegengewichte usw. darstellen zu können. Hier ein Beispiel für eine Textur, bei der die schwarzen Bereiche in Transparenz umgewandelt werden.



Und noch ein Beispiel für Zeigerspitzen, die von außen die Skala eines Rundinstruments ragen, wie z.B. bei der deutschen AFB oder LZB. Der Drehpunkt ist zur Veranschaulichung weiß dargestellt und wäre bei der tatsächlichen Anwendung ebenfalls schwarz/transparent.



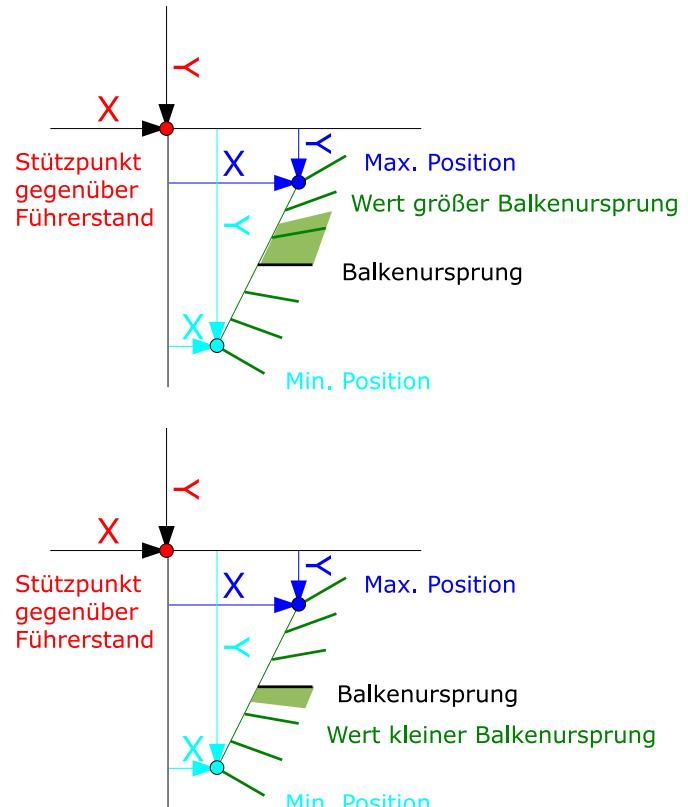
7.4.8.3.2 Typ Segmentbalken

Der Typ Segmentbalken ähnelt dem Zeiger konzeptionell, allerdings wird statt eines wandernden Zeigers/Strichs ein Rechteck erstellt, dessen Basis auf der Grundlinie steht und dessen anderes Ende mit zunehmenden Werten weiter ausschlägt. Der Ursprung („Umklapppunkt“) des Balkens kann über den Wert „Balkenursprung“ festgelegt werden und ist typischerweise 0.

Die nebenstehende Skizze zeigt den Fall eines zu beiden Seiten ausschlagenden Balkens. Im oberen Fall ist der Wert größer als der Balkenursprung (also typischerweise größer als 0), der Balkenausschlag wird also zwischen 0 und dem Maximalwert interpoliert. Im unteren Bild ist ein negativer Wert mit Balkenausschlag nach unten dargestellt.

Über den Farbwert der Stützpunkte lässt sich z.B. auch noch für den positiven und negativen Bereich eine andere Farbe festlegen. Dabei sollte der Nullpunkt doppelt vorgesehen werden, einmal gerade noch mit der negativen, einmal eben gerade mit der positiven Farbe, da die Farbe sonst gemischt wird, was i.d.R. nicht gewünscht ist.

Mit Hilfe der Textur lässt sich ein Segmentbalken aus aneinandergereihten Leuchten umsetzen, wie er z.B. bei der deutschen LZB für den Zielweg benutzt wird. Eine Textur stellt dabei eine Lampe dar und wird entsprechend oft hintereinandergereiht. Diese Textur darf nicht Bestandteil einer großen Textur sein, sondern muss als eigene Datei vorliegen, da sonst das mehrfache Aneinanderreihen nicht möglich ist. Das DXT1-Format erfordert eine



Mindestabmessung von 4x4 Pixel. Soll diese Textur kleiner ausfallen, so kann das dds-Format R8G8B8 benutzt werden (Konvertierung ist mit der Zusi-Dateiverwaltung oder einem Bildbearbeitungsprogramm möglich).

Die Textur kann beispielsweise folgendermaßen gestaltet werden:

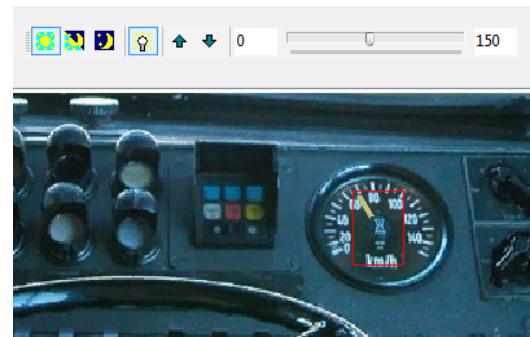
Das Ergebnis entsteht durch Anreihung der Textur, so dass ein Balken entsteht:



Auch wenn der Balken im Führerstand nicht waagerecht angeordnet ist, muss das Einzelbitmap liegend angeordnet sein. Die Anzahl der Segmente muss so abgestimmt sein, dass die maximale Länge des Balkens und Länge einer Lampe zur Segmentanzahl passt, sonst wird es zu Störungen in der Darstellung kommen.

7.4.9 Instrument testen

Um die Funktion und Wirkung der Instrumente direkt im Editor testen zu können, ist das Menü „Instrument testen“ vorgesehen, was sich aber besser über die entsprechende Symbolleiste bedienen lässt (im Bild oben eingebettet). Wird ein Instrument markiert, so werden dessen Minimal- und Maximal-Werte in die beiden Eingabefelder übernommen (hier 0 und 12 für den Skalenbereich des markierten Manometers). Abweichende Werte können durch manuelle Eingabe und Drücken der ENTER-Taste eingegeben werden. Anschließend kann der Wertebereich des Instruments über den Schieberegler abgefahren werden, um z.B. die Übereinstimmung mit der Skalierung prüfen zu können. Drehen des Mausrads bewirkt ebenfalls ein Durchschalten der Positionen. Auch Textanzeigen können mit dem Schieberegler getestet werden, wenn ein Maximalwert manuell eingegeben wird.



Der Test arbeitet nur innerhalb des Führerstandeditors. Auf die spätere Darstellung im Simulator hat es keinen Einfluss, in welche Positionen die Zeiger hier gebracht werden. Wenn alle Zeiger und Melder im Führerstand wieder auf die Standardwerte gesetzt werden sollen, kann die Funktion „Alle Instrumente in Grundstellung“ aus dem Menü aufgerufen werden.

Weiterhin kann die Helligkeit in drei Stufen eingestellt werden, um die Abdunkelungsfunktionen bereits im Editor testen zu können.

7.4.10 Instrument pixelweise verschieben

Jeder Klick auf diese Funktion verschiebt alle markierten Instrumente um ein Pixel in die entsprechende Richtung.

7.4.11 Instrument markieren

Ist diese Funktion aktiviert, so kann mit der linken Maustaste ein Instrument markiert werden, indem seine dargestellte Fläche in der Grafik angeklickt wird. Werden mehrere Instrumente getroffen, so werden alle markiert.

7.4.12 Instrument verschieben

Wird die Maus mit gedrückt gehaltener linker Maustaste bewegt, so werden alle markierten Elemente entsprechend der Mausbewegung verschoben.

7.4.13 Navigation

Um die Darstellung des Führerstands anzupassen, gibt es folgende Funktionen:

Zoom (Stufen): In der Symbolleiste gibt es eine Auswahl von verschiedenen festen Zoomstufen.

Zoom (Werkzeug): Mit diesem Werkzeug kan bei gedrückter linker Maustaste ein Rechteck aufgezogen werden, in das der Editor hineinzoomt. Bei beiden Zoommethoden kann es bei Vergrößerungen zu Fehldarstellungen kommen.

Navigation verschieben: Wenn diese Funktion aktiv ist, kann mit der gedrückten linken Maustaste die Ansicht auf den Führerstand verschoben werden.

Globale Ansicht: Der Führerstand wird formatfüllend und komplett dargestellt, wofür ggf. die Größe des Editorfensters verändert wird. Bei großen Abmessungen wird ggf. der Zoom automatisch auf 50% gestellt.

7.4.14 Alle Instrumente und Melder skalieren

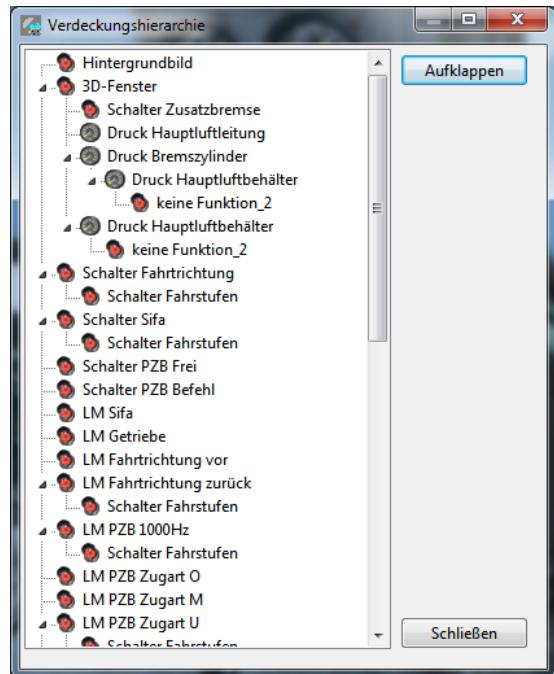
Es werden die Positionen alle Leuchtmelder und Zeigerinstrumente mit Ausnahme des Hintergrundbilds mit den abgefragten Werten skaliert. Neu berechnet werden alle Stützpunkte. Ein Melder verschiebt sich also mit allen vier Punkten, so dass er seine Größe und Position gemäß der Skalierungsfaktoren ändert. Diese Funktion ist insbesondere hilfreich, wenn ein neues Hintergrundbild mit anderen Abmessungen verwendet wird, da die Positionen immer relativ zu den Abmessungen des Hintergrundbild betrachtet werden und sich somit bei einem neuen Hintergrundbild zunächst verzerrte Melderpositionen und Abmessungen ergeben.

Bei den Zeigern wird die Breite und Länge mit dem Mittelwert der x- und y-Eingabe skaliert, da sich eine gewünschte getrennte x- und y-Komponente nicht ohne weiteres zuordnen lässt.

7.4.15 Verdeckungshierarchie

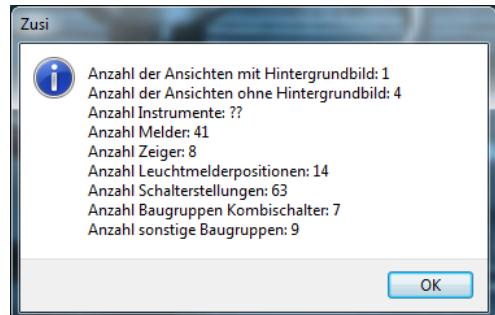
Diese Funktion stellt die aktuellen Überdeckungseinstellungen in der Struktur dar. Jedes Instrument lässt sich durch Doppelklick sofort bearbeiten, wobei aber eine Änderung in den Überdeckungen erst nach einem Neuladen der Grafikansicht berücksichtigt werden.

Beim Hintergrundbild dürfen im Normalfall keine Überdeckungen angeklickt werden. So liegen naturgemäß zwar alle Melder und Schalter vor dem Hintergrundbild, diesen Zusammenhang erkennt Zusi aber automatisch. Instrumente, die über dem Rechteck des 3D-Fensters liegen, müssen beim 3D-Fenster als Überdeckende angeklickt sein.



7.5 Menü Hilfe

Datei-Statistik: Diese Funktion liefert statistische Daten für einen schnellen Überblick des verbauten Umfangs. Für die Anzahl der Instrumente erscheinen stets Fragezeichen, denn die Anzahl ist nicht durch die Automatik ermittelbar, da ein Instrument mehrere Zeiger enthalten kann.



7.6 Erstellen eines neuen Führerstands

Das Erstellen eines neuen Führerstands geschieht in folgenden Schritten:

7.6.1 Erstellen der bmp-Rohdateien

Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten, an die Bilder zu kommen: Es werden Fotos auf einer Lok gemacht oder es wird ein 3D-Modell des Führerstands erzeugt und Screenshots davon verwendet. Für den Bau im Führerstandeditor werden ein Hintergrundbild ohne Zeiger und Schalter benötigt sowie ein Bild von jedem Schalter in jeder Lage.

7.6.1.1 Hinweise zur Erstellung von Fotos

Beim Fotografieren der Führerstände sollte man in der höchstmöglichen Auflösung arbeiten, da sich so ohne Qualitätsverluste auch Ausschnitte für weitere Führerstandsansichten erzeugen lassen. Für eine Kaufentscheidung sollte man beachten dass die Kamera einen Zeit- oder Fernauslöser sowie ein möglichst stärkeres Weitwinkelobjektiv hat - es ist meist eng auf dem Führerstand. Auf dem Führerstand muss man dann die Kamera möglichst in Lokführerposition bringen. Ein Stativ ist wohl zwingend erforderlich, ein Mini-Dreibein ist auf manchen Führerständen hilfreich. Es ist die Benutzung des Zeit- oder Fernauslösers zu empfehlen, da durch den Fingerdruck beim Auslösen sonst jeweils leicht verdrehte Bilder entstehen. Eine Fernbedienung per Laptop (z.B. bei Canon meistens möglich) hat die Vorteile, dass man eine einmal aufgebaute Kamera nicht mehr berühren muss (egal wie viele Bild-Einstellungen man noch ändert), die Kamera auch mit dem Sucher unmittelbar an die Rückwand anlehnen kann und vor allem auch die Fotos sofort auf dem Laptop in großer Auflösung beurteilen kann.

Die besten Ergebnisse bekommt man bei Tageslicht und bewölktem Himmel ohne Blitz (diffuse Ausleuchtung). Optimal für die weitere Bearbeitung ist ein Foto mit allen Instrumenten im Normalzustand und dann ein zweites Bild bei dem alle Lampen und Schalter verstellt sind. Die Schalter mit vielen Positionen (Fahrtschalter usw.) benötigen dann natürlich noch weitere Fotos. Außerdem sollten alle Schalterbeschriftung usw. im Details fotografiert werden, um später die Funktionen überall korrekt zuordnen zu können.

7.6.1.2 Benötigte Bilder

1.) Als Eingangsmaterial in den Führerstandeditor wird ein final zugeschnittenes und optimiertes Hintergrundbild benötigt, bei dem alle beweglichen Schalter und alle zu animierenden Zeiger entfernt wurden (Bildbearbeitungsprogramm bei Fotos oder passendes Rendern beim 3D-Modell).

Die Bitmaps der einzelnen Instrumente werden zusätzlich über das Hintergrundbitmap des Führerstands gezeichnet. Ein Sifaschalter mit zwei Positionen hat also zwei eigene Bitmaps. Für jedes Bitmap können dabei transparente Bereiche definiert werden.

2.) Es muss jetzt also für jede einzelne Schalterstellung im Bildbearbeitungsprogramm ein weiteres Bild geschaffen werden, das als Basis das Hintergrundbild hat und bei dem nur diese eine Schalterstellung zusätzlich eingeblendet ist, um im weiteren automatisch bearbeitet werden zu können. Diese Bilder liegen z.B. im Verzeichnis ...\\MeinFuehrerstand\\Standardansicht\\Rohdaten\\... Hier sind beispielhaft das Hintergrundbild abgebildet sowie drei Bilder, die je eine andere Stellung des Führerbremsventils (Hebel unten rechts) darstellen:



Schritte 1 und 2 für andere Grafikansichten wiederholen, mit jeweils eigenem Verzeichnis für die bmp-Dateien.

7.6.2 Konfigurierung des Führerstands mit bmp-Dateien

1. Öffnen des bmp-Melder-Editors im Menü „Grafik“ und laden des Hintergrundbildes und aller zusätzlich erzeugten Schalterstellungen. Diese bmp-Dateien müssen alleamt dieselben Abmessungen aufweisen.
2. Für einen zu erstellenden Melder die Bilder anklicken, die dessen Stellungen wiedergeben. Die Reihenfolge der Bilder kann ggf. mit den beiden Pfeilen angepasst werden, so dass die Schalterstellungen von oben nach unten in der richtigen Schaltreihenfolge in der Tabelle vorliegen. Hier beispielhaft die Erstellung des E-Bremsstellers, bei dem links alle Dateien angeklickt sind, die die Positionen des E-Bremsstellers darstellen:

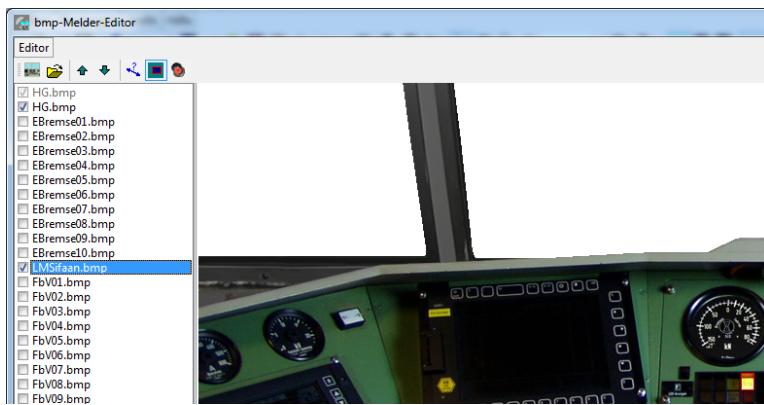


3. „Melderbereich ausmessen“ aufrufen, der Bereich wird ausgemessen und rot dargestellt, wie auf dem Bild oben gezeigt. Prüfen: Das rote Rechteck muss genau den Bereich umfassen, in dem der Melder arbeitet, was durch Vergleichen der Pixel mit dem Hintergrundbild geschieht. Somit wird das optimale, also kleinste Rechteck festgelegt, um die animierte Grafik darzustellen. Ist das Rechteck zu groß, sind die Bilder im Hintergrundbereich nicht pixelgenau identisch. Der Rechenvorgang kann recht lange dauern.
4. „Melder erzeugen“ aufrufen - der Melder wird im Führerstand angelegt. Als Pfad sollte man z.B. ...\\MeinFührerstand\\Standardansicht\\bmp\\... angeben. Dort wird die Bilderserie abgespeichert, wobei für jede Schalterposition eine bmp-Datei in der zuvor ermittelten optimalen Größe erzeugt wird. Hier die Dateien für den oben gezeigten Fall:



5. Schritte 2-4 für alle Melder wiederholen.

Ergänzender Hinweis: Bei Leuchtmeldern besteht grafisch gesehen eigentlich keine Notwendigkeit einer Grundstellung, da dort nur das sowieso zu sehende Hintergrundbild angezeigt wird. Zur Umsetzung der Funktion in Zusi muss diese aber auch definiert werden, z.B. durch eine komplett transparente Textur. Beim Erstellen im bmp-MelderEditor kann dafür das Hintergrundbild zusätzlich noch ein zweites Mal geladen werden, wie im folgenden Fall für die Sifa gezeigt, bei dem durch die Differenzbildung des Hintergrundbilds mit sich selbst eine transparente Textur für die Grundstellung entsteht:



6. Zeigerinstrumente erstellen und ggf. weitere Nacharbeiten durchführen

7. Schritte 1-6 für andere Grafikansichten wiederholen

7.6.3 Funktionalität erstellen

1. Baugruppen zur Umsetzung der Führerstandsfunktionalität ergänzen und wo nötig die Instrumentengrafiken den Funktionen zuordnen. Der Führerstand ist jetzt vollständig funktionsfähig, arbeitet aber noch mit ressourcenfressenden bmp-Dateien, die im allerletzten Schritt in ressourcenfreundliche dds-Texturen umgewandelt werden.
2. Führerstand im Editor und Fahrsimulator zunächst gründlich testen und wenn alles korrekt ist, eine Sicherungskopie aller Dateien erstellen.

7.6.4 Umwandlung in dds-Dateien

1. dds-Textur-Editor im Menü „Grafik“ öffnen, eine neue dds-Textur anlegen und mit den links aufgeführten bmp-Dateien optimal füllen (die Texturgröße kann bis zum Anwendung auf den Führerstand jederzeit geändert werden)
2. Textur mit passendem Namen speichern z.B. in ...\\MeinFuehrerstand\\dds\\... (es wird eine bmp- und eine dds-Variante der Textur erzeugt, wobei die bmp-Datei der einfacheren Prüfung und der Sicherung einer unkomprimierten Datei dient)

3. Wenn die Textur korrekt aussieht: „Modifikationen auf Führerstand anwenden“ und die Verknüpfungen zu den angeklickten bmp-Dateien werden auf die neue dds-Textur umgeleitet. Die alten bmp-Dateien sind damit überflüssig, werden aber nicht automatisch gelöscht.
4. Schritte 1-3 wiederholen, bis keine bmp-Dateien mehr aufgelistet werden. Wie viele dds-Texturen erstellt werden, spielt keine Rolle. Ziel muss eine insgesamt gute Ausnutzung der Texturflächen sein.
5. Schritte 1-4 für alle Grafikansichten wiederholen.

8 Dateiverwaltung

8.1 Menü „Neue Versionen“

8.1.1 Neue Versionen installieren

Das sich öffnende Fenster lädt ein Downloadverzeichnis vom Zusi-Server und bietet die verfügbaren Pakete zur Auswahl an. Es findet sofort eine Versionsprüfung statt, und nicht passende Dateien werden ausgeblendet. Zu unterscheiden ist zwischen Updates, Add-Ons und weiterem Zubehör: **Updates** bringen die entsprechenden Programmkomponenten auf einen neueren Stand. Die Update-Datei muss genau zur installierten Version passen, sonst erfolgt beim Installationsversuch eine entsprechende Fehlermeldung. In der Downloadübersicht werden die passenden Versionen durch einen grünen Punkt bzw. ein Administratorsymbol gekennzeichnet. Nur bei exe- und dll-dateien kann die Version der installierten Programme direkt aus der exe/dll ausgelesen werden. Bei anderen Dateitypen (pdf, zip) wird die Version durch eine Analyse der installierten Datei ermittelt.

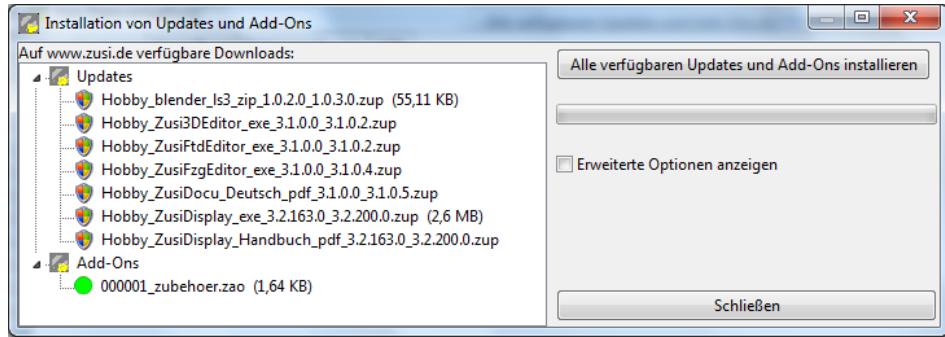
Add-Ons bringen neues Zubehör in den Datenbestand (Strecken, Fahrzeuge, Fahrpläne usw.). In der Datei %Zusi-Daten%_Setup\addons.script.xml werden die installierten Add-Ons protokolliert. Über diese wird entschieden, welche neuen Pakete zur Installation passen und somit einen grünen Punkt erhalten. Zu weiteren Optionen bei den Add-Ons siehe [Kapitel 8.2.8.3](#)

Weiteres Zubehör: Hier können weitergehende Zubehördateien aufgeführt werden, z.B. für ZusiDisplay, die nicht zum Kernumfang der Add-Ons gehören. Es können Abhängigkeiten hinterlegt sein, so dass ein Paket nur angezeigt wird, wenn z.B. ein zugehöriges Programm in der richtigen Version installiert ist.

Beim Anklicken einer Datei in der Liste wird - wenn auf dem Server hinterklegt - eine Inhaltsübersicht des Pakets im integrierten Browser angezeigt.

Administratorrechte: Alle Updates und manche Add-Ons (wenn Zubehördateien im Installationsverzeichnis verändert werden sollen) erfordern Administratorrechte. Wenn die Verwaltung aktuell ohne Administratorrechte läuft, dann werden passende Add-Ons statt mit dem grünen Punkt durch ein Administratorsymbol gekennzeichnet. Wird die Verwaltung mit Administratorrechten neu gestartet, stehen auch diese Downloads zur Installation bereit.

Symbole: Folgende Bedeutung haben die Symbole vor den Downloads:



- Roter Punkt: Paket passt nicht zur aktuellen Installation (bereits installiert oder zu neu, so dass zunächst andere Pakete installiert werden müssen).
- Grüner Punkt: Paket kann installiert werden
- Administratorsymbol: Paket kann installiert werden, erfordert aber Administratorrechte, die aktuell nicht vorliegen

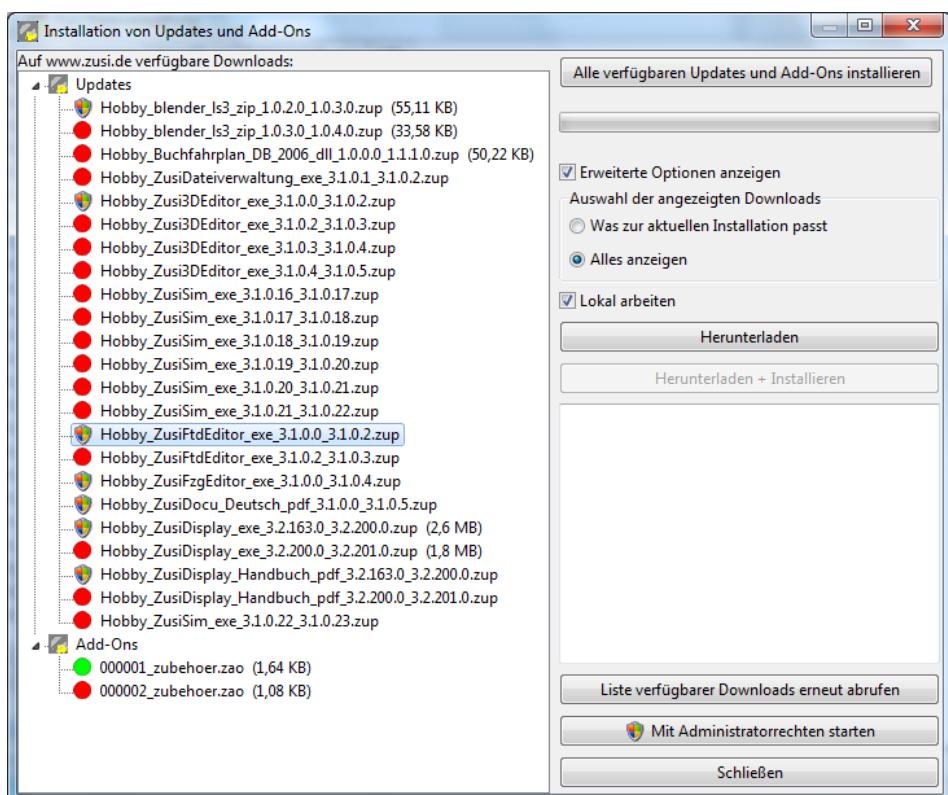
8.1.1.1 Alle verfügbaren Updates und Add-Ons installieren

Diese Funktion erledigt vollautomatisch die Installation aller Updates und Add-Ons. Es werden in der Liste zunächst die aktuell installierbaren Pakete angezeigt. Nach jeder Einzelinstallation wird die Liste aktualisiert, so dass ggf. weitere Downloads dazukommen. Da vorher nicht festgestellt werden kann, ob für manche Pakete Administratorrechte benötigt werden, lässt sich der Vorgang nur mit Administratorrechten starten. Wenn bekannt ist, dass die zu installierenden Add-Ons keine Administratorrechte benötigen, so können diese einzeln ohne Administratorrechte installiert werden, siehe folgende Abschnitte.

Wenn die Verwaltung selbst aktualisiert wird, wird sie dabei beendet und neu gestartet, wonach der Updatelauf abbricht und somit erneut gestartet werden muss.

8.1.1.2 Erweiterte Optionen anzeigen

Das Kontrollkästchen gibt weitere Funktionen frei, z.B. um Dateien gezielt installieren zu können.



Auswahl der angezeigten Downloads: In der Standardeinstellung werden alle Downloads ausgeblendet, die nicht zur aktuellen Installation passen. Bei „Alles anzeigen“ werden auch nicht passende Downloads angezeigt und durch einen roten Punkt gekennzeichnet.

Lokal arbeiten: Mit dieser Einstellung kann statt vom Server auch mit lokalen Daten installiert werden, siehe weiter unten.

Beta-Versionen anzeigen: Mit dieser Einstellung werden verfügbare Beta-Versionen angezeigt. Diese sind ggf. nicht umfassend getestet, so dass eine Installation nur empfohlen wird, wenn neue Funktionen gezielt getestet werden sollen.

Alle Pakete können runtergeladen werden (anklicken und „Herunterladen“ drücken). Sie werden im Verzeichnis %Zusi-Daten%_\Setup\Downloads abgespeichert. Nur bei passenden Paketen kann auch sofort die Installation gestartet werden. Wenn die Installation Administratorrechte erfordert und diese aktuell nicht vorliegen, ist eine Installation ebenfalls nicht möglich. Über die im folgenden erklärten Menüfunktionen können Updates- und Add-Ons auch manuell oder ohne Internetverbindung installiert werden.

Verfügbare Downloads erneut abrufen: Die Liste der verfügbaren Pakete wird erneut vom Server abgerufen und die Anzeige aktualisiert.

8.1.1.3 Offline arbeiten

Wenn die Installation auf einem Rechner ohne Internetverbindung durchgeführt werden soll, dann können die Dateien statt vom Server auch von einem lokalen Verzeichnis aus installiert werden. Standardmäßig ist es das Verzeichnis %Zusi-Daten%_\Setup\Downloads, es kann in den Einstellungen der Verwaltung geändert werden. In diesem Verzeichnis werden alle Dateien bei einer Installation vom Server gespeichert. Wird der komplette Inhalt des Verzeichnisses auf einen anderen Rechner kopiert, so kann dort bei aktiviertem Kontrollkästchen „Lokal arbeiten“ mit den gleichen Funktionen wie vom Server installiert werden.

8.1.2 Versionsübersicht Programme

Es wird eine Liste aller zum Programmumfang gehörenden Anwendungen und Bibliotheken mit der jeweiligen Programmversion angezeigt.

8.1.3 Versionsübersicht Add-Ons

Es wird eine Liste aller installierten Add-Ons mit Installationsdatum angezeigt.

8.1.4 Protokollfenster leeren

Das Protokoll im Reiter „Update“ des Verwaltungshauptfensters wird geleert.

8.1.5 Update manuell installieren

Es können ein oder mehrere Update-Dateien (Dateiendung .zup) ausgewählt werden, die dann installiert werden. Es obliegt dem Anwender, darauf zu achten, dass die Versionen zur aktuellen Installation passen. Passt es nicht, erfolgt eine Fehlermeldung (ohne weitere negative Folgen). Die erwartete Version ergibt sich aus dem Dateinamen der .zup-Datei.

8.1.6 Add-On manuell installieren

Es kann eine Add-On-Datei (Dateiendung zao) ausgewählt und installiert werden. Ob das Add-On sinnvoll in den Datenstand passt, wird bei der manuellen Installation nicht geprüft. Wenn hier in einer nicht von den Autoren vorgesehenen Reihenfolge vorgegangen wird, kann es anschließend zu Fehlern im Simulatorbetrieb kommen. Zu weiteren Optionen bei den Add-Ons siehe [Kapitel 8.2.8.3](#)

8.2 Menü „Verwaltung“

8.2.1 Verwaltung mit Administratorrechten starten

Einige Operationen erfordern Administratorrechte. Diese Funktion schließt die aktuelle Instanz der Verwaltung und öffnet eine neue mit der Anforderung von Administratorrechten. Es erleichtert somit etwas die Handhabung gegenüber einem manuellen Start mit Administratorrechten.

8.2.2 Dateien und Struktur überprüfen...

Mit dieser Funktion wird der gesamte Datenbestand auf verschiedene Aspekte hin überprüft, was insbesondere Bastlern hilft, Fehler in den eigenen Dateien zu finden. Durch die Wahl eines anderen zu prüfenden Verzeichnisses (oben im Fenster) kann auch nur ein Teilbereich der Installation überprüft werden. Es wird immer auch die gesamte Verzeichnisstruktur unterhalb des Startverzeichnisses betrachtet. Die zu prüfenden Dateitypen können in der linken Auswahlliste eingeschränkt werden. Je nach rechts gesetzten Kontrollkästchen werden die folgenden Eigenschaften überprüft:

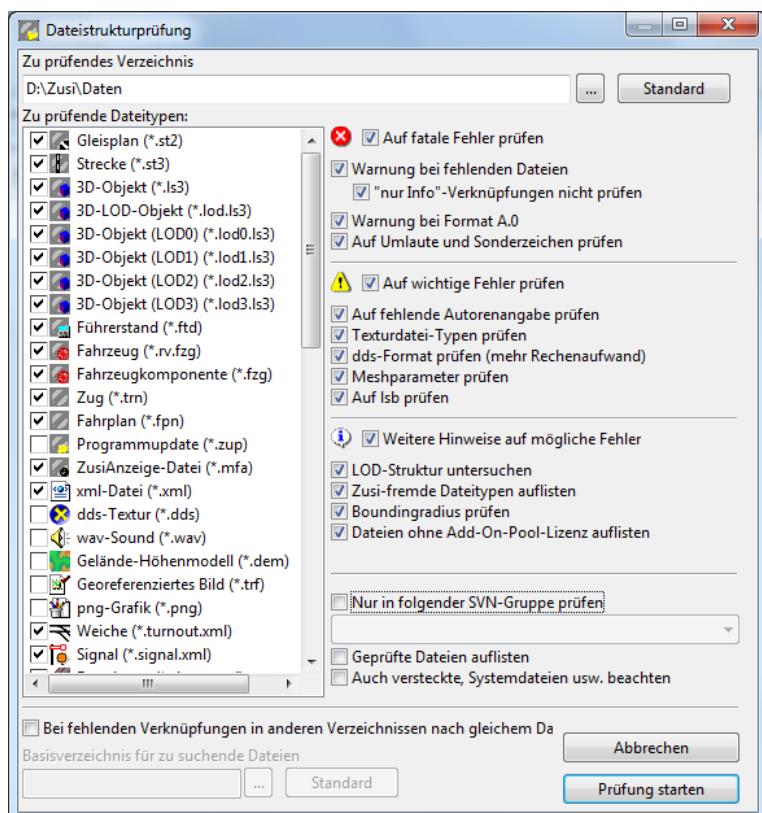
Warnung bei fehlenden Dateien:

Wenn eine Zusi-Datei auf eine andere Datei verlinkt und diese Datei nicht vorhanden ist, dann wird eine entsprechende Meldung ausgegeben. Gewarnt wird auch, wenn auf eine Datei außerhalb des Zusi-Verzeichnisses verlinkt wird.

Nur-Info-Verknüpfungen nicht prüfen:

Dateilinks mit dem Attribut „NurInfo“ sind für die korrekte Funktion des Simulators nicht erforderlich, werden allerdings möglicherweise von den Editoren benötigt. Hier kann eingestellt werden, ob das Fehlen solcher Dateien ebenfalls angewarnt werden soll.

Warnung bei Format A.0: In einer früheren Entwicklungsphase gab es das Dateiformat A.0, bei dem die meisten der hier aufgeführten Prüfungen nicht möglich waren. Falls irgendwo noch so eine Datei überlebt haben sollte, dann



sollte man sie in den entsprechenden Editor laden und neu abspeichern.

Auf Umlaute und Sonderzeichen prüfen: Die Dateinamen dürfen nicht aus Sonderzeichen (z.B. Umlaute) bestehen, was mit dieser Funktion geprüft wird. Auch wenn Zusi prinzipiell alles Windows-kompatiblen Dateinamen beherrscht, so haben sich in der Vergangenheit zahlreiche Probleme rund um die Handhabung solcher Dateinamen ergeben (z.B. zip-Programmme, externe Texteditoren), weshalb Sonderzeichen zu vermeiden sind.

Auf fehlende Autorenangabe prüfen: Diese Funktion überprüft, ob im einführenden Info-Teil einer Zusi-Datei ein Autor angegeben ist und ob binäre Dateien (dds, wav) eine separate Autorendatei mitbringen.

Textur-Dateitypen prüfen: Es werden alle Texturdateien aufgeführt, die nicht im dds-Format vorliegen.

dds-Format prüfen: Hier wird überprüft, ob eine dds-Texturdatei im Format dds-DXT1 oder dds-DXT3 vorliegt, Mipmaps aufweist (bei ls3-Dateien), keine Mipmaps aufweist (bei ftd-Dateien), quadratisch (mit Zweierpotenz) ist und ob bei einer DXT3-Datei auch tatsächlich ein Alpha-Kanal zum Rendern benutzt wird. Letzteres muss nicht zwangsläufig ein Fehler sein, da eine Textur von mehreren ls3-Dateien benutzt werden kann, von denen manche einen Teilbereich der Textur mit Transparenz benutzen und andere einen Bereich ohne Transparenz. Diese Meldung ist also als Warnung zu verstehen, die man am Objekt überprüfen sollte.

Dieser Vorgang muss zusätzlich zur normalen Strukturprüfung alle dds-Dateien laden, wodurch sich der Rechen- und Zeitaufwand entsprechend erhöht.

Mesh-Parameter prüfen: Es wird geprüft, ob Multitexturing-Voreinstellungen benutzt werden, da die individuellen Einstellungen Performance kosten. Außerdem werden leere Dateien aufgeführt (die keine Polygone und keine Verknüpfungen enthalten) und Fälle von Überbelichtung angewarnt (Nachtfarbe plus Tagfarbe ergeben mehr als 255).

Auf lsb prüfen: Es erfolgt eine Warnung, wenn eine ls3-Datei im weniger performanten reinen xml-Format vorliegt. Hier ist am Ende noch eine Absicherung im binären lsb-Format nötig.

LOD-Struktur untersuchen: Es wird überprüft, ob eine Datei mit der Endung .lod.ls3 auch tatsächlich lod-Dateien enthält und ob die eingetragenen Umschaltentfernungsschlüssig sind. Als unplausibel angewarnte Umschaltentfernung müssen nicht zwangsläufig Fehler sein. Wenn das Objekt nicht in der einfachen „LOD über LOD1/2/3“-Struktur gebaut ist, sondern eine stärker verschachtelte Struktur aufweist, dann erfolgt ggf. eine Warnung, obwohl die Struktur korrekt funktioniert.

Zusi-fremde Dateitypen auflisten: Es wird anhand der Dateiendung überprüft, ob eine Datei überhaupt zu Zusi gehört (siehe Dateitypen in der Auswahl links).

Boundingradius prüfen: Bei Kachel-Dateien wird geprüft, ob der Boundingradius ungefähr im zu erwartenden Bereich liegt. Theoretisch darf er bei 1000-m-Kacheln nicht größer als 708 m sein. Gewarnt wird ab 20% Überschreitung. Die entsprechenden Kacheln sollten auf verirrte Polygone o.ä. überprüft werden. Eine genauere Anleitung zum Vorgehen erfolgt in [Kapitel 9.1.1](#).

Dateien ohne Addon-Pool-Lizenz auflisten: Listet Dateien auf, die aufgrund ihres Lizenztyps nicht zur Veröffentlichung im Zusi-Addon-Pool geeignet sind. Betroffen sind die Lizenztypen „Private Datei“ und „Kommerzielle Sondernutzung“.

Nur in folgender SVN-Gruppe prüfen: Allgemeine Hinweise zur SVN-Unterstützung der Verwaltung siehe im Kapitel [??](#). Nachdem auf der Registerkarte SVN-Explorer die Gruppenstruktur eines von Subversion verwalteten Verzeichnisses eingelesen wurde, kann hier die Prüfung auf Dateien eingeschränkt werden, die eine bestimmte SVN-

Gruppen-Property tragen.

Geprüfte Dateien auflisten: Es wird für jede untersuchte Datei ein Eintrag mit dem Dateinamen in der Liste ergänzt.

Bei fehlenden Verknüpfungen in anderen Verzeichnissen nach gleichem Dateinamen suchen: Hier kann ein Verzeichnis angegeben werden, in dem das Programm nach Ersatz für nicht gefundene Dateien suchen soll. Im Temp-Ordner des Zusieverzeichnisses wird ein Script für die Funktion „Script ausführen“ (siehe Kapitel 8.3.4) erzeugt, mit dem die fehlerhaften Verweise auf die Ersatzdateien umgeändert werden können.

8.2.3 Tabelle (Verknüpfungsprüfung) exportieren

Die im Reiter „Verknüpfungsprüfung“ des Verwaltungshauptfensters aufgeführten Daten werden in eine Textdatei exportiert. Trennzeichen zwischen den beiden Spalten ist dabei beim vollständigen Tabellenexport ein Tabulator, die Werte sind in Anführungstriche * gefasst.

8.2.4 Tabelle (Verknüpfungsprüfung) importieren

Die Tabelle im Reiter „Verknüpfungsprüfung“ des Verwaltungshauptfensters wird geleert und mit den Dateien der ausgewählten Datei gefüllt. Diese muss aus 2 Werten pro Zeile bestehen, deren Einträge in Anführungstriche gefasst und durch einen Tabulator getrennt sind. Ein Anwendungsfall ist das Erzeugen eines Rohscripts aus einer Liste von Dateinamen. Es kann dafür nach dem Einlesen der Tabelle die Funktion „Rohscript erzeugen“ ausgerufen werden.

8.2.5 Zusi-Datei exportieren

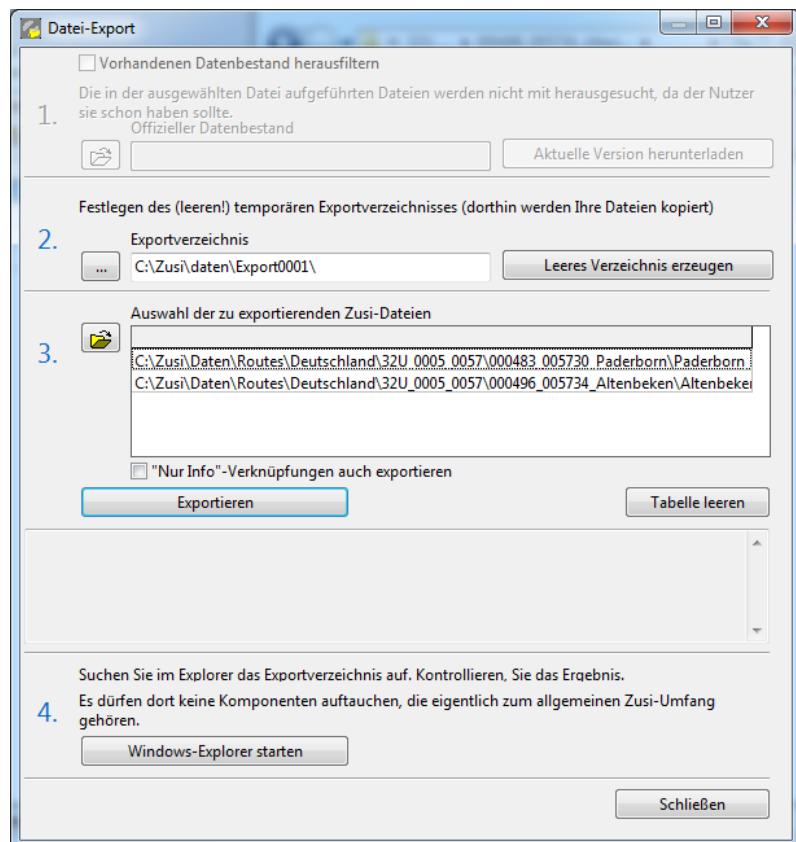
Diese Funktion kopiert die ausgewählten Zusi-Dateien mit allen ihren abhängigen Dateien in das gewählte Exportverzeichnis. Das ist hilfreich, wenn Projektdateien weitergegeben werden sollen, da man so exakt die Dateien herauskopiert, die für den Betrieb des Projekts benötigt werden.

Im ersten Schritt kann eine Datei ausgewählt werden, die den offiziellen Datenbestand beschreibt. Dateien, die in diesem Bestand gelistet sind, werden beim folgenden Export ignoriert, da davon auszugehen ist, dass sie sowieso in jeder Standardinstallation vorhanden sind.

Im zweiten Schritt wird ein - typischerweise leeres - Zielverzeichnis gewählt, in das die Dateien kopiert werden. Über den Schalter kann ein neues Verzeichnis angelegt werden.

Im dritten Schritt wird/werden die Datei/en ausgewählt, die samt ihren Abhängigkeiten exportiert werden sollen. Das gelbe Ordner-Icon kann mehrfach betätigt werden, die ausgewählten Dateien werden dann der Liste hinzugefügt. Ebenfalls möglich ist das Ziehen von Dateien per Drag&Drop vom Windows-Explorer in die Tabelle. Durch Rechtsklick auf die Liste kann die Auswahl gespeichert oder geladen werden. Klick auf den Knopf „Exportieren“ startet den Vorgang und listet die exportierten Dateien zur Info auf.

Im vierten Schritt kann direkt in Explorer geöffnet werden, um das Ergebnis des Exports zu begutachten.



8.2.6 Dateitypen-Registrierung auf Standardwerte

In der Registry werden die Zusi-Dateitypen registriert und ihren Anwendungen zugeordnet (maßgebend ist das Verzeichnis der gerade laufenden ZusiDateiverwaltung.exe), so wie es auch das Setup bei der Installation macht. So wird also z.B. beim Doppelklick auf eine ls3-Datei der 3D-Editor geöffnet und die Datei dort geladen.

8.2.7 Dateitypen-Registrierung auf Texteditor

Möchte man in größerem Maß Dateien per Texteditor bearbeiten, so kann die Standardanwendung hiermit auf den in den „Generellen Zusi-Einstellungen“ ([Kapitel 8.2.8](#)) definierten Texteditor gelegt werden, so dass sich bei Doppelklicks auf die Dateien nicht der entsprechende Zusi-Editor, sondern der Texteditor öffnet.

8.2.8 Generelle Zusi-Einstellungen

8.2.8.1 Registerkarte „Verzeichnisse“

Arbeitsverzeichnis Daten: Dieses Verzeichnis ist das Basisverzeichnis des Zusi-Datenbestands und wird hier für alle Zusi-Programmkomponenten zentral festgelegt. Um das Arbeitsverzeichnis für Daten ändern zu können, muss die Verwaltung mit Administratoren-Rechten gestartet worden sein. Damit eine Änderung des Verzeichnisses in den Zusi-Programmen aktiv wird, müssen die Programme neu gestartet werden.

Alternative A/B/C/D: Hier können bis zu vier Verzeichnisse mit Zusi-Datenbeständen angegeben werden. Durch Klick auf einen der Knöpfe „Setzen“ kann dieses in das Feld „Arbeitsverzeichnis Daten“ kopiert werden. Die Funktion ist für Anwender gedacht, die öfter zwischen mehreren Arbeitsverzeichnissen wechseln. *

Arbeitsverzeichnis Programminstallation: Das Verzeichnis, in dem die exe-Dateien und ihr Zubehör liegen wird hier zur Info angezeigt.

8.2.8.2 Registerkarte „Sonstiges“

Autorenangabe in neu erstellten Dateien Die Angaben hier werden in den Autoren-eintrag im Kopf neu erster Zusi-Dateien übernommen. Eine Autoren-ID wird von den Datenverwaltern zugeteilt, wenn erstmals Dateien zum offiziellen Zusi-3-Datenbestand beigetragen werden. Die Angabe einer e-Mail-Adresse ist in Dateien des offiziellen Bestandes optional, wird allerdings empfohlen, damit bei Fehlern oder Wünschen jedermann leicht die Möglichkeit hat, mit dem Autor in Kontakt zu treten.

Sprache Hier kann für alle Zusi-Programme die Sprache eingestellt werden, siehe auch [Kapitel 1.2](#).

Menü-Stil: Hier können verschiedene Menü-Stile ausgewählt werden, die sich auf alle Zusi-Programme bis auf den Gleisplaneditor auswirken.

Externer Editor für Doppelklick in Dateitabelle: Die hier angegebene exe-Datei wird benutzt, wenn in Dateiauflistungen der Verwaltung ein Doppelklick ausgeführt wird. Bei leerem Eingabefeld wird stattdessen eine einfache integrierte Eingabemaske aufgerufen.

Standardanwendung bei Doppelklick: Bei aktiviertem Kontrollkästchen wird zum Öffnen die exe-Datei aufgerufen, die als Windows-Standardanwendung hinterlegt ist.

8.2.8.3 Registerkarte „Installationen“

Diese Einstellungen sind bei der Installation von Add-Ons wirksam, siehe [Kapitel 8.1.1](#).

Lösche Verzeichnisse immer ohne Rückfrage Wenn in der Installation per Script ein Verzeichnis gelöscht werden soll, wird dabei je nach Einstellung eine Abfrage aktiv oder das Verzeichnis direkt gelöscht.

Lösche direkt (anstatt in den Papierkorb zu verschieben) Wenn in der Installation per Script eine Datei oder auch ganze Verzeichnisse gelöscht werden sollen, wird dabei je nach Einstellung in den Windows-Papierkorb verschoben oder endgültig gelöscht.

Bei Scripten Dateiaktionen per SVN durchführen: Diese Einstellung ist nur sinnvoll, wenn der Datenbestand über Subversion (SVN) verwaltet wird. Bei aktiviertem Kontrollkästchen werden bei Scripten für Verschiebungen und Löschungen die SVN-Kommandos move und delete benutzt, da eine direkte Löschung oder Verschiebung von Dateien in einem von Subversion verwalteten Ordner nicht sinnvoll ist.

Ablageverzeichnis zup-, zao-Dateien: Die vom Server heruntergeladenen Dateien werden in dem hier definierten Verzeichnis abgespeichert. Es kann gleichzeitig auch dafür

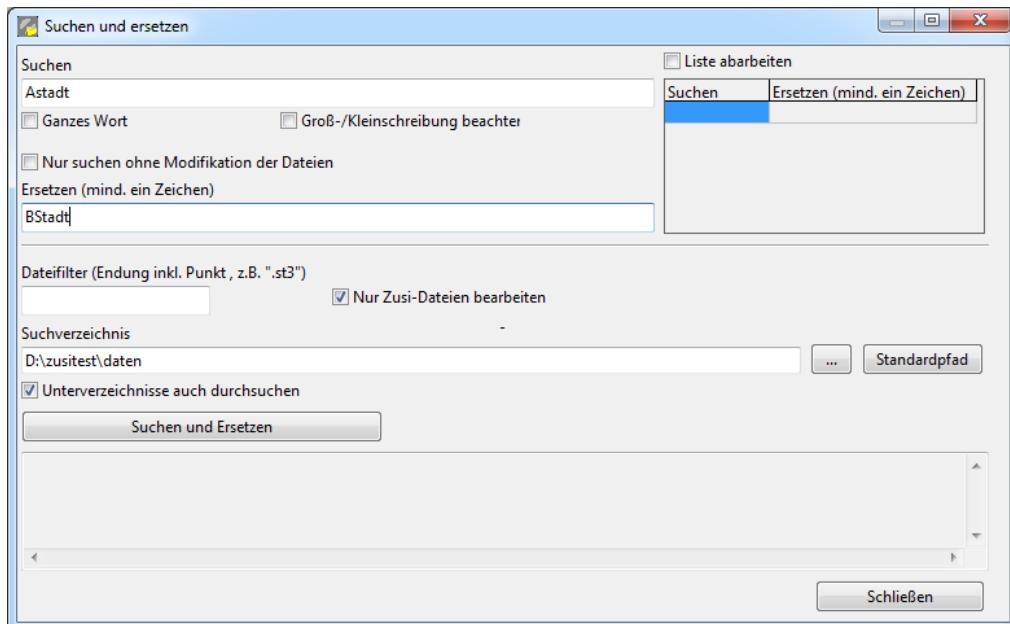
genutzt werden, den Installationsmechanismus lokal zu benutzen, weiteres siehe [Kapitel 8.1.1](#).

Beta-Updates standardmäßig anbieten: Bei aktiviertem Kontrollkästchen müssen Anwender, die beta-Updates installieren möchten, nicht jedes Mal im Downloaddialog die Beta-Versionen aktivieren.

8.3 Menü „Dateioperationen“

8.3.1 Verzeichnisweites Suchen und Ersetzen

Diese Funktion ermöglicht das verzeichnisweite Suchen+Ersetzen von Texten in allen textbasierten Dateien einer gesamten Verzeichnisstruktur.



Suchen: Die Dateien werden nach dem hier eingegebenen Text durchsucht; mit den Kontrollkästchen können Optionen ausgewählt werden.

Ersetzen: Der gefundene Text wird durch den hier angegebenen Text ersetzt. Wenn mehr als ein Suchen+Ersetzen-Vorgang abgearbeitet werden soll, dann kann die Tabelle rechts oben gefüllt werden, indem per Kontextmenü eine Dateiliste eingelesen wird.

Nur suchen ohne Modifikation der Dateien: Mit dieser Option werden nur die Funde aufgelistet, ohne dass die Dateien verändert werden.

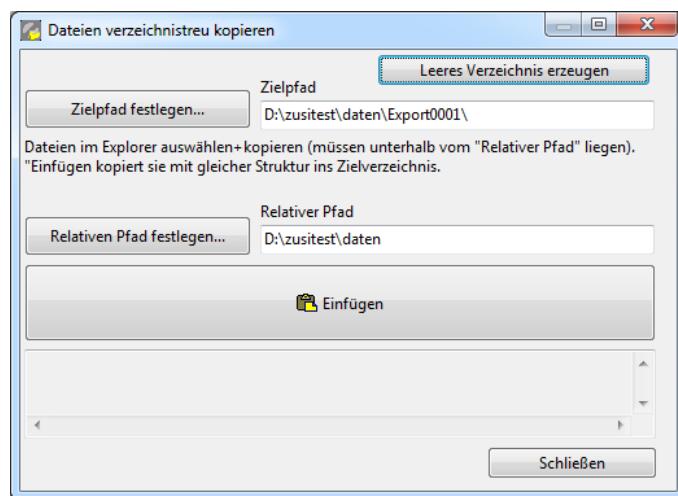
Nur Zusi-Dateien bearbeiten: Mit dieser Option werden nur Dateien durchsucht, deren Dateiendung Zusi-spezifisch ist.

Suchverzeichnis: Alle Dateien in diesem Verzeichnis und (wenn darunter angeklickt) in allen Unterverzeichnissen werden durchsucht.

8.3.2 Dateien verzeichnistreu kopieren

Diese Funktion kann Dateien unter Beibehaltung der Verzeichnisstruktur in ein Zielverzeichnis kopieren. Das Vorgehen ist folgendermaßen: Zunächst muss bei „Relativer Pfad“ der Basispfad festgelegt werden, was im Regelfall das Zusi-Datenverzeichnis sein wird. Der „Zielpfad“ ist typischerweise ein leeres Verzeichnis, in dieses werden die Daten kopiert.

Wenn die Verzeichnisse definiert sind, können (im Zusi-Datenverzeichnis liegende) Dateien im Windows-Explorer kopiert werden und beim Drücken von „Einfügen“ werden sie in identischer Verzeichnisstruktur ins Zielverzeichnis kopiert. Auch Ergebnisse einer Suche im Explorer können so kopiert werden.



8.3.3 Dateiliste per Textdatei verschieben/exportieren

Im sich öffnenden Dateidialog kann eine Textdatei ausgewählt werden, die eine Liste von Dateien enthält. Diese müssen relativ zum Zusi-Datenverzeichnis angegeben sein. Anschließend muss ein Zielverzeichnis gewählt werden, in welches die aufgeführten Dateien anschließend verzeichnistreu kopiert bzw. verschoben werden.

8.3.4 Script ausführen

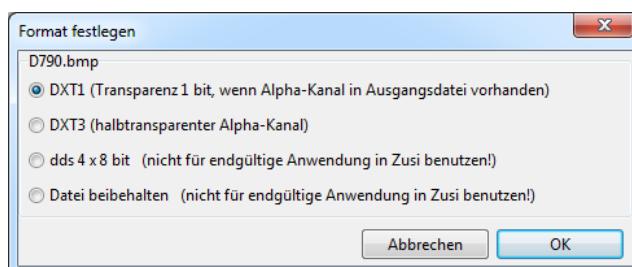
Mit einem Script lässt sich der Zusi-Datenbestand automatisch verändern. Das Script muss von Hand erstellt werden, wobei aber die weiter unten erläuterte Funktion „Rohscript erzeugen“ eine Arbeitsbasis generieren kann. Das Format ist im Anhang in [Kapitel 11.6.3](#) erläutert. Die Scripte können optional unter Verwendung von Kommandos des Subversion-Versionsverwaltungssystems ausgeführt werden.

8.3.5 xml-Datei anzeigen

Es wird eine xml-Datei mit den Zusi-eigenen Routinen eingelesen und ihrer Hierarchie entsprechend in einem Baum dargestellt. Eine Bearbeitung ist nicht möglich. Mit dieser Funktion kann z.B. getestet werden, ob Zusi eine xml-Datei korrekt lesen kann.

8.3.6 dds-Konvertierung

Diese Funktion wandelt eine DirectX-kompatible Textur (also Dateiformat tga, bmp, png, dib, jpg) in das dds-Format um. Nach Auswahl der Datei wird das gewünschte dds-Format zur Auswahl angeboten. Wenn bei einer vorhandenen dds-Datei das Format geändert werden soll, dann funktioniert folgender Trick (Beispiel boden.dds): Umbenennen der Datei



boden.dds in boden.tga im Windowsexplorer. Menüpunkt „dds-Konvertierung“ aufrufen und Konvertieren dieser Datei in das gewünschte dds-Format, die neue Datei boden.dds wird erzeugt. Löschen der Datei boden.tga.

8.3.7 Dateiliste (txt) erzeugen

Es wird zunächst ein Basisverzeichnis abgefragt. Anschließend werden alle Dateinamen, deren Endung aus der Zusi-Welt stammt, in diesem Verzeichnis und allen Unterverzeichnissen ermittelt und in einer Datei gespeichert (zur Festlegung dieser Datei öffnet sich ein Dateidialog). Diese Datei ist eine txt-Datei, in der jeder Dateiname eine Zeile einnimmt. *

8.3.8 Rohscript erzeugen

Diese Funktion dient der Erzeugung von Dateilisten und Rohscripten, die man in der Regel vor der weiteren Anwendung noch bearbeiten wird (siehe [Kapitel 8.3.4](#) und [Kapitel 11.6.3](#)). *

Verzeichnis durchsuchen: Bei dieser Option wird das angegebene Verzeichnis mit allen Unterverzeichnissen durchsucht und für jede enthaltene Datei ein Scripteintrag angelegt, der den vorgefundenen Dateinamen als 1. Dateieintrag enthält. *

Tabelle "Verknüpfungsprüfung" abarbeiten: Mit dieser Option wird für jede Zeile der Tabelle ein Scripteintrag angelegt und mit dem 1. Spalteneintrag als Dateinamen belegt. Ist auch die 2. Spalte der Tabelle belegt, so wird der 2. Dateiname der Scriptfunktion damit belegt, was nicht bei jedem Scriptkommando möglich ist. *

Nur Zusi-Dateien beachten: Bei aktiviertem Kontrollkästchen werden Dateien ignoriert, deren Dateiendung nicht aus der Zusi-Welt stammt. *

Typ: Das Kommando, das in das Rohscript für jede Datei eingetragen wird. Je nach Typ werden die folgenden Eingaben aktiviert. *

Zu suchender/ersetzender Teilpfad: Hier können optional Zeichen für Suchen+Ersetzen eingegeben werden. Sie werden bei der Bestimmung des 2. Dateinamens herangezogen. Zunächst wird der 2. Dateiname bestimmt wie oben erläutert. Dann wird dieser Name durch Suchen+Ersetzen behandelt. Das Ergebnis wird in das Script geschrieben. *

Basispfad: Vorgabe für die gleichnamige Angabe im Script, siehe [Kapitel 11.6.3](#) *

8.3.9 Vergleich mit Dateiliste

Diese Funktion benötigt als Eingangsdatei eine Dateiliste im xml-Format. Nach Auswahl der Liste wird der Dateibestand im Zusi-Arbeitsverzeichnis mit der Dateiliste verglichen, und es werden alle Dateien aufgeführt, die nur in einer der beiden Dateibestände vorkommen.

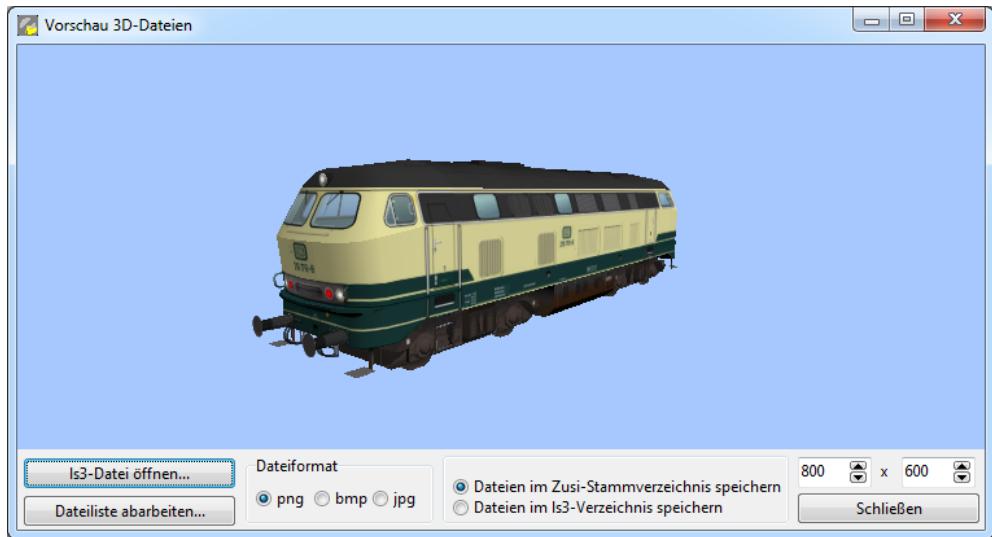
8.3.10 Is3-Konvertierung

Die Geometriedaten (Vertices und Dreiecke) können entweder in xml-Form in den Is3-Dateien gespeichert werden, oder in binärer Form in separaten lsb-Dateien. Das lsb-Dateiformat kann vom Simulator erheblich schneller geladen werden als Is3. Daher werden Addons des offiziellen Bestands ausschließlich im lsb-Format ausgeliefert. Die xml-Form bietet dagegen vor allem in der Bauphase Vorteile. Insbesondere können Versionskontrollsysteme mit Textdateien oftmals effizienter umgehen als mit Binärdateien.

Wenn ein Projekt den Auslieferungszustand erreicht hat, kann es mit dieser Funktion in einem Durchgang in das lsb-Format konvertiert werden. Es gibt dafür zwei Möglichkeiten der Dateiauswahl. „Ordner durcharbeiten“ bearbeitet alle ls3-Dateien im ausgewählten Verzeichnis (und den Unterverzeichnissen, wenn angeklickt). „Dateiliste abarbeiten“ konvertiert alle Dateien, die in der Registerkarte „Verknüpfungsprüfung“ in der linken Spalte stehen. Gedacht ist das zur Weiterbearbeitung der Ergebnisse einer Verknüpfungsprüfung.

8.3.11 Vorschaubilder 3D-Dateien

Diese Funktion dient zum Erzeugen von Vorschaubildern. Es kann eine einzelne ls3-Datei ausgewählt und angezeigt werden („ls3-Datei öffnen“) oder eine Dateiliste („Dateiliste abarbeiten“) abgearbeitet werden. Beim Abarbeiten der Dateiliste wirken die weiteren auswählbaren Optionen (Dateityp, Speicherort, Bildgröße). Der Blickpunkt ist nicht veränderbar und ist auf die Darstellung von Fahrzeugen optimiert.



9 Tipps und Tricks

9.1 Reparatur defekter Landschaftsdateien

Gelegentlich kommt es vor, dass durch irgendeinen – meistens nur noch schwer nachzuvollziehenden – Umstand eine Landschaftsdatei nicht mehr ganz in Ordnung ist und man mit den Mitteln des 3D-Editor nicht zum Ziel kommt.

9.1.1 Bindingsradius viel zu groß

Wird ein Boundingradius ermittelt (z.B. bei den Prüfläufen der Verwaltung), der viel größer ist als er sein sollte, dann liegt entweder ein Polygon in großer Entfernung, oder in sehr großer Entfernung ist eine Datei verknüpft oder eines dieser beiden Probleme existiert bei den untergeordneten, verknüpften Dateien.

Um herauszufinden, ob das Problem bei den verknüpften Dateien oder in der betroffenen Datei zu finden ist, lädt man zunächst die betroffene Datei in den 3D-Editor. Zunächst sollten man die Liste der verknüpften Dateien prüfen. Hier sollten bei Kacheln keine x-/y-Werte größer als ca. +/-500 existieren. Andere Dateien sollte man löschen. Ob ein Korrekturversuch erfolgreich war, lässt durch den Aufruf des Menüpunkts „Landschaft bearbeiten → Boundingradien neu berechnen“ überprüfen, der die Boundingradien für die gesamte geladene Landschaft neu berechnet. Ist bei den verknüpften Dateien alles korrekt, so können mit Hilfe des Menüpunktes „Landschaft → Objektbaum“ die Boundingradien für alle verknüpften Objekte abgelesen werden (der Boundingradius ist in der Schreibweise R=134m im hinteren Teil einer jeden Dateiverknüpfung eingetragen).

Sind alle verknüpften Dateien in Ordnung, so muss es sich um ein verirrtes Polygon handeln. Ist optisch nichts unmittelbar auffällig, so muss man in unter „Is3-Datei bearbeiten“ alle Mesh-Subsets durchgehen und schauen, ob irgendwo besonders große Koordinaten zu finden sind. Die Dreiecke müssen dann gelöscht werden. Optisch dürfte sie ohnehin belanglos sein.

Hinweise:

- Die Verwaltung prüft nur Kacheln auf plausible Boundingradien. Liegt das Problem also beispielsweise bei einem 3D-Modell wie einem Gebäude o.ä., so wird die Verwaltung nur die übergeordnete Kachel bemängeln.
- Sind die Werte so groß, dass sie sich im Editor gar nicht mehr bearbeiten lassen, so kann die Datei auch in einem xml-Editor durchsucht werden. Der Boundingradius einer Verknüpfung ist in der Schreibweise BoundingR="134" in den xml-Knoten eingetragen. So kann man Datei für Datei identifizieren, bis die verursachende Datei erkannt ist.

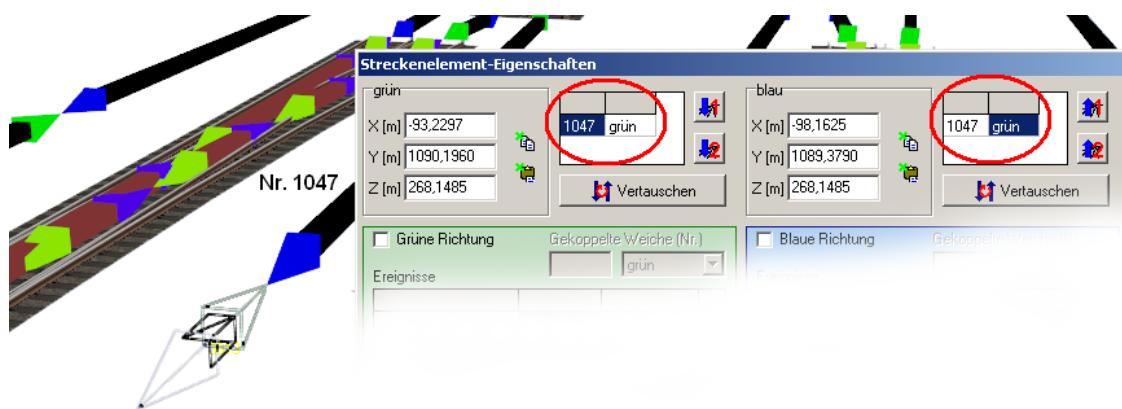
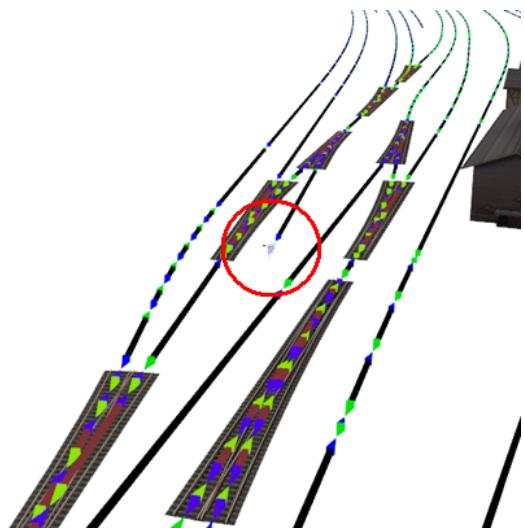
9.2 Kniffe für die Gleisbettungsroutine

Die 3D-Editor-Routine zur Erzeugung der Gleisbettung ([Kapitel 5.4.3.10.1](#)) füllt die Bereiche zwischen parallelen Gleisen nur dann ebenerdig auf, wenn für die Füllfläche ein

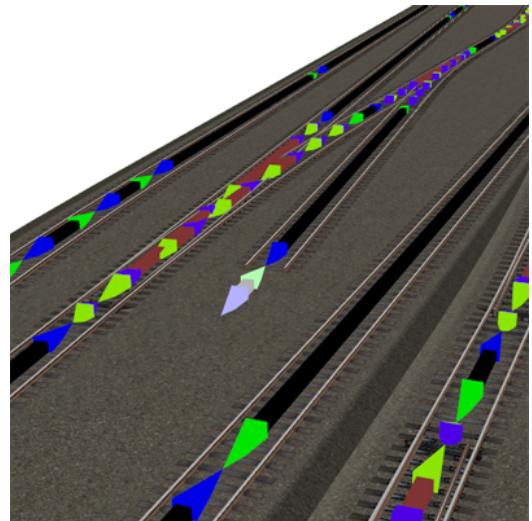
durchgehender Umlauf gefunden wird. Das ist z.B. der Fall bei einem Ausweichgleis: Entlang der einen Gleisseite wird der Weg verfolgt, bis das in Gegenrichtung abzweigende Element der Weiche erreicht wird. Dort wird der Weg in Gegenrichtung entlang des parallelen Gleises fortgeführt, bis die zweite Weiche erreicht wird. Dort wird erneut die Suchrichtung geändert, bis wieder das Ausgangselement erreicht ist. Damit kann entlang des abgelaufenen Pfades ein Polygon erstellt werden. Statt der Weichen können auch Kreuzungen oder Kreuzungsweichen angetroffen werden. Maßgebend ist die Frage, ob das Ausgangselement irgendwann wieder erreicht wird, wobei (bis auf den Fall kreuzender Gleise) nicht die geometrische Lage, sondern die in den Streckenelementen hinterlegten Informationen zu Nachfolger/Vorgänger ausgewertet werden. Diese Tatsache kann man sich zu Nutze machen, um in einigen Fällen eine geschlossene Kurve vorzutäuschen.

9.2.1 Stumpfgleis ragt in aufzufüllenden Bereich

Im markierten Bereich ragt ein kurzes Stumpfgleis in die Fläche des Gleisfelds. Eigentlich wäre hier eine ebenerdig aufgefüllte Fläche wünschenswert, was aber durch den Standardfall nicht erreicht wird, da am Endstück (Prellbock) der Pfad mangels Nachfolgern nicht weiterverfolgt wird. Der Trick besteht nun darin, der Suchroutine einen Weg um den Prellbock herum vorzugaukeln. Dazu legt man ein zusätzliches Anschlusselement „ohne Gleisfunktion“ an und trägt das letzte echte Gleiselement in beiden Richtungen als Nachfolger ein. Das folgende Bild zeigt die Konfiguration mit letztem echten Element (Nr. 1047) und dem markierten Hilfselement, das in beiden Richtungen in das Element 1047 hinein verweist (beides Mal grüne Richtung).

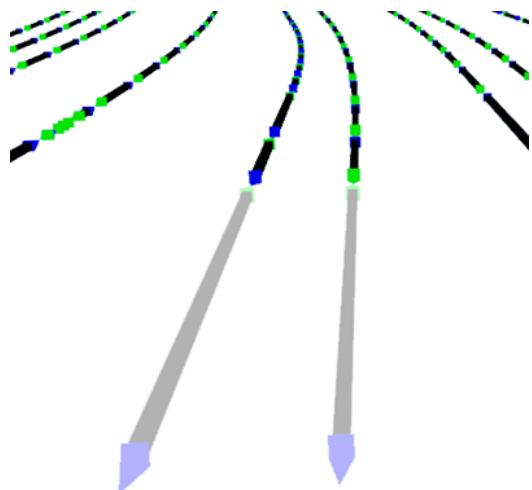


Nach dem Erzeugen der Gleisbettung zeigt sich das gewünschte Ergebnis mit durchlaufender, ebenerdig aufgefüllter Verbindungsfläche. Die aus logischer Sicht falsche Verknüpfung im Streckenelement wird beim nächsten „Streckennetz neu verknüpfen“ automatisch wieder entfernt.

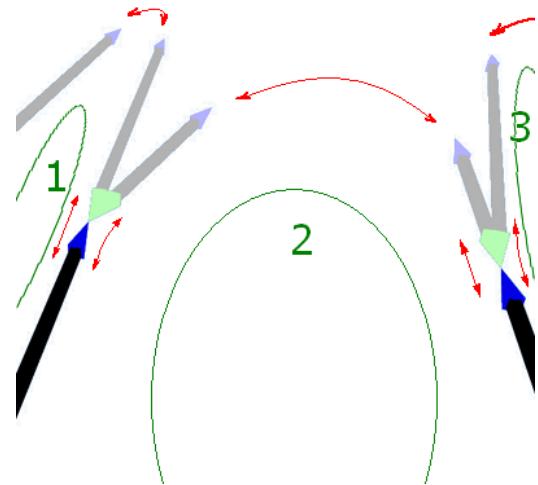


9.2.2 Parallele Stumpfgleise

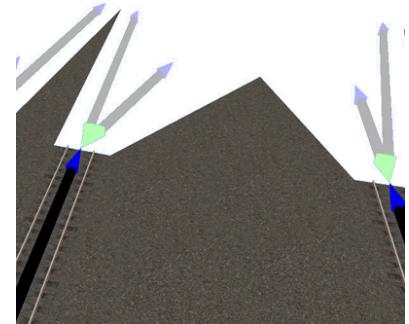
In diesem Fall liegen zwei parallele Stumpfgleise im Bahnhofsgebiet, zwischen denen eine ebenerdig angefüllte Fläche gewünscht ist. Die Gleise werden zunächst um je ein Hilfselement ohne Gleifunktion verlängert (Bild rechts). Jetzt muss der Bettungsroutine eine geschlossene Kurve um den aufzufüllenden Bereich vorgegaukelt werden. Dazu reicht es aus, eine logische Verbindung zwischen den beiden Enden der Hilfselemente herzustellen. Es wird also in den StreckenelementEigenschaften das jeweils andere Element als Nachfolger (hier mit „Richtung grün“) eingetragen. Damit springt die Routine am Ende auf den anderen Strang und läuft diesen wieder zurück, womit eine geschlossene Kurve erreicht wird.



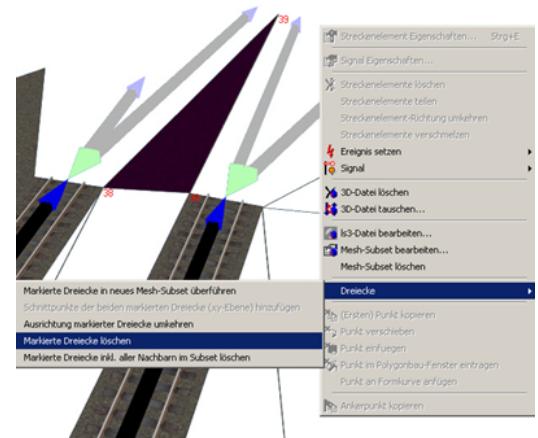
Wenn mehrere Stumpfgleise parallel liegen, müssen noch virtuelle Weichen eingebaut werden. Statt eines Hilfselements gibt es dann also zwei Hilfselemente für die Gleise, die zu beiden Seiten je einen Nachbar haben. Wichtig ist dabei, dass die Elemente neben der logischen Verknüpfung auch geometrisch eindeutig nach links bzw. rechts zeigen, da sonst der Umlaufsinn nicht eindeutig erkannt werden kann. Im Bild rechts sollen also drei Flächen aufgefüllt werden, für die jeweils eine eigene geschlossene Kurve vorgegaukelt wird.



Die Bettungsroutine erzeugt dann die gewünschte Ebene, wie im Bild rechts zu sehen. Die logisch falsche Verknüpfung im Streckenelement wird beim nächsten „Streckennetz neu verknüpfen“ automatisch wieder entfernt.



Lediglich ein überflüssiges Dreieck muss pro Gleispaar manuell gelöscht werden, siehe Bild rechts.



9.3 Tutorial zum deutschen Bahnübergang-Bausatz

Von Klaus Zimmermann

9.3.1 Straßenquerschnitte

Die Breite von Straßen ist in Deutschland durch die „Richtlinien für die Anlage von Straßen“ genormt, in denen verschiedene Regelquerschnitte (RQ) definiert sind. Für Zusi sind vor allem die Querschnitte RQ 7,5 und RQ 10 von Belang:

RQ 7,5 (7,50 m): Ortsverbindungsstraße. Fahrbahn 5,50 m, Bankett 2 x 1 m

RQ 10,5 (10,50 m): Bundesstraße. Fahrbahn 7 m, Randstreifen 2 x 25 cm, Bankett 2 x 1,50 m

Für beide Querschnitte gibt es vorbereitete Texturen, Formkurven und BÜ-Bausätze in den Ordner:

Terrain\Deutschland\Strassen\Allein

Terrain\Deutschland\Bahnuebergang

9.3.2 Beispiel 1: zweigleisige gerade Strecke

Aufgabe: Bahnübergang an zweigleisiger gerader Strecke mit 4 m Gleisabstand. Die Gleise können in der Ebene oder in einer Steigung liegen. Die Straße mit Querschnitt RQ 10,5 soll das Gleis rechtwinklig kreuzen.

Mit „Landschaft erstellen → Objekt entlang Gleis importieren“ fügen wir den Bausatz Terrain\Deutschland\Bahnuebergang\bue_1050cm_links.ls3 ein. Folgende Einstellungen sind zu beachten:

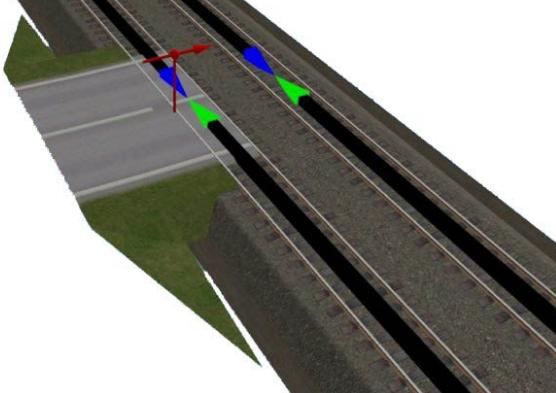
Baumodus: markierte Elemente

Abstand zwischen zwei Objekten: muss länger sein als das markierte Streckenelement

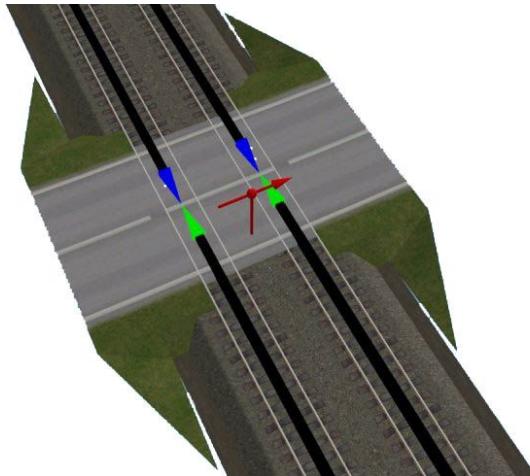
Neigung und Überhöhungswinkel an Gleis anpassen: beide Kontrollkästchen setzen

Der Bausatz sollte nun in Fahrtrichtung links am Beginn des markierten Streckenelements

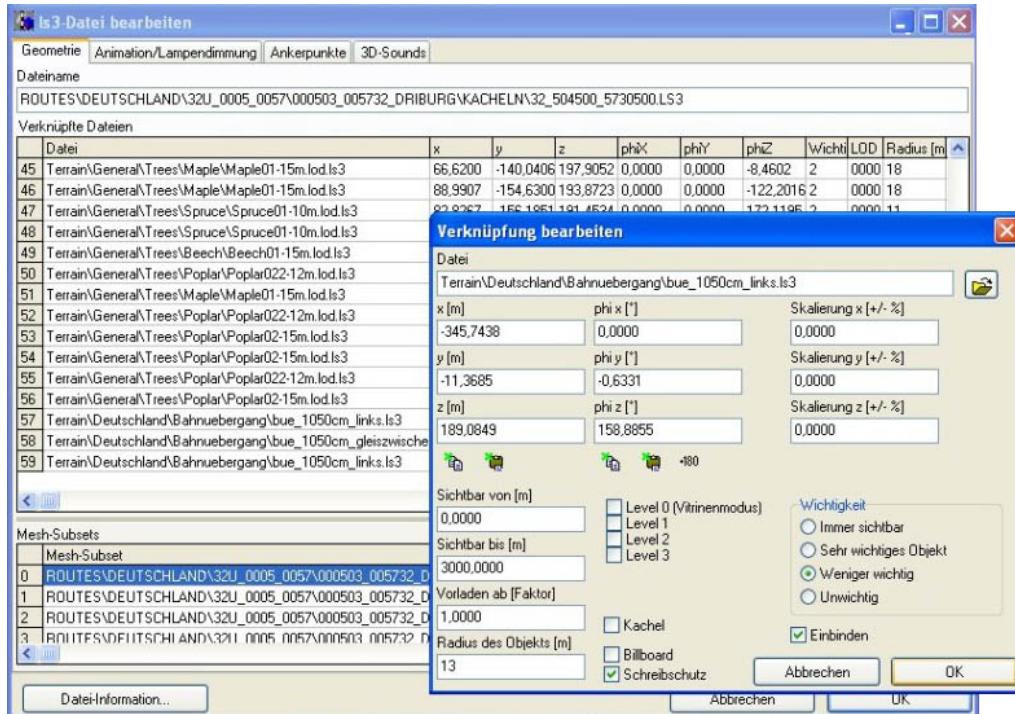
liegen (Baurichtung grün oder blau beachten).



Wir wiederholen den Importvorgang für das Gegengleis. Für den Gleiszwischenraum fügen wir noch das Teil bue_1050cm_gleisabstand4m.ls3 aus dem Verzeichnis Terrain\Deutschland\Bahnuebergang ein.



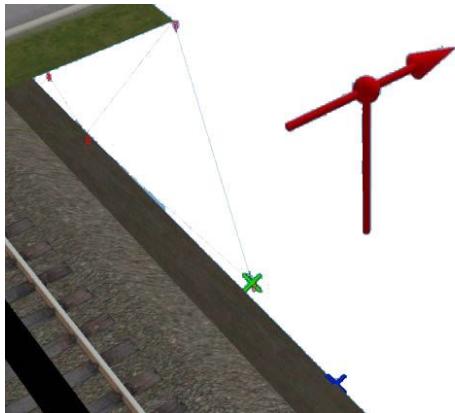
Nun können wir die drei Bausatzdateien fest in die Streckenlandschaft einbinden. Wir markieren mit linker Maustaste ein Gleisbettpolygon möglichst nah am Bahnübergang und rufen „Landschaft bearbeiten → ls3-Datei bearbeiten“ auf. Unter „Verknüppte Dateien“ werden alle ls3-Dateien angezeigt, die in der aktuellen Kachel verknüpft sind. Die zuletzt eingefügten Dateien stehen ganz unten in der Liste.



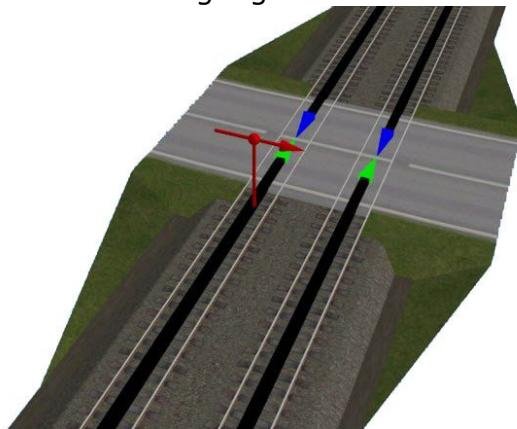
Wir doppelklicken mit der linken Maustaste eine Bahnübergang-Datei, setzen das Kontrollkästchen „Einbinden“ und klicken auf OK. Den Vorgang wiederholen wir für alle anderen Bahnübergang-Dateien. Zum Schluss klicken wir noch einmal auf OK.

Für den Geländeformer benötigen wir jetzt noch einen nahtlosen Anschluss zwischen Bahnübergang und Gleisbettung.

Wir markieren den Gleisbettseitenweg und fügen über das Werkzeug-Menü einen zusätzlichen Punkt in der Nähe des Bahnübergangs ein.



Wir lassen den Gleisbettseitenweg markiert und wählen über das Werkzeug-Menü die Funktion „Punkt zu anderem Punkt ziehen“. Wir markieren den Eckpunkt des Bahnübergangs und schieben ihn mit gedrückter linker Maustaste auf den Punkt des Gleisbettseitenwegs. Wenn beide Punkte übereinander liegen, wird der Zielpunkt blau, und wir lassen die Maustaste los. Denselben Vorgang wiederholen wir für die anderen drei Ecken des Bahnübergangs.

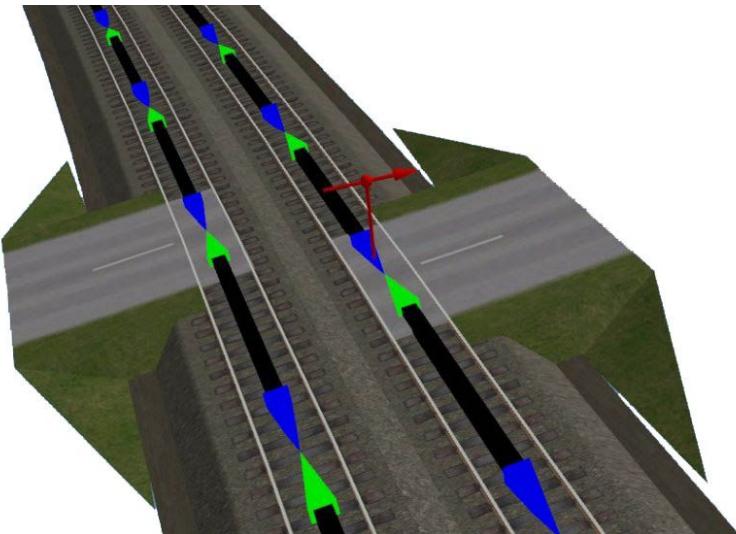


9.3.3 Beispiel 2: Bahnübergang in zweigleisiger überhöhter Kurve

Aufgabe: zweigleisige Strecke in einer Kurve mit Überhöhung. Eine Straße mit Querschnitt RQ 7,5 soll das Gleis im rechten Winkel kreuzen.

Zunächst markieren wir ein Streckenelement im Bereich des späteren Bahnübergangs und richten mit Strg+K (oder über das Navigation-Menü) den roten Kompass an der Gleisachse aus.

Mit „Landschaft erstellen → Objekt entlang Gleis importieren“ fügen wir den Bausatz Terrain\Deutschland\Bahnuebergang\bue_750cm_links.ls3 auf beiden Seiten ein. Wichtig: beim Import müssen die Kontrollkästchen „Neigung anpassen“ und „Überhöhung anpassen“ gesetzt sein. Da die Streckenelemente leicht versetzt liegen, sieht das Ergebnis zunächst so aus:

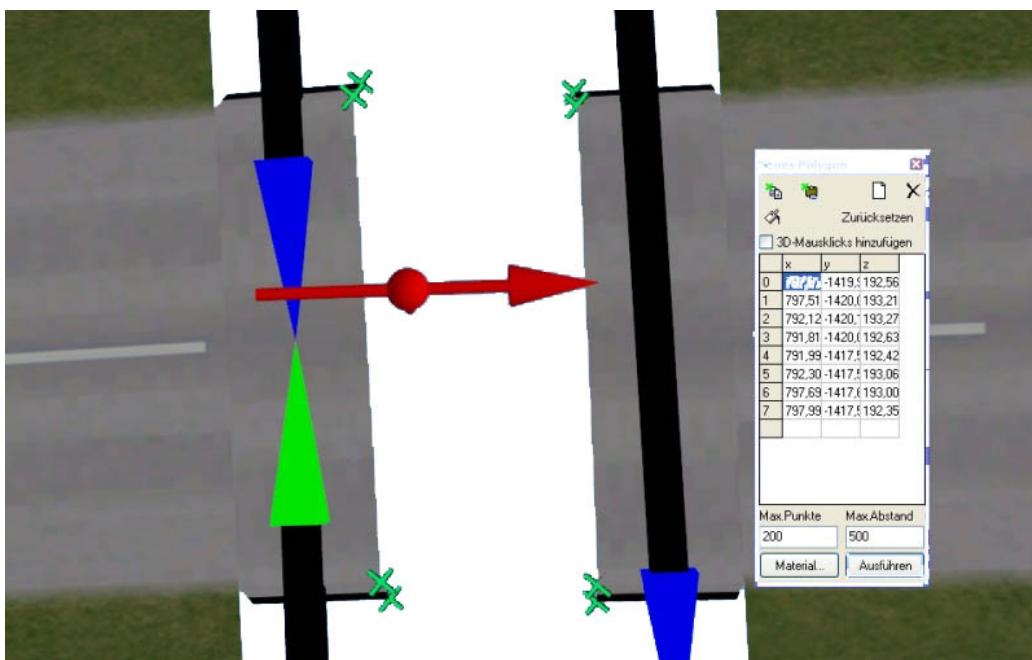


Wir markieren einen der Bausätze und wählen im Werkzeug-Menü „Verknüpfte Datei verschieben“. Mit gedrückter x-Taste und gedrückter linker Maustaste verschieben wir ihn in Gleisrichtung, bis sich beide Bausätze gegenüber liegen. Danach markieren wir die Gleisbettung im Bereich des Bahnübergangs und binden über „Landschaft bearbeiten → Is3-Datei“ beide Bü-Bausatzteile ein.

Für den nächsten Arbeitsschritt machen wir über „Extras → Programmeinstellungen“ die Gleisbettung unsichtbar:



Wir öffnen mit „Landschaft erstellen → Polygonbaufenster“ das Polygonbaufenster und fügen folgende acht Punkte hinzu (markieren mit linker Maustaste, dann rechte Maustaste → Punkt eintragen). Wichtig: die Punkte müssen nacheinander im Uhrzeigersinn bearbeitet werden, im Gegenuhrzeigersinn funktioniert es nicht.



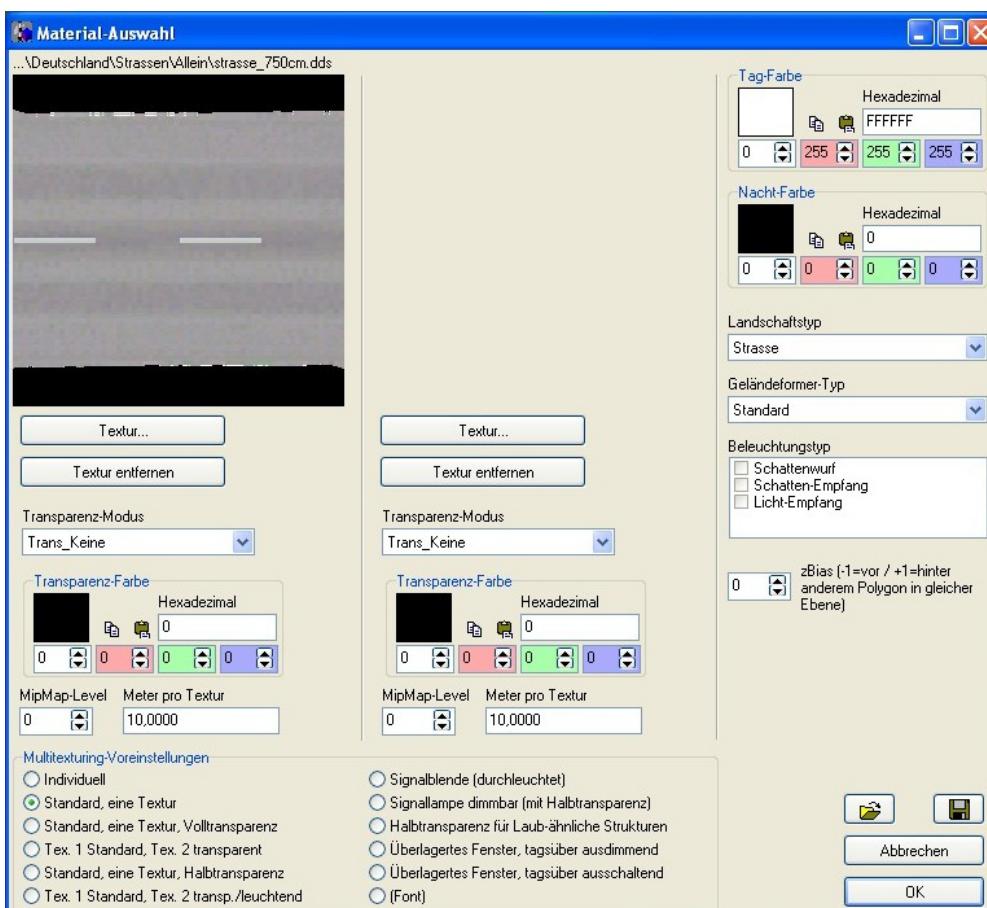
Im Polygonbaufenster klicken wir auf „Material“ und tragen Folgendes ein:

Textur: Terrain\Deutschland\Strassen\Allein\strasse_750cm.dds

Multitexturing: Standard, 1 Textur

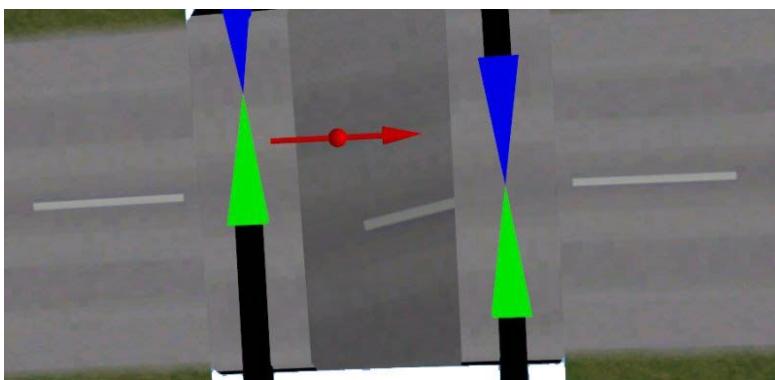
Landschaftstyp: Straße

Geländeformertyp: Standard

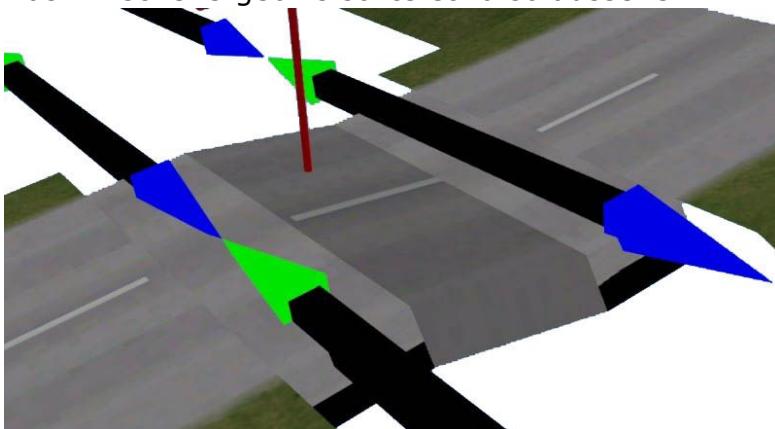


Mit einem Klick auf „Ausführen“ erzeugen wir das texturierte Polygon. Falls die Textur

schief sitzt (Mittelstreifen der Fahrbahn), korrigieren wir dies mit den Funktionen „Werkzeug → Textur drehen“ und „Werkzeug → Textur verschieben“.

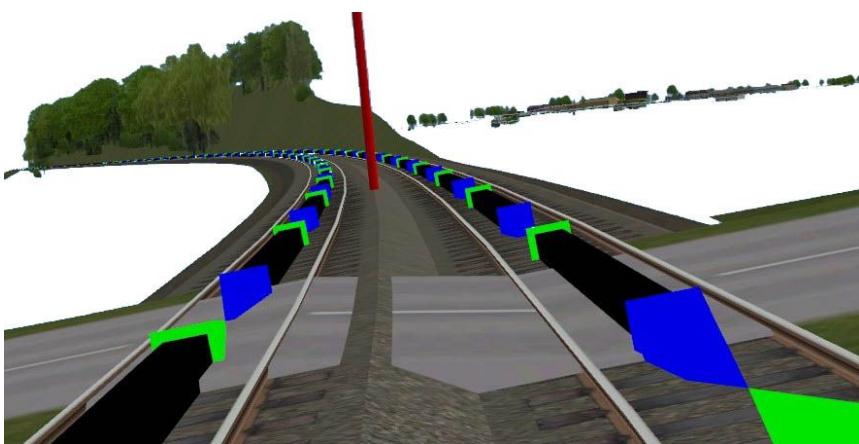


Das Zwischenresultat sollte etwa so aussehen:



Die neue Fahrbahn wirkt sehr viel dunkler als der Bausatz. Um den Farbton anzugeleichen, klicken wir die Fahrbahn mit rechter Maustaste an und wählen „Mesh-Subset bearbeiten“. Auf der Registerkarte „Mesh-Berechnungen“ richten wir die Normalenvektoren in z-Richtung aus: $x=0, y=0, z=1$, dann Ausführen klicken.

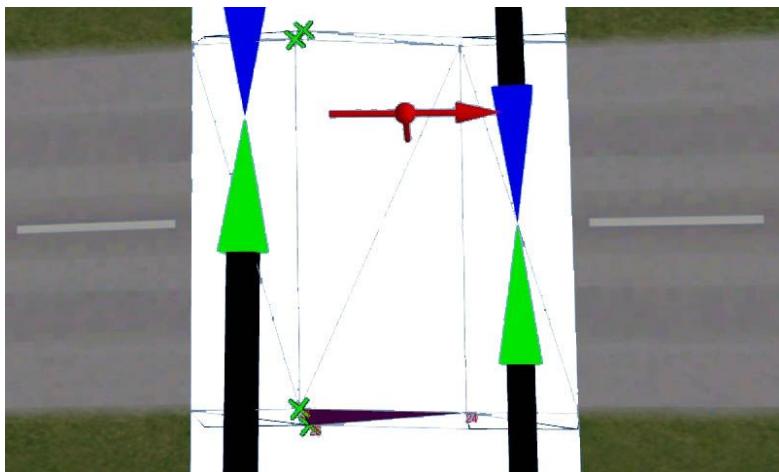
Nun können wir über „Extras → Programmeinstellungen → Landschaft“ die Gleisbettung wieder sichtbar machen. Leider ragt die Gleisbettung an einer Stelle noch über die Fahrbahn:



Wir müssen also die linke Kante noch ein Stück zur Mitte verschieben. Hierzu richten wir zunächst wieder den Kompass rechtwinklig zur Gleisachse aus (Streckenelement markieren, Strg+K drücken) und machen die Gleisbettung wieder unsichtbar. Dann markieren

wir ein Polygon des Bahnübergangs und führen „Landschaft bearbeiten → Mesh-Subsets zusammenführen“ aus.

Nun markieren wir die folgenden vier Punkte gleichzeitig (Strg-Taste gedrückt halten, markieren mit linker Maustaste):

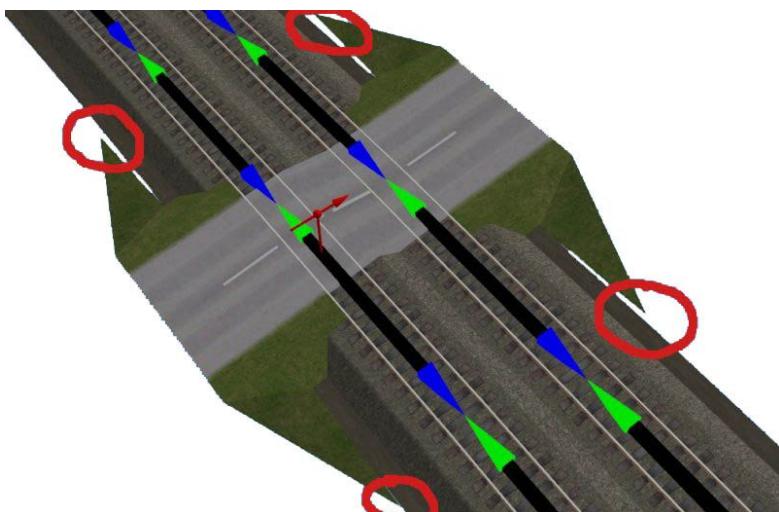


und verschieben sie mit „Werkzeug

→ Punkte verschieben“ etwas zur Gleismitte.

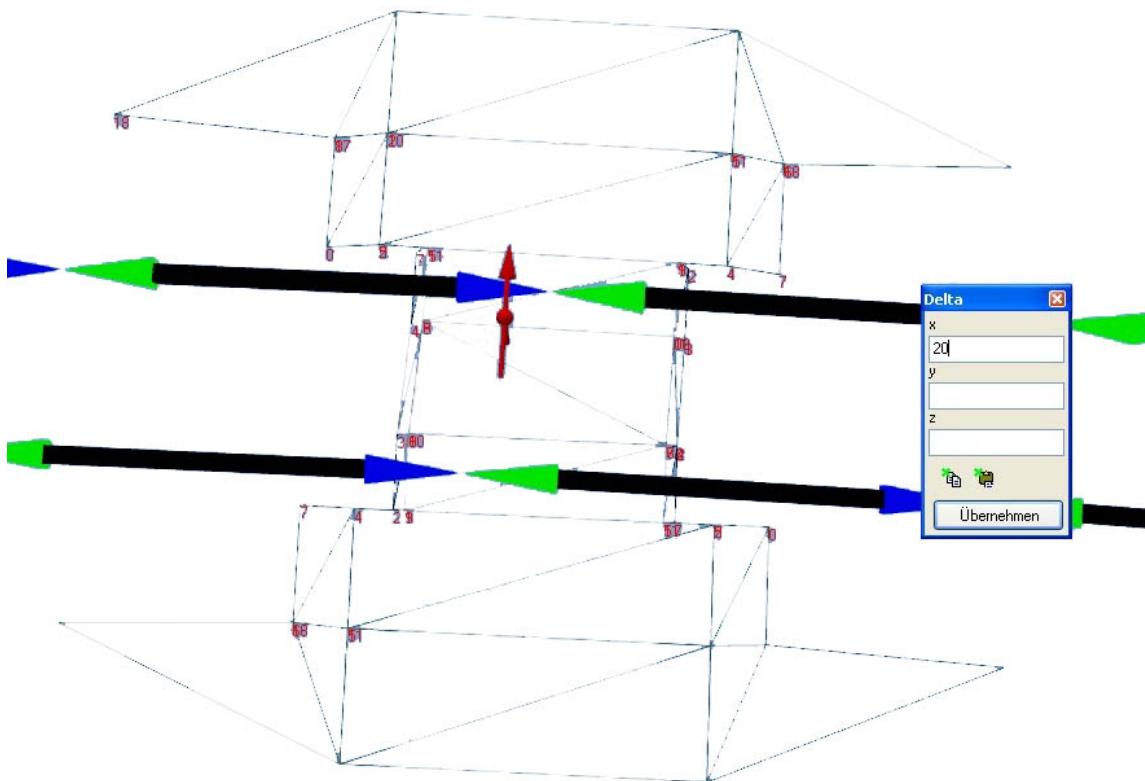
Wir machen die Gleisbettung wieder sichtbar und kontrollieren, ob die Fahrbahn jetzt überall das Gleisbett überdeckt.

Zum Schluss verbinden wir die vier rot markierten Eckpunkte noch mit der Gleisbettung, wie unter Beispiel 1 beschrieben.

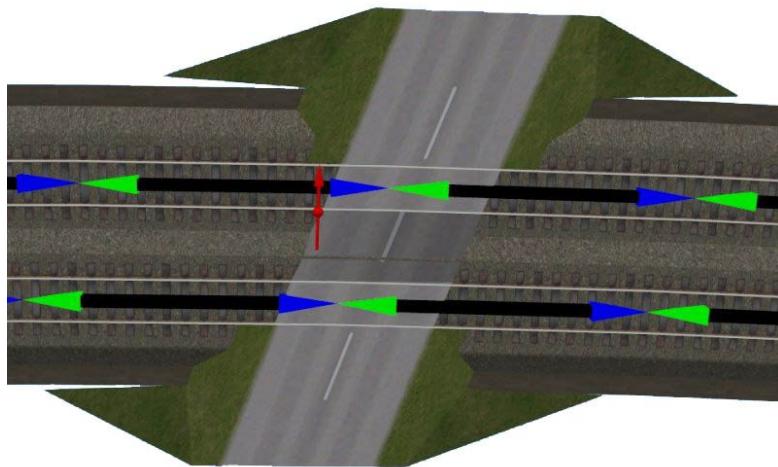


9.3.4 Beispiel 3: nicht-rechtwinklige Kreuzung

Wir bauen den Bahnübergang zunächst rechtwinklig. Zum Schluss markieren wir alle Mesh-Subsets gleichzeitig (mit gedrückter Strg-Taste) und rufen die Funktion „Werkzeug → Mesh-Subset scheren“ auf:



Und so sieht das Ergebnis aus. Es erfordert nur noch etwas manuelle Nachbearbeitung durch Punktverschiebungen:



9.4 Bau von Straßen und Flüssen

Straßen und Flüsse können nach zwei unterschiedlichen Methoden gebaut werden: entlang von Streckenelementen oder entlang einer Mausspur im Gelände. In beiden Fällen kommt das Formkurven-Werkzeug zum Einsatz. Daneben gibt es noch die Möglichkeit, größere Flächen wie Parkplätze oder Seen im Polygonbaumodus zu bauen.

Vor dem Bau wird unter „Extras → Programmeinstellungen → Gleisbau“ der maximal erlaubte Winkel für Gleisbau und Gleisverknüpfung auf ca. 20 Grad hochgesetzt.

9.4.1 Bau entlang von Streckenelementen

In einer hügeligen Landschaft weisen Flüsse ein kontinuierliches Gefälle auf. Straßen folgen zwar den Geländeunebenheiten, aber auch hier werden Neigungen geglättet und abrupte Neigungswechsel vermieden. Die Höhendaten aus dem DEM führen beim Straßenbau häufig zu einer unnatürlichen Berg- und Talbahn, die nachträglich geglättet werden muss.

9.4.1.1 Abstecken der Streckenelemente

Straßen und Flüsse exakt entlang einer existierenden Gleistrasse baut man mit „Strecke erstellen → Parallelgleis erstellen“. Dabei kann man neben dem seitlichen Abstand auch eine abweichende Höhenlage einstellen. Die so gebauten Streckenelemente müssen anschließend noch über „Strecke bearbeiten → Gleisparameter ändern“ mit dem Parameter „Keine Gleisfunktion“ versehen werden.

Um Straßen und Flüsse anhand von georeferenzierten Bitmaps nachzuzeichnen, lädt man Strecke, Landschaft, DEM und Bitmap in den 3D-Editor, navigiert in die Vogelperspektive oberhalb der Straße und wählt „Werkzeug → Gleiselemente freihändig verlegen“. Nun erzeugt man Streckenelemente per Mausklick, indem man mit der linken Maustaste einen Punkt nach dem anderen in Straßen- oder Flussmitte platziert. Der Abstand der Punkte soll in Kurven etwa 5-10 Meter betragen, in Geraden deutlich mehr. Die mit dieser Methode erzeugten Streckenelemente haben bereits den richtigen Parameter „Keine Gleisfunktion“.

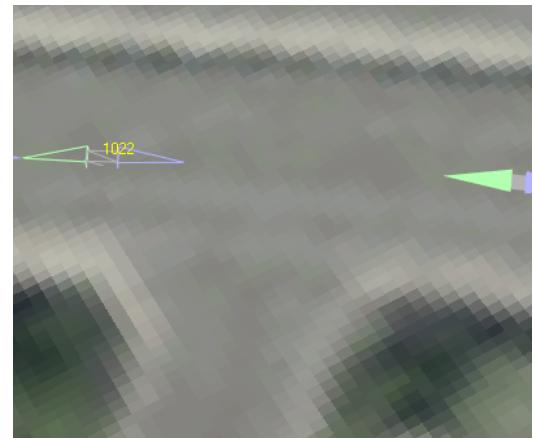
Um die Höhenlage zwischen zwei Elementen zu glätten, markiert man ein Startelement mit der linken Maustaste und öffnet „Strecke bearbeiten → Streckenelement-Parameter ändern“. Im Feld „Bis Str-Element Nr.“ gibt man die Nummer des Zielelements ein, wählt die korrekte Baurichtung grün oder blau, setzt das Kontrollkästchen „Gleislage glätten“ und bestätigt alles mit OK.

Um eine Verbindung zwischen zwei in der Nähe liegenden Streckenelementen herzustellen, kann man entweder wie beim Gleisbau den Absteckrechner verwenden, oder man schließt kurze Lücken einfach mit einer Punktverschiebung. Dazu öffnet man mit Rechtsklick die „Streckenelement-Eigenschaften“ des Startelements, kopiert die Punktkoordinaten des blauen oder grünen Endpunkts und fügt sie an entsprechender Stelle in den Streckenelement-Eigenschaften des Zielelements ein.

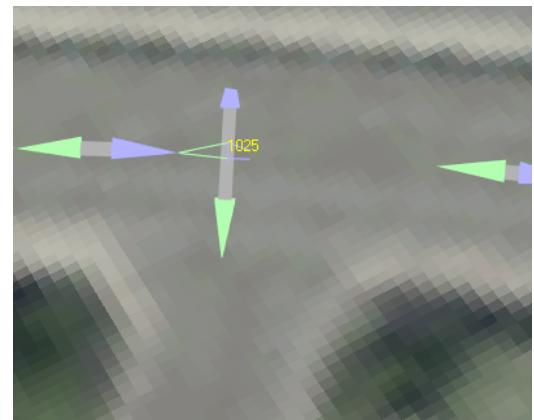
Vor dem Bau der Straßen- oder Flusslandschaft führt man über „Strecke bearbeiten → Abschließende Arbeiten“ eine modulweite Neuverknüpfung aller Streckenelemente durch. Dabei sollte man das Kontrollkästchen „Keine Gleisfunktion: Verknüpfungen beibehalten“ entfernen.

9.4.1.2 Einbau von Abzweigungen und Kreuzungen

Wo später eine Abzweigung oder Kreuzung liegen soll, baut man die Straße zunächst von einer Seite bis an die geplante Kreuzung heran. Für die Kreuzung soll beim Abstecken eine Lücke von mindestens 10 Metern in alle Richtungen frei bleiben, jenseits der Lücke kann man den weiteren Straßenverlauf weiter abstecken.



Um die Kreuzung einzubauen, markiert man das letzte Streckenelement vor der Lücke und baut über „Strecke Strecke importieren“ eine st3-Kreuzung ein. Die Auswahl der st3-Datei hängt von der Straßenbreite ab, für eine Hauptstraße 1050 cm und eine abzweigende Straße 750 cm nimmt man zum Beispiel die Datei Kreuzung_1050-750cm.st3 aus dem Verzeichnis Terrain\Deutschland\Strassen\Allein. Für Abzweigungen wird die entsprechende Abzweig-st3-Datei verwendet.

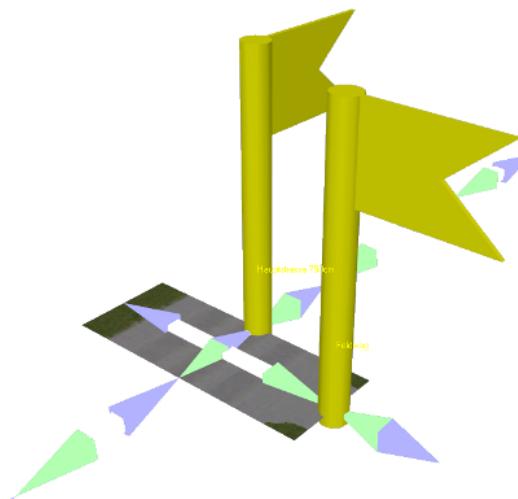


Als nächstes wird die ls3-Datei importiert: man markiert das Kreuzungselement, das in der Hauptstraße liegt, und startet die Importfunktion „Landschaft erstellen → Objekte entlang Gleis importieren“. Vor dem Import wählt man den Baumodus „Markierte Elemente“, die Baurichtung blau oder grün und einen Objektabstand von 1000 Metern (um mehrfachen Import zu vermeiden). Unter „Datei“ wählt man die passende ls3-Datei, z. B. Terrain\Deutschland\Strassen\Allein\Kreuzung_1050-750.ls3.

Falls eine Abzweigung um 180 Grad gedreht werden soll, löscht man die verknüpfte Datei mit „Rechtsklick → 3D-Datei löschen“ und wiederholt den Import in der anderen Baurichtung. Bei Kreuzungen ist die Einbaurichtung egal.

An den Streckenelementen der Kreuzung/Abzweigung sollte man am besten ein kurzes gerades Element anbauen, damit die Formkurve später nahtlos an die Kreuzung anschließt. Wenn man direkt eine Kurve anbaut, entstehen später beim Erzeugen der Formkurve kleine Überlappungen und Lücken, die man mit Punktverschiebung manuell nachkorrigieren muss. Zum Schluss verbindet man die Lücken zwischen den Streckenelementen entweder mit dem Absteckrechner oder durch Kopieren der Endpunkte wie im vorherigen Abschnitt beschrieben.

Nach Einbau aller Abzweigungen und Kreuzungen muss man über „Strecke bearbeiten → Abschließende Arbeiten“ die Streckenelemente neu verknüpfen.



Beispiel: fertige Feldweg-Abzweigung von einer 750 cm-Straße, DEM ist ausgeblendet.

9.4.1.3 Bau der Straßenlandschaft

Wenn der Straßenverlauf abgesteckt und die Abzweigungen und Kreuzungen eingebaut sind, kann der eigentliche Straßenbau mit Hilfe von Formkurven beginnen. Näheres zu diesem Werkzeug siehe [Kapitel 5.4.3.6](#).

Vorgefertigte Formkurven für Straßen und Flüsse liegen in den Ordner:

Terrain\Deutschland\Strassen\Allein

Enthält Bundesstraßen, Ortsverbindungsstraßen, Schotter- und Feldwege. Die Formkurven Terrain\Deutschland\Strassen\Allein\strasse_1050cm.shape.xml und Terrain\Deutschland\Strassen\Allein\strasse_750cm.shape.xml entsprechen den deutschen Regelquerschnitten RQ 10,5 für Bundesstraßen und RQ 7,5 für Ortsverbindungsstraßen.

Terrain\Deutschland\Strassen\MitBordstein

Terrain\Deutschland\Strassen\MitBuergersteig

Enthält Straßen ohne seitliche Grasnarbe, an die noch ein Bordstein oder Bürgersteig angebaut werden soll. Die Bordstein- und Bürgersteigformkurven liegen im selben Ordner wie die zugehörige Straßenformkurve.

Terrain\General\Water

Formkurven für Bäche (brook, 2 Meter) und Flüsse (river, 5 und 10 Meter)

Zum Bauen markiert man das Startelement und öffnet „Landschaft erstellen → Formkurve entlang Gleis anwenden“. Man gibt die Nummer des Zielelements ein oder wählt eine passende Länge in Metern, wählt die Baurichtung, öffnet eine Formkurve und klickt auf OK, um den Bau auszuführen.

Verknüpfte Abzweigungen oder Kreuzungen enthalten Ankerfähnchen, die mit der vorgeesehenen Straßenbreite beschriftet sind, so dass man die passende Formkurve für einen nahtlosen Weiterbau auswählen kann.

9.4.1.4 Zubehör

Optional kann man die Straße noch mit Schutzplanken und Leitpfosten ausrüsten. Die nötigen Dateien liegen in Terrain\Deutschland\Strassen\Zubehoer. Für den Bau von Schutzplanken gibt es eine Formkurve, die man vor Baubeginn noch in die richtige seitliche

Entfernung zur Straße verschieben kann. Die Verschieben-Funktion mit vier Pfeiltasten befindet sich links unten im Formkurven-Menü, die Angaben sind in Metern.

Leitpfosten deutscher Bauart (StVO-Zeichen 620) gibt es einzeln und paarweise für verschiedene Straßenbreiten. Der Einbau erfolgt über „Landschaft erstellen → Objekte entlang Gleis importieren“ im Abstand von jeweils 50 Metern. Beim Einbau als Einzelobjekt ist die richtige Ausrichtung zu beachten, die runden Reflektoren stehen immer auf der linken Straßenseite. Der korrekte Abstand der Pfosten von der Asphaltkante ist 50 cm.

9.4.2 Vereinfachter Bau entlang Mausspur

Bei Straßen und Flüssen, die weiter vom Betrachter entfernt sind, kann man die Formkurve direkt durch eine Abfolge von Mausklicks in die Landschaft setzen. Die Methode ist deutlich schneller und einfacher als der Bau entlang von Streckenelementen, aber die Höhenlage der Trasse ist ungenauer. Für Flüsse kommt die Methode nur in sehr ebener Landschaft in Frage.

Man lädt die Strecke, die Landschaft, das DEM und ein georefereniertes Bitmap in den 3D-Editor. Mit „Werkzeug → Formkurve per Mausklick anwenden“ baut man eine Formkurve direkt in die Landschaft. Passende Formkurven liegen in Terrain\Deutschland\Strassen bzw. Terrain\General\Water.

9.4.3 Bau von größeren Flächen

Größere Flächen wie Parkplätze, Felder und Seen baut man mit dem Polygonbaumodus, der in [Kapitel 5.4.3.9](#) erläutert wird. Passende Texturen liegen zum Beispiel in den Ordnern:

- Pflastertexturen in Terrain\Deutschland\Pflaster
- Asphalttexturen in Terrain\Deutschland\Asphalt
- Wassertexturen in Terrain\General\Water
- allgemeine Bodentexturen in Terrain\Default

Möchte man eine ebene Fläche für Seen oder ähnliches erzeugen, so muss man die Höhenlage aller Punkte manuell in der Tabellenspalte z angelichen.

9.5 Brücken

9.5.1 Brücken importieren

Der Bau einer Brücke erfolgt in der Regel mit externen Programmen, wie es in Kapitel [Kapitel 11.5](#) am Beispiel eines Hauses beschrieben ist. Das fertige Modell wird mit „Landschaft erstellen → Objektimport Drag&Drop“ oder mit „Landschaft erstellen → Objektimport entlang Gleis“ in die Streckenlandschaft eingebaut.

Beim Einbau ist auf eine ausreichende Durchfahrhöhe zu achten, wenn Gleise überbrückt werden. Zur Kontrolle kann man die Datei %Zusi-Programm%_InstSetup\lichtraumprofil.ls3 importieren oder über „Extras → Programm-Einstellungen → Gleisbau“ das Kontrollkästchen „Fahrdruckraum markieren“ setzen.

Für manche Bauwerke ist es sinnvoll, die Gleisgeometrie aus Zusi zu exportieren und im externen 3D-Programm als Schablone zu verwenden. Der 3D-Editor bietet hierzu einen Export ins x-Format, mehr dazu in Kapitel [Kapitel 5.4.2.5](#). Nach diesem Prinzip entstand der im Gleisbogen liegende Altenbekener Viadukt.



9.5.2 Brückenbausatz anwenden

Einfache Beton- und Blechträgerbrücken können im 3D-Editor aus einem Bausatz generiert werden. Der Brückenbausatz besteht aus einer Formkurve, die den Brückenträger, die Fahrbahn und die Seitenwege generiert, sowie fertigen Texturen und Anbauteilen für Pfeiler und Widerlager. Geländer und Schutzschienen können zum Schluss mit weiteren Formkurven angebaut werden.

Vorteile dieser Methode:

- Zeitaufwand ist geringer als bei individueller Anfertigung
- es wird nur der 3D-Editor benötigt, keine externen Bau- und Grafikprogramme
- Verlegung in Neigungen und Kurven ist sehr einfach

Der optische Eindruck der Bausatzbrücken ist recht einheitlich, da immer die gleiche Textur zum Einsatz kommt. Ein wenig Abwechslung ist aber durch unterschiedliche Pfeiler, Widerlager und Geländer möglich.

9.5.2.1 Straßenbrücke aus Bausatz erstellen

Zunächst benötigt man ein oder mehrere Streckenelemente in der Länge der geplanten Brücke einschließlich der beiden Widerlager. Für eine gerade Straßenbrücke erzeugt man ein Streckenelement mit „Werkzeug → Gleiselemente freihändig verlegen“, indem man bei geladener DEM-Datei den Start- und Zielpunkt in der Landschaft anklickt. Danach passt man die Höhenlage an, um eine ausreichende Durchfahrthöhe herzustellen. Eine zweite Möglichkeit ist der Bau eines Parallelgleises mit Höhenversatz, das anschließend mit „Werkzeug → Gleis drehen“ um die z-Achse gedreht wird. Der Höhenversatz sollte dabei mindestens 7-8 Meter betragen. Wenn das neue Element zu einer Straße gehören soll, muss man noch in den Streckenelement-Eigenschaften den Parameter „Keine Gleisfunktion“ setzen.

Für eine Brücke im Gleisbogen baut man den Straßenverlauf anhand von DEM und georeferenziertem Bitmap wie im Kapitel [Kapitel 3.3.3.7](#) beschrieben, und verschiebt dann die Höhenlage der Streckenelemente auf das Niveau der geplanten Brücke.

Der zweite Schritt ist der Bau der Fahrbahn. Hierzu markiert man das Startelement, ruft „Landschaft erstellen → Formkurve entlang Gleis anwenden“ auf und öffnet eine der beiden Dateien:

- Terrain\Deutschland\Bruecken\Betonbruecke_Strasse750cm\Betonbruecke750.shape.xml
(für Ortsverbindungsstraßen)

- Terrain\Deutschland\Bruecken\Betonbruecke_Strasse1050cm\Betonbruecke1050.shape.xml
(für Bundesstraßen)

Dann wählt man den Baumodus „Markierte Elemente“ und bestätigt mit „OK“, um den Brückenträger mit der Fahrbahn zu erzeugen.

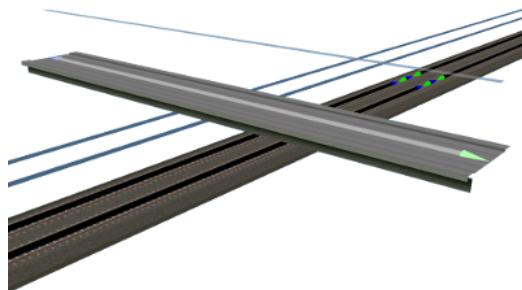


Bild: Straßenbrücke über zweigleisige Bahnlinie, noch ohne Anbauteile

Im dritten Schritt werden zwei Widerlager angebaut. Man markiert das Streckenelement, ruft „Landschaft erstellen → Objekte entlang Gleis importieren“ auf und wählt ein Objekt aus dem Unterordner „Einzelteile“ des Formkurvenordners. Zum Importieren einer Datei wählt man die Baurichtung „blau“, einen Abstand zwischen zwei Elementen von 1000 Metern (um Mehrfachimport zu vermeiden) und klickt auf „OK“. Dann wiederholt man den Vorgang für die Baurichtung „grün“, um das zweite Widerlager anzubauen.

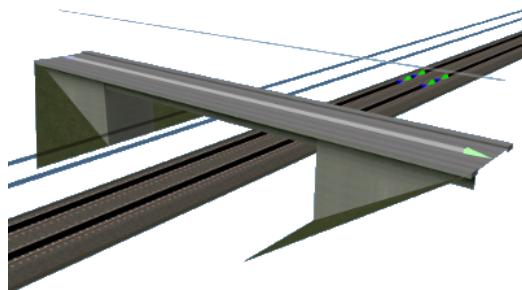


Bild: Brücke nach Einbau der Widerlager

Auf die gleiche Weise können auch Zwischenpfeiler montiert werden. Zunächst sollte man den Zusi-Kompass am markierten Streckenelement ausrichten, dies geht mit „Navigation → Kompass → Kompass am markierten Streckenelement ausrichten“ oder einfacher mit dem Tastatursymbol Strg+K. Vor dem Import entlang Gleis gibt man nun zusätzlich einen Wert von 10 oder 20 Metern in das Feld „Abweichender Anfangsabstand“ ein, damit der Pfeiler mit etwas Abstand vom Widerlager eingebaut wird.

Um einen Pfeiler entlang des Streckenelements zu verschieben, markiert man ihn, wählt „Werkzeug → Verknüpfte Datei verschieben“ und verschiebt ihn mit der linken Maustaste bei gleichzeitig gedrückter x-Taste. Im Kontextmenü (Rechtsklick auf den Pfeiler) stehen auch die Funktionen „3D-Objekt tauschen“ und „3D-Objekt löschen“ zur Verfügung.

Pfeiler mit "verlaengerung" im Dateinamen haben im Gegensatz zu normalen Pfeilern keine Schattentextur. Sie sollten daher nicht direkt unter die Brücke montiert werden, sondern nur als Verlängerung unter einen anderen Pfeiler.

Zum Schluss erhält die Brücke noch ein Geländer nach der Anleitung in Kapitel [Kapitel 9.6.](#)

9.5.2.2 Eisenbahnbrücke aus Bausatz erstellen

Bei Eisenbahnbrücken kommen Formkurven im Verzeichnis RailwayObjects\Deutschland\Bruecken zum Einsatz, die auf den Gleisoberbau abgestimmt sind, zum Beispiel :

Betonbruecke\betonbruecke_1gleis.shape.xml

Stahlbruecke\Blechtraeger_Fahrbaehoben\blechtraegebr01_1gleis.shape.xml

Zunächst wird der Brückenträger mit „Landschaft erzeugen → Formkurve entlang Gleis anwenden“ erzeugt. Der weitere Ausbau mit Widerlagern und Pfeilern erfolgt auf die gleiche Weise wie bei Straßenbrücken. Zusätzlich können innen- oder außenliegenden Schutzschienen als Formkurven verlegt werden, wobei man noch auf beiden Seiten ein Endstück als ls3-Datei importieren sollte, zum Beispiel aus dem Verzeichnis RailwayObjects\Deutschland\Bruecken: Schutzschienen\schutzschiene_innen.shape.xml
Schutzschienen\endstueck_2x-innen.ls3

9.6 Geländer bauen

Von Klaus Zimmermann

Der Bau von Geländern kann auf zwei unterschiedliche Arten erfolgen, je nach gewünschtem Detaillierungsgrad.

9.6.1 Flache Bauweise

Wenn eine geringere Detaillierung ausreicht, wird ein flaches transparentes Rechteck mit Vorder- und Rückseite erzeugt. Für Geländer, die quer zur Blickrichtung des Lokführers stehen, wie zum Beispiel an Straßenbrücken, ist dies in der Regel ausreichend. Fertige Formkurven liegen im Ordner Terrain\Deutschland\Bruecken\Gelaender
Der Einbau erfolgt mit einem der Formkurven-Werkzeuge: „Werkzeug → Formkurve per Mauspur anwenden“ oder „Landschaft erstellen → Formkurve entlang Gleis anwenden“

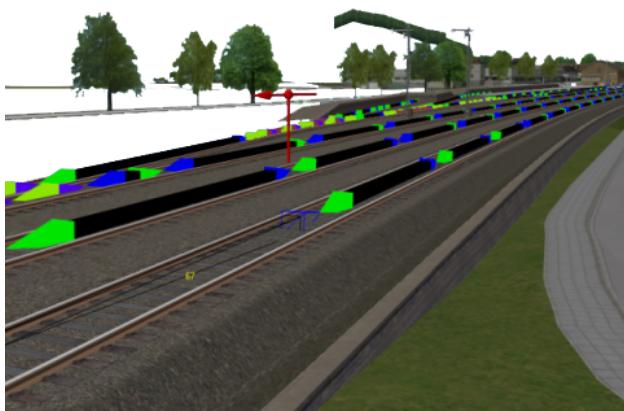
9.6.2 Ausmodellierte Bauweise

Wenn eine höhere Detaillierung erwünscht ist, kommen ausmodellierte Geländer aus vorgefertigten Pfosten und Handlauf-Formkurven zum Einsatz. Die benötigten Teile liegen im Ordner RailwayObjects\Deutschland\Gelaender

Aus Performancegründen sollen die Pfosten eingebunden und zu einem einzigen Mesh-Subset zusammengeführt werden. Der Einbau erfolgt auf Detailkacheln, da eine Sichtweite von wenigen 100 Metern ausreichend ist.

9.6.2.1 Baubeispiel

Auf einer Stützmauer im Bahnhof Bad Driburg soll ein Geländer entstehen, das dem gebogenen Gleisverlauf folgt.



Wir öffnen das Streckenmodul und die Streckenlandschaft und notieren uns, dass das Geländer von Streckenelement 82 bis 73 (blaue Richtung) reichen soll. Zunächst importieren wir ein paar Pfosten probeweise, um den nötigen Seitenabstand und Höhenversatz zu ermitteln:

Streckenelement 82 markieren

„Landschaft erstellen → Objekte entlang Gleis importieren“

Damit das Objekt genau auf der Mauer steht, benötigen wir 3,5 m Abstand und -0,7 m Höhenversatz.

9.6.2.2 Aufstellen der Pfosten

Wir markieren das Streckenelement Nr. 82 und rufen das Importwerkzeug auf: „Landschaft erstellen → Objekte entlang Gleis importieren“

Wir laden die Datei: RailwayObjects\Deutschland\Gelaender\pfosten_4kant_gruen.ls3 und setzen folgende Optionen:

Bauen bis Element Nr. 73

Höhenabstand von Gleismitte: -0,7

Seitenabstand von Gleismitte: 3,5

Abstand zwischen zwei Objekten: 1,5 m

Abweichender Anfangsabstand: 0,1 m

Baurichtung: Blaue Richtung

Einbinden: Kontrollkästchen gesetzt

Auf Detailkachel: Kontrollkästchen gesetzt

Neigung an Gleis anpassen: Kontrollkästchen gesetzt

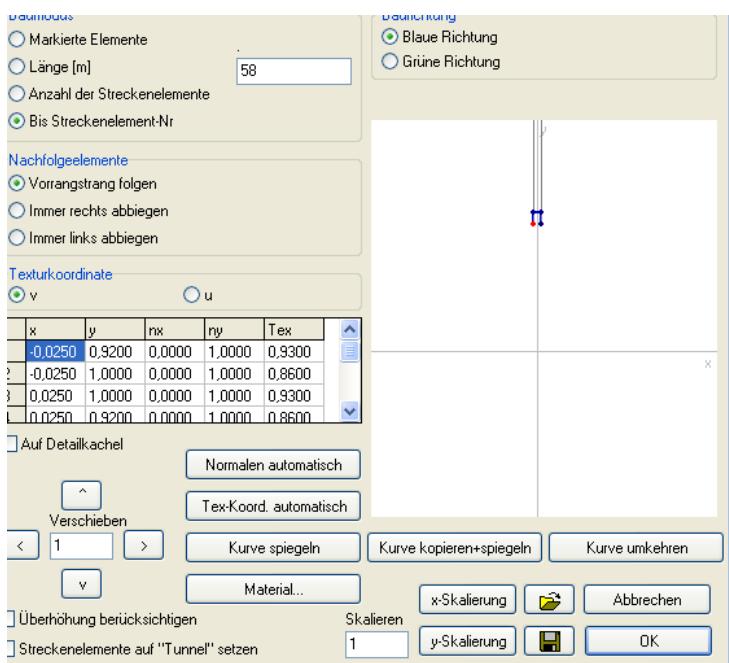
9.6.2.3 Bau des Handlaufs und der Längsverstrebung

Nun bauen wir den oberen Handlauf als Formkurve:

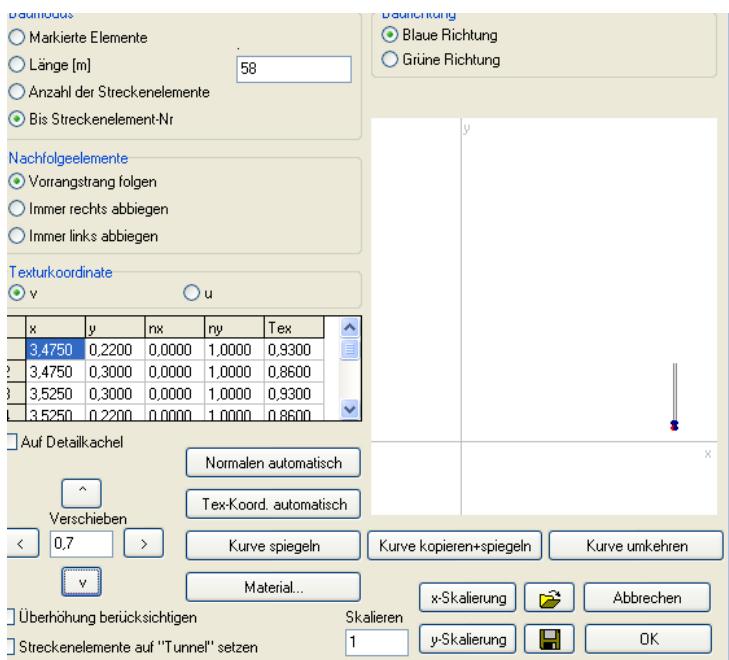
„Landschaft erstellen → Formkurve entlang Gleis anwenden“

Wir markieren wieder unser Startelement Nr. 82, wählen „Importieren bis Element Nr. 73“ und Baurichtung blau. Nun müssen wir eine passende Formkurve auswählen. Hierzu klicken wir auf das gelbe Dateimanager-Symbol (rechts unten) und wählen die Formkurve:

RailwayObjects\Deutschland\Gelaender\handlauf_4kant_gruen.shape.xml

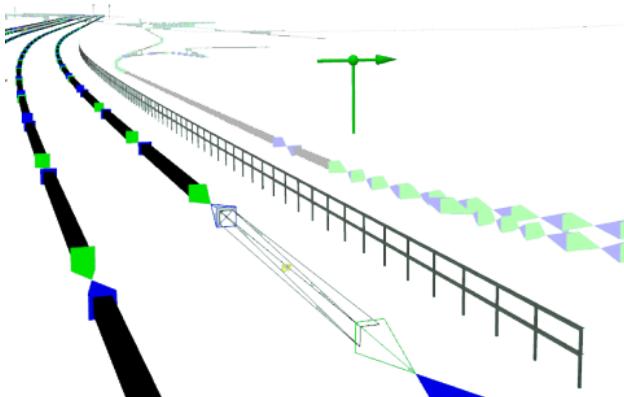


Wenn wir die Formkurve jetzt erzeugen würden, läge sie genau in Gleismitte. Also müssen wir sie noch mit der Verschieben-Funktion links unten verschieben: 3,5 m nach rechts, 0,7 m nach unten. Im Kontrollfenster (rechts) sehen wir, wie sich die Position verschoben hat.



Mit einem Klick auf „OK“ erzeugen wir nun die Formkurve.

Um noch eine Längsverstrebung in halber Höhe einzufügen, rufen wir das Formkurven-Werkzeug nochmal auf, verschieben die Formkurve um weitere 0,5 m nach unten, überprüfen ob die Baurichtung auf blau steht, und klicken nochmals auf „OK“. Nun sollte das Geländer so aussehen:



9.6.2.4 Pfosten längs der Gleisrichtung verschieben

Der letzte Pfosten bei Element Nr. 73 steht nicht bündig mit dem Ende des Handlaufs. Um den Pfosten in Gleisrichtung zu verschieben, richten wir den Kompass am Streckenelement aus:

Streckenelement Nr. 73 markieren

„Navigation → Kompass → Kompass am markierten Streckenelement ausrichten“

Wir markieren den Pfosten mit der linken Maustaste und rufen die Verschiebe-Funktion auf:

„Werkzeug → Mesh-Subset verschieben“

Nun halten wir die x-Taste gedrückt und verschieben wir den Pfosten mit der linken Maustaste etwas in Gleisrichtung. Ohne gedrückte x-Taste würden wir das Objekt quer zur Gleisachse verschieben. Wenn die gewünschte Position erreicht ist, klicken wir im Verschieben-Fenster auf „Übernehmen“.

9.6.2.5 Performance optimieren

Im jetzigen Zustand bildet jeder Pfosten ein eigenes Mesh-Subset, dies würde in der Simulation unnötig Performance kosten. Wir vereinigen daher alle Pfosten zu einem einzigen großen Mesh-Subset:

Beliebigen Pfosten mit linker Maustaste markieren

„Landschaft bearbeiten → Mesh-Subsets zusammenführen“

Auf die gleiche Weise führen wir die beiden Handläufe zu einem Mesh-Subset zusammen.

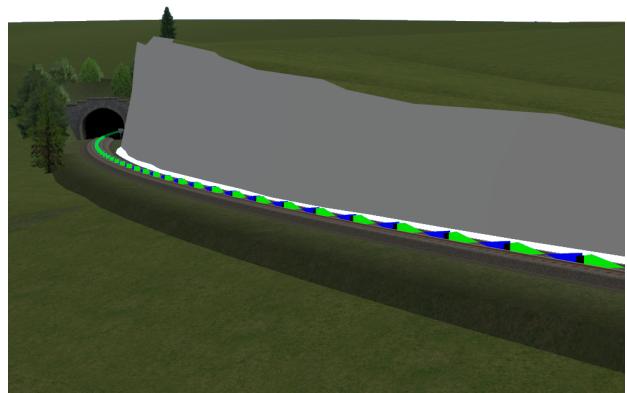
9.7 Felsenbau

Von Klaus Zimmermann

Die folgende Anleitung beschreibt den Bau einer streckennahen Felswand. Das Übungsbispiel liegt oberhalb des Großen Stockhalde-Kehrtunnels an der Wutachtalbahn.

Zuerst öffnen wir Strecke und Landschaft im 3D-Editor und erzeugen mit dem Polygonbaumodus eine untexturierte Fläche, die den Platz der späteren Felswand ausfüllt. Die obere Kante soll leicht unregelmäßig werden, dies erreichen wir durch die nachträgliche Bearbeitung einzelner Eckpunkte mit dem Werkzeug „Punkte verschieben“.

Um den Übergang zwischen Felsen und Vegetation zu texturieren, exportieren wir das Objekt nun in Blender.



9.7.1 Export nach Blender

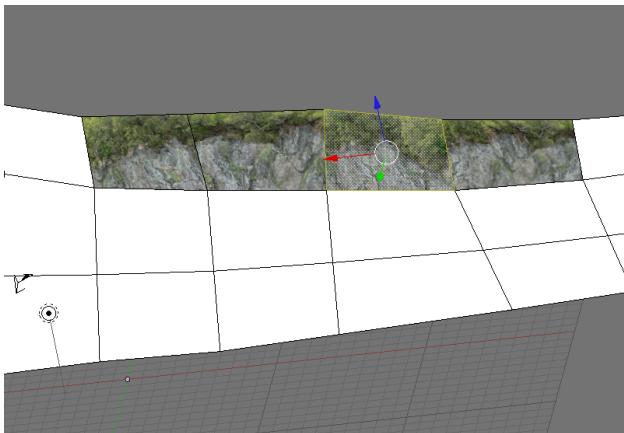
- Ein Strecken-Element ungefähr in der Mitte der Felswand markieren, in unserem Beispiel das Element Nr. 2717
- Bei gedrückter Strg-Taste alle Meshes der Felsenfläche markieren. Dies funktioniert auch über mehrere Kacheln hinweg, falls die Felswand eine Kachelgrenze schneidet.
- Landschaft → Geometrie als x-Datei exportieren
- Pfad und Dateinamen für die x-Datei festlegen. Wir notieren die Nummer des Streckenelements oder benennen einfach die x-Datei nach der Nummer, also hier 2717.x.
- Im nachfolgenden Dialog die Optionen „Blender (ohne Achsentausch)“ und „Bezogen auf markiertes Strecken-Element exportieren“ auswählen.
- In Blender „File → Import → Directx“ aufrufen, um die x-Datei zu importieren.

Wenn alles funktioniert hat, liegt der Nullpunkt in Blender an der Stelle, wo sich im ZUSI 3D-Editor das markierte Strecken-Element befindet. Zusätzlich hat Blender automatisch einen Würfel im Nullpunkt erzeugt, den wir nicht benötigen.

9.7.2 Bearbeitung in Blender

- Im Objekt-Modus den überzähligen Würfel markieren und löschen
- In den Edit-Modus wechseln und das gesamte Objekt mit der A-Taste markieren
- Mit „Mesh → Faces → Convert Triangles to Quads“ Dreiecke zu Rechtecken verschmelzen
- Mit „Mesh → Vertices → Remove Doubles“ Punkte verschmelzen
- Die Felsenfläche in mehrere horizontale Streifen zerlegen. Hierzu markieren wir mehrere senkrechte Linien gleichzeitig, drücken dann F9 und führen Mesh-Tools → Subdivide aus. Der obere Streifen soll etwa 5 Meter hoch sein.

- Den oberen Streifen mit einer geeigneten Übergangstextur texturieren, in unserem Beispiel nehmen wir Terrain\General\Rock\Rock09_vegetation.dds. Diese Textur enthält zwei horizontale Streifen, die man abwechselnd verwenden kann.
- Die dds-Textur kann man mit dem kostenlosen Tool IrfanView in png konvertieren.



- Die restliche Felswand kann auf Wunsch ebenfalls manuell texturiert werden. Meist genügt es aber, die Fläche später im 3D-Editor mit einer kachelbaren Felsenstextur zu belegen.
- Nach dem Texturieren wird die Datei als x-Datei exportiert.

9.7.3 Nachbearbeitung im 3D-Editor

- 3D-Editor auf Objektbaumodus einstellen
- Die texturierte x-Datei importieren
- Die restliche Felsenfläche mit der kachelbaren Textur Terrain\General\Rock\Rock09.dds belegen.
- Mesh-Subset markieren → Landschaft bearbeiten → Texturkoordinaten oberflächenorientiert ausrichten
- Wenn einzelne verzerrte Dreiecke vorhanden sind: betroffenes Dreieck markieren, in neues Mesh separieren, Texturkoordinaten oberflächenorientiert ausrichten, Mesh-Subsets wieder zusammenführen
- Normalenvektoren ausrichten
- Datei im ls3-Format speichern

9.7.4 Import in die Streckenlandschaft

- 3D-Editor auf Streckenbaumodus stellen
- Strecke und Streckenlandschaft öffnen
- Das richtige Streckenelement markieren
- Felsen-Datei relativ zum markierten Streckenelement importieren, dabei richtige Einbaurichtung beachten (Blickrichtung blau oder grün)
- zum Schluss die Felsendatei in die Streckenlandschaft einbinden

9.7.5 Schlussarbeiten

- Die obere Felsenkante mit Büschen ausschmücken.
- Falls die Felsenoberfläche zu gleichmäßig wirkt, kann man zusätzliche Punkte einfügen und vorsichtig verschieben. Danach gegebenenfalls die Texturkoordinaten und Normalenvektoren neu ausrichten.

10 Bauhinweise Vorbild/Simulation

Im Bereich der Eisenbahn haben sich im Laufe der Jahrzehnte zahllose Ausführungsvarianten im Bereich des Streckenbaus und der sonstigen Infrastruktur entwickelt. Zwar gab es immer wieder Versuche der Normung, aber durch die regionale Entwicklung und die oft langen Einsatzzeiten der Eisenbahntechnik findet man bis heute eine oft nur schwer zu durchschauende Variantenvielfalt rund um die Bahngleise vor.

In diesem Kapitel sollen die für einen Nachbau in Zusi relevanten Aspekte erläutert werden. Damit soll dem Streckenbastler zum Beispiel die in Anwendung und Epoche korrekte Auswahl der Oberbau- und Weichenbauarten ermöglicht werden.

Eine umfassende technische Abarbeitung der Themen kann hier aus Platzgründen nicht erfolgen. Für interessierte Leser sind grundlegende Informationen zusammengestellt. Die für Zusi relevanten Aspekte werden dabei in Form von Hinweisen zum Vorgehen bei der Streckenerstellung erläutert. Dies betrifft vor allem die unter Simulationsbedingungen sichtbaren Eigenschaften wie die Geometrie und die Oberflächenbeschaffenheit (Texturen).

Da sich meistens länderspezifische Varianten entwickelt haben, sind die folgenden Ausführungen nach Ländern unterteilt.

10.1 Gleisbau

Von Stephan Gerke, Carsten Hölscher, Michael Poschmann und Gerd Schütz.



Im klassischen Oberbau besteht der Oberbau aus Schienen, Schwänen und Schotter. Die Schienen werden mit entsprechenden Schienenbefestigungsmitteln („Kleineisen“) auf der Schwelle verankert. Die Schwelle selbst liegt unbefestigt im Schotter. Ebenfalls in diesem Kapitel werden Weichen und die korrekte Trassierung von Gleisanlagen behandelt.

10.1.1 Deutschland

10.1.1.1 Geschichtliche Entwicklung

Erste Gleisfahrbahnen waren in Förderanlagen in Bergwerken seit dem späten Mittelalter anzutreffen. Diese als Balkengleise in Holzbaufom erstellten Anlagen wurden durch Blechbeschläge hinsichtlich der Reibung und der Abnutzung optimiert. Gusseiserne Schiene wurden erstmals im Jahre 1767 in England verwendet. Für die Spurführung bildete sich die Ausprägung eines Spurkranzes am Rad als konstruktives Element heraus. Aufgrund der besseren Materialeigenschaften erfolgte der Übergang zu schmiedeeisernen Schienen. Neben der Normalspur mit einer Spurweite von 1435 mm haben sich weitere Breit- und Schmalspur-Bauformen verbreitet.

10.1.1.2 Schienen: Herstellung, Einbau und Verschweißung

Schienen werden aus Stahl gewalzt. Für enge Gleisradien und für bestimmte Anwendungsbereiche kann die Schiene auch kopfgehärtet ausgeliefert werden. Konnten die Walzwerke früher eine Schiene nur in einer Länge von maximal 60 m herstellen, so wurde diese später auf bis zu 120 m erweitert.

Um längere Schienen als 60 m herzustellen, wurden im Walzwerk die Schienen von 60 m mittels Abbrennstumpfschweißverbindungen verlängert. In Nebenstrecken, Bahn-

höfe und Nebengleise wurden bis zu 120 m lange Schienen eingebaut. Auf den Hauptabfahrstrecken finden sich in der Regel 180 m lange Schienen; es gab auch Versuche mit 300 m Schienenlänge.

Anwendung in Zusi: Die Schienen-Elemente werden bei der Erstellung des Oberbaus automatisch generiert. Dabei erfolgt keine Darstellung von Schienenstößen bzw. -schweißungen. Für wenig befahrene Nebengleise oder stillgelegte Anlagen sind rostig eingefärbte Schienenköpfe als vordefinierte Bauform auswählbar.

10.1.1.3 Leit-, Schutz- und Rillenschienen

Zur Schonung und Entlastung der äußeren Schienen können bei Radien unter 300 m Leitschienen eingebaut werden. Sie beginnen und enden jeweils im geraden Gleis und weisen ein Einlaufstück auf. Ein Radsatz wird nicht vom Spurkranz der Außenschiene geführt, sondern von der Stirnfläche des Innenrades an der Leitschiene. Da der Leitschienenoberbau einem erhöhten Verschleiß unterliegt und sich gleichzeitig der Bogenwiderstand erheblich erhöht, wird diese Bauform seit geraumer Zeit nicht mehr verwendet und kann nur noch in seltenen Fällen auf Nebenstrecken angetroffen werden.



Leitschiene

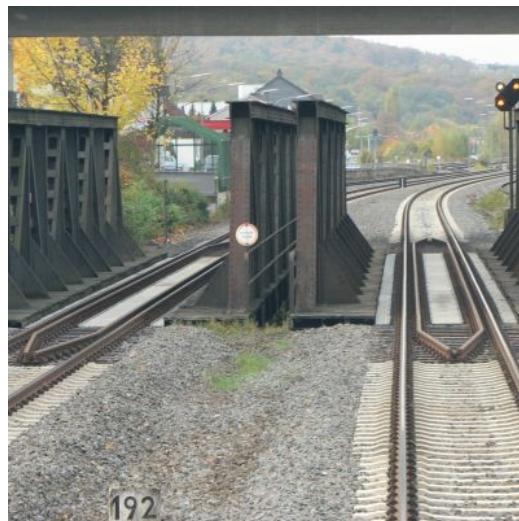
Als Maßnahme gegen ungünstige Folgen von Entgleisungen, zur Versteifung des Gleises bei unruhigem Planum, in starkem Gefälle sowie auf Brücken werden Schutzschienen verwendet. Schutzschienen werden dann benötigt, wenn wichtige Brückenelemente, zum Beispiel tragende Konstruktionen (Bogen- und Fachwerkbrücken mit oberhalb der Schienenoberkante befindlichem Bogen bzw. Fachwerkkonstruktionen), aber auch Stützen von überführenden Bauwerken durch einen entgleisten Zug geschädigt werden könnten. Mit der Schutzschiene, welche mit 180 mm Abstand zur Fahrschiene eingebaut wird, soll der Zug so auf der Brücke geführt oder unter einem Bauwerk durchgeführt werden, dass der entstehende Schaden auf den Zug begrenzt wird. Sie sind ein- oder beidseitig angeordnet und weisen ebenfalls einen Einlaufbereich auf. Der Einlaufbereich, auch Fangvorrichtung genannt, hat eine Länge von 5,40 m. Er beginnt mit einer oder zwei Schienen in der Gleismitte und wird dann nach außen an die Fahrschienen geführt. Um den Zug an die geänderte Gleissteifigkeit zu gewöhnen, ist vor den zu schützenden

Konstruktionen 20 m, nach neuer Vorschrift 30 m mit der Schutzschiene zu beginnen. Davor wäre dann noch die Fangvorrichtung zu setzen.

Außerdem gibt es noch Schutzschielen mit 80 mm Rillenweite, die bei kleinen Radien (<250 m) zur Versteifung und als Entgleisungsschutz auf dem bogeninneren Gleis eingebaut werden können. Im Gegensatz zur Leitschiene laufen die Räder aber im Normalfall nicht an dieser Schutzschiene an.



Einseitige Schutzschiene mit Fangvorrichtung

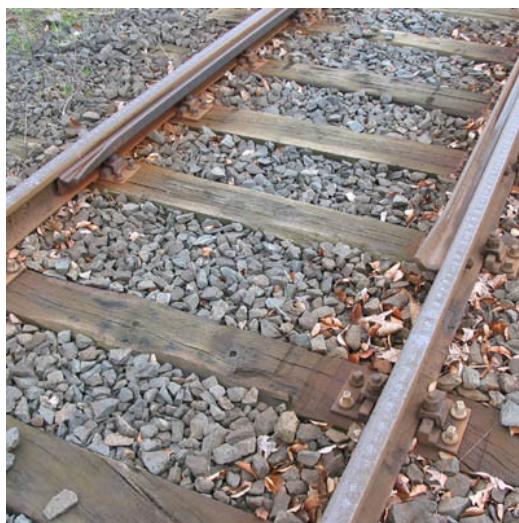


Zweiseitige Schutzschiene mit Fangvorrichtung

Rillenschienen werden verwendet, wenn Gleisanlagen und Straßen zusammentreffen und die Spurrillen freizuhalten sind. Ein typischer Anwendungsfall sind Straßen- oder Stadtbahnen. Für Bahnübergänge werden hingegen andere Einbauformen gewählt: Die Spurrillen werden durch seitliche Balken oder separat angesetzte Kantenschienen oder durch Aussparungen im Asphalt oder Bahnübergangsbelag freigehalten.



Rillenschiene, gummigelagert (Straßenbahn)



Kantenschiene für nachfolgenden Bahnübergang

Anwendung in Zusi: Aufgrund der recht speziellen Anwendungsfälle sind keine Standardbausätze für diese Schienenarten konfiguriert. Natürlich können aber auch hier eigene Textur-Sets/Oberbauvorlagen definiert und verwendet werden. Zur Nachbildung von Leiteinrichtungen im Bereich von Bahnübergangsanlagen stehen Einbausätze für Rillenschienen zur Verfügung. Diese werden nachträglich in die Gleislandschaft importiert.

10.1.1.4 Schienenenprofile

In Deutschland werden vier Schienenprofile verwendet: S 49, S 54, UIC 60, R 65. Die Zahl gibt das Schienengewicht je laufendem Meter an. Länderbahnprofile sind nur noch sehr selten anzutreffen und sollen bei dieser Betrachtung nicht berücksichtigt werden.

10.1.1.4.1 S 49

Die Schiene S 49 findet man noch in Gleisen untergeordneter Bedeutung wie Abstellanlagen, Industriegleisanschlüssen, Nebenstrecken etc. Sie soll nach und nach aus den Anlagen ausgebaut werden. Ein Teil der S 49-Anlagen ist in den vergangenen Jahren entfallen, indem die Bahn die betreffenden Gleisanlagen, meist geringer Bedeutung, stillgelegt hat. Weichen und Kreuzungen werden natürlich auch in diesem Schienenprofil gefertigt. Für Industrieanlagen und private Gleisanlagen werden diese von den Weichenwerken noch angeboten.

10.1.1.4.2 S 54

Am häufigsten dürfte man heute auf das Schienenprofil S 54 treffen. Es ist bis zu einer Geschwindigkeit von 160 km/h zugelassen und kann somit auf allen Haupt- und Nebenstrecken abseits der großen Hauptabfuhrstrecken eingebaut werden. Auch viele Nebengleise und Bahnhofsanlagen werden mit diesem Schienenprofil ausgestattet, denn alle Kreuzungsweichen und manche Weichen und Kreuzungen werden nur mit dem Schienenprofil S 49 oder S 54 hergestellt.

10.1.1.4.3 UIC 60

Für die stark belastete Hauptabfuhrstrecken und Hochgeschwindigkeitsstrecken wird das Schienenprofil UIC 60 verwendet. In diesem Schienenprofil werden auch die langen Weichen auf den Hochgeschwindigkeitsstrecken hergestellt.

Die Grenze zwischen der Verwendung des Schienenprofils S 54 und UIC 60 auf der freien Strecke wurde auf 30.000 Lasttonnen pro Tag festgelegt. Das bedeutet, dass z. B. bei einer täglichen Streckenbelegung mit 25 Güterzügen mit 1000 Tonnen Zugmasse, 10 Fernzügen mit 500 Tonnen und 20 Nahverkehrszügen mit 200 Tonnen das schwerere Schienenprofil UIC 60 zum Einsatz käme, da 34.000 Lasttonnen täglich erreicht würden. Als weiteres Kriterium ist die zu fahrende Höchstgeschwindigkeit auf dieser Strecke zu Grunde zu legen: Ohne Betrachtung der täglichen Zuglast ist die UIC-60-Schiene grundsätzlich bei Geschwindigkeiten über 160 km/h einzusetzen.

Es existieren verschiedene Varianten des UIC-60-Profil, deren Schienenköpfe sich gering unterscheiden. Die älteste Variante trägt nach aktueller Normung den Namen 60 E1, sie kam ab den 1970er Jahren zum Einbau. Die Variante 60 E2 ist auf bessere Laufruhe im Hochgeschwindigkeitsbereich optimiert und kommt seit Anfang des neuen Jahrtausends zum Einsatz.

10.1.1.4.4 R 65

Das Schienenprofil R 65 wurde in Ostdeutschland und in den osteuropäischen Staaten eingebaut. Es ist ebenso stark belastbar wie das Schienenprofil UIC 60, wird aber nach und nach aus den Strecken ausgebaut, die somit auf den allgemeinen Standard eines UIC 60-Gleises gebracht werden. Dadurch vereinfacht sich die Ersatzteilverhaltung, weil nur ein Schienenprofil für den Einsatz in Hauptabfuhrstrecken verwendet wird. Für Geschwindigkeiten über 160 km/h ist dieses Profil nicht geeignet.

Anwendung in Zusi: Im 3D-Editor kann die Oberbauform ausgewählt werden, wobei charakteristische Schienenformen im Lieferumfang enthalten sind. Aus Performance-Gründen wird auf die vollständige dreidimensionale Ausgestaltung des Schienenprofils verzichtet. S 49 und S 54 sind sich geometrisch so ähnlich, dass die Unterschiede nicht simulatorrelevant sind.

10.1.1.5 Schwellen

Schwellen werden aus drei Materialien gefertigt: Holz, Beton oder Stahl. Strecken mit fester Fahrbahn weisen einen Schwellenabstand von 65 cm auf.

Beim Betonschwellengleis B70 beträgt der Schwellenabstand im Hauptgleis (Kategorie I) 60 cm; dies entspricht 1666 Schwellen pro Kilometer Gleislänge. In Überholgleisen und auf Hauptnebenstrecken (Kategorie II) werden 63 cm Schwellenabstand, d.h. 1587 Schwellen pro Kilometer Strecke verwendet. 65-70 cm Schwellenabstand sind in Abstellgleisen sowie Nebengleisen (Kategorie III) anzutreffen. Dies entspricht 1538 bzw. 1428 Schwellen pro Kilometer.

Auch beim Betonschwellengleis B58 werden Belastungsklassen eingeteilt, die zu unterschiedlichen Abstandsmaßen führen. 63 cm Schwellenabstand, entsprechend 1587 Schwellen pro km, sind auf Nebenhauptstrecken und Nebenstrecken (Kategorie II) anzutreffen. 65 - 70 cm Schwellenabstand wird in Überholgleisen (Kategorie II) und Abstellgleisen (Kategorie III) eingebaut.

Beim Holzschwellengleis und bei Verwendung von Stahlschwellen beträgt der Schwellenabstand 60 cm auf Hauptstrecken, Hauptgleisen in Bahnhöfen, Hauptnebenstrecken und Nebenstrecken sowie wichtigen Güterumgehungsstrecken (Kategorie I). Bei Überholgleisen an Hauptstrecken (Kategorie II) wird das Holzschwellengleis mit 63 - 70 cm Schwellenabstand verlegt.

In Weichenbereichen wird weitgehend ein Abstand von 60 cm gewählt. Nur in Antriebs- und Herzstückbereichen sowie bei der Schwellenteilung in Gleisverbindungen sind Abweichungen anzutreffen.

Anwendung in Zusi: Die standardmäßig verwendeten Schwellentexturen weisen einen durchschnittlichen Wert des Schwellenabstands auf. Somit ist es nicht erforderlich, beim Streckenbau zwischen den einzelnen Gleiskategorien zu unterscheiden. Allerdings ist es sinnvoll, für wenig befahrene oder schwach belastete Nebengleise leichtere Oberbauformen zu verwenden. Neben der Abwechselung im Erscheinungsbild lässt sich hiermit die Vitalsituations mit unterschiedlichen Oberbaukategorien annähern.

10.1.1.5.1 Holzschwellen

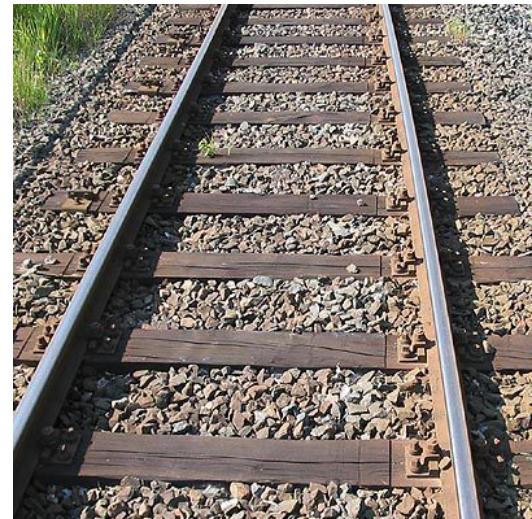
Hintergrund-Information: In der Anfangszeit der Eisenbahn wurden ausschließlich Schwellen aus Holz verbaut. Im Bereich der Streckenbauten gelegene Wälder sorgten für den Nachschub des Baumaterials ohne lange Transportwege. Auch heute noch werden in Sonderfällen gelegentlich Holzschwellen verbaut, so liegt z.B. das durchgehende Hauptgleis der Schnellfahrstrecke im Bahnhof Göttingen auf Holzschwellen. Die Holzschwelle

wird aus Weich- oder Hartholz gefertigt. Weichholz hat den Nachteil der geringeren Liegedauer, lässt sich aber selbst auf der Baustelle noch sehr gut anpassen. Hartholzschwellen werden teilweise aus tropischen Hölzern gefertigt. Die Materialhärten weisen Werte auf, die eine Bearbeitung der Schwelle nur noch mit speziellen, ebenfalls gehärteten Werkzeugen zulassen. Diese Schwellen können auch unbehandelt im Gleis abgelegt werden, während die Weichholzschwellen in der Regel einen chemischen Verrottungsschutz aufweisen.

Holzschwellengleise werden mit allen Schienenprofilen hergestellt. Am häufigsten dürfte das Schienenprofil S 54 anzutreffen sein; auch das Schienenprofil S 49 ist in vielen Holzschwellengleisen anzutreffen. Mit dem Schienenprofil UIC 60 werden Holzschwellen eher selten kombiniert. Holzschwellen eignen sich aufgrund ihrer geringeren Konstruktionshöhe gegenüber Betonschwellen sehr gut für begrenzte Bereiche unterhalb des Gleises, in denen die Grade nicht angehoben werden kann. So findet man sie in Gleisen, die über Fußgängertunnel führen, über Durchlässen und kleinen Brücken älteren Datums, meistens im Anschluß an ein Betonschwellengleis.

Holzschwellengleise werden noch in Industriegleisen, privaten Gleisanlagen und Gleisanschlüssen eingebaut. Auch unter einem Bahnübergang befinden sich häufig Holzschwellen. Nebengleise und Gleise für geringere Geschwindigkeiten sowie enge Radien fordern immer wieder die Verwendung von Holzschwellen. Auch Gleise an Bahnsteigkanten werden mancherorts mit Holzschwellen hergestellt.

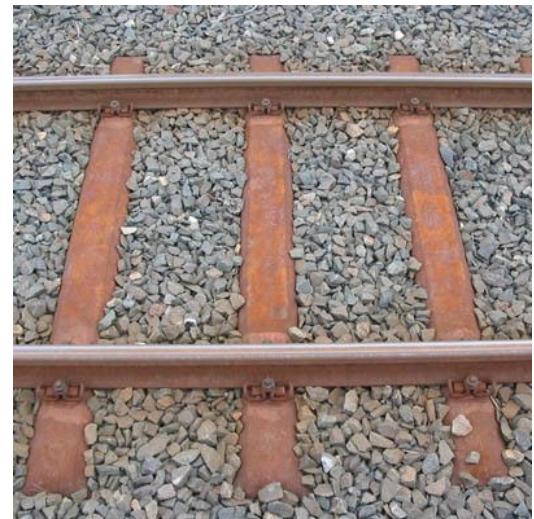
Die Holzschwelle ist in der Regel 2,50 m lang. Die Höhe beträgt zwischen 14 und 16 cm. Man kann sie mit einem K-Oberbau (ältere Schienenbefestigung), aber auch mit einem Spannklemmenoberbau kombinieren. Die Schottermächtigkeit unter der Schwelle beträgt im Regelfall mindestens 30 cm. Unter dem Schotter ist das Planum geneigt (1:20), so dass durch den Schotter eindringendes Wasser ablaufen kann. Das Maß von 30 cm wird an der höheren Stelle des Planums gemessen. Auch in Kurven ist dieses Maß einzuhalten. Die Schotterbreite vor Kopf der Schwelle beträgt 40 cm. Das Profil fällt danach mit der Neigung 1:1,5 ab.



10.1.1.5.2 Stahlschwelle (Hohlschwelle)

Die Stahlschwelle aus Walzprofil ist an den Enden heruntergebogen, was der Schwelle einen sehr hohen Querverschiebewiderstand verleiht, denn der Schotter befindet sich aufgrund der Hohlform innerhalb wie auch außerhalb der Schwelle und hält diese dadurch fest. Außerdem ist die Schwelle längs abgekantet, so dass sich der gleiche Festhalteeffekt auch für den Längsverschiebewiderstand ergibt. Diese Stahlschwelle wurde in der Zeit des ersten Weltkriegs entwickelt. Sie benötigte kaum Material, weil sie dünn ist, und konnte schnell in die gewünschte Form gebracht werden.

Stahlschwellen werden nur noch sehr selten neu eingebaut. Allerdings kann man diese Schwellenform noch in vielen Nebenstrecken antreffen, ebenso in Nebengleisen und in Industriegleisanschlüssen. Dabei werden Nutzungsdauern von über 70 Jahren erreicht.



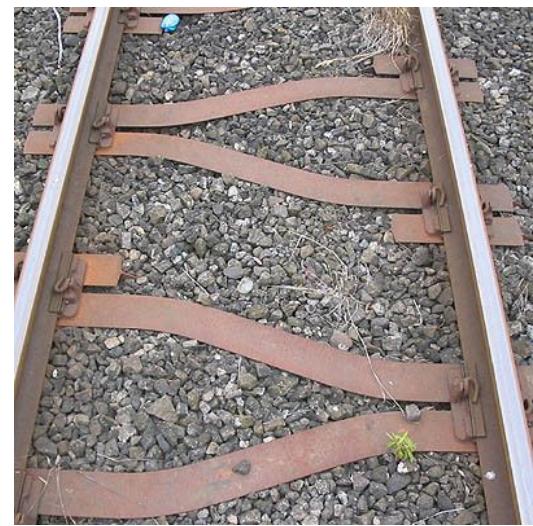
Dieser Schwellentyp ist im Vergleich zu einer Holz- bzw. Betonschwelle sehr niedrig (9 cm unter den Schienen und 6 cm an den Seiten), so dass sie sich sehr gut für den Einsatz an den Stellen eignen, in denen die Gleiskonstruktionshöhen eingeschränkt sind. Während die anderen Schwellentypen in den Schwellenfächern aufgefüllt werden müssen, fällt diese Maßnahme aufgrund der Dicke der Stahlhohlschwelle weg. Aus diesem Grund werden diese Schwellen auch heute noch auf Brücken eingesetzt, auf denen eine andere Schwelle die erforderliche Dicke des Schotterbetts nicht erzielen würde.

Der Bettungsquerschnitt ist bis auf die Höhe identisch mit den Schwellen aus Beton oder Holz. Die Stahlschwelle erfordert maximal 40 cm Schotter vor Kopf und 30 cm Mindestschotterdicke unter der ungünstigeren Schiene, bezogen auf das Planum unter dem Gleis. Stahlschwellen können nicht zum Einsatz kommen, wenn sie im Bereich eines Stellwerks mit Gleisstromkreisen (viele Relaisstellwerke arbeiten damit) liegen würden, da dafür elektrisch isolierte Schienen notwendig sind. Bei der Erneuerung der Signaltechnik in den 1960er bis 80er Jahren mussten diese Schwellen gegen Beton- oder Holzschwellen getauscht werden. Ein Einsatz unter Oberleitung ist unproblematisch.

10.1.1.5.3 Stahlschwelle (Y-Schwelle)

Eine weiterentwickelte Form der Stahlschwelle stellt die Y-Schwelle dar. Konstruktionsbedingt weist sie einen großen Querverschiebewiderstand auf. Durch die Y-Form kann sie sich nicht senkrecht zum Gleis bewegen. Das erlaubt es, das Maß des Schotters vor Kopf einzuschränken. Dadurch verjüngt sich der Schotterquerschnitt, und der ganze Gleiskörper einschließlich Damm und Böschung kann schlanker ausgeführt werden.

Diesem konstruktiven Vorteil steht ein gravierender Nachteil bei der Instandhaltung gegenüber.: Man kann das Gleis nur wechselweise stopfen, denn gegenüber einem Schwellenfach unter einer Schiene befinden sich die Schienenbefestigung und die Schwelle der anderen Schiene. Des weiteren kann ein Schwellenaustausch nur mit einer Y-Schwelle durchgeführt werden, da aufgrund des geringeren Schotterquerschnitts dieser für einen anderen Schwellentyp nicht mehr ausreicht.



Die Y-Schwelle wird in erster Linie auf nichtbundeseigenen Strecken verwendet. Als erster Verbau in Deutschland gilt eine AKN-Strecke im Jahre 1989. Die DB hat aufgrund der genannten Problematik der Stopf- und Richtarbeiten nur wenige Streckengleise, meistens als Versuchsstrecke, hiermit ausgestattet. Dem geringeren Schotterbedarf wurde in DB-Gleisen auch keine Rechnung getragen, denn als Rückfallebene wurde der Bahnkörper so ausgeführt, dass ein Schwellenwechsel auf einen anderen Schwellentyp jederzeit möglich ist.

Private Streckeninfrastrukturbetreiber waren mutiger. Sie haben die Schotterersparnis genutzt, die diese Schwelle mit sich bringt. Aufgrund der besonderen Schwellenform reichen 25 cm bis 30 cm Schotter vor Kopf aus. Die verkürzte Länge der Schwelle von 2,30 m sorgt für eine weitere Einsparung. Ebenso die geringe Dicke, denn die Schwelle ist nur 9,5 cm hoch. Außerdem werden auf diesen Strecken geringere Geschwindigkeiten gefahren, so dass kaum Instandhaltungsarbeiten am Gleis anfallen.

Die Anwendung in einer Festen Fahrbahn ist prinzipiell möglich. Dahingehende Versuche waren jedoch nicht von Erfolg gekrönt (siehe [Kapitel 10.1.1.7](#) zur Festen Fahrbahn).

10.1.1.5.4 Betonschwellen

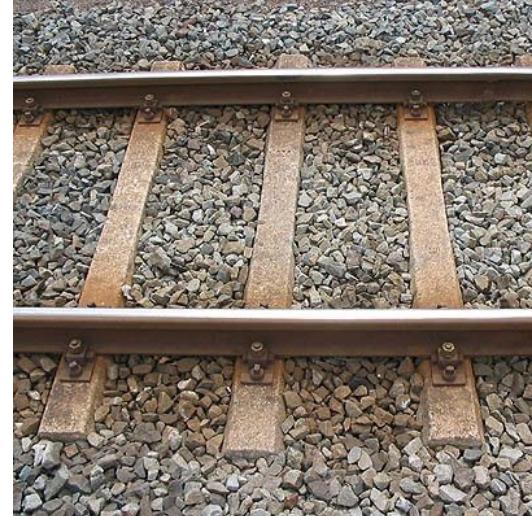
In den vergangenen Jahren wurden in Deutschland bei Neu- und Umbauten von Gleisen bevorzugt Betonschwellen verwendet. Sie sind deutlich schwerer als die Holzschwellen, so dass eine dauerhafte Gleislage erreicht wird. Folgende Regelbauarten sind gebräuchlich (Die Zahl in der Schwellenbezeichnung bezeichnet i.d.R. das erste Herstellungsjahr):

- B55K (gebaut bis 1960) bzw. B58K (gebaut bis 1970), ab 1970 die B58-W54 (Bundesbahn, weit verbreitet)
- BS66 (hauptsächlich ab 1968 im Einsatz, DR, weit verbreitet)
- B70 (Bundesbahn, Standardschwelle, jetzt deutschlandweit im Einsatz)
- B75 (nur abschnittsweise auf der Schnellfahrstrecke Hannover-Berlin verbaut)
- B90 (Schwerer Oberbau sowie vor und hinter Betonschwellen-Weichen)

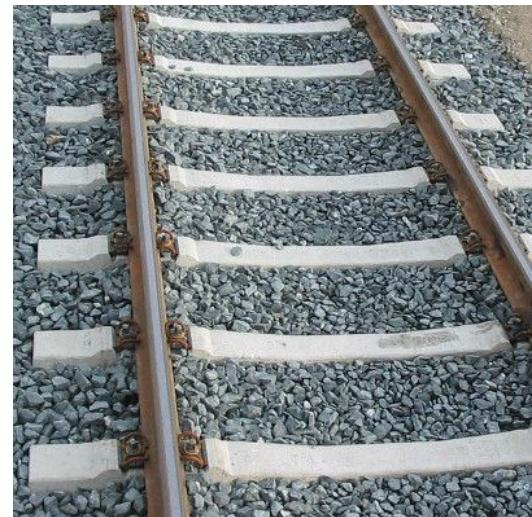
- B93 (Rechteckprofil, wie Weichenschwellen)

Um die Kosten für Neueinbauten in Gleisen nachgeordneter Bedeutung einzusparen, werden altbrauchbare Betonschwellen auch wieder aufgearbeitet und weiterverwendet.

Die erste Betonschwelle in Deutschland war die B55 mit einer Breite vom 2,40 m. Nachdem die stabilere Lage gegenüber der Holzschwelle erkannt wurde, ist sie in den Hauptabfuhrstrecken über 120 km/h bevorzugt eingebaut worden und wurde in Strecken mit bis zu bis 200 km/h Höchstgeschwindigkeit verbaut. In Hauptgleisen von Hauptabfuhrstrecken wird diese Schwelle mittlerweile nicht mehr neu eingebaut. In den Nebengleisen und auf weniger wichtigen Strecken findet man die Schwelle B55 jedoch auch heute noch oft. Sie wird in diesen Strecken auch bei Gleiserneuerungen (aufgearbeitet) eingebaut.



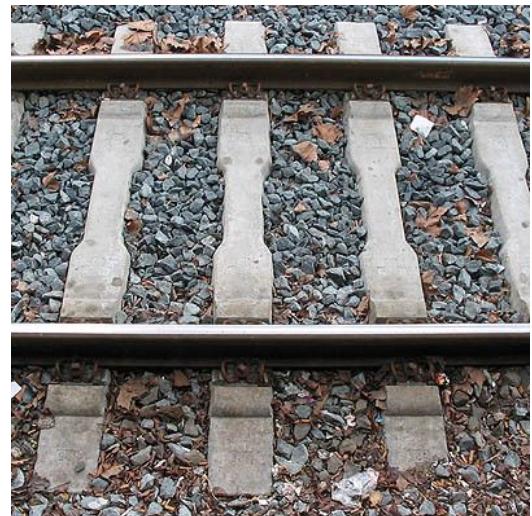
Zur Verwendung in den wichtigen und durchgehenden Hauptgleisen der Bahn wird die Betonschwelle B70 eingebaut. Sie stellt die Regelschwelle im Gleisbau dar und ist 2,60 m lang und 303,5 kg schwer. Sie eignet sich für Gleisanlagen mit bis zu 22,5 t Achsgewicht und für Geschwindigkeiten bis 230 km/h. Die ersten Neubaustrecken Hannover – Würzburg und Mannheim – Stuttgart wurden ebenfalls mit diesem Schwellentyp ausgestattet und können mit 280 km/h befahren werden. Danach wurde diese Schwelle auch noch teilweise in der Neubaustrecke Hannover – Berlin eingebaut.



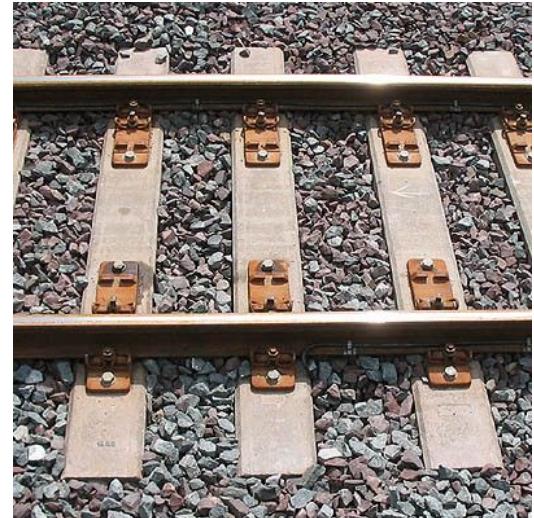
Das nebenstehende Bild zeigt die Schwelle B55 direkt zwischen zwei B70, wodurch besonders gut zur Geltung kommt, dass die B70 deutlich größer und schwerer gebaut und in der Mitte stärker tailliert ist.

Auf der Strecke Hannover – Berlin im Bereich Gardelegen befinden sich Versuchsabschnitte. Dort wurden gegenüber der B70 schwerer ausgeführte Schwellen verwendet, auch wurden Versuche mit veränderten Schwellenabständen durchgeführt. Aus diesen Erkenntnissen heraus wurde die Umfahrung Stendal bereits mit der B75 gebaut. Man musste bei dieser Bauart gegenüber klassischen Schwellentypen die Stopfmaschinen modifizieren, damit sie die Schwellen noch anheben können (normalerweise befindet sich 35 cm Schotter unter der Schwelle, dadurch wurden längere Stopfpickel nötig), außerdem ist die Schwelle 2,80 m lang, weswegen auch die Vorkopfverdichtungsgeräte modifiziert werden mussten.

Nachdem die B75 nur als Prototyp vorlag und somit eine besondere Zulassung notwendig wurde, wurde als zukünftige Variante die optisch sehr ähnliche Schwelle B90 (siehe Bild rechts) als Regelschwelle für den schweren Schotterooberbau abgeleitet. Diese besonders massiven Gleisschwellen werden bevorzugt auf den mit Schotterbett ausgerüsteten Schnellfahrstrecken angewendet. So wurden die Streckenabschnitte der Neubaustrecke Köln-Rhein/Main zwischen den Bahnhöfen Köln und Siegburg sowie zwischen dem Flughafen Frankfurt und dem Hauptbahnhof Frankfurt mit diesem schweren Schotterooberbau gebaut.



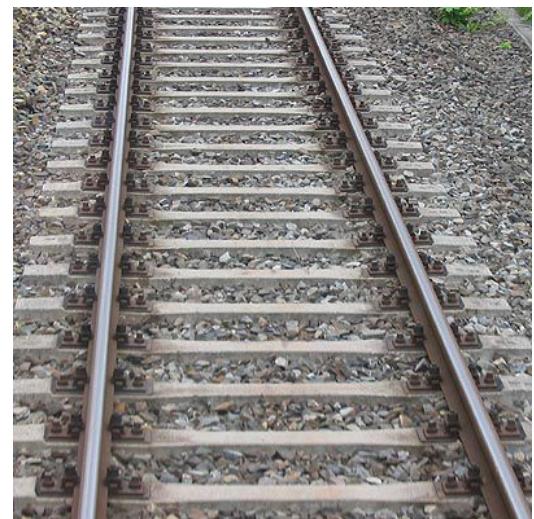
Die Schwelle B93 ist eine besonders schwere Ausführung und kommt bei Weichen, Schutzschienen usw. zum Einsatz. Sie weist im Querschnitt ein einfaches Rechteckprofil auf, wie es bei Weichen für unterschiedliche Schwellenlängen und Befestigungspunkte benötigt wird. Das nebenstehende Bild zeigt B93, die zusätzlich für die Aufnahme von Schutzschienen vorbereitet sind.



In Ostdeutschland wurden etwas zeitversetzt ebenfalls Betonschwellen eingebaut, insbesondere die Bauform BS66. Weitere Bauformen unterschieden sich unter anderem in ihren Abmessungen. Die BS62 ähnelt der BS66, besitzt aber pro Rippenplatte nur zwei Schwellenschrauben. Die BS60 ist ähnlich der BS66, die Schienenneigung 1:20 bzw. 1:40 wurde mit der entsprechenden Rippenplatte hergestellt, während die Schienenneigung bei der BS66 bereits im Schwellenkörper realisiert war. Die BS60 ist eine sehr massive Schwelle und auf Nebenbahnen heute noch recht häufig anzutreffen.

Die BS78 kam erst Mitte der 80er Jahre auf und wurde hauptsächlich auf Hauptbahnen eingebaut, ist heute aber auch teilweise durch die Wiederverwendung der Stoffe auf Nebenbahnen anzutreffen. Von den einschlägig bekannten Alkalischäden waren nur die Betonschwellen BS65 und BS66 betroffen, zumeist mit Herstellungsjahren zwischen 1975 und 1985.

Typische Merkmale der BS65 sind Rippenplatten mit jeweils zwei Schwellenschrauben sowie die Stufe in der Oberfläche außen an den Rippenplatten.



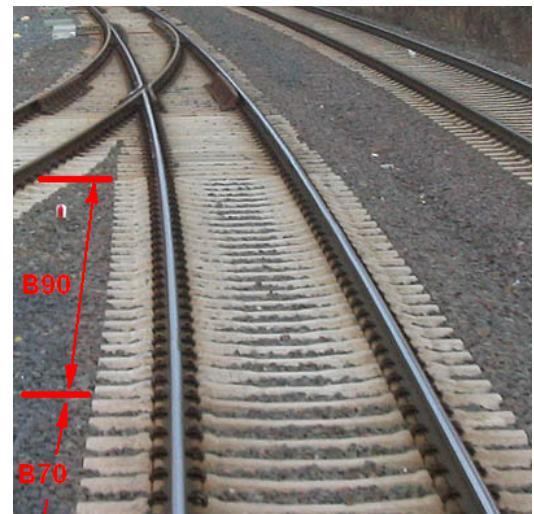
Die BS66 (siehe Bild rechts) ist leicht zu verwechseln mit der BS60, aber an der Rippenplatte kann man es eindeutig erkennen. Bei der BS66 entspricht die Oberseite bereits der Schienenneigung 1:40, dementsprechend hat die Rippenplatte außen die gleiche Stärke wie innen. Die Rippenplatten auf der BS60 haben dagegen außen eine deutlich sichtbare Stufe. Weiterhin sieht man den BS60 das höhere Alter meist an.



Manche Lieferlose dieser Schwellen wurden allerdings bis 1985 mit einem alkalihaltigen Zement hergestellt, der diese Schwellen reißen ließen, so dass durch Wassereindringung mit der Zeit schwere Beschädigungen durch Abplatzungen an den Schwellen entstanden. Da die Schäden erst nach einer längeren Liegedauer aufgetreten sind und die erforderlichen Sanierungen nicht zeitgleich durchgeführt werden konnten, waren auch noch nach der Wende viele Streckenabschnitte geschädigt und mussten in ihrer Höchstgeschwindigkeit herabgestuft werden.

Die Schotterquerschnitte bei Betonschwellen sind identisch mit denen der Holzschwellen, wobei für den schweren Schotteroerbau bis zu 35 cm Schotter unter der Schwelle eingebaut werden. Außerdem muss der größeren Länge der Betonschwelle Rechnung getragen werden. In Strecken mit höheren Geschwindigkeiten als 160 km/h wird der Schotter vor Kopf von 40 cm auf 50 cm verbreitert.

Wegen der stabilen Lage der Betonschwellen werden zunehmend auch die Weichen in den Betonschwellengleisen mit Betonunterschwellung ausgeliefert und eingebaut. Um die Elastizität der starren und stabil liegenden Weiche auf die des „weicheren“ Gleises anzupassen, werden vor und hinter den Weichen die schweren Betonschwellen B90 verwendet. Das nebenstehende Bild zeigt eine solche Anordnung. Es werden max. 25 Schwellen dieser Übergangsschwellen mit Schwellenabstand 60 cm eingebaut. Der Einbau geschieht nur zwischen Weichen und freiem Gleis, nicht zwischen Weichen.



Anwendung in Zusi: Der Übergang von Schwellenbauarten in Weichenbereichen sollte entsprechend der vorgenannten Hinweise gestaltet werden. Insbesondere der unmittelbare Wechsel von Holz- auf Betonschwellen direkt am Weichenbausatz fällt dem Kenner unvorteilhaft ins Auge und ist daher möglichst zu vermeiden.

10.1.1.6 Schotter

Die Schwellen werden in einem Schotterbett gelagert. Durch Verdichtungs- und Hebe-maschinen wird das Schotterbett so stabilisiert, dass die jeweiligen Schwellentypen darin stabil, d.h. mit hohem Widerstand gegen Quer- und Längsverschiebung eingelagert sind. Das Größtkorn hat eine zulässige Größe von 56 mm, das Kleinstkorn ist auf 40 mm begrenzt. Durch die Scharfkantigkeit der Schottersteine ergibt sich eine Verzahnung. Die Farbe des frischen Schotters hängt vom jeweils liefernden Steinbruch ab und kann stark variieren.

10.1.1.7 Feste Fahrbahn

Für Schnellfahrstrecken mit Geschwindigkeiten von über 230 km/h stellt mittlerweile die Feste Fahrbahn die Regelbauform dar. Unterhalb dieser Geschwindigkeiten werden in Schotter gelagerte Schwellen eingebaut.

Bei den festen Fahrbahnen lassen sich zwei Grundbauformen unterscheiden, die kompakte und die aufgelagerte Feste Fahrbahn. Die Schienenbefestigungspunkte werden bei den kompakten Bauarten in die Betonplatte integriert. Das kann durch Einbetonieren ganzer Schwellen oder durch nachträgliches Anbringen der Punkte auf Fertigteilplatten geschehen. Die aufgelagerte Bauart besteht aus Schwellen, die auf einem festen Planum fixiert werden. Diese Bauart hat in Deutschland keine große Verbreitung.

Schwellen dienen in der kompakten Festen Fahrbahn „nur“ noch als Spurhalter. Um die Verbindung mit dem Beton der Tragschicht zu verbessern, werden diese Schwellen nur als Schwellenköpfe ausgeführt. Auf diesen werden die Schienen befestigt. Zwischen den Schwellenköpfen werden Eisengitterträger einbetoniert, die das Spurmaß garantieren. Andere Festen Fahrbahnen wurden mit einer sogenannten Halbschwelle gebaut. In diesen Schwellen ist der Betonkörper nur halb so dick wie bei einer klassischen Schwelle, dafür schaut ein Gitterträger in der Breite der fehlenden Betondicke unter der Schwelle heraus. Dieser wird in die Tragschicht einbetoniert und sorgt somit ebenfalls für einen sehr guten Verbund der Schwelle mit dem Konstruktionsbeton der Festen Fahrbahn. Die fehlende Elastizität des Schotters wird durch eine gummierte Schienenbefestigung kompensiert. Der Vermessungsaufwand beim Einbau dieser Gleise ist allerdings sehr hoch. Problematisch ist die Aufrechterhaltung des Verkehrs während einer Sanierung und Erneuerung von Festen Fahrbahnen. Bei der Festen Fahrbahn gibt es zahlreiche Varianten, die teils in nur sehr geringem Umfang eingebaut wurden. Einige sollen hier vorgestellt werden.

10.1.1.7.1 Bauart Rheda

Der erste Versuchseinbau dieser kompakten Festen Fahrbahn erfolgte 1972 in Rheda (Strecke Hannover-Hamm). Es folgten weitere kurze Versuchseinbauten in den folgenden Jahren, bis 1985 zwei längere Tunnel der Schnellfahrstrecke Hannover-Würzburg ausgerüstet wurden. Neben weiteren Einzelstücken ist insbesondere die Schnellfahrstrecke Hannover-Berlin zu erwähnen, die auf längeren Abschnitten mit Rheda ausgerüstet ist. Auch große Teile der Schnellfahrstrecke Köln-Rhein/Main wurde mit Rheda ausgestattet. Im Laufe der Jahre wurden die Details der Konstruktion immer weiter optimiert, so dass es innerhalb der Rheda-Bauart zahlreiche Unterschiede gibt.

10.1.1.7.2 Bauart Züblin

Diese Bauart wurde von der Firma Züblin entwickelt und wird nicht mehr neu eingebaut. Sie besteht aus Schwellenköpfen mit einem Abstandshalter (Stahlband), die mit einer Fertigungsmaschine eingerüttelt werden.

Erste Großanwendung war im Marksteintunnel auf der NBS Mannheim-Stuttgart. Weitere Einbauten erfolgten zwischen Wittenberge und Dergenthin und auf Abschnitten der NBS Oebisfelde-Berlin und auch Köln-Rhein/Main.



10.1.1.7.3 Bauart BTD II

BTD steht für Betontragplatte mit Direktauflagerung. Das Konzept sieht eine hochgenaue Betontragplatte vor, auf der die Schwellen direkt abgelegt werden mit einem Fließ auf der Unterseite des Schwellenkopfes. Anschließend wurden die Schwellenköpfe zu der Aufkantung mittels eines Mörtels in der seitlichen Lage gehalten und die zu sehende Schraube sollte verhindern, dass die Schwelle bei Überfahrt durch den Zugsog abhebt und dass sie sich in der Lage verschiebt. Einbauten erfolgten auf Abschnitten der NBS Oebisfelde-Berlin.



10.1.1.7.4 Bauart Rheda 2000

Mit der erstmals zwischen Leipzig und Halle verbaute Bauart Rheda 2000 wurde die Schwelle gegenüber der Bauart Rheda noch weiter aufgelöst. Es handelt sich um eine in der Dicke nur halb ausgeführte Betonschwelle (im Vergleich zu Schwellen anderer Festen Fahrbahnen). Der Rest unterhalb des Betonkörpers besteht „nur“ aus einem Gitterträger. Diese Schwelle wird in einen Trag- und Konstruktionsbeton eingebettet. Vorteil: geringe vom Konstruktionsbeton umspülte Schwellenbetonfläche, kein Trog erforderlich, guter Verbund mit dem Konstruktions- und Tragbeton durch den Gitterträger, geringe Gesamthöhe der Festen Fahrbahn.



Nachteil: Es ist keine Befahrung des verlegten Gleises vor der Betonage möglich, weil die Gitterträger keine Belastung vertragen (eine im Trog abgelegte, noch nicht ausgerichtete Feste Fahrbahn auf Vollblockschwellen bzw. Zweiblockschwellen ist zumindest befahrbar).

10.1.1.7.5 Bauart Getrac

Die Bauart Getrac ist ein Vertreter der aufgelaerten Festen Fahrbahn. Es werden Betonschwellen auf einem Asphaltplanum verlegt. Einbauten erfolgten 1995 in Berlin und 2002 in Rheinland-Pfalz auf einigen km Länge.



10.1.1.7.6 Feste Fahrbahn mit Y-Schwelle

Die Feste Fahrbahn mit Y-Schwelle ist ebenfalls eine aufgelagerte Bauform. Sie wurde testweise zwischen Vienenburg und Ilsenburg (1996) sowie bei Dessau (1994) eingebaut. Die Schwellen liegen dort auf Asphalt. Der Schotter dient lediglich dazu, die Sonnenstrahlen vom Asphalt fernzuhalten, da dieser ohne Beanspruchung (wie z.B. bei einer Straße) unter UV-Licht nur begrenzt haltbar ist. Außerdem schluckt der Schotter auch Schall, so dass die Fahrgeräusche reduziert werden.

Nach diesem Einbau einer Y-Schwelle auf Asphalt wurde die Bauweise aufgegeben, da sich durch die Drei-Punkt-Auflagerung ungewünschte Verkantungen und schlecht korrigierbare Gleislagefehler ergeben. Durch den recht weichen Asphalt ergibt sich nach einer Belastung von 1 bis 3 Jahren eine deutlich bessere Gleislage, da der Asphalt Lagefehler automatisch ausgleicht. Dieses funktioniert natürlich nur in eine Richtung. Also zu hoch liegende Schwellen werden eingedrückt, zu niedrig liegende aber nicht angehoben. So wird die Gleislage später wieder schlechter. Die Zweipunktauflage hat sich als lagestabilier, zumindest aber leichter korrigierbar herausgestellt.



10.1.1.8 Schienenbefestigung

Die beiden gängigen Schienenbefestigungen sind auf den folgenden Bildern zu sehen.

K-Oberbau: Eine Rippenplatte mit 1:40 geneigter Schienenauflage, Klemmplatte (deshalb K-Oberbau), die mit Hakenschraube und doppelten Federringen die Schiene hält. Zwischen Schiene und Rippenplatte kann sich eine Kunststoffzwi-schenlage befinden. Die Klemmplatte wird über 160 km/h nicht verwendet.



Spannklemmenoberbau: Leistenplatte mit Spannklemme (SKL), Schwellenschraube und Zwischenlage aus Kunststoff oder Metall. Im Gegensatz zur starren Spannklemme befestigt sie die Schiene elastisch.



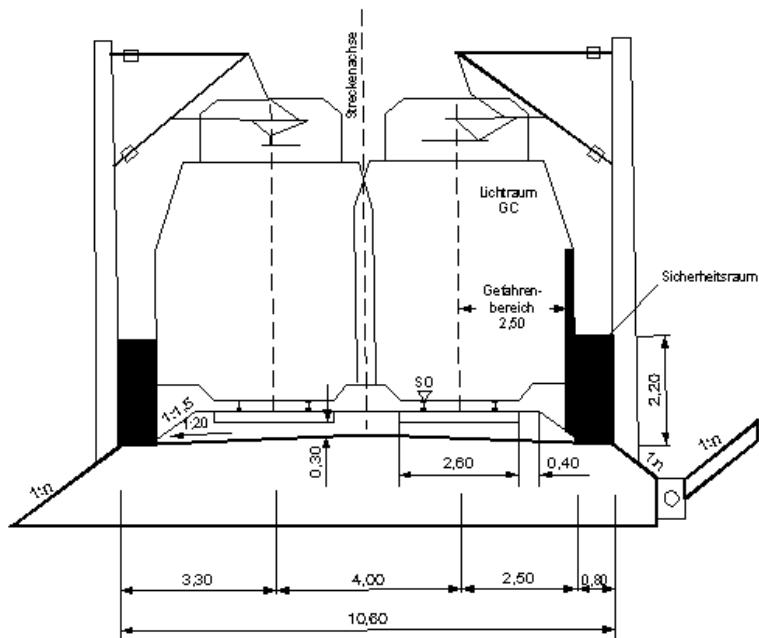
Anwendung in Zusi: Die Auswahl des Oberbaus im Komplettpaket Schienenprofil + Schwellen + Befestigung + Schotter erfolgt im Gleisplaneditor bzw. dem 3D-Editor. Am komfortabelsten ist es, die Oberbauart bereits im Gleisplaneditor festzulegen. Die erforderlichen Informationen zur Einbindung der vorgefertigten Texturen sind für die Standard-Gleisbauformen bereits hinterlegt. Die angegebenen Maße für das Schotterbett sind bei den Zusi-Standardvorgaben alle identisch gesetzt, um einen problemlosen Übergang zwischen verschiedenen Oberbauarten zu gewährleisten. Die bei Verwendung der Stahlschwelle mögliche geringere Schotterhöhe würde also beispielsweise nicht automatisch berücksichtigt. Wer dermaßen präzise bauen möchte, sollte sich weitere Oberbauvorlagen im 3D-Editor erstellen - und muss dann beim Übergang auf eine andere Oberbaubauart manuell einen nahtlosen Polygon-Übergang herstellen.

10.1.1.9 Regelquerschnitte

Im folgenden werden einige Regelquerschnitte beschrieben. Zu beachten ist, dass vor Kopf der Schwelle die Schotterbettung 40 cm beträgt - bei Geschwindigkeiten über 160 km/h sind es 50 cm, danach kommt der Platz, der noch vom Schotter für die abfallende Schotterkante benötigt wird. Anschließend ist ein 80 cm breiter freier Sicherheitsraum vorgesehen, bevor Einbauten wie Oberleitungsmaste oder Signale angeordnet werden dürfen.

Die Einhaltung der freizuhaltenden Räume neben dem Gleis kann anhand der nachfolgenden Regelquerschnitte, zumindest für neue Strecken, nachvollzogen und umgesetzt werden.

10.1.1.9.1 Zweigleisiger Streckenquerschnitt auf Erdkörper, bis 160 km/h

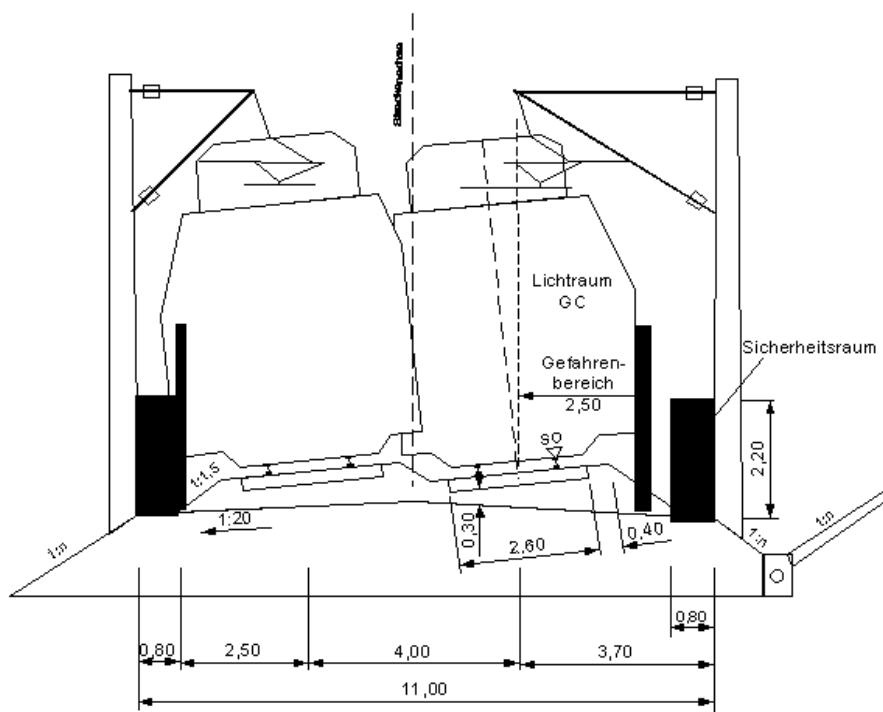


Schotteroerbau mit $u=0$ (Zeichnung Michael Poschmann auf Basis Richtlinie 800.0130
Streckenquerschnitte auf Erdkörpern, Deutsche Bahn AG, 1997)

Anmerkungen: Für Holzschwellengleise mit einer Schwellenlänge von 2,50 m ändert sich nur das Schotterbett, nicht der Bahnkörperquerschnitt.

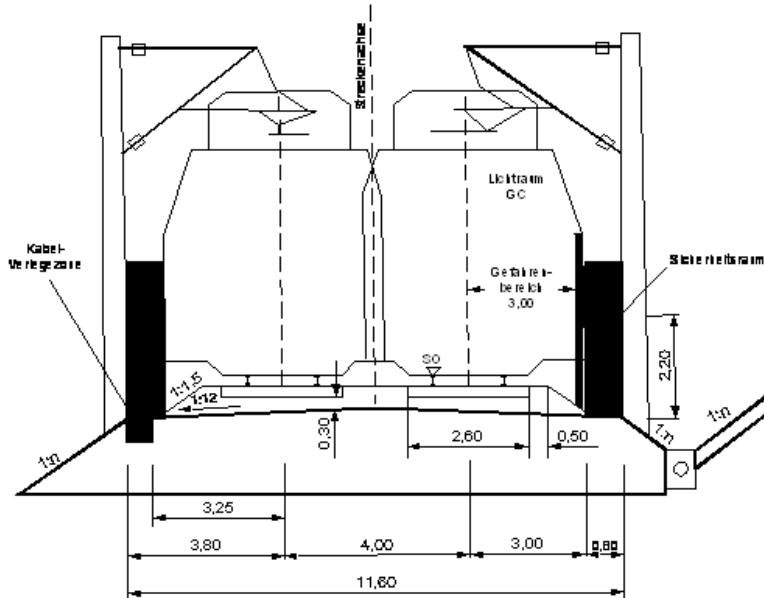
Falls ein Kabelkanal vorhanden ist, liegt er außerhalb der Maste. Das gilt auch für eine Schallschutzwand.

10.1.1.9.2 Überhöhter zweigleisiger Streckenquerschnitt auf Erdkörper, bis 160 km/h



Schotteroberbau mit $u=160\text{mm}$ (Zeichnung Michael Poschmann auf Basis Richtlinie 800.0130 Streckenquerschnitte auf Erdkörpern, Deutsche Bahn AG, 1997)

10.1.1.9.3 Zweigleisiger Streckenquerschnitt auf Erdkörper, 160 bis 200 km/h

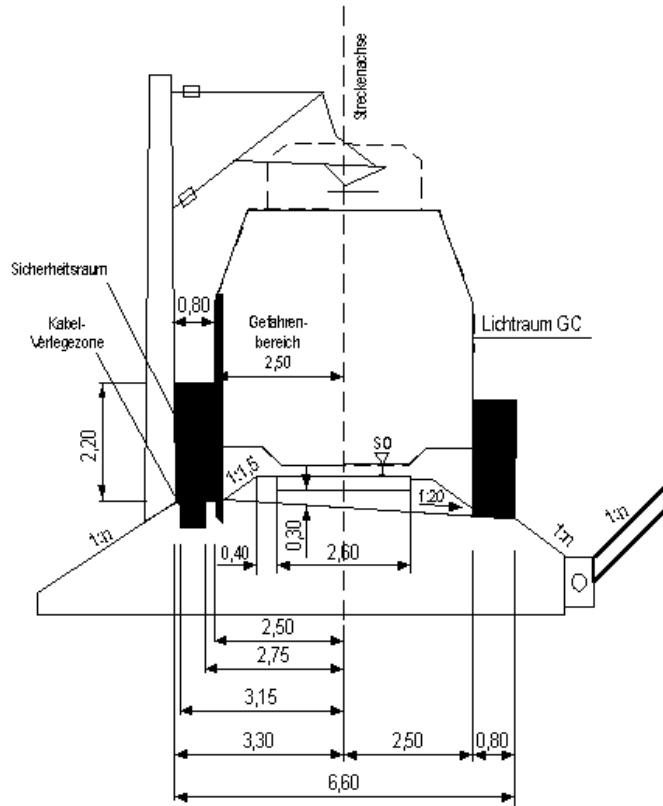


Schotteroberbau mit $u=0$ (Zeichnung Michael Poschmann auf Basis Richtlinie 800.0130 Streckenquerschnitte auf Erdkörpern, Deutsche Bahn AG, 1997)

Hinweis: Für Teilstrecken mit Ausbaustrecken-Standard kann dieser Querschnitt in Anpassung an den vorhandenen Gleisabstand von $a=4,00\text{ m}$ bis 230 km/h angewandt werden, wenn für die erhöhte Geschwindigkeit nur Züge mit günstigen aerodynamischen Eigenschaften (z.B. ICE) eingesetzt werden.

Ein Kabelkanal liegt innerhalb der Oberleitungsmaste, eine Schallschutzwand außerhalb.

10.1.1.9.4 Eingleisiger Streckenquerschnitt auf Erdkörper, bis 160 km/h



Schotterooberbau mit $u=0$ (Zeichnung Michael Poschmann auf Basis Richtlinie 800.0130
Streckenquerschnitte auf Erdkörpern, Deutsche Bahn AG, 1997)

Anwendung in Zusi: Das Einhalten entsprechender Abstände ist Sache des Streckenbauers und wird von Zusi nicht kontrolliert. Bei ungenauen Planungsgrundlagen, d. h., wenn ohne IVL-Pläne gebaut wird, neigt man schnell dazu, die Einbauten zu dicht an die Gleisachse zu setzen. Für einen vorbildgetreuen Nachbau sollten daher die beschriebenen Richtwerte als Ausstattungsgrundlage angewendet werden.

Für die konstruktive Ausbildung von Bahndämmen und Einschnitten haben sich auf Erfahrungswerten basierende Standards durchgesetzt. Bei Böschungen beträgt die Neigung im Regelfall 1:1,5. Dies entspricht etwa 34° . Uferböschungen, die regelmäßig oder bei Überschwemmungen von Wasser umspült sind, sollten flacher angelegt sein. Es empfiehlt sich eine Neigung von 1:2 bis 1:3. Als Böschungsbefestigungen werden natürliche Pflanzendecken oder Pflasterung verwendet. Alternativ können Stützmauern erstellt werden. Am Fuß eines Bahndamms findet sich üblicherweise ein Seitengraben, um Oberflächenwasser abzuleiten und eine Durchfeuchtung des Damms zu verhindern. Bei schrägem Untergrund genügt oftmals das Anlegen eines hangseitigen Grabens.

Die Neigung von Einschnitten wird in Abhängigkeit von den angetroffenen Gebirgseigenschaften gewählt. Als Richtwerte gelten:

- reiner Lehmboden 1:2,5 (22°)
- sandiger Lehmboden 1:2 (27°)

- Sand und Kies 1:1,5 (34° , dieser Wert stellt gleichzeitig die Regelneigung von Böschungen dar)
- fester Ton 1:1 (45°)
- festes Gebirge 1:0,75 (53°) oder steiler, ggf. sogar senkrecht

Als Schutz gegen Abrutschen werden Böschungen in gleicher Weise wie Dämme befestigt. Üblicherweise werden Entwässerungsgräben angelegt, um die Bauwerke trocken zu halten und dadurch das Risiko von Rutschungen zu minimieren.

Anwendung in Zusi: Die Neigung von Einschnitten oder Dämmen kann im 3D-Editor als Parameter eingestellt werden. Als Defaultwert ist die oben genannte Regelneigung vorbelegt. Abhängig von der Bodenbeschaffenheit kann dieser Wert mit den vorgenannten Anhaltswerten variiert werden.

Die Erstellung von Entwässerungsgräben ist nicht automatisiert, kann jedoch in Abhängigkeit von vorliegenden Vorbildinformationen und gewünschter Detailtreue zum Beispiel mit dem Formkurvenwerkzeug recht einfach durchgeführt werden.

10.1.1.10 Gleistrassierung

Beim Ausbau bestehender Gleisanlagen – beispielsweise der Optimierung für höhere Geschwindigkeiten – aber auch dem Neubau müssen eine Vielzahl von Anforderungen an die Trassierung der Strecke berücksichtigt werden. Vorgaben für die Streckeneigenschaften wie zulässige Höchstgeschwindigkeit oder maßgebliche Längsneigung sind zu beachten, gleichzeitig kann aufgrund des vorhandenen Geländes die Notwendigkeit bestehen, Brücken, Dämme, Einschnitte oder Tunnel anzulegen. Ferner sind durch Zwangspunkte wie vorhandene Bebauung vorgegebene Korridore für die Linienführung bestimmt, innerhalb derer mit den bestehenden Freiheitsgraden eine Strecke so anzulegen ist, dass neben den technischen, betrieblichen und raumordnerischen Anforderungen auch wirtschaftliche Aspekte wie Bau- und Betriebskosten sowie der erforderliche Grunderwerb berücksichtigt werden. Somit stellt die Trassierung von Gleisanlagen eine anspruchsvolle Ingenieraufgabe dar. Es ergibt sich dabei stets ein Zielkonflikt zwischen geringem technischen Aufwand/Kosten und einer möglichst hohen Strecken-Höchstgeschwindigkeit.

Nach dem Abstecken und Vermessen der Linienführung werden Lage- und Höhenpläne ausgearbeitet sowie die zu errichtenden Querschnitte geplant. Als iterative Aufgabe werden die zu bewegenden Massen ermittelt und Verbesserungen der Linienführung vorgenommen. Ist die endgültige Lage der Trasse gefunden, können die erforderlichen Bauwerke bestimmt werden. Das gesamte Planungsergebnis muss vor der Ausführung baubehördlich abgenommen werden.

Es dürfte hier zu weit gehen, alle Regeln und vor allem die zulässigen Ausnahmen einer Trassierungsplanung wiederzugeben. So können hier nur Grundlagen angesprochen werden. Trotzdem sollen die Angaben soweit vollständig sein, dass die Trassierung einer Phantasiestrecke nach Regeldaten erfolgen kann.

10.1.1.10.1 Radius des Gleisbogens

Aufgrund der von der Bahn festgelegten Werte für den Ruck – also die zeitliche Änderung der Beschleunigung - und die Seitenbeschleunigung sind die zulässigen Radien in Gleisen im Vergleich zum Straßenbau verhältnismäßig groß.

Nachfolgend wird das Vorgehen bei der Bestimmung des Trassierungsradius' anhand verschiedener Parameter wie der Überhöhung des Gleises und der zulässigen Geschwindigkeit aufgezeigt und anhand eines Rechenbeispiels erläutert.

Im Gleisbau wird die Krümmung K als tausendfacher Kehrwert des Radius R in der Form $1000 / R$ angegeben. Der zulässige Mindestradius eines nicht überhöhten Gleises wird zum einen über das Ruckkriterium nach folgender Formel ermittelt, wobei v die zulässige Höchstgeschwindigkeit und K die Krümmung darstellen:

$$v = \sqrt{\frac{9000}{\Delta K}} \rightarrow \Delta K = \frac{9000}{v^2} \text{ mit } v[\text{km/h}], K[1000/\text{m}]$$

Ermitteln wir den Radius eines nicht überhöhten Beispielgleises, das mit 100 km/h befahren werden darf:

$$\Delta K = \frac{9000}{100^2} = 0,9 \rightarrow R = \frac{1000}{0,9} = 1111,11[\text{m}]$$

Der Radius R des Gleisbogens müsste also mindestens 1111,1 m betragen.

Als zweites Kriterium wird der Überhöhungsfehlbetrag überprüft, der diesem Gleis zu Grunde zu legen ist.

Nach der unten stehenden Tabelle für Überhöhungsfehlbeträge u_f darf dieser gemäß Ermessensspielraum zwischen 70 und 130 mm betragen. Die Formel für die Überprüfung des Überhöhungsfehlbetrages lautet:

$$R = v^2 \frac{11,8}{u \pm u_f} \text{ mit } R[\text{m}], v[\text{km/h}], u[\text{mm}]$$

Da die Überhöhung u Null betragen soll, ist nur der Überhöhungsfehlbetrag u_f zu berücksichtigen. Wenn man einen mittleren Überhöhungsfehlbetrag von 100 mm einträgt, ergibt sich für das mit 100 km/h zu befahrende Beispielgleis ein Mindestradius von 1180 m.

$$R = 100^2 \frac{11,8}{0 \pm 100} = 1180[\text{m}]$$

Wenn man nun zur Überprüfung den sich aus der Ruckberechnung ergebenden Radius von 1111,1 m zu Grunde legt und nach dem Überhöhungsfehlbetrag auflöst, so beträgt dieser 106,2 mm und liegt somit im Ermessensspielraum.

Nach Überprüfung beider Kriterien kann also der Radius für 100 km/h ab 1111,1 m gewählt werden. Je größer er gewählt wird, umso fahrgastfreundlicher, sprich komfortabler, erfolgt die Durchfahrt. Außerdem ist natürlich der Verschleiß im Gleis geringer, je weiter man sich von den Grenzwerten entfernt. Hier folgen gängige Radien mit zulässiger Geschwindigkeit in Tabellenform:

Radius [m]	Geschwindigkeit [km/h] bei überhöhtem Gleis	Radius [m]	Geschwindigkeit [km/h] bei überhöhtem Gleis
180	60	1200	155
200	65	1300	160
240	70	1500	170
280	80	1700	180
350	85	1800	190
400	90	2000	200
450	95	2200	205
500	100	2400	210
550	105	2600	220
600	110	2800	230
700	120	3000	235
800	130	3200	245
900	135	3500	255
1000	140	4000	270
1100	150	4500	290

Anwendung in Zusi: Im Gleisplaneditor sowie im 3D-Editor werden die Vorgaben für den Radius und die zulässige Geschwindigkeit automatisch und komfortabel durch die Absteckrechner-Funktionalität berücksichtigt. Sind die grundlegenden Parameter gesetzt, so ist bei der Trassierungsplanung vorrangig die Streckengeschwindigkeit für die Ermittlung des Gleisbogens maßgebend. Verstöße gegen die Regeln werden dem Streckenbauer angezeigt und können interaktiv durch Variation der Parameter des Absteckrechners oder durch Veränderung der Entwurfsgeschwindigkeit bereinigt werden.

10.1.1.10.2 Übergangsbogen

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, entsteht beim Wechsel des Bogenradius ein „Ruck“. Dieser ist je nach Differenz zwischen den Radien und Geschwindigkeit mehr oder weniger stark ausgeprägt. Dieser Ruck reduziert den Fahrkomfort und erhöht den Verschleiß, er reduziert aber nicht die fahrbare Geschwindigkeit.

Aus diesem Grund wird häufig ein sogenannter Übergangsbogen eingesetzt. Dieser Übergangsbogen ändert vom Anfangsradius kontinuierlich den Bogenradius bis zum Erreichen des Zielradius. Somit entsteht ein mehr oder weniger fließender Übergang von einem Radius zum nächsten Radius. Natürlich gilt dieses auch bei Wechseln von bzw. zu einer Geraden. Weiterhin dient ein Übergangsbogen auch dazu, dass eine mögliche Überhöhung sich gleichmäßig ändert.

Ein Übergangsbogen hat aber auch zwei Nachteile, zum Einem ist er in der Herstellung aufwändiger und somit teurer, zum Zweiten reduziert er den möglichen Bogenradius aufgrund seines Platzbedarfs. Deshalb werden Übergangsbögen nicht immer eingesetzt. In der Regel kommen Übergangsbögen nur auf Streckengleisen und in den Hauptgleisen (Durchfahrgleisen) von Bahnhöfen zum Einsatz. Nebengleise bzw. Überholgleise in Bahnhöfen haben in der Regel keine Übergangsbögen. Auch sehr große Radien über 5.000 m weisen häufig keine Übergangsbögen auf.

Anwendung in Zusi: Im Gleisplaneditor sowie im 3D-Editor werden Übergangsbögen automatisch und komfortabel durch die Absteckrechner-Funktionalität berücksichtigt. Die Funktionalität des Absteckrechners ermöglicht auch den Verzicht auf Übergangsbögen bzw. einen Übergangsbogen nur auf einer Seite des Bogens. Der Übergangsbogen wird automatisch in Abhängigkeit des Bodenradius und der Trassierungsgeschwindigkeit berechnet.

10.1.1.10.3 Ermittlung von Überhöhungen

Um hohe Geschwindigkeiten auch in kleineren Radien fahren zu können, werden diese überhöht.

Beispiel: Ein nicht überhöhter Radius von 1200 m darf mit 100 km/h befahren werden, ohne die zuvor beschriebenen Grenzwerte und Regeln zu verletzen. Gleiches kann auch auf dem Radius von 650 m erfolgen, der mit 85 mm überhöht ist.

Die Überhöhung wird in mm angegeben. Sie wird zwischen den Werten 0 und 160 mm im Schotterbett, in der Festen Fahrbahn bis 170 mm hergestellt. Als kleinste Überhöhung werden 20 mm eingebaut. Nach oben erfolgt die Abstufung der Überhöhungen in Schritten von 5 mm. Wenn eine Überhöhung berechnet wird, ist das Ergebnis immer auf den nächsten 5 mm Schritt aufzurunden.

Um eine Überhöhung herzustellen, wird das Gleis linear in Form einer Klothoide auf die ermittelte Überhöhung gebracht.

Die Formel für die Längenentwicklung, also die Rampenlänge l, lautet als Funktion der zulässigen Geschwindigkeit v und der Überhöhung u:

$$l = 10v \frac{u}{1000} [\text{m}] \text{ mit } v[\text{km/h}], u[\text{mm}]$$

In unserem Beispiel des Gleisbogens mit 650 m Radius, der mit 85 mm überhöht und mit 100 km/h befahren werden soll, gilt:

$$l = 10 \cdot 10 \frac{85}{1000} = 85 \text{ m}$$

Die Rampe für die Entwicklung der 85 mm Überhöhung bei einer mit 100 km/h befahrenen Strecke ist also 85 m lang.

In beengten Bereichen kann die Überhöhungsrampe auch mit der Formel

$$l = 8 \cdot v \cdot \frac{u}{1000} [\text{m}] \text{ mit } v[\text{km/h}], u[\text{mm}]$$

ermittelt werden, was bei uns eine verkürzte Länge von 68 m ergeben würde.

Auf die anderen Möglichkeiten, einen Radius zu überhöhen (geschwungene Rampe, Bloss-Kurve) soll hier nicht weiter eingegangen werden. Für den Streckenbau in seiner momentanen Genauigkeit wird eine Klothoide ausreichend sein.

Zwischen zwei gegenläufigen Bögen mit Übergangsbögen ist eine Zwischengerade mit einer Länge l von mindestens $0,4 \times v$ anzuordnen. Dabei stellt v wieder die zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit dar. Wenn für diese Zwischengerade kein Platz ist, können die Übergangsbögen als Ermessensspielraum auch ohne ein weiteres dazwischenliegendes Trassierungselement aneinander gefügt werden.

Wenn die Geschwindigkeit aller verkehrenden Züge weitgehend gleich ist (oft gegeben auf Mischbetriebsstrecken wie z.B. Altenbeken – Northeim oder Altenbeken – Kreiensen, alle Streckenabschnitte können nur mit maximal 100 km/h befahren werden), wird die Überhöhung nach der Formel für die Regelüberhöhung ermittelt. Sie lautet:

$$u = 7,1 \frac{v^2}{R} \text{ mit } u [\text{mm}], v [\text{km/h}], R [\text{m}]$$

Damit treffen alle Züge, die 100 km/h fahren können, exakt die Überhöhung an, die sie für die Kurvendurchfahrt benötigen. Die langsamer fahrenden Güterzüge müssen die zusätzliche Überhöhung, der sich aus dem für ihre Geschwindigkeit bestimmten Überhöhungsfahlbetrag ergibt, Fahrkomfort mindernd in Kauf nehmen.

Auf den Hauptabfuhrstrecken sind allerdings die Geschwindigkeiten der dort fahrenden Züge deutlich unterschiedlich:

- Güterzüge fahren 80 – 120 km/h
- Nahverkehrszüge fahren 120 – 160 km/h
- Fernzüge fahren 160 – 200 km/h

Die Differenz der höchsten zur niedrigsten auf der Strecke gefahrenen Geschwindigkeiten beträgt also bis zu 120 km/h.

Hier muss die Überhöhung auf ein Maß begrenzt werden, mit dem alle Zuggattungen letztendlich zurecht kommen. Es wird in der Regel eine Überhöhung gewählt, die für die sehr schnellen Züge nicht ganz ausreicht, für die Güterzüge aber immer noch zu hoch sein dürfte.

Die Überhöhung, die dem schnell fahrenden Zug fehlt, nennt man Überhöhungsfahlbetrag u_f , diejenige, die der Güterzug zuviel hat, Überhöhungüberschuß.

Die Überhöhungsfahlbeträge sind für Gleise und Weichen unterschiedlich hoch. Die wichtigsten Vorgaben sind in den nachstehenden Tabellen zu finden.

Im vorgenannten Beispiel beträgt der Mittelwert von minimaler und maximaler Geschwindigkeit 140 km/h. Die Regelüberhöhung in einem 2000 m Radius würde dann lauten:

$$u = 7,1 \frac{140^2}{2000} = 69,58 \text{ mm, also } 70 \text{ mm}$$

Für die maximale Geschwindigkeit von 200 km/h wären es dann zu wählen:

$$u = 7,1 \frac{200^2}{2000} = 142 \text{ mm, also } 145 \text{ mm}$$

Dem schnellen Reisezug würden also 75 mm Überhöhung fehlen, um auf ein ideal überhöhtes Gleis zu treffen. Nach der Richtlinie darf der Fahlbetrag zwischen 70 mm (Regelbetrag) und 130 mm (Ermessensgrenze) liegen. Somit würden wir nur gering in den Ermessensbereich hineinkommen, was für diese Betrachtung vollends ausreichend sein dürfte. Die dem Güterzug zuviel zugemutete Überhöhung fällt in dieser Betrachtung nicht weiter ins Gewicht.

Für die Überhöhungsrampenlänge I wäre allerdings die maximal zulässige Geschwindigkeit maßgebend, also

$$l = 10 \cdot 200 \frac{70}{1000} = 140m$$

Planungswerte für die Überhöhung u	Gleise	Weichen, Kreuzungen, Kreuzungsweichen, Schienenauszüge
Herstellungsgrenze	20 mm	20 mm
Regelwert	100 mm Bahnsteige 60 mm	60 mm
Ermessenswert	Schotteroerbaub 160 mm Feste Fahrbahn 170 mm Bahnsteige 100 mm	120 mm ABW mit starrem Herzstück: 100 mm

Wichtig und erwähnenswert ist noch der Hinweis, dass an Bahnsteiganlagen ebenfalls ein überhöhtes Gleis möglich ist, aber die Überhöhung nicht die Werte der freien Strecke erreicht. Diese Vorgabe kann gegebenenfalls bei Unterwegshaltepunkten einmal wichtig werden, um die Gleisüberhöhung im Bahnsteigbereich korrekt zu gestalten.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Überhöhungsfehlbeträge dargestellt. Auch hier fehlt der Zustimmungsbereich für Sonderfälle, denn mit den angegebenen Daten sollte jeder Streckenbau in ausreichender Genauigkeit möglich sein.

Planungswerte Überhöhungsfehlbetrag u _f	Gleise	Weichen, Kreuzungen, Kreuzungsweichen, Schienenauszüge				
		v ≤ 120	120 < v ≤ 160	160 < v ≤ 200	200 < v ≤ 300	
Herstellungsgrenze	-	-				
Regelwert	70 mm	60 mm				
Ermessenswert	130 mm	Weichenbogen mit feststehender Herzstückspitze im Innenstrang	≤ 110 mm	≤ 90 mm	unzulässig	
		Weichenbogen mit feststehender Herzstückspitze im Außenstrang	≤ 110 mm	≤ 100 mm	≤ 60 mm	unzulässig
		Bogenkreuzungen und Bogenkreuzungsweichen	≤ 100 mm		unzulässig	unzulässig
		Weichenbogen mit beweglicher Herzstückspitze	≤ 130 mm		mit der DB-Zentrale abzustimmen	
		Schienenauszüge im Bogen	≤ 100 mm		mit der DB-Zentrale abzustimmen	
		Für Züge mit Neigetechnik	≤ 150 mm		-	

Anwendung in Zusi: Auch die Überhöhungen für Gleisanlagen der freien Strecke werden im Gleisplaneditor sowie im 3D-Editor automatisch vorschriftenkonform durch die Absteckrechner-Funktionalität erstellt. Verstöße gegen die Regeln werden dem Streckenbauer angezeigt und können durch Veränderung der Ermessenswerte des Absteckrechners oder durch Veränderung der Entwurfsgeschwindigkeit bereinigt werden. Der Absteckrechner wählt aber nur einen regelwerkskonformen Vorschlag aus. Andere (den Vorschriften genügende) Auslegungen müssen im Bedarfsfall manuell hergestellt werden. Die abweichenden Werte für die Trassierung von Weichenstraßen werden nicht automatisch berücksichtigt und müssen ggf. von Hand anhand der Tabellenwerte angepasst werden.

Baut man auf der Grundlage vorhandener Gleisvermessungspläne, so darf bei guter Übereinstimmung zwischen Zusi-Strecke und Vorbild-Gleisplan davon ausgegangen werden, dass die Vorgaben der Regelwerke erfüllt sind.

10.1.1.10.4 Elementlängen

Ein Trassierungselement (Gerade, Bogen, Übergangsbogen/Klothoide) sollte immer mindestens das 0,4-fache der Streckengeschwindigkeit (km/h) lang sein, um einen hohen Fahrkomfort zu gewährleisten.

Beispiel: Streckengeschwindigkeit 160 km/h: $0,4 \times 160 = 64$ m.

Abweichungen von dieser Vorgabe sind zulässig.

Anwendung im Zusi-Streckenbau: Es empfiehlt sich, vor dem Einbau die Parameter der Absteckrechner-Gleisbögen auf die Einhaltung dieser Werte zu überprüfen. Auch hier gilt, dass die Verwendung von maßstäblichen Vorbildgleisplänen im Regelfall eine vorgabenkonforme Trassierung ermöglicht. Anhaltspunkte sind zudem im Plan vermerkte Angaben zu Beginn und Ende von Übergangsbögen sowie Kurvenradien.

10.1.1.10.5 Zwischengeraden

Kurven dürfen nur unter bestimmten Bedingungen aneinandergefügt werden. Wenn die Überprüfung zweier unmittelbar aneinandergefügter Radien nach der Geschwindigkeitsformel die zu erreichende Geschwindigkeit erlaubt, darf die Trassierung in dieser erfolgen. In diesem Fall ist das Ruckkriterium erfüllt. Ansonsten muss umtrassiert werden. Die Formel für die zulässige Geschwindigkeit gilt für nicht überhöhte Radien.

$$v = \sqrt{\frac{9000}{|\Delta K|}} \text{ mit } K [1000/m], v [km/h]$$

Die Krümmung K ist wiederum in 1000 / R angegeben. ΔK ergibt sich dann durch die Addition oder Subtraktion der jeweiligen Krümmungswerte. Ist der zweite Radius gegenläufig, muss addiert werden; ist er gleichläufig, wird er subtrahiert.

Wenn nun einem Radius von 200 m, der mit 40 km/h befahren werden kann, ein zweiter, gegenläufiger, gleichgroßer Radius angeschlossen werden soll, muss man wie folgt rechnen:

$$v = \sqrt{\frac{9000}{K_1 + K_2}} \text{ mit } K [1000/m], v [km/h]$$

Mit $K_1 = \frac{1000}{200} = 5$ und $K_2 = \frac{1000}{200} = 5$ ergibt sich:

$$v = \sqrt{\frac{9000}{5+5}} = 30 [km/h]$$

Liegt dieser Bogen mit einem Halbmesser 200 m hingegen alleine zwischen zwei geraden Gleisstücken, lautet die Berechnung der Geschwindigkeit wie folgt:

$$v = \sqrt{\frac{9000}{5}} = 42 [km/h]$$

Das ist auch gleich der Beweis, dass sich zwischen zwei Weichen immer eine Zwischengerade befinden muss, denn ansonsten können die Weichenradien nicht mit der vorgegebenen Abzweiggeschwindigkeit befahren werden. Und diese Regel betrifft nicht nur den Abstand zweier Weichen, sondern auch das an einen Weichenabzweig anschließende Gleis.

Hinweis: Bei einigen Standardweichen endet der abzweigende Strang in einem geraden Teilstück. Dieses gerade Teilstück kann und wird bei der Längenermittlung der Zwischengerade berücksichtigt. So hat z.B. die Weiche S54-190-1:9 am Ende des abzweigenden Strangs eine Gerade von 6,092 m. Somit wäre beim Einsatz dieser Weiche die erforderliche Zwischengerade in der Weiche schon integriert. Hier kann, wenn erforderlich, der Gegenbogen direkt an dem abzweigenden Strang beginnen. Weitere Beispiele ohne Anspruch auf Vollständigkeit: S54-190-1:7,5 = 0,64 m, S54-300-1:9 = 0 m, S54-500-1:12 = 0 m, S54-500-1:14 = 9,274 m.

Jetzt hätte ein Element, dessen Mindestlänge nach der Formel $0,4 \times v$ ermittelt werden würde, in einer Weichenverbindung keinen Platz. Deshalb darf die Elementlänge alternativ wie folgt ermittelt werden:

- Bis 70 km/h Abzweiggeschwindigkeit: $0,1 \times v$, aber mindestens 6 m
- Über 70 km/h Abzweiggeschwindigkeit: $0,1 \times v$ bis $0,15 \times v$ (Ergebnis jeweils in m)
- Als Faustformel für den Zwischenbogen in einer Verbindung zweier Bogenweichen gilt: $\frac{1}{2}(R_1 + R_2)$. Er verläuft in der gleichen Ausrichtung wie die Bögen, in der die Überleitverbindung eingebaut werden soll, also als Rechts- oder Linksbogen, so, wie die durchgehenden Hauptgleise.

Anwendung in Zusi: Die Absteckrechner-Funktionalität ermittelt automatisch zulässige Abfolgen von Korbbögen und Gegenbögen und fügt die erforderlichen Zwischengeraden ein. Das gilt aber nur innerhalb eines Arbeitsschrittes des Absteckrechners. Beim Anbau an bereits vorhandene Gleise wird eine ggf. notwendige Zwischengerade nicht erkannt und muss manuell erstellt werden. Der Gleisplaneditor gibt ebenfalls keine Warnungen oder Hinweise - die Zwischengeraden zwischen Gleisbögen und Weichen müssen vom Streckenbauer eigenständig in ausreichender Länge berücksichtigt werden. Diese fachlichen Details mögen im Gleisplaneditor unscheinbar wirken, sind jedoch in der späteren Simulationsumgebung elementare Voraussetzung für einen vorbildgetreuen Eindruck komplexer Weichenstraßen.

10.1.1.10.6 Abstände von Gleisen

Auf der freien Strecke beträgt der Gleisabstand zwischen zwei Hauptgleisen 4 m. Bei sehr alten Strecken sowie im Industriebereich kann dieser Gleisabstand auch zwischen 3,50 m und 3,75 m betragen. Auf den Hochgeschwindigkeitsstrecken Hannover – Würzburg und Mannheim – Stuttgart ist ein Gleisabstand von 4,70 m anzutreffen, auf den Neubaustrecken Hannover – Berlin und Köln – Rhein/Main 4,50 m. Dieser zuletzt genannte Gleisabstand soll allen weiteren Neubaustrecken mit Geschwindigkeiten über 200 km/h zu Grunde gelegt werden. Ausbaustrecken können einen Gleisabstand von 4 m behalten, wobei die Geschwindigkeit auf 230 km/h angehoben werden darf.

Neben diesen Vorgaben für die freie Strecke ergeben sich die Gleisabstände auch aufgrund der gewählten Überleit- oder Abzweiggeschwindigkeit und der daraus resultierenden Weichenform. Die Mindestlängen der Zwischengeraden in einer Weichenverbindung sowie die Endneigung des verwendeten Weichtyps erfordern bestimmte Mindestgleisabstände.

In Bahnhöfen werden die Abstände durch Gleisverschwenkungen aufgeweitet. So besteht zwischen den durchgehenden Hauptgleisen ein Mindestgleisabstand von 4,50 m. Dabei sind 2,20 m neben einem Gleis als Sicherheitsraum freizuhalten. Wenn ein schmaler Signalmast im Gleiszwischenraum verwendet wird, der nur 10 cm breit ist, ergeben sich die genannten 4,50 m. Bei 4,75 m Abstand der Gleisachsen kann auch ein normaler Signalmast verwendet werden.

In Rangierbahnhöfen oder Abstellanlagen muss neben den Gleisen noch genug Platz sein, so dass neben den Güter- oder Personenwagen auch noch ein Rangierer entlanglaufen kann.

Wenn der Gleisabstand nicht bekannt ist, kann als gebräuchliches Regelmaß ein Abstand von 6,40 m gewählt werden. Zum mindesten sollte er deutlich über 5 m liegen. Bei diesen Maßen kann auch eine Lampe oder ein hochstehendes Signal eingebaut werden, ohne dass der am Fahrzeug hängende Zusi-Rangierer Gefahr läuft, sein Leben zu verlieren.

Anwendung in Zusi: Die Einhaltung der Gleisabstände ist vom Streckenbauer eigenständig durchzuführen, Zusi gibt keine Warnungen oder Hinweise. Bei Verwendung von maßstäblichen Vorbildgleisplänen wird mit hinreichender Genauigkeit eine regelwerkskonforme Trassierung erreicht. Alternativ können die vorgenannten Anwendungsfälle als Anhaltspunkte dienen.

10.1.1.10.7 Gleisverschwenkung

Die Gleisachsen werden z.B. vor Bahnhöfen mit einer Gleisverschwenkung aufgeweitet. Wenn diese Gleisverschwenkung ohne Überhöhung und mit Zwischengerade gebaut werden soll, lautet die Formel für den Radius R in Abhängigkeit von der zulässigen Geschwindigkeit v:

$$R = \frac{v^2}{2} \text{ mit } R [\text{m}], v [\text{km}/\text{h}]$$

Beispiel für eine Zuggeschwindigkeit von 90 km/h:

$$\text{Berechnung: } R = \frac{1}{2} 90^2 = \frac{1}{2} 8100 = 4050[\text{m}]$$

Die Mindestlänge der Zwischengerade ermittelt sich nach der Formel $0,4 \times v$, was in unserem Beispiel 36 m ergibt.

Wenn eine Gleisverschwenkung mit überhöhten Gleisen und Übergangsbögen gebaut werden soll, ergeben sich die Radien entsprechend der Berechnungen über die Geschwindigkeit. Hierzu später mehr.

Anwendung in Zusi: Der Absteckrechner gewährleistet automatisch zulässige Abfolgen von Korbbögen und Gegenbögen für Gleisverschwenkungen und fügt die erforderlichen Zwischengerade ein. Der Streckenbauer kann dabei zwischen Verschwenkungen mit und ohne Überhöhung auswählen.

Die Aufweitung eines Gleisabstandes kann auch, wenn die Einfahrt in einem Radius liegt, mit unterschiedlichen Radien erfolgen.

10.1.1.10.8 Längsneigung und Neigungswechsel

In Bahnhöfen werden Gleise und Weichen in der Regel nicht in der Längsachse geneigt. Damit soll verhindert werden, dass Fahrzeuge ohne wirkende Bremsen ins Rollen geraten können. Die maximale Längsneigung soll in Bahnhöfen bei Neubauten 2,5 ‰ nicht überschreiten. In vielen bestehenden Anlagen kann man an den Übergangsbereichen sehr gut erkennen, wie der eher flach geneigte Bahnhofsbereich in einen deutlich stärker geneigten Streckenbereich überleitet. In diesen Neigungsübergängen dürfen auch die Weichen liegen.

Die maximale Längsneigung bei neu zu bauenden Strecken im Mischbetrieb soll 12,5 ‰ nicht überschreiten. In Strecken mit artreinem Verkehr (Schnellfahrstrecke Köln-Rhein/Main oder S-Bahnen) werden bis zu 40 ‰ Längsneigung eingebaut. Auf diesen starken Neigungen ist kein Güterzugbetrieb vorgesehen.

Altstrecken der Bahn weisen Längsneigungen auf, die zwar deutlich über 12,5 ‰ liegen, aber die 40 ‰ nicht erreichen. Die Geislunger Steige besitzt beispielsweise eine Längsneigung von 1:44,5. Das heißt, dass auf einer Strecke von 44,5 m eine Höhe von 1 m überwunden wird. Für die Umrechnung in den Promillewert dividiert man 1000:44,5 und erhält als Ergebnis: 22,47 ‰ Längsneigung. Ab 40 ‰ Neigung gilt eine Strecke als Steilstrecke, was mit besonderen Auflagen verbunden ist. Da diese den Betrieb sehr aufwendig gestalten, gibt es nur wenige, meist eher unbedeutende Steilstrecken in Deutschland.

In Tunneln beträgt die Längsneigung mindestens 2 ‰ oder 4 ‰, je nachdem, ob der Tunnel unter oder über 1000 m lang ist. Durch diese Längsneigung wird der Abfluss von Quellwasser gewährleistet.

Längsneigungswechsel von über einem Promille werden ausgerundet. Die Ausrundungsradien r_a sind geschwindigkeitsabhängig zu wählen und werden nach der folgenden Tabelle berechnet.

bis 230 km/h	ab 230 km/h
Höchstwert $r_a = 25000m$	
Regelwert $r_a = 0,4 \cdot v^2$ mit $r_a[m], v[km/h]$	$r_a = 25000m$
Ermessensgrenze $r_a = 0,25 \cdot v^2$ mit $r_a[m], v[km/h]$ aber $r_a \geq 2000m$	$r_a = 16000m$ bei Kuppen $r_a = 14000m$ bei Wannen
Zustimmungswert $r_a = 0,16 \cdot v^2$ mit $r_a[m], v[km/h]$ bei Kuppen $r_a = 0,13 \cdot v^2$ mit $r_a[m], v[km/h]$ bei Wannen aber $r_a \geq 2000m$	

Der kleinste Ausrundungsradius darf 2000 m nicht unterschreiten. Ausnahme hiervon sind Ablaufberge in Rangierbahnhöfen. Die Länge einer Ausrundung soll 20 m nicht unterschreiten.

Beispiel: In der Strecke wird ein Neigungswechsel notwendig, weil die Streckenneigung von 3,5 ‰ auf 4,8 ‰ - und somit stärker als der Grenzwert 1 ‰ - wechselt. Die Geschwindigkeit im Streckenabschnitt soll 70 km/h betragen.

$$r_a = 0,4 \cdot 70^2 = 1960[m]$$

$r_a = 1960$ m ist ein zu geringer und damit unzulässiger Wert, deshalb wird $r_a = 2000$ für den Ausrundungsradius gewählt. Nachstehend die Formel für die Tangentenlänge T des gewählten Radius r_a , aus der sich die Bogenlänge angenähert ableiten lässt. Dabei stellen s_1 und s_2 die Streckenlängsneigungen dar.

$$T = \frac{r_a}{2} \cdot \frac{(s_1 \pm s_2)}{1000} \text{ mit } T[m], r_a[m], s[\text{‰}]$$

Das negative Vorzeichen berücksichtigt die Differenz zwischen gleichgerichteten Neigungen (starkes Gefälle zu schwächerem Gefälle oder stärkere Neigung zur schwächeren Neigung). Addiert werden gegenläufige Neigungen (Steigung gegenüber Gefälle). Es ist immer die Differenz zwischen beiden Neigungen zu ermitteln. In unserem Fall beträgt diese:

$$T = \frac{2000}{2} \cdot \frac{(4,8 - 3,5)}{1000} = 1,30m$$

Da ein Neigungswechsel nach Vorgabe eine größere Länge als 20 m aufweisen muss, ist der Radius soweit anzuheben, dass eine entsprechende Tangentenlänge und, übertragen auf den Radius, auch eine entsprechend lange Ausrundung entsteht.

Gewählt wird deshalb der Ausrundungsradius von 15400 m. Mit diesem entsteht eine Tangente (= halbe Ausrundungslänge) von 10,01 m.

Die maximal herstellbaren Ausrundungsradien betragen 30000 m.

Anwendung in Zusi: Der Gleisplaneditor ermöglicht im Höhenprofil die Eingabe von Stützpunkten. Diese werden mit 5000 m vorbelegt, eine ggf. nötige Erhöhung der Werte

gemäß der oben genannten Vorschriften muss vom Streckenbauer vorgenommen werden. Zu beachten ist, dass Ausrundungen und Übergangsbögen an gleicher Stelle vermieden werden sollen. Der Gleisplaneditor bietet entsprechende Markierungen, um diesbezüglich kritische Bereiche zu identifizieren.

Einen häufigen Baufehler stellt das Anlegen von Ausrundungen in Weichenbereichen dar. Entgegen dem Vorbild lassen sich die Zusi-Weichen nicht in Längsrichtung biegen, da Zusi-Weichen „am Stück“ als kompletter Bausatz genutzt werden. An den Übergängen zwischen Weichenbausatz und angrenzendem Gleisbereich entstehen in diesen Fällen sichtbare Sprünge der Höhenlage. Um diese zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass im Bereich der Weichenbausätze keine Ausrundung auftritt. Sollte sich beim Vorbild innerhalb der Weichen ein Neigungswechsel befinden, so ist dieser in Zusi entgegen dem Vorbild außerhalb des Weichenbereichs zu verlegen. Auch hier lassen die Markierungen bereits im Gleisplaneditor eine visuelle Kontrolle zu.

Bei Verwendung des 3D-Editors zur Trassierung gewährleistet der Absteckrechner, dass die Ausrundungen gemäß der Vorgaben angelegt werden. Ferner berücksichtigt die Funktionalität automatisch, dass keine Übergangsbögen am gleichen Ort auftreten dürfen, und weist auf entsprechende Trassierungskonflikte hin. Korrekte Neigungswechsel im 3D-Editor anzulegen, ist allerdings deutlich schwieriger als im Gleisplaneditor, weshalb für diesen Arbeitsschritt der Gleisplaneditor zu empfehlen ist.

10.1.1.11 Grundlegendes zu Weichen

Weichen sind Oberbaukonstruktionen, die Schienenfahrzeugen den Übergang von einem auf das andere Gleis ohne Unterbrechung der Fahrt ermöglichen.

Für Strecken mit einer Höchstgeschwindigkeit von 80 bis 100 km/h sind Überleitungsgeschwindigkeiten von 40 bzw. 50 km/h ausreichend. Aus betrieblicher Sicht behindern in diesem Fall abzweigende – und damit langsamere – Zugfahrten keine mit Streckenhöchstgeschwindigkeit verkehrenden Züge. Bei Geschwindigkeiten bis 120 km/h werden Überleitungsgeschwindigkeiten in der Regel mit 60 km/h realisiert, die Abzweiggeschwindigkeiten in die Überholgleise betragen 50 km/h. In Strecken mit noch höherer Endgeschwindigkeit werden Überleitungsbauwerke mit 80 km/h eingebaut, Abzweige werden für 60 bzw. 65 km/h ausgelegt. Letztendlich entscheiden die betriebliche Situation wie auch die Häufigkeit der Überfahrten der Abzweige sowie der zur Verfügung stehende Platz.

Bei der ehemaligen Reichsbahn der DDR gab es keine Weiche mit dem Abzweigradius von 760 m. Auf dem Netz wurden maximal 120 km/h gefahren, so dass die Überleitungen wie auch die Abzweige mit einer Geschwindigkeit von maximal 60 bzw. 65 km/h ausreichten. Somit bestand kein Bedarf an einer Weiche mit 760 m Abzweighalbmesser, der eine Geschwindigkeit von 80 km/h zugelassen hätte.

Für die Wahl der geeigneten Weiche ist auch die Einbausituation und das vorgesehene Betriebsprogramm zu berücksichtigen. Gegeben sei ein Beispiel, bei dem der Bahnsteig eines Bahnsteiggleises nicht mittig in der Bahnhofsanlage, sondern an einem Ende des Gleises liegt. Es bietet sich an, eine mit 80 km/h befahrbare Weiche auf der Seite mit der größeren Entfernung zum Bahnsteig einzubauen und eine für 60 km/h zugelassene auf der Seite, an der der Bahnsteig liegt. Wenn nur Züge mit Halt in dieses Gleis fahren, kann die lange Entfernung der einen Weiche zum Bahnsteig mit der höheren Geschwindigkeit oder in der Beschleunigungsphase mit bis zu 80 km/h überbrückt werden, während auf der anderen Seite die Wege zu kurz sind, um vom Zughalt auf höhere Geschwindigkeiten

zu beschleunigen. Somit kann auf eine Weiche für höhere Geschwindigkeiten verzichtet werden, was zu günstigeren Beschaffungs- und Instandhaltungskosten führt.

Anwendung im Zusi-Streckenbau: Über die einzubauenden Weichenbauarten muss der Streckenbauer anhand von Vorbildunterlagen, Luftbildern oder mit Hilfe der genannten Rahmenbedingungen entscheiden.

10.1.1.12 Bezeichnung von Weichen

Beispiel: „EW 60 – 500 - 1 : 12 fb R (b)“

EW Einfache Weiche
60 Schienenprofil UIC 60
500 Radius des Zweigleises
1:12 Angabe der Endneigung
fb Federnd bewegliches Herzstück
R Rechtsweiche
L Linksweiche
(b) Betonunterschwellung

In Plänen wird noch die Weichenbauform am Einbauort angegeben:

EW Einfache Weiche
IBW Innenbogenweiche
ABW Außenbogenweiche

Weichen mit einem Abzweigradius größer oder gleich 1200 m müssen mit federnbeweglichen Herzstücken ausgerüstet sein. Bei Geschwindigkeiten ab 200 km/h sind ebenfalls federnbewegliche Herzstücke vorgeschrieben.

Mit Ausnahme von Klothoidenweichen und Weichen mit Abzweigradius größer oder gleich 1200 m werden die Weichen mit dem Schienenprofil S 54 und UIC 60 gefertigt. S 49-Weichen werden bei der DB AG nicht mehr neu eingebaut.

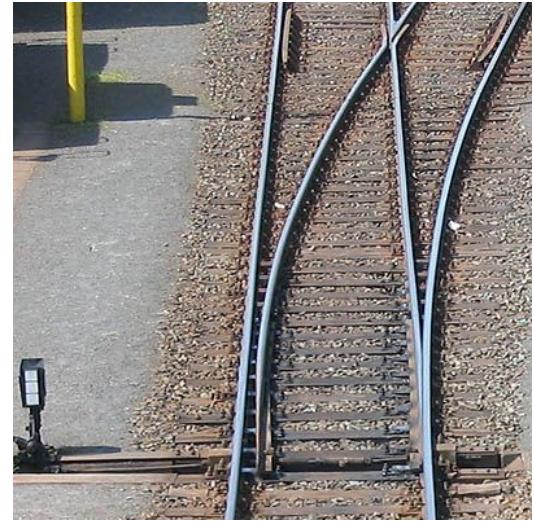
10.1.1.13 Weichtypen

Man unterscheidet die nachfolgend erläuterten Weichtypen:

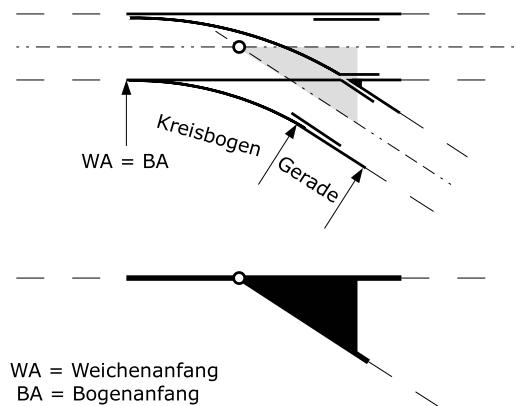
- Einfache Weiche (EW)
- Kreuzungen (Kr) [Flachkreuzungen, Steilkreuzungen]
- Einfache Kreuzungsweiche (EKW)
- Doppelte Kreuzungsweiche (DKW)
- Doppelweichen (DW)

10.1.1.13.1 Einfache Weiche (EW)

Das Bild zeigt eine einfache Weiche. Je nach Bauart kann bei einfachen Weichen der Bogen vor dem Herzstück enden und dann eine Gerade anschließen, oder der Bogen läuft durch bis zum Ende der Weiche.



Die Skizze zeigt die Darstellung der Weichen in Lageplänen im Vergleich zum Aufbau der Weiche: Man beachte, dass der Punkt im Lageplan den Schnittpunkt der Tangenten darstellt und nicht mit dem Weichenanfang oder den Zungen zu verwechseln ist.



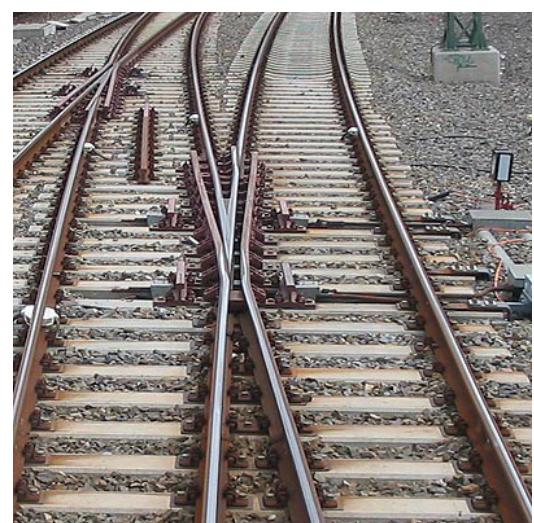
Bauform	Radius [m]	Geschw. Stamm- gleis [km/h]	Geschw. Abzweig [km/h]	Anmerkung
Kreisbogenweichen	190	100	40	Endneigungen 1:9; 1:7,5; 1:6,6; 1:6,6/6,3
	215	40	40	Endneigung 1:4,8
	300	160*)	50	Endneigungen 1:9; 1:9,4; 1:14
	500	160*)	65	Endneigungen 1:12; 1:14; 1:12/1:9
	760	160*)	80	Endneigungen 1:14; 1:14/1:15; 1:18,5
	1200	160*)	100	Endneigungen 1:18,5; 1:18,5/19,277
	2500	160*)	130	Endneigungen 1:26,5; 1:27,85
Klothoidenweichen	3000/1500	300**)	100	neue Bauform, d.h. mit Klo- thoide zwischen den beiden Radien
	4800/2450	300**)	130	neue Bauform
	10000/4000	300**)	160	neue Bauform
	16000/6100	300**)	200	neue Bauform
Korrbogenweichen	6000/3700	250***)	160	alte Bauform
	7000/6000	250***)	200	Bogenwechsel zwischen den Radien 7000 m und 6000 m

*) Nach neuen Richtlinien mit UIC 60 – Schienen und starren Herzstücken bis 200 km/h, mit Ausnahmen auch für 230 km/h geeignet. Mit federnd beweglichen Herzstücken auch bis 250 km/h (alles für Schotterbettgleise)

**) In Schotterbettung nur bis 250 km/h (300 km/h nur in Festen Fahrbahnen)

***) Anwendung nur in Schotterbettgleisen

Durch die Verwendung von federnd beweglichen Herzstücken kann die Überfahrgeschwindigkeit im geraden Strang bis auf 300 km/h angehoben werden. Das gilt allerdings nur für Weichen, die aus dem Schienenprofil UIC 60 entstanden sind. Die kleinste Weiche mit federnd beweglichen Herzstücken und UIC 60-Profil ist die EW 300 1:9.



Weichen mit einem Abzweigradius von mehr als 1200 m wurden erstmals für die NBS Hannover-Würzburg und Mannheim-Stuttgart entwickelt, so wie die 10000/4000 Klothoidenweiche im Bild.



Für die Angaben der Endneigungen von Weichen und Kreuzungen (1:n) gelten folgende Rahmenbedingungen: Die Endneigung einer Weiche ist vom Zweiggleisradius und von seiner Länge abhängig. Sie ergibt sich am Ende der Weiche. Die Maßzahl der Endneigung (z.B. 1:14) bedeutet, dass auf 14 m Länge des Stammgleises das Zweiggleis um 1 m abgerückt ist. Weichen mit gleichen Endneigungen, aber unterschiedlichen Radien, können gegenläufig kombiniert werden. Dabei ist der erforderliche Gleisabstand wegen der erforderlichen Zwischengeraden zu beachten.

Verbindungen mit Bogenweichen in Überhöhungen werden aufgrund der zu erzielenden Abzweiggeschwindigkeiten (falls nicht anders realisierbar) häufig mit unterschiedlichen Abzweigradien der Grundform bei gleicher Endneigung gebaut.

Mit Weichen gleicher Radien, aber mit jeweils unterschiedlichen Endneigungen, können Überleitverbindungen ab 3,50 m Gleisabstand hergestellt werden.

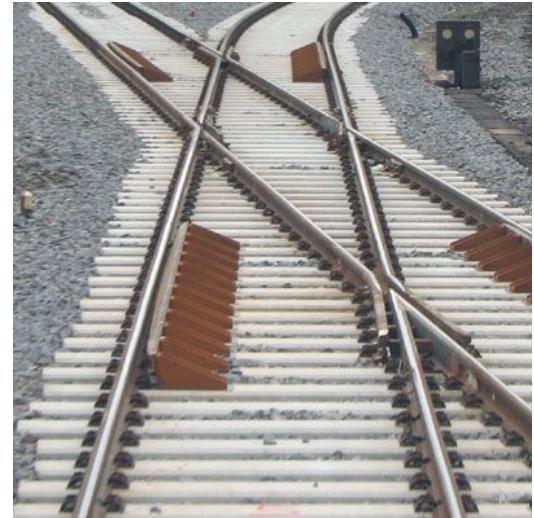
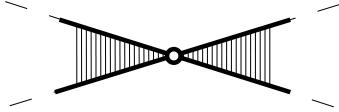
Um die erforderlichen Zwischengeraden in Weichenverbindungen (Überleitverbindungen) ermitteln zu können, zeigt die nachstehende Tabelle die zu verwendenden Weichentypen bei entsprechenden Gleisabständen. Oben ist der Gleisabstand angegeben:

Gleisabstand	3,50m	4,00m	4,50m	5,00m
190 1:9			5	
190 1:7,5	1	2		5
190 1:7,5/6,6		1		2
300 1:14	5		3	
300 1:9/9,4	1	2	5	3
300 1:9	1	2		5
500 1:14	5		3	
500 1:12	1	2		5
760 1:18,5	5		3	
760 1:14/19,277	1	4	2	5
760 1:14	1		4	5
1200 1:18,5/19,277	1	4	2	3
1200 1:18,5	1	4	2	5
2500 1:26,5	1	4	2	5
2500 1:26,5/27,85	1	4	2	5
1	Verwendung nicht möglich			
2	Verwendung bei Neuanlagen mit örtlich begrenzten Verhältnissen			
3	Verwendung möglich (steilere Endneigung)			
4	Verwendung nur bei bestehenden Anlagen			
5	Im Regelfall zu verwendende Weiche			

Anwendung in Zusi: Sind maßstäbliche Vorbildgleispläne verfügbar, so lassen sich die Angaben zu den Weichenbauarten den Unterlagen entnehmen. Alternativ hilft die vorgenannte Tabelle bei der Auswahl einer geeigneten Weichenbauform. Überprüfungen hinsichtlich korrekter Einbausituation gemäß oben erläuterter Richtlinien führt der Gleisplaneditor nicht durch. Sinnvoll wäre es deshalb, den Gleisabstand bei Bedarf aufzuweiten, um die erforderlichen Zwischengeraden bzw. in Bogenweichen Zwischenbögen zu ermöglichen.

10.1.1.13.2 Kreuzungen

Eine Regelkreuzung weist eine Endneigung von 1:9 auf.



Eine Steilkreuzung besitzt eine steilere Endneigung als 1:9 (Beispiel: 1:4,444). Man beachte die nicht vorhandenen Radlenker.



Eine Flachkreuzung hat eine flachere Endneigung als 1:9 (Beispiel: 1:14, 1:18,5). Flachkreuzungen mit Betonschwellen gibt es nur für das Profil S54.

Die Flachkreuzungen verfügen über bewegliche Zungen. So ergibt sich bei der Durchfahrt des Zuges eine geschlossene Fahrkante. Wenn man auf diese beweglichen Zungen verzichten würde, ergäbe sich für das Rad ein zu langer führungsloser Abschnitt.

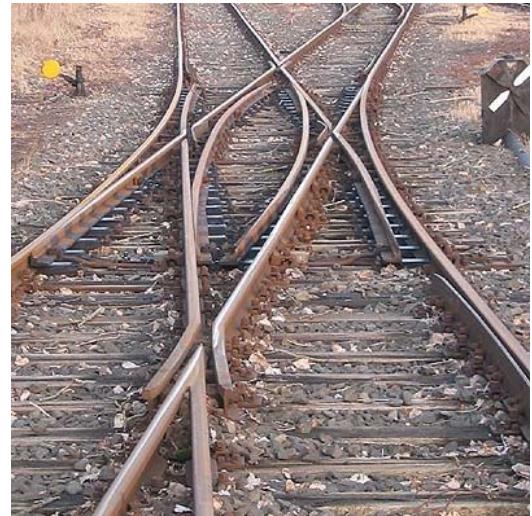
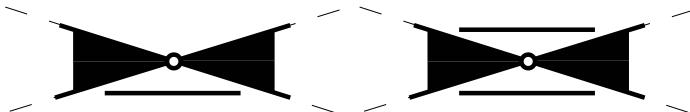


Anwendung in Zusi: Auch für den Einbau von Kreuzungen stellen maßstäbliche Vorbildgleispläne die ideale Planungsgrundlage für einen vorbildgerechten Streckenbau dar. Die Regelkreuzungsbauarten sind in Bibliotheken hinterlegt. Für Kreuzungen mit nicht der Bibliothek vorhandenen Kreuzungswinkeln muss zunächst ein passender Bausatz als 3D-Modell erstellt werden.

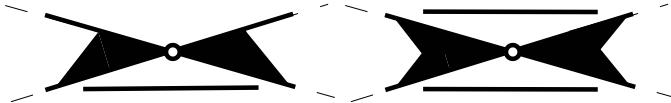
10.1.1.13.3 Kreuzungsweichen

Kreuzungsweichen sind Kreuzungen mit integrierten Weichen. Es gibt zwei Anordnungen der Zungen: Diese können zwischen den Herzstücken (190 m Bogenradius) oder außerhalb (300 oder 500 m Bogenradius) liegen. Die außenliegenden Zungen ergeben eine besonders aufwendige Konstruktion, erreichen aber größere Radien und sind somit abzweigend schneller zu befahren. Wenn eine Fahrbeziehung nicht benötigt wird, reichen einfache Kreuzungsweichen (EKW). Sind beide Abzweigbögen vorhanden, spricht man von doppelten Kreuzungsweichen (DKW).

Kreuzungsweichen mit innenliegenden Zungen (Foto zeigt die DKW), Gleisplansymbol für EKW und DKW:



Kreuzungsweichen mit außenliegenden Zungen (Foto zeigt die EKW), Gleisplansymbol für EKW und DKW:

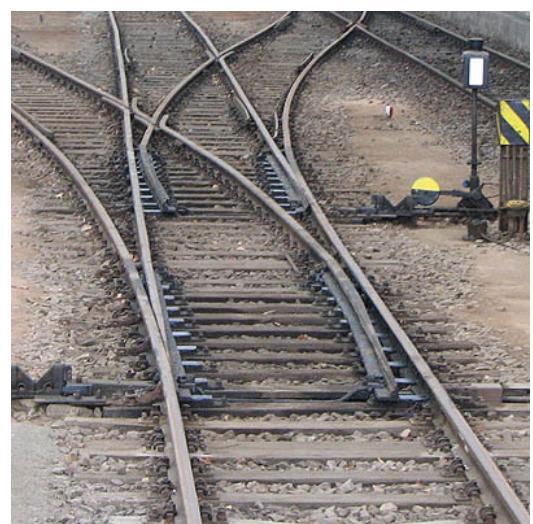
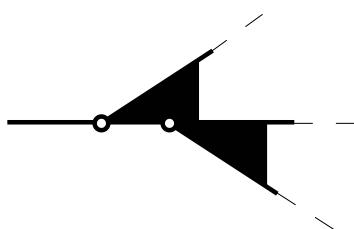


Auf den Neueinbau der EKW oder DKW 300 – 1:9 verzichtet die Bahn seit den siebziger Jahren. Somit konnte die Ersatzteilhaltung vereinfacht werden. Vereinzelt sind diese Kreuzungsweichenformen noch zu finden. Da eine Weiche eine ungefähre Lebensdauer zwischen 10 und 30 Jahren erreicht (je nach Belastung kann diese aber auch darunter liegen) und die Bahn viele Nebenanlagen stillgelegt und zurückgebaut hat, sind diese Bauformen nur noch selten anzutreffen. Doppelkreuzungsweichen mit Betonschwellen gibt es erst seit ca. 2005.

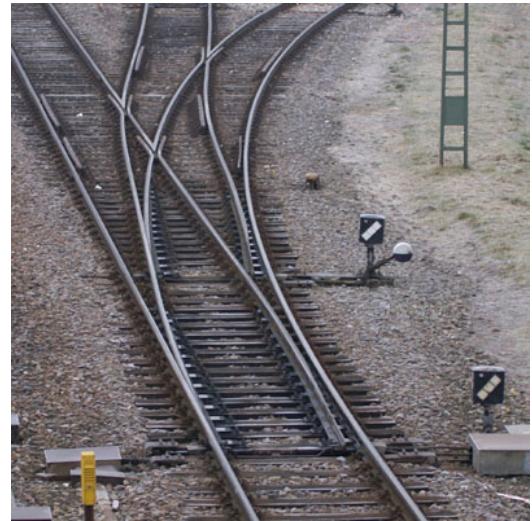
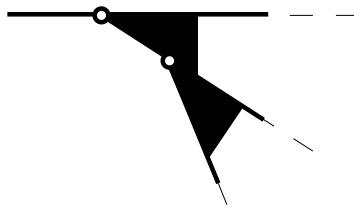
10.1.1.13.4 Doppelweichen

Doppelweichen sind zwei ineinander geschobene einfache Weichen. Sie sind eher selten anzutreffen. Auf privaten Gleisstrecken findet man sie häufiger als auf den öffentlichen. In Hauptgleisen werden Doppelweichen nicht eingebaut, weil der Abzweig zu sehr steilen Herzstücken führt, die nicht für hohe Geschwindigkeiten geeignet sind.

Bezeichnung: DW 190-1:9l u. 1:9r (r = rechts abzweigend; l = links abzweigend)



Bei einseitigen Doppelweichen verzweigen beide Weichen zu derselben Seite:



10.1.1.14 Bogenweichen

Weichen werden nicht nur in geraden Gleisabschnitten, sondern auch in Bögen und Übergangsbögen eingebaut. Wenn der eine Bogen eine andere Krümmungsrichtung aufweist als der zweite Bogen, spricht man von einer Außenbogenweiche. Sind beide Bögen gleichgerichtet gekrümmt, entsteht eine Innenbogenweiche.

In einer Außenbogenweiche wird der abzweigende Radius größer als der in der jeweiligen Grundform der Weiche. Aus diesem Grund ergeben sich auch größere Abzweiggeschwindigkeiten. In Rastatt bei Karlsruhe werden zwei Strecken mit einer symmetrischen Außenbogenweiche zusammengeführt. Nachdem beide Strecken in der Priorität gleich zu behandeln waren, wurde die Zusammenführung mit Weichen des Grundtyps 1200 hergestellt. Durch die symmetrische Aufbiegung ergibt sich nun eine Überfahrgeschwindigkeit in beiden Gleisträngen von 130 km/h anstelle der 100 km/h des Grundtyps, die im abzweigenden Strang zulässig gewesen wären. Durch diese Lösung konnte auf den wesentlich teureren Weichtyp mit dem Grundradius 2500 verzichtet werden, was sich auch positiv auf die Instandhaltungskosten auswirkt.

Liegt die Bogenweiche in der Ebene, kann mit dem Ruckkriterium die Bogendurchfahrtsgeschwindigkeit ermittelt werden. Dabei wird der zulässige Überhöhungsfahlbetrag mit 100 mm festgelegt. Im Ausnahmefall darf dieser auch 110 mm betragen. Hinsichtlich der Überprüfung der zulässigen Geschwindigkeit unterscheidet sich die Trassierung eines Weichenbogens nicht von einem Gleisbogen.

Eine Weiche kann wie auch das Gleis in einer Überhöhung liegen. Dabei sind Geschwindigkeitsprüfungen in den jeweiligen abzweigenden Gleisen durchzuführen. Insbesondere ist zu beachten, dass in Außenbogenweichen das abzweigende Gleis eine negative Überhöhung aufweist. Die negative Überhöhung kann den Vorteil des größeren Radius möglicherweise wieder zunichte machen und eine Herabsetzung der zulässigen Geschwindigkeit erfordern.

Bei der Innenbogenweiche wird der Grundradius der Weiche durch das Biegen verringert. Liegt die Weiche in der Ebene, bedeutet das automatisch auch eine kleinere Abzweiggeschwindigkeit. Wird die Weiche jedoch in einer Überhöhung, so ergibt sich gegebenenfalls

ein Ausgleich: Die Überhöhung sorgt dafür, dass trotz des kleineren Radius die zulässige Geschwindigkeit des Grundtyps erhalten bleiben kann oder zumindest nur knapp darunter liegt.

Es wird nach folgenden Weichtypen in Bögen unterschieden:

- Außenbogenweiche (ABW)
- Innenbogenweiche (IBW)
- Symmetrische Bogenweichen (ABW / IBW)
- Bogenkreuzungen (Bkr)
- Einfache Innenbogenkreuzungsweiche (EIBKW)

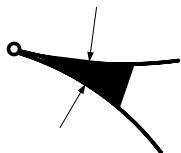
Angegeben wird auch die Bogenweiche immer nach dem Grundtyp, aus dem sie entstehen. Die Angabe „Rechts“ oder „Links“ beschreibt, auf welcher Seite der abzweigende Radius vor der Verbiegung gelegen hat.

Bogenweichen werden aus den standardisierten Regelweichen durch Verbiegen hergestellt. Die Zungenvorrichtung und das Herzstück behalten beim Biegen ihre Abmessungen bei. Auch die Schwellen bleiben erhalten und ändern nur ihre Lage.

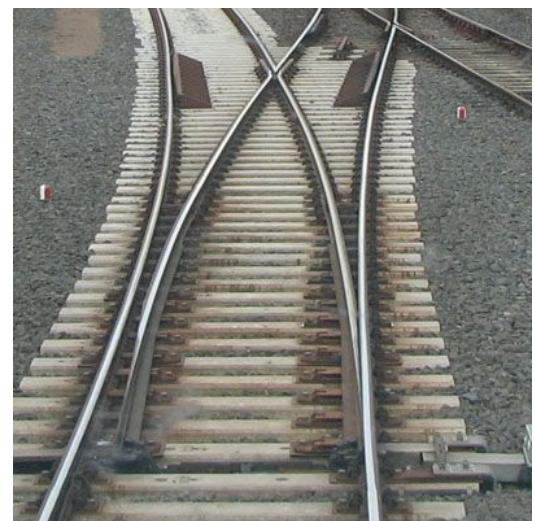
Anwendung in ZusI: Bogenweichen werden aus den Bausätzen der Regelbauarten abgeleitet und im Gleisplaneditor exakt an die Einbausituation angepasst. Durch komfortable Funktionen wird sichergestellt, dass auch Überhöhungen sowie der Ausgleich des daraus resultierenden Höhenversatz zu den Nachbargleisen korrekt nachgebildet werden. Die Anpassung der Weichtexturen erfolgt ebenfalls automatisch auf der Grundlage der hinterlegten Biegeparameter. Es sollten Weichen mit durchgehendem Radius verwendet werden (300-1:9, 500-1:12, 760-1:14, 1200-1:18,5. Dazu ist der Gleisabstand entsprechend aufzuweiten. Andere Weichtypen sind prinzipiell zwar ebenfalls verwendbar, ergeben jedoch ein ungünstigeres Trassierungsbild. Ausnahme: Ein Originalplan mit derartigen Bauformen liegt vor und soll 1:1 umgesetzt werden.

10.1.1.14.1 Außenbogenweichen

Beachte: In Zeichnungen von Bogenweichen wird mit einem Punkt der Weichenanfang angegeben. Auf diese Weise wird der Unterschied zur einfachen Weiche herausgestellt.



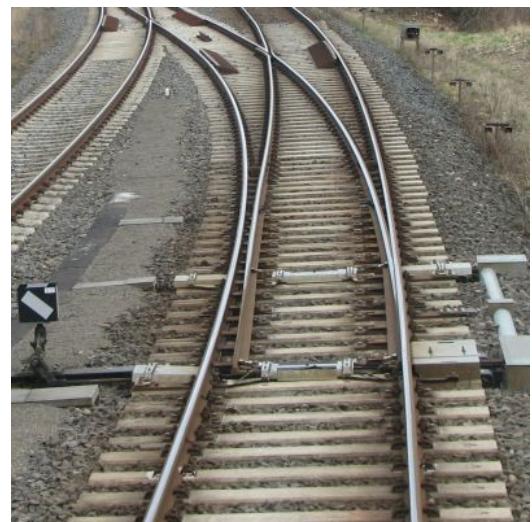
Bei Außenbogenweichen mit geradem Herzstück



werden wie oben zwei Pfeile am Herzstück dargestellt. Beim Bogenherzstück entfallen sie.

10.1.1.14.2 Innenbogenweichen

Bei Innenbogenweichen mit geradem Herzstück werden wie auf dem Bild ein Pfeil am Herzstück dargestellt. Beim Bogenherzstück entfällt er.

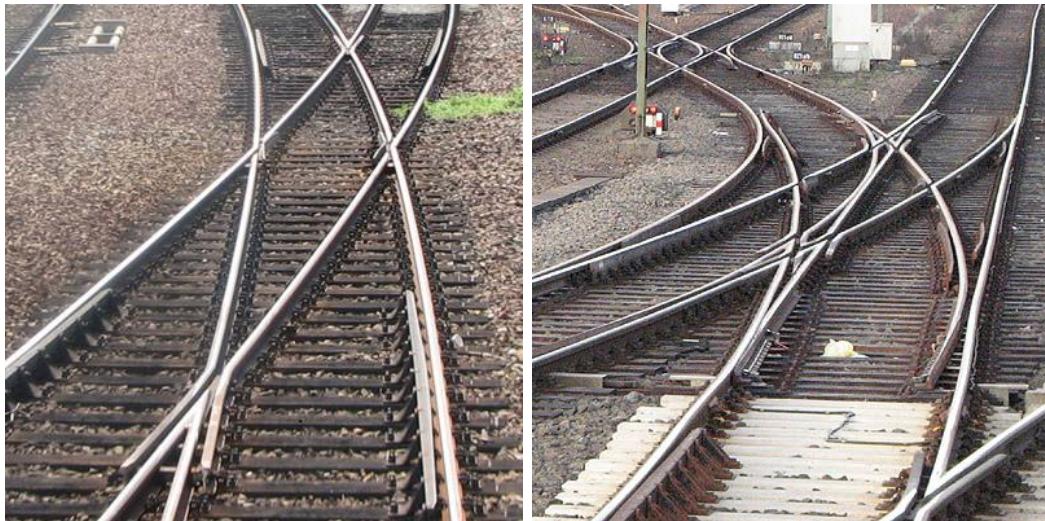


Biegbarkeit von einfachen Weichen zu Innenbogenweichen:

Radius der Weichengrundform r_0 [m]	Kleinster Zweigleisradius r_z [m]	Zugehöriger Stammgleisradius r_s [m]
190	175	2220
300	175	420
500	200	333
760	300	500
1200	442	700
2500	941	1510

10.1.1.14.3 Bogenkreuzungen

Das Symbol im Gleisplan ist identisch mit der Grundform der Kreuzung und wird lediglich in die entsprechende Lage gebogen.



10.1.1.15 Weichentrassierungen

Bereits zuvor wurde als zulässige Geschwindigkeit v in Abhängigkeit von der Überhöhung u und dem Überhöhungsfehlbetrag u_f bestimmt:

$$v = \sqrt{\frac{R}{11,8} \cdot (u \pm u_f)} \text{ mit } v [\text{km/h}], R [\text{m}], u [\text{mm}], u_f [\text{mm}]$$

Um die Geschwindigkeit einer Bogenweiche überprüfen zu können, wird die obige Formel angewendet. Wichtig ist, dass die für die Zugfahrt negative – also in die „falsche“ Richtung zeigende - Überhöhung auch negativ eingeht. Somit wird der Fehlbetrag abgezogen anstelle einer Addition.

Dargestellt sind die Weichengeschwindigkeiten einer EW 500er Weiche, die nicht überhöht ist und einen Überhöhungsfehlbetrag von 100 mm aufweist. Der Nachweis zeigt, wie sich die Abzweiggeschwindigkeit von 60 (65) km/h ergibt:

$$v = \sqrt{\frac{500}{11,8} \cdot (0 + 100)} = 65,09[\text{km/h}]$$

Die zulässige Geschwindigkeit v beträgt nach dem Ruckkriterium mit ΔK als 1000-fachem Kehrwert des Radius:

$$v = \sqrt{\frac{9000}{\Delta K}} \text{ mit } v [\text{km/h}], \Delta K [1000/\text{m}]$$

Das Ruckkriterium muss bei einer Weiche, die in der Geraden oder auf einem durchgehenden Bogen liegt, nicht bestimmt werden. Dieser Nachweis wird aber dann notwendig, wenn sich z. B. vor der Weiche eine Änderung der Krümmung ergibt. Beispiel an einer Weiche mit $R = 500$ m:

$$\Delta K = \frac{1000}{500} = 2[1000/\text{m}]$$

$$v = \sqrt{\frac{9000}{2}} = 67,08[\text{km/h}]$$

Ein Beispiel für die Notwendigkeit zum Führen des Nachweises: Eine 500er Außenbogenweiche hat auf dem Stammgleis den Radius von 1000 m, ebenso auf dem Zweiggleis. Vor der Weiche liegt aber nur ein Rechtsbogen von 600 m Radius. Diese Anordnung führt dazu, dass sich am Weichenanfang ein Bogenwechsel von 600 m zu 1000 m in den gleichgerichteten Radien auf dem einen Gleis ergibt. Dies ist eher unkritisch, weil der Radius vor der Weiche kleiner ist als in der Weiche und deshalb für die Geschwindigkeit ausschlaggebend. Auf dem anderen Strang besteht aber ein Bogenwechsel vom Rechtsbogen mit einem Radius von 800 m auf einen Linksbogen von 1000 m Halbmesser. In der Formel steht ΔK für die Differenz der Krümmungen. Bei gleichgerichteten Bögen wird von der größeren Krümmung die kleinere abgezogen, bei gleichgerichteten Bögen sind die Krümmungen zu addieren.

Krümmung des Gleisbogens vor der Weiche: $1000 / 600 = 1,6667$

Krümmung der Gleisbögen in der Weiche $+/- 1000 / 1000 = +/- 1$

Nach der obigen Formel ergibt sich bei gleichgerichteten Bögen eine zulässige Geschwindigkeit von 116 km/h, bei den entgegen gerichteten Bögen nur von 58,09 km/h. In diesem Fall kann der Abzweig der Weiche nicht mehr mit 60 oder 65 km/h gefahren werden.

Anwendung in Zusi: Bei Verwendung von maßstäblichen Vorbildgleisplänen können die Angaben zu den Weichenbauarten den Unterlagen entnommen werden. Die korrekten zulässigen Geschwindigkeiten können entweder aus zusätzlichen betrieblichen Unterlagen wie zum Beispiel Buchfahrplänen abgeleitet werden. Alternativ können die vorgenannten Eingrenzungen und Formeln als Anhaltspunkte für die Ermittlung der Höchstgeschwindigkeiten dienen. Ein Verbiegen der Weichen über die oben genannten Grenzradien hinaus wird vom Editor nicht unterbunden, sondern muss vom Streckenbauer vermieden werden.

10.1.1.15.1 Überhöhung in Weichen

Alle Kreisbogenweichen können in überhöhten Gleisen als Bogenweichen eingebaut werden. Hingegen werden Klothoidenweichen und Weichen mit großen Abzweigradien in der Regel nicht verbogen und nicht in überhöhten Gleisen eingebaut.

Weichen sollen nicht in einen Übergangsbogen eingebaut werden. Solche Weichen unterliegen einem höheren Verschleiß und müssen aufwendiger gestopft und gerichtet werden. Wenn man sich aber die Entwicklung der Eisenbahn betrachtet, dann war es vielfach so, dass die ursprünglichen Bahnhöfe irgendwann einmal zu kurz waren und die Gleise verlängert werden mussten. Und da die Trassierung oftmals sehr stark an die Geländeform angepasst gebaut worden war und dementsprechend vor und hinter dem Bahnhof Kurven häufig Kurven anzutreffen waren, musste man mit den Weichen zwangsläufig in den Radius hineingehen.

Mehr als 100 mm Überhöhung u sind in Weichenverbindungen nicht möglich, denn 100 mm entsprach dem zugelassenen Überhöhungsfehlbetrag u_f , der dann in der Geschwindigkeitsformel 0 ergeben konnte, was dann zu keinem Ergebnis führte.

Wenn eine Überhöhung u für den abzweigenden Strang negativ war, also zur falschen Seite ausgerichtet, dann muss dieser Wert auch negativ in die Formel einfließen. Das ist bei vielen Außenbogenweichen der Fall (Beispiel: Stammgleis als Rechtskurve mit

Überhöhung, Zweiggleis als Linkskurve, aber wegen der durchgehenden Schwellen mit gleicher Überhöhung als das Stammgleis, und für die Zugfahrt dann entsprechend zur falschen Seite geneigt).

Also wichen man zwangsweise auch in den Übergangsbogen aus. Hier ist es meistens so, dass eine noch in der Geraden liegenden EW in eine ABW oder IBW mündet, die bereits teilweise oder ganz im Übergangsbogen liegt. Aufgrund dessen, dass sich die Überhöhung und der Radius langsam entwickeln, konnte man mit der Geschwindigkeitsformel immer noch eine akzeptable Lösung errechnen. Zwangspunkt an dieser Stelle war, dass die Weiche artrein auszubilden war, was heißen soll, dass im Krümmungsbild der Null-durchgang vermieden werden sollte. Diesen Ausnahmefall (ABW/IBW) trifft man dennoch an, es gibt ihn im Bahnhof Wetzlar.

Auf Nebenstrecken und Nebenhauptstrecken finden sich geringe Radien und kurze Übergangsbögen, so dass der Fall „zum Teil im Übergangsbogen“ (z.T.i.U), wenn überhaupt, häufiger anzutreffen ist als die Lage der ganzen Weiche im Übergangsbogen. Auf den Hauptstrecken wurde zum Teil umtrassiert, was dann zu reinen Bogenweichen geführt hat oder auch zu einfachen Weichen, deren Lage aus dem Bahnhof in die nächste Zwischengerade geschoben wurde.

Aber auch Erhöhungen von Streckengeschwindigkeiten führten unter Umständen zu Weichen in Übergangsbögen, wenn die Rampen und die Überhöhung von dicht an Weichen liegenden Radien verlängert bzw. angehoben wurden. Verkürzte Übergangsbögen (wie Bloss) lassen sich für Weichen leider nicht erstellen. Und bei geraden Rampen lässt sich nicht immer vermeiden, dass deren Verlängerung vor den Weichen endet. In derartigen Fällen war der Planer gezwungen, mit Ausreizen der Ermessenswerte und einigen Tricks eine günstige Trassierung der Weichenstraßen zu erreichen.

10.1.1.15.2 Neigungswechsel in Weichen

Es gelten folgende Trassierungsgrundsätze: Weichen können in Neigungswechsel eingebaut werden. Der Ausrundungsradius beträgt mindestens 2000 m, sollte aber so groß wie möglich gewählt werden. Großbogige Weichen und Klothoidenweichen sollten nicht in Kuppen- oder Wannenausrundungen eingebaut werden.

Anwendung in Zusi: Im Unterschied zu diesen Ermessensspielräumen darf die Weiche bei Zusi nicht in Neigungswechselfeln eingebaut werden, da der Bausatz nicht um die Querachse verbogen wird. Sollte so ein Fall doch nötig sein, muss ein spezieller Weichenbausatz mit einem geeigneten 3D-Programm erstellt werden. Unter dem Gesichtspunkt der Aufwandsoptimierung empfiehlt es sich jedoch, den Ausrundungsabschnitt aus dem Weichenbereich heraus in den angrenzenden Streckenbereich zu schieben und den daraus entstehenden Genauigkeitsverlust der Nachbildung der Vorbildsituation in Kauf zu nehmen.

10.1.1.15.3 Übergangsbögen in Weichen

Alle Weichen bis auf großbogige und Klothoidenweichen dürfen in Übergangsbögen eingebaut werden. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass eine Außenbogenweiche durch das Verbiegen nicht zu einer Innenbogenweiche wird. Der Einbau darf auch so erfolgen,

dass der Übergangsbogen nur teilweise in die Weiche hineinreicht. Die Weiche ist dann in Lageplänen mit „z.T. i.U.“ (zum Teil im Übergangsbogen) gekennzeichnet.

Anwendung in Zusi: Ein Einbau im Übergangsbogen ist problemlos möglich, die Weiche muss lediglich im Gleisplaneditor mit dem Standardverfahren auf die Klohoide gezogen werden. Es sollten Weichen mit durchgehendem Radius verwendet werden (300-1:9, 500-1:12, 760-1:14, 1200-1:18,5. Dazu ist der Gleisabstand entsprechend aufzuweiten. Andere Weichentypen ergeben ein ungünstigeres Trassierungsbild.

10.2 Bahnbauten

10.2.1 Deutschland

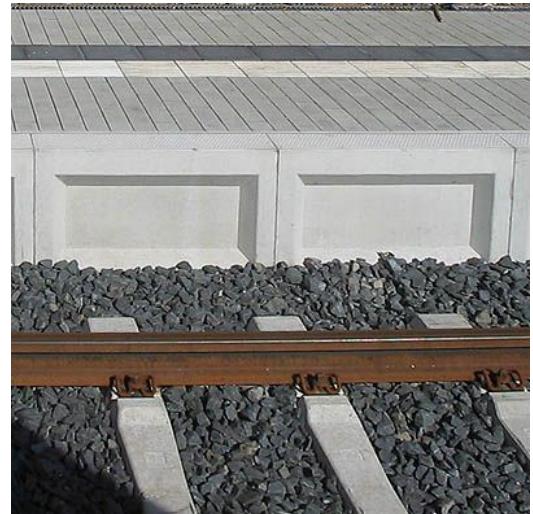
10.2.1.1 Bahnsteige

10.2.1.1.1 Ältere Bauformen



10.2.1.1.2 Regelbauform 38 cm

Diese Bauart wird typischerweise aus Kassettensteinen aus Beton mit den Abmessungen 100 cm x 60 cm x 18 cm erstellt. Die Höhe über Schienenoberkante beträgt 38 cm. Mittlerweile ist es die niedrigste zulässige Bauhöhe. Gleisabstand 1,60 m



10.2.1.1.3 Regelbauform 55 cm

Diese Bauhöhe ist inzwischen die Standardbauform abseits der Fernverkehrsbahnsteige. Der Betonstein misst 100 cm x 80 cm x 15 cm, wobei die Trittstufe bei einer Höhe von 57 cm liegt. Die Gesamthöhe über Schienenoberkante beträgt 55 cm. Gleisabstand 1,70 m



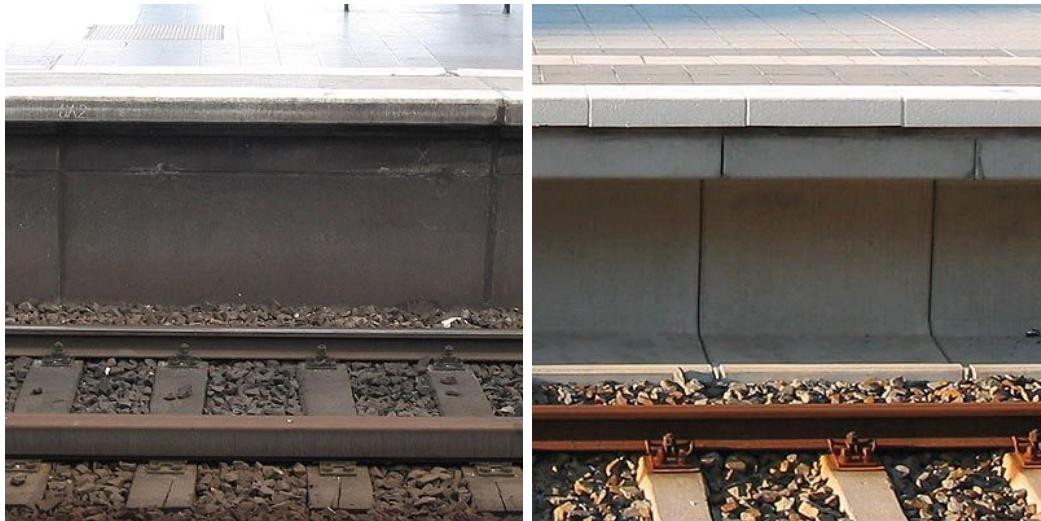
10.2.1.1.4 Regelbauform 76 cm

Diese Bahnsteige kommen überwiegend in großen, stark frequentierten Bahnhöfen mit Fernverkehrszügen zum Einsatz. Der Abschlußstein ist 12 cm hoch und 30 cm tief, das Basiselement ist 85 cm hoch. Die Höhe der Trittstufe beträgt 55 cm. Gegenüber der Schienenoberkante ergibt sich eine Gesamthöhe von 76 cm. Gleisabstand 1,70 m



10.2.1.1.5 Regelbauform 96 cm

Die Bauhöhe von 96 cm über Schienenoberkante kommt bei S-Bahnen zum Einsatz. Wenn keine andere Fluchtmöglichkeit besteht, muss die Kante mit einem Sicherheitsraum versehen sein, eine Art Hohlraum parallel zum Gleis, in den man notfalls kriechen kann (2. Bild). Gleisabstand 1,70 m.



10.3 Fahrleitung

10.3.1 Deutschland

10.3.1.1 Umgang mit dem Fahrleitungsbaukasten in Zusi

Von Michael Poschmann

In diesem Kapitel wird die Handhabung der Re 160 beschrieben. Für konzeptionell ähnlichen Fahrleitungen erfolgen am Ende ergänzende Hinweise. Auf freier Strecke wird die Fahrleitung durch die entsprechenden Routinen erzeugt. An Weichenstraßen oder Bahnhöfen muss jedoch manuell nachgearbeitet werden. Um hier den Einstieg etwas zu vereinfachen, soll diese Anleitung an einigen Beispielen den Umgang mit den vorhandenen Dateien und deren Namensgebung erleichtern. Ferner werden Hinweise für typische Einbausituationen zusammengestellt, die helfen sollen, vorbildgetreue Fahrleitungsnachbildungen aufzubauen.

Grundsätzlich arbeitet das Oberleitungssystem in Zusi mit Ankerpunkten. Diese geben feste Punkte vor, an denen entsprechende Anbauteile angehängt werden können. So lassen sich in sehr kurzer Zeit komplexe Mastvarianten erzeugen. Der Fahrdräht selber kann später durch eine automatische Routine erzeugt werden. Dafür haben die Ausleger, an denen der Fahrdräht hängt, ebenfalls Ankerpunkte. Diesen braucht man beim Bau der Masten keine weitere Beachtung zu schenken.

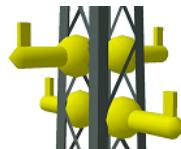
Erfahrungsgemäß lassen sich die besten Ergebnisse erzielen, wenn zuerst die Fahrleitungsanlagen im Bahnhofsgebiet fertiggestellt werden und anschließend die Elektrifizierung der freien Strecke bis zur jeweiligen Modulgrenze vorgenommen wird.

10.3.1.1.1 Ordner und Dateinamen

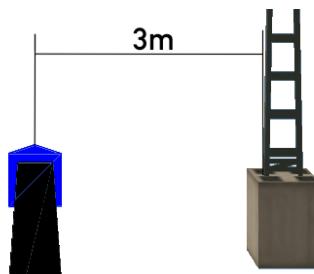
Den Oberleitungsordner findet man unter: Catenary\Deutschland\... Im Unterordner Einzelteile_Re75-200 findet man allgemein verwendbare Bauteile. Das können z.B. einfache Flach- oder Betonmasten sein sowie diverse Verbindungslaschen oder einzelne Isolatoren. Der Unterordner Turmmaste beinhaltet Stahlgittermaste für Quertragwerke, die nach Höhe sortiert sind. Die restlichen Ordner sind nach den entsprechenden Regelbauarten sortiert und beinhalten eine Auswahl an Standardmasten sowie einzelne Ausleger unterschiedlicher Länge.

Dabei sollen folgende Begriffe vorab beschrieben werden:

- „**Doppelauslegerhalterung**“ (Doppelausleger): Sie dient dazu, an einem Mast oder an einer Hängestütze zwei unterschiedliche Ausleger nebeneinander zu montieren.
- „**abgesenkt**“: Bei Brücken und ähnlichen Kunstbauwerken wird der Fahrdrat oft abgesenkt, und der Abstand zwischen Fahrdrat und Tragseil verringert sich. Um diese Vorbildsituation nachbilden zu können, bedarf es spezieller Auslegern und Zubehör zur Montage am Mast.
- „**Ausfädelung**“: Meist handelt es sich hierbei um einen Ausleger, welcher dazu dient, den Fahrdrat aus dem System aus- bzw. einzufädeln. Er liegt deshalb etwas erhöht, so dass der Fahrdrat nicht vom Schleifstück berührt wird. Anschließend wird der Fahrdrat an einem Abspanggewicht oder an einem Festpunkt abgespannt.
- „**Festpunkt**“: Der Festpunkt dient der Verankerung des Fahrdrahes in Längsrichtung zwischen zwei Abspanggewichten. Wird automatisch durch die Fahrleitungsbauroutine gesetzt und bedarf im Normalfall keiner weiteren manuellen Bearbeitung.
- „**Ankerpunkt**“: Vorgegebener Anbaupunkt zum Anbau von weiteren Komponenten der Oberleitung. Für zahlreiche Bauteile sind im 3D-Editor bereits Auswahllisten vorbelegt, mit denen sich nach dem Markieren eines Ankerpunktes über das Kontextmenü die in Frage kommenden Komponenten komfortabel einfügen lassen.



- „**Ausleger**“: Rohrkonstruktion zum Halten und Ausrichten des Fahrdrahes über den Gleisen. Die Längenangabe im jeweiligen Sammelordner gibt den Abstand zwischen Gleismitte und Mast an, wobei damit die äußere Mastkante gemeint ist. Regelabstand sind 3m. Die 2m-Ausleger sollten nur bei sogenannten Mehrgleisauslegern verwendet werden, da dort der Regelabstand nicht ausreicht.



- „**Kurve**“: Da sich die Position des Fahrdrahes zum oberen Tragseil bei Auslegern in Kurven verändert, werden hier modifizierte Ausleger verwendet.
- „**Standard**“: Normaler Ausleger.
- **Kürzel „k“, „l“, „s“**: Der Fahrdrat wird im Regelfall im „Zick-Zack“ über den Gleisen verlegt. Um diese Anordnung zu ermöglichen, gibt es lange („l“) und kurze („k“)

Ausleger. Dabei wandert der Fahrdrat von Mast zu Mast um 400mm aus der Mittellage hin und her. Bei sehr engen Radien ($r < 800\text{m}$) wird der Fahrdrat nur noch mit einem Seil („s“) abgespannt.

- „**Mehrgleisausleger**“: Dies sind Gittermasten, an denen ein Gitterwerk oder Rohr montiert ist. Dieses verläuft quer über zwei oder drei Gleise. An diesem Rohr werden so genannte Hängestützen montiert.
- „**Hängestütze**“: Senkrechte Verbindung zwischen einem Mehrgleisausleger und dem Ausleger für die Aufhängung des Fahrdrahes.

10.3.1.1.2 Praktischer Zusammenbau

Die folgenden Beispiele sollen einen Eindruck vermitteln, wie man eine Mastkonstruktion zusammensetzen kann. Welche Dateien im Normalfall verwendet werden können, gibt der 3D-Editor über die Auswahl mit dem Kontextmenü vor.

10.3.1.1.2.1 Ersetzen eines vorhandenen Masten

Sofern erforderlich, können automatisch gesetzte Masten durch Masten spezieller Bauform ersetzt werden. Hierzu wird das vorhandene Objekt markiert und mit der rechten Maustaste über das Kontextmenü „3D-Datei tauschen“ ausgewechselt. Sollte kein Mast vorhanden sein, markiert man das entsprechende Streckenelement, und über „Landschaftsobjekt importieren“ wird der gewünschte Mast gesetzt. Im Beispiel zu finden unter

Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200\Flachmast.lod.ls3.

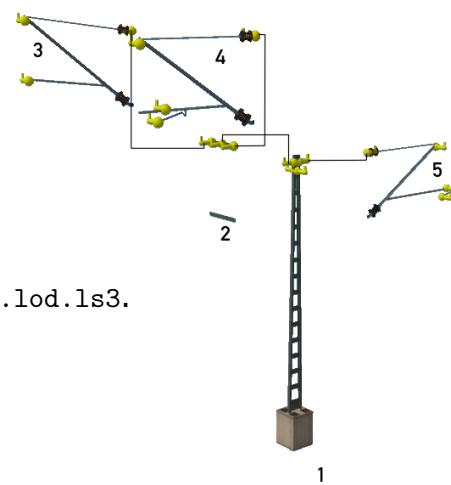
Sollte der Mast noch nicht genau an der richtigen Stelle sitzen, kann man den 3D-Kompass am Streckenelement ausrichten und den Mast entlang seiner Ausrichtung verschieben. **(1)**

Am oberen Ankerpunkt kann man nun einen entsprechenden Ausleger montieren. Da im Beispiel aber zwei Ausleger an einem Mast hängen, muss eine Doppelauslegerhalterung montiert werden. Hierzu den oberen Ankerpunkt markieren. Rechte Maustaste klicken und über „Import am Ankerpunkt“ die Doppelauslegerhalterung.lod.ls3 auswählen. **(2)**

Entsprechend der Vorgaben können nun die benötigten Ausleger an der Halterung montiert werden. Dafür den entsprechenden Anker markieren, und über „Import am Ankerpunkt“ wird der Ausleger ausgesucht. Um den „Zick-Zack“-Verlauf beizubehalten, wurde ein kurzer (k) Ausleger gewählt. Hier kann je nach Aufstellungsort auch ein langer (l) Ausleger eingebaut werden. Catenary\Deutschland\Re160-200\Ausleger_3m\Ausleger_3m-standard_k.lod.ls3 **(3)**

An zweiter Stelle der Halterung wurde ein Ausleger_3m-ausfaedelung.lod.ls3 gesetzt. Damit wird z.B. ein Fahrdrat aus einer Weichenstraße über diesem Mast zum Abspannwerk geführt. **(4)**

In diesem Beispiel wurde die Doppelauslegerhalterung an den Mast angebaut und eine Ausfädelung des Fahrdrahes vorgesehen. Es gibt auch einen Mast, der die Kon-

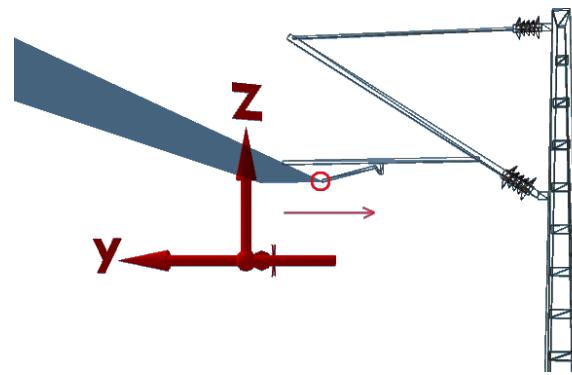


figuration mit einem kurzen und einem langen Ausleger bereits vorgefertigt enthält.
 Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200\Flachmast-Doppelausleger.lod.ls3

An der gegenüberliegenden Seite wurde noch ein längerer Ausleger verwendet, da der Abstand zur Gleismitte etwas größer ist. Wichtig ist, dass der Anbau-
 punkt für den Fahrdrat innerhalb der vorgegebenen Markierung für den Fahrdrat-
 traum liegt. In Abhängigkeit davon sind die Auslegerlängen passend zu wählen.

Catenary\Deutschland\Re160-200\Ausleger_4m2\Ausleger_4m2-standard_k.lod.ls3. (5)

Sollte der Fahrdratpunkt nicht im Bereich des Fahrdrattraumes liegen, so kann man den Ausleger samt Mast senkrecht zur Gleisachse verschieben. Dabei sollten in etwa die Randbereiche der Markierung getroffen werden, um den „Zick-Zack“-Verlauf beizubehalten. Es ist zu beachten, dass es nicht zu Überschneidungen mit den Fahrleitungsbahnen benachbarter Gleise kommt. Um einen Mast verschieben zu können, wird der 3D-Kompass mit „Strg + K“ am markierten Streckenelement ausgerichtet. Der Mast und die entsprechenden Anbauten und Ausleger müssen durch



Mehrachselfauswahl gemeinsam markiert werden. Durch Verschieben entlang der „Y“-Achse am Kompass kann nun der Mast ausgerichtet werden.

10.3.1.1.2.2 Mast mit Abspannwerk

Wie im ersten Beispiel erläutert, wird ein Mast gesetzt. Da es sich hier jedoch um einen Mast mit Abspanggewichten handelt, muss ein Gittermast verwendet werden.

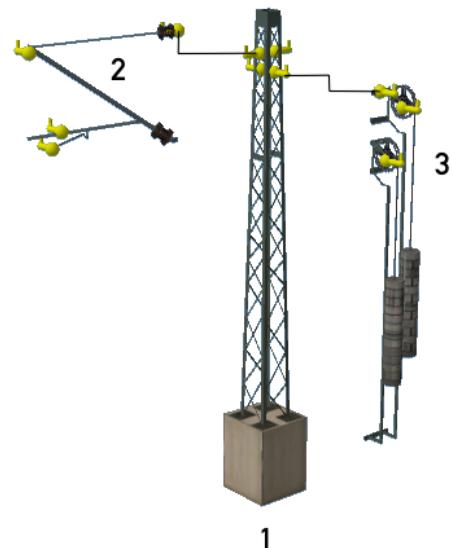
Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200

\Gittermast8m2.1lod.ls3

Da sich diese Größe von Gittermasten (Höhe 8,2 m) nicht für Quertragwerke eignet, sind diese Abspang-Gittermasten im allgemeinen Ordner Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200 zu finden. Größere Gittermasten, welche sich auch für Quertragwerke eignen, sind im Verzeichnis Catenary\Deutschland\Turmmaste zu finden. Alle Masten, welche für Abspangvorrichtungen geeignet sind, besitzen bereits entsprechende Ankerpunkte. (1)

Wie zuvor beschrieben wird ein passender Ausleger am Mast montiert. (2)

Die Halterung des Abspanggewichts samt Radspanner wird nun am entsprechenden Ankerpunkt angebaut. Da diese Ankerpunkte nur für Abspanggewichte (Festpunkte) geeignet sind, sind auch nur diese in der Auswahl über „Import am Ankerpunkt“ aufgeführt. Größere Gittermasten (Turmmasten) haben an der gleichen Stelle entsprechende Anbaupunkte Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200\Radspannwerke. (3)



Abspannwerke werden je nach Oberleitungsbauart unterschiedlich konstruiert. Darum sind diese im jeweiligen Regelbauart-Ordner (z.B. Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re250-330 zu finden.

10.3.1.1.2.3 Mehrgleisausleger als Rohrkonstruktion

Bahnanlagen werden heutzutage noch selten mit Quertragwerken überspannt. Meistens wird versucht, einzelne Masten aufzustellen. Wo dies nicht möglich ist, werden sogenannte Mehrgleisausleger verwendet. Sie können bis zu drei Gleise überspannen. Dabei wird generell zwischen Rohrauslegern (dieses Beispiel) und Gitterauslegern (folgendes Beispiel) unterschieden, wobei letztere Konstruktion die ältere Variante darstellt.

Die Gittermäste für Mehrgleisausleger als Rohrvariante findet man unter:

Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200

\Mehrgleisausleger\Rohrausleger\Rohrausleger14m_8mAusleger.lod.ls3.

Die erste Zahl im Dateinamen gibt die Höhe des Mastes an (14m). Die zweite Angabe

gibt die Auslegerreichweite an (8 m). Plaziert werden die Masten in Blickrichtung rechts vom Gleis. Für das direkt am Mast liegende Gleis sollten die Standardausleger (3m) verwendet werden. **(1)**

Der Rohrausleger verläuft senkrecht zur Gleisachse. An diesem befindet sich ein Ankerpunkt, der die Montage einer Hängestütze erlaubt. Diese dient dazu, die Ausleger zu montieren. **(2)**

Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200\Mehrgleisausleger\Rohrausleger\Haengesaeule2m95.lod.ls3

Auch hier können Doppelauslegerhalterungen für zwei Ausleger montiert werden. **(3)**
Doppelauslegerhalterung.lod.ls3

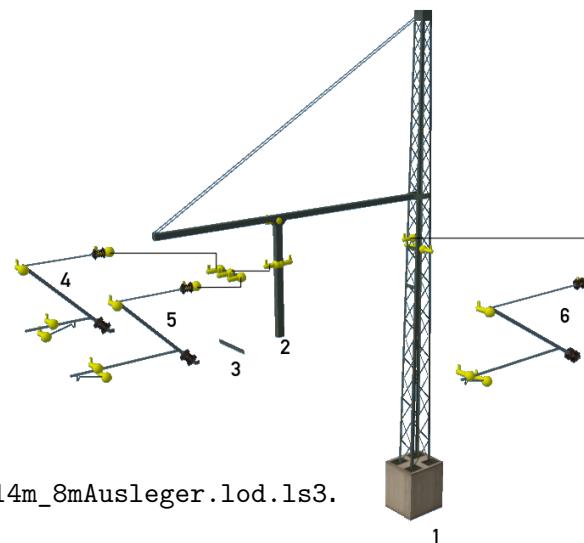
Es werden nun die beiden Ausleger montiert. In diesem Beispiel werden ein kurzer und ein langer Ausleger gewählt. Dies ist z.B. im Bereich von Weichenzungen üblich. Ein Ausleger dient für das Hauptgleis und der andere für den abzweigenden Strang. Wichtig ist, dass das Hauptgleis seinen „Zick-Zack“-Verlauf beibehält und der Draht für das abzweigende Gleis den Draht des Hauptgleises kreuzt. **(4), (5)**

Nicht immer passen die über die Hängestütze angebauten Ausleger zum Gleis. Man kann bei engen Verhältnissen auch die 2m kurzen Ausleger verwenden, nicht jedoch die längeren 4,2m-Ausleger oder gar noch längere.

Um einen Ausleger samt Hängestütze entlang des Querrohrs verschieben zu können, muss der Kompass am Ankerpunkt für die Montage der Hängestütze ausgerichtet werden. Nun werden Ausleger und Hängestütze gemeinsam über Mehrfachselektion markiert und über die Verschiebefunktion in „Y“-Richtung entsprechend verschoben, bis der Ausleger in das Profil der Markierung des Fahrdrahtraumes ragt.

An der Position des direkt am Mast liegenden Gleises wird ein Standardausleger montiert. Dabei ist der Mast so konstruiert, dass die 3m-Standardausleger angebaut werden können. **(6)**

Catenary\Deutschland\Re160-200\Ausleger_3m\...



10.3.1.1.2.4 Mehrgleisausleger als Gitterkonstruktion

Wie bei den Rohrauslegern beschrieben, werden entsprechende Masten gesetzt. (1)

Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200\Mehrgleisausleger\Gitterausleger\Gitterausleger12m5_4m-4m5GA.lod.ls3

Der in diesem Beispiel ausgewählte Mast ist 12m hoch und für einen Gleisabstand zwischen dem ersten und zweiten Gleis für 4m – 5m ausgelegt.

Ähnlich wie bei den Rohrauslegern werden Hängestützen montiert. (2)

Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200\Mehrgleisausleger\Gitterausleger\Gitterausleger-Haengestuetze.lod.ls3

Anders als bei den Rohrauslegern werden bei den Gitterauslegern spezielle Seitenhalter angebracht. (3), (4)

Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200\Mehrgleisausleger\Gitterausleger\Gitterausleger-Ausleger-1.lod.ls3

Dabei sollte man beachten, dass man den unteren Ankerpunkt der Hängestütze zur Montage der Seitenhalter verwendet. Der etwas erhöhte Ankerpunkt dient nur für Fahrdrähte, welche aus dem System ein- bzw. ausgefädelt werden.

Catenary\Deutschland\Einzelteile_Re75-200\Mehrgleisausleger\Gitterausleger\Gitterausleger-Ausleger-1.lod.ls3

Für das zweite Gleis werden die entsprechenden Seitenhalter montiert. Im Anschluss kann bei Bedarf die gesamte Konstruktion passend zu den Gleisen verschoben werden.

Das Vorgehen wurde im vorhergehenden Beispiel beschrieben. Bei den Gitterauslegern sollte man darauf achten, dass sich die oberen Isolatoren unterhalb der Gitterkonstruktion befinden und nicht freischwebend in der Luft hängen.

Um zu verdeutlichen, wie flexibel das Oberleitungssystem ist, wurde auf der rechten Seite noch ein weiterer Ausleger montiert. Auf der linken Seite des Masten kann ist dies natürlich ebenfalls möglich. (5)

Ein Radspannwerk wird am Mast montiert. Das Vorgehen und die Verwendung wurden bereits zuvor beschrieben. (6)

Eine weitere Besonderheit dieser Konstruktion ist das Erweitern eines vorhandenen Seitenhalters, um einen weiteren Fahrdräht zu ergänzen. Dies wird bei sehr engen Weichenstraßen nötig, wenn z.B. der Mast zwischen den Weichenzungen und Herzstück einer Weiche gesetzt wird. Für das Regelgleis sollte ein normaler Seitenhalter verwendet werden. Für den zweiten Fahrdräht wird einer der Ausleger verwendet welche im Dateinamen mit „Zusatz“ gekennzeichnet ist. Zum Beispiel kann die Datei Gitterausleger-AuslegerZusatz-k.lod.ls3 verwendet werden. Dieser wird am gleichen



Ankerpunkt wie der Standardhalter angebaut und entsprechend verschoben. Im vorstehenden Beispiel wird der Fahrdräht über die eingebaute Hängestütze gehalten. Dieses Vorgehen findet man aber eher in Bahnhofsgleisen, in denen langsam gefahren wird. Normalerweise wird für das Gleis am Mast mit den Standardauslegern (3m) gearbeitet.

10.3.1.1.2.5 Quertragwerke

Die Standorte von Quertragwerksmasten werden sinnvollerweise bereits beim Abstecken des Spurplans im Gleisplaneditor eingetragen. Zu diesem Zweck können Markerpunkte verwendet werden. Die Maststandorte werden dabei auf das Höhenprofil des zu überspannenden Gleises bezogen, da die Masten in der Vorbildsituation im Regelfall in Gleishöhe angeordnet sind.

Zur Festlegung der Standorte eignen sich insbesondere maßstabsgerechte Gleispläne oder georeferenzierte Luftbilder. Die exakte Positionierung der Masten erleichtert in den nachfolgenden Bearbeitungsschritten das Anlegen einer vorbildgetreuen Fahrleitung, insbesondere in Kurvenlagen oder Weichenstraßen.

Für die Erstellung von Quertragwerken wählt man die Funktion „Fahrleitungsmodus → Quertragwerke“. Nach Markieren der beiden Turmmasten, zwischen denen das Tragwerk gespannt werden soll, wird ein Ausführungsvorschlag berechnet und in einer Tabelle dargestellt.

Sofern erforderlich, können Parameter verändert werden. Häufige Anwendungsfälle sind:

- Veränderung des Wertes „Abstand“, um eine Überlappung benachbarter Fahrdrähtaufhängungen zu vermeiden oder eine Ausfädelung vorbildgetreu nachzubilden
- Veränderung des Wertes „Bauform“ auf „ohne Seitenhalter“ für die Überspannung eines nicht elektrifizierten Gleises
- Veränderung des Wertes „Bauform“ auf „linker Seitenhalter“ bzw. „rechter Seitenhalter“ für die Nachbildung des Zick-Zack-Verlaufs des Fahrdräht in geraden Gleisabschnitten
- Veränderung des Wertes „Bauform“ auf „linke Einfädelung“ bzw. „rechte Einfädelung“ für den Einbau einer Fahrdrähteneinfädelung; dabei muss im Regelfall der Wert „Abstand“ ebenfalls manuell angepasst werden

Das Löschen von Zeilen bzw. das Einfügen zusätzlicher Anbaupunkte ist ebenfalls möglich.

Die Bauform des Quertragwerks wird anhand der Gleisgeometrie ermittelt und automatisch vorgeschlagen. Sie unterscheidet zwischen isoliertem und Spannung führendem Richtseil. Die Bauart „Richtseil isoliert“ stellt die üblicherweise anzutreffende Ausführung dar. Bei Kurvenradien unter 800 m wird das obere Richtseil Spannung führend ausgebildet, was wegen der zusätzlichen Isolatoren Mehraufwand bedeutet. Auf Grund der starken Schräglage der vertikalen Isolatoren wird dadurch verhindert, dass das Spannung führende untere Ende der Isolatoren dem Richtseil zu nahe kommen kann.

Mit dem Button „Ausführen“ wird die gewählte Konfiguration erzeugt und im 3D-Editor dargestellt. Gegebenenfalls überzählige Isolatoren lassen sich nach dem Markieren über den Aufruf des Kontextmenüs („3D-Datei löschen“) löschen.

Erfahrungsgemäß erfordert die Erstellung vorbildgetreuer Quertragwerke ein iteratives Arbeiten sowie im Einzelfall das manuelle Eintragen bzw. Ändern der vom Editor automatisch ermittelten Werte. Auch hier sollten Vorbildaufnahmen oder Führerstandsvideos als Bauhilfe genutzt werden.

10.3.1.1.2.6 Überspannung einer Weichenverbindung

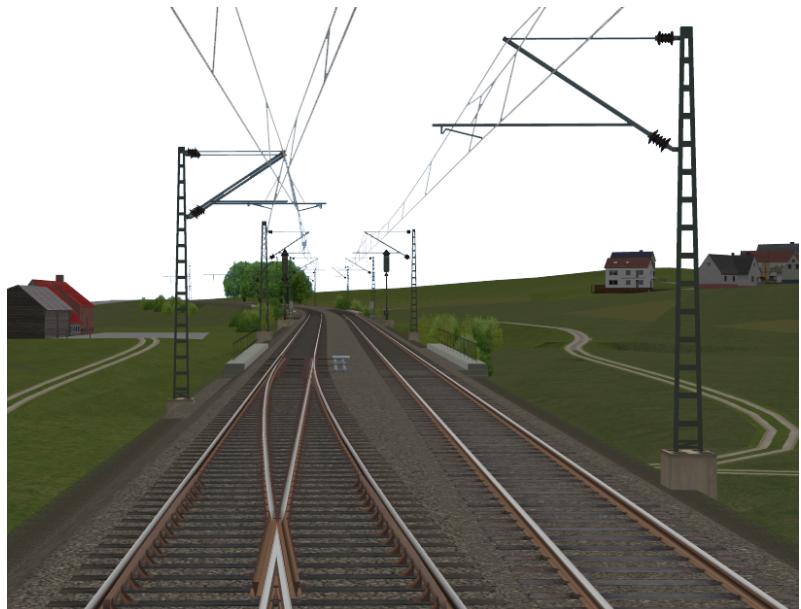
Für die Überspannung einer Weichenverbindung zwischen zwei Gleisen müssen zuerst die erforderlichen Masten aufgestellt werden. Zunächst sind die Masten für die Abspaltung einzubauen. Zu diesem Zweck kommen Gittermasten mit 8,2m Höhe zum Einsatz. Die eine Seite der überspannten Weichenverbindung wird mit einem Aspanngewicht (erstes Bild), die andere mit einem Festpunkt, einem doppelten Spannpunkt (zweites Bild) ausgestattet.

Üblicherweise wird man einen Mast vor der Weiche einen weiteren Mast mit Doppelausleger und Fahrleitungshalter für eine Ausfädelung setzen. Es sind aber auch Konstruktionen vorbildgetreu, bei denen der Fahrdraht der Weichenverbindung unmittelbar am nächstfolgenden Mast abgespannt wird. Diese Situation ist in den Bildbeispielen dargestellt.

Etwa in Höhe der Weichenherzstücke werden jeweils Masten mit einem Doppelausleger platziert (zweites Bild). An diesen werden je ein kurzer und ein langer Ausleger angebaut.

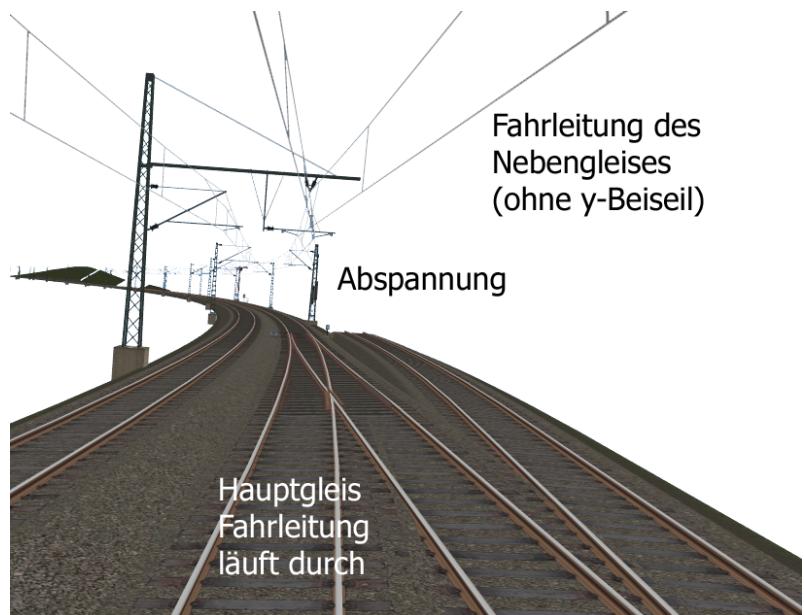
Der Einbau der Fahrleitung erfolgt über die Funktion „Fahrleitungsmodus → manuell“. Im Regelfall wird für das Verbindungsgleis die Bauart „ohne Y-Beiseil“ verwendet. Zu beachten ist, dass sich die Fahrdrähte des durchgehenden Gleises und des Verbindungsgleises etwa in Höhe des Weichenherzstücks kreuzen.

Bei einer Einbausituation ohne Bogenweichen sollte der Mast mit Doppelausleger zwischen Weichenspitze und Herzstück aufgestellt sein. Befestigt man die Fahrleitung des durchgehenden geraden Gleises am langen Ausleger und die Fahrleitung des Verbindungsgleises am kurzen Ausleger, so ergibt sich zwangsläufig eine korrekte Anordnung. Bei Bogenweichen kann ein abweichendes Vorgehen erforderlich sein.



10.3.1.1.2.7 Einmündende Weichen und Verzweigungen

Die für Weichenverbindungen genannten Grundsätze gelten sinngemäß. Zu beachten ist, dass im Normalfall der Fahrdräht über dem durchgehenden Streckengleis fortgeführt wird. Der Fahrdräht des abzweigenden Gleises kreuzt wiederum in Höhe des Weichenherzstücks und wird seitlich abgespannt. Handelt es sich beispielsweise um die Überspannung eines Nebengleises in einem Bahnhof, so ist darauf zu achten, dass nur an einem Ende dieses Fahrdrahthes ein Aspanngewicht angebracht wird. Die andere Seite wird mit einem als doppeltem Spannpunkt ausgebildeten Festpunkt fixiert.



10.3.1.1.2.8 Übergang vom Bahnhof auf die freie Strecke

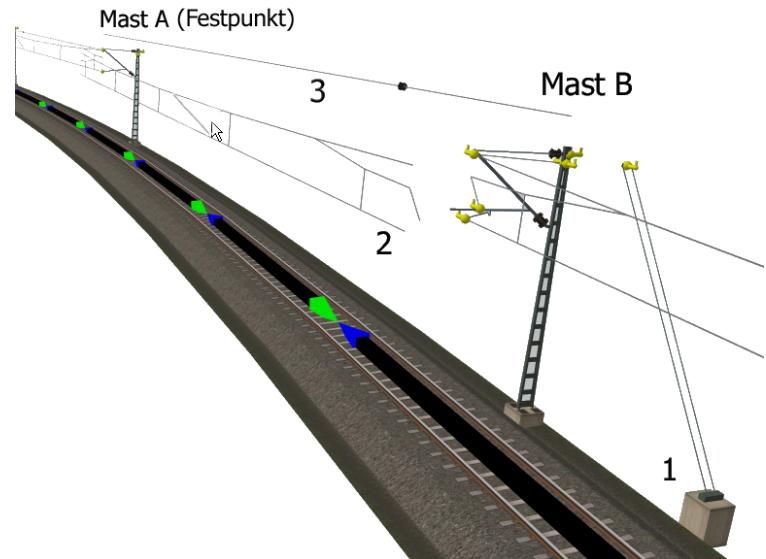
Sinnvollerweise ist bei der Ausrüstung eines Streckenmoduls mit Fahrleitung zuerst der Bahnhofsbereich zu überspannen. Erst dann wird die freie Strecke mit Masten und Fahrdräht ausgestattet. Dabei sollte die Funktion „Fahrleitungsmodus → automatisch entlang Gleis“ genutzt werden. Der passgenaue Übergang der vorhandenen Masten auf die freie Strecke muss durch Versuche herausgefunden werden. Dabei sind die Parameter „Anfangsversatz“ und „Systemversatz“ zu nutzen. Mit dem Wert für den Anfangsversatz lässt sich die Positionierung des ersten aufzustellenden Masten verändern. Der Systemversatz dient dazu, die Lage von des ersten Festpunkts bzw. der ersten Nachspannstrecke festzulegen. Im Regelfall sind beim Vorbild direkt an den Bahnhofsköpfen Nachspannstrecken anzutreffen. Auch hier hilft die Recherche von Vorbilddaten z.B. anhand von Fotos oder Führstandsvideos weiter.

Abschließend sind die Übergänge zu den Nachbarmodulen zu prüfen und ggf. manuell nachzuarbeiten. Es ist zu gewährleisten, dass sich Nachspannstrecken und Festpunkte abwechseln, d.h. es dürfen nicht zwei Nachspannstrecken oder Festpunkte aufeinander folgen. Ferner sollte der Abstand der einzelnen Masten auch im Bereich des Modulübergangs harmonisch wirken, was möglicherweise leichte Korrekturen der Maststandorte erforderlich macht.

10.3.1.1.2.9 Festpunkt

Mit Hilfe der Fahrleitungsbauroutine „Automatisch entlang Gleis“ werden die Festpunkte ohne weiteres Zutun des Nutzers korrekt gesetzt. Für den manuellen Bau von Festpunkten, z.B. in lang gestreckten Bahnhofsgebieten, wird folgendes Vorgehen empfohlen:

Eine Seite der Festpunktabspannung liegt an den Fahrleitungsmasten A und B. Mast A stellt den Festpunkt dar. An Mast B soll die Verankerung der Abspannung für den Festpunkt zu liegen kommen, dort muss also der Bodenanker an den Ankerpunkt angebracht werden (**1**). Der Anbau der Fahrdrähte erfolgt über die Funktion „Fahrleitungsmodus → manuell“. Der Ausleger am Mast B wird markiert und die gewünschte Fahrleitungsbauform „mit/ohne y-Beiseil“ ausgewählt. Der Ausleger am Mast A wird markiert und die Bauform „Am Festpunkt mit/ohne y-Seil“ eingetragen. Der Fahrdräht kann nun erstellt werden und enthält die erforderliche diagonale Abspannung im Kettenwerk, im Bild oberhalb des Mauszeigers zu sehen. (**2**)



Beim Vorbild wird durch diese Ankerseile der Fahrdräht in der Lage fixiert, so dass bei einem Fahrdrähtabrollen der Radspanner verhindert wird.

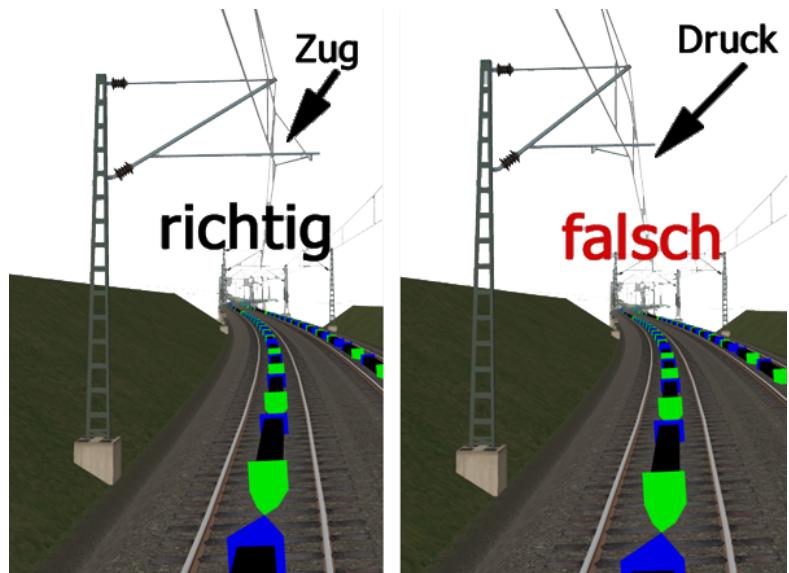
Anschließend wird das Festpunktseil erstellt. Es verläuft von Mast A („Festpunktabspannung“, Ausleger anklicken) zum Festpunkt am Mast B („Festpunktabspannung mit Isolator“, Mast anklicken). (**3**)

Hier nicht dargestellt ist Bau des Festpunkts in der Gegenrichtung, der ausgehend vom Mast A in gleicher Weise erfolgt.

10.3.1.1.2.10 Besonderes Augenmerk

Das Einschalten der Anzeige für die **Markierung des Fahrdrahtraumes** im 3D-Editor erfolgt über „Programmeinstellungen → Gleisbau → Fahrdrahtraum markieren“. Mit dieser Darstellung kann die korrekte Ausrichtung des Fahrdrähtes unmittelbar in der Einbausituation kontrolliert werden. Die erforderliche Veränderung der Fahrdrähtlage in Kurven aufgrund der Gleisüberhöhung ist in der Darstellung bereits berücksichtigt.

Die **Seitenhalter** sind auf Zug zu belasten. Für die Übertragung von Druckkräften sind sie konstruktionsbedingt nicht geeignet. Insbesondere bei der manuellen Erstellung von Fahrleitungen in Gleisbögen ist daher auf die korrekte Anordnung der Seitenhalter zu achten. Auf der Innenseite von Gleisbögen müssen Masten mit langem Ausleger verwendet werden, im Außenbogen werden Masten mit kurzem Ausleger angebracht. Im Bereich von Weichenstraßen ist die Auswahl der Ausleger abhängig von den benachbarten Befestigungspunkten der Fahrleitung auszuwählen.



Der Einbau eines **Y-Beiseils** bewirkt eine größere Elastizität der Fahrleitung. Damit können größere Geschwindigkeiten von Elektrotriebfahrzeugen zugelassen werden. Als Faustregel kann gelten, dass die durchgehenden Gleise von Hauptstrecken im Regelfall mit einer Fahrleitung ausgerüstet sind, die ein Y-Beiseil aufweist. Unter 500m Kurvenradius wird auf das Y-Beiseil verzichtet. In Bahnhofsgebieten sollte in Gleisen, die nur mit mäßiger Geschwindigkeit befahren werden, die Fahrleitungsbauform ohne Y-Beiseil verwendet werden.

Abhängig vom umgebenden Gelände kann es vorkommen, dass die **Mastfundamente unterhalb der Geländeoberfläche** plaziert werden. Da der Mastsockel jedoch in jedem Fall sichtbar sein sollte, kann über den markierten Ankerpunkt im unteren Teil des Masten ein zusätzliches Fundamentbauteil angefügt werden. Dieses ist sofern erforderlich durch Verschieben in z-Richtung in der Höhenlage auszurichten.

Für die Erstellung von **Fahrleitungssignalen**, insbesondere dem häufig anzutreffenden Signal „Halt für elektrische Triebfahrzeuge“ vor Verzweigungen in nicht überspannte Gleise, steht im 3D-Editor ein entsprechender Signalassistent zur Verfügung.

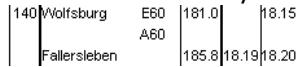
10.4 Fahrpläne

10.4.1 Deutschland

10.4.1.1 Anwendung der Zusi-Buchfahrplanerstellung

Ergänzend zu den in Kapitel 5 dargestellten allgemeinen Regeln sollen hier noch einige deutsche Anwendungen am Beispiel vorgestellt werden.

E 60/A 60 am Bahnhof eintragen: In Deutschland kann die Signalgeschwindigkeit bei Hp 2 durch einen Eintrag E 60, A 60, Z 50, Bk 60 usw. für Einfahr-, Ausfahr-, Zwischen- oder Blocksignale abweichend im Fahrplan definiert werden. Um das in Zusi umzusetzen, ist z.B. am Streckenelement des Ausfahrsignals ein Ereignis Buchfahrplaneintrag mit dem Text @sep=A 60@ einzutragen. Das muss für alle Haupt- und Hilfshauptsignale an der betroffenen Bahnhofsausfahrt geschehen, auch wenn diese gar kein Hp 2 zeigen können, damit unabhängig vom jeweiligen Fahrweg eines Zuges der selbe Fahrplan erzeugt wird. Am Einfahrtsignal würde entsprechend das Ereignis Buchfahrplaneintrag mit dem Text @sep=E 60@ eingetragen, hier aber nur an den Signalen, die wirklich 60 km/h zulassen.



Fahrt im Gegengleis per Befehl: Es sind keine weiteren Ereignisse zu setzen. Eine Änderung betrifft die zulässige Höchstgeschwindigkeit: Ursprünglich musste der Lokführer ohne weitere Hinweise die Höchstgeschwindigkeit im Gegengleis auf 100 km/h beschränken. Hier wäre also auch im Gegengleis die volle Streckengeschwindigkeit des Regelgleises einzutragen, damit der korrekte Fahrplan erzeugt wird. Mit der Harmonisierung des Gegengleisfahrens zum 15.06.2003 wird die reduzierte Geschwindigkeit hingegen im Fahrplan als separate Gegengleis-Geschwindigkeit aufgeführt. Der Lokführer muss sich also keine Sonderregelungen mehr merken, sondern fährt immer gemäß Buchfahrplan. Für Zusi muss dann im Gegengleis eine auf 100 km/h beschränkte Höchstgeschwindigkeit eingetragen werden.

Fahrt im Gegengleis per (ehem.) signalisiertem Falschfahrbetrieb: Zur Streckengeschwindigkeit gilt das zuvor zur Fahrt auf Befehl erläuterte unverändert. An der alleinstehenden Vorsignaltafel muss das Ereignis Buchfahrplaneintrag mit @icon=9@ für das Anzeigen der Vorsignaltafel eingetragen werden. Am Hilfshauptsignal ist zu unterscheiden zwischen:

- niedrigem Einfahrtsignal links: Buchfahrplaneintrag @signal=7@
- niedrigem Einfahrtsignal rechts mit Schachbrettafel: Buchfahrplaneintrag @signal=7@@@icon=10@
- Gleissperrsignal links: Buchfahrplaneintrag @signal=5@
- Gleissperrsignal rechts mit Schachbrettafel:
Buchfahrplaneintrag @signal=5@@@icon=10@

Bei Darstellung vor 15.06.2003 ohne Schachbrettafel entfällt das @icon=10@ jeweils.

Fahrt im Gegengleis per Gleiswechselbetrieb: Es sind keine Besonderheiten zu beachten.

11 Anhang

11.1 Befehlsvorlagen erstellen

Dieses Kapitel befaßt sich mit der Erstellung neuer Befehlssysteme, um dem Ersteller von Signalsystemen die nötigen Informationen zu vermitteln. Für den Streckenbauer als Anwender kann diese Information aber zum tiefergehenden Verständnis ebenfalls von Interesse sein. Die Anwendung durch den Streckenbauer ist im Kapitel zum 3D-Editor beschrieben und ist die Grundlage zum Verständnis der folgenden Abschnitte.

11.1.1 Konfigurationsdatei

Die Konfigurationsdatei (*.authority.xml) muss für ein Vorschriftenwerk einmalig manuell mit einem xml-Editor erstellt werden. In der Fahrplandatei eines Fahrplanszenarios muss diese Datei zugeordnet werden. So kann z.B. auf derselben Infrastruktur mit unterschiedlichen Befehlssätzen gearbeitet werden, um unterschiedliche Epochen darzustellen.

11.1.1.1 Zuordnung der Vordrucke zu den IDs

Im ersten Abschnitt der Datei wird festgelegt, welcher Vordruck bei welchen IDs aufzurufen ist. Das sieht beispielsweise folgendermaßen aus:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Zusi>
  <Info DateiTyp="authority" Version="A.1" MinVersion="A.0"/>
  <authority>
    <Zuordnung IDWeg="D" IDZiel="9">
      <Datei Dateiname="Signals\Deutschland\Befehle\befehlB_DB408_1984.htm"/>
    </Zuordnung>
    <Zuordnung>
      <Datei Dateiname="Signals\Deutschland\Befehle\befehlA_DB408_1984.htm"/>
    </Zuordnung>
```

Die blau herausgehobenen Zeilen zeigen eine Zuordnung, die den ID-Satz `IDWeg="D"` `IDZiel="9"` mit der Befehlsdatei `befehlB_DB408_1984.htm` verbindet. Wird also beim Signal/Ereignis eine ID hinterlegt, die zu dem ID-Satz paßt, so wird festgestellt, dass die angegebene html-Datei als Vorlage zu laden ist. Die nachfolgende nicht blau herausgehobenen Zeilen definiert einen weiteren Fall. Trifft keine Definition die Vorgabe, wird automatisch unabhängig von der Konfiguration die letzte Datei in der Liste wirksam, welche damit auch ganz ohne ID-Definitionen auskommt.

Bei der Überprüfung, ob eine ID zutrifft, müssen die vorhandenen Einträge jeweils alle exakt passen: Möglich sind die folgenden Einträge (dargestellt für die größte mögliche Zahl xFF): `IDFormular="FF" IDStart="FF" IDWeg="FF" IDZiel="FF"`. Da durch eindeutige ID-Bezeichnung das angesprochene Byte schon definiert ist, wird hier auf nachfolgende Nullen verzichtet.

11.1.1.2 Abfragetexte

Weiterhin enthält die Konfigurationsdatei Informationen, welche Varianten für jedes der vier Bytes definiert werden. Für jede Variante gibt es einen Texteintrag zur Abfrage in der entsprechenden Editormaske, der erste Eintrag für eine Variante der Einträge vom Typ „Formular“ ist hier blau verhorgehoben.

```
<AbfrageFormular>
    <Variante Text="Zugfahrt, Standort am Signal, Regelgleis"/>
    <Variante Text="Sperrfahrt, Standort am Signal, Regelgleis"/>
    <Variante Text="Schiebtriebfahrzeug für Zug, Standort an km, Gleis"/>
</AbfrageFormular>
<AbfrageStart>
    <Variante Text="ohne Hauptsignal in den Bf/Bft einfahren"/>
    <Variante Text="ohne Hauptsignal auf der Abzw/Üst weiterfahren"/>
</AbfrageStart>
<AbfrageWeg>
    <Variante Text="fahren auf dem Gegengleis"/>
</AbfrageWeg>
<AbfrageZiel>
    <Variante Text="halten auf dem Gegengleis in Höhe Esig (Bf/Bft)"/>
    <Variante Text="halten auf dem Gegengleis in Höhe Bksig (Abzw/Üst)"/>
</AbfrageZiel>
```

Die ID für die Kombination aus AbfrageFormular: 3. Variante, AbfrageStart: 2. Variante, AbfrageWeg: keine Auswahl und AbfrageZiel: 1. Variante würde sich also ergeben zu:

1. Byte: 3
2. Byte: 2
3. Byte: 0
4. Byte: 1

ID = **x01000203**

11.1.1.3 Signalbezeichnungen

Um die Signaltypen in manchen Feldern eines Befehlsformulars korrekt ausfüllen zu können, müssen die zum Vorschriftenwerk passenden Abkürzungen der Signalbezeichnungen hinterlegt werden – in der Reihenfolge, die auch in den Signaleinstellungen im 3D-Editor zu finden ist, beispielsweise:

```
<Signalbezeichnungen>
    <Variante Text="Unbestimmt"/>
    <Variante Text="Signal"/>
    <Variante Text="Weiche"/>
    <Variante Text="Gsp"/>
    <Variante Text="Bü"/>
    <Variante Text="Signal"/>
    <Variante Text="Vsig"/>
    <Variante Text="Esig"/>
    <Variante Text="Zsig"/>
    <Variante Text="Asig"/>
    <Variante Text="Bksig"/>
```

```

<Variante Text="Dksig"/>
<Variante Text="LZB-Halt"/>
<Variante Text="-"/>
</Signalbezeichnungen>

```

11.1.2 Vordruck (html-Datei)

Es handelt sich in diesem Beispiel um die seit 2003 gültigen deutschen Formulare, die sämtliche Fälle auf einem Vordruck abhandeln. Für andere Vorschriften könnte hier auch für jeden Fall ein eigenes Formular definiert werden. Die Vordruckdatei ist eine html-Datei, die um einige Funktionen erweitert wird. Es gibt Platzhalter für die auszufüllenden Felder, Angaben zur Formatierung und Vorgaben zur Zuordnung der Funktionen zu den Feldern.

Befehl	Triebfahrzeugführer Zug - Sperrfahrt - Schiebetriebfahrzeug für Zug <u>XZug</u>	Vordruck <u>XNr1</u> von <u>XNrS</u> Vordruck(en)
<u>X1K</u> 1	Sie dürfen - ohne Hauptsignal - bei LZB-Halt - - auf der Abzw/Üst - in den Bf/Bft <u>X1Bf</u> - weiterfahren - einfahren -	
<u>X2K</u> 2	Sie dürfen - vorbeifahren am Halt zeigenden oder gestörten - - weiterfahren - nach Vorbeifahrt - bei LZB-Halt - an der - am	
	Esig, Zsig, Asig, Sperrsig, Bksig, Sbk, Dksig LZB-Bk, LZB-Nothalt	Bezeichnung des Signals/ der LZB-Bk
	<u>X2Sig1</u>	<u>X2Bez1</u>
	<u>X2Sig2</u>	<u>X2Bez2</u>
	<u>X2Sig3</u>	<u>X2Bez3</u>
	<u>X2Sig4</u>	<u>X2Bez4</u>
	<u>X2Sig5</u>	<u>X2Bez5</u>
	<u>X2Sig6</u>	<u>X2Bez6</u>
<u>X3K</u> 3	Sie dürfen im Bf/Bft <u>X3Bf</u> - ohne Ausfahrsignal - bei LZB-Halt - ausfahren	
<u>X4K</u> 4	Sie dürfen fahren auf dem Gegenparallel von <u>X4Rfvan</u> bis <u>X4Rfhic</u>	

11.1.2.1 Felder im Befehlsformular

Auszufüllende Felder müssen mit Namen versehen werden, die eindeutig sind. Diese Textabschnitte werden beim Ausfüllen per Suchen+Ersetzen ersetzt. Im oben gezeigten Bild sind das die in der Schriftart Comic dargestellten Texte wie z.B. „XZug“ oder „X1K“. Es können hier alle Felder codiert werden, auch wenn Zusi sie (derzeit) nicht alle nutzt. Anschließend an den normalen html-Code werden alle Codierungen wie folgt aufgeführt. Diese Abschnitte werden in der Anzeige der html-Datei nicht dargestellt, können aber von Zusi für das Ausfüllen des Formulars ausgewertet werden:

```

<zusidef ID="X1K"/>
<zusidef ID="X2K"/>
<zusidef ID="XNr1"/>
<zusidef ID="XZug"/>
<zusidef ID="XNrS"/>
<zusidef ID="X1Bf"/>
<zusidef ID="X2Sig1"/>
<zusidef ID="X2Sig2"/>

```

Die erste Zeile zeigt in Blau den Eintrag für das Feld X1K, was auch oben im Bild zu sehen ist.

Alle im jeweiligen Anwendungsfall nicht ausgefüllten Felder ersetzt der Simulator mit Leerzeichen, indem er alle zusidef-Abschnitte auswertet und sämtliche dort hinterlegten Felder-Codierungen am Ende des Ausfüllvorgangs gegen Leerzeichen tauscht. Deshalb müssen sämtliche Felder als zusidef-Abschnitt aufgeführt werden.

11.1.2.2 Formatierungen der Befehle

Formatierungen können ebenfalls im Text definiert werden. Das geschieht über Einfügungen wie die blau eingefügten im folgenden Abschnitt.

```
<tr><td><font face="Arial"><zusi id="DZug">Zug </zusi>- <zusi id="DSperrfahrt">
Sperrfahrt </zusi>-<zusi id="DSchiebe">Schiebetriebfahrzeug für Zug</zusi>
</font><font face="Comic Sans MS"><u>_XZug__</u></font></td></tr>
```

Diese Zusi-spezifische Ergänzung wird bei der Anzeige der html-Datei ignoriert, Zusi kann die Codes aber auswerten. So kann hier der hier mit „DZug“ definierte Text „Zug“ formatiert werden.

Folgendes Beispiel zeigt das Vorgehen:

Im Header der html-Datei werden die Styles definiert, hier einer für durchgestrichenen Text:

```
<style type="text/css">
.durchgestrichen {text-decoration:line-through}
</style>
```

In den formatdef-Abschnitten wird die Anwendung der Formatierung festgelegt, also z.B. für die ID DZug wie oben blau markiert:

```
<formatdef ID="DZug" cssclass="durchgestrichen"/>
```

Beim Generieren des Formulars wird dann der oben blau markierte Teil umgeändert, so dass der Text „Zug“ mit dem als durchgestrichen definierten style dargestellt wird:

```
<span class="durchgestrichen">Zug </span>
```

Welche Texte im jeweiligen Anwendungsfall entsprechend formatiert erscheinen, wird im nächsten Abschnitt dargestellt.

11.1.2.3 Befehls-IDs

Weiterhin müssen die auszufüllenden Felder für die jeweiligen Befehlstypen definiert werden. Das geschieht einzeln für die 4 Fälle (Formular, Start, Weg, Ziel) durch Abschnitte am Ende der htmlDatei wie im folgenden für die IDs x600 und xD00 dargestellt. Diese Abschnitte werden ebenfalls nicht in der Anzeige der html-Datei dargestellt.

```
<zusibefehl typ="600;D00">
  <eintrag ID="@@@"/>
  <eintrag ID="@@@"/>
  <eintrag ID="X3Bf"/>
  <textdef ID="X3K" text="X"/>
  <formatdef ID="D3LZBHalt" cssclass="durchgestrichen"/>
</zusibefehl>
```

Die IDs x600 und xD00 gehören zum 2. Byte, dieser Eintrag regelt also die Darstellung des Starts. Wie die weiter unten zu sehende Tabelle zeigt, werden beim Start 3 Texte vom Simulator geliefert, die in diesem Abschnitt den html-Codes zugeordnet werden müssen. Die Zeilen vom Typ „eintrag“ definieren jene Felder in genau der per Tabelle vorgegebenen Reihenfolge. Es müssen hier also auch 3 Definitionen vom Typ „eintrag“ vorhanden sein. Da für diesen Anwendungsfall der Signaltyp (1. Eintrag) im Formular gar nicht dargestellt werden soll, wird dem ersten Eintrag die eine im Text nicht vorhandene Bezeichnung (hier „@@@“) zugeordnet. Das gleiche gilt für den zweiten Text, die Signalbezeichnung. Der dritte Eintrag, der Name der Betriebsstelle, soll die Kürzel „X3Bf“ im Formular ersetzen.

In diesem Fall sind zwei IDs (x600 und xD00) gleichartig definiert. Hintergrund ist die Struktur der hier als Beispiel dienenden deutschen Befehlsvordrucke. Das Beispiel ist aus dem Vordruck von 2003. Die neueren Vordrucke von 2009 enthalten aber zusätzliche Varianten. So sind die IDs x600 und xD00 im neueren Vordruck unterschiedlich ausgeführt, haben dort also jeweils einen eigenen „zusibefehl“-Abschnitt. Um die Kompatibilität zu gewährleisten, wurden diese zusätzlichen Fälle auch im älteren Vordruck definiert, auch wenn sie hier zum demselben Ergebnis führen. Die Schreibweise der durch Komma getrennten IDs erspart die mehrfache identische Definition für jede ID.

Formular, 1. Byte	
Nr.	Vom Simulator ausgefüllter Text
1	Zugnummer
2	Aktuelle Kilometrierung (Zugspitze)
3	Bezeichnung des Signals, an dem der Befehl ausgestellt wird
4	Gleisbezeichnung, des Signals, an dem der Befehl ausgestellt wird
5	Betriebsstelle des zugehörigen Signals
6	Name Fahrdienstleiter
7	Name Lokführer
8	Simulationsdatum
9	Simulationsstunde
10	Simulationsminute

Start, 2. Byte	
Nr.	Vom Simulator ausgefüllter Text
1	Signaltyp des Signals, an dem der Befehl ausgestellt wird
2	Bezeichnung des Signals, an dem der Befehl ausgestellt wird
3	Name der Betriebsstelle, an der der Befehl ausgestellt wird

Weg, 3. Byte	
Nr.	Vom Simulator ausgefüllter Text
1	Name der Betriebsstelle, an der der Befehl ausgestellt wird
2	Name der Betriebsstelle, an der die Fahrstraße endet

Ziel, 4. Byte	
Nr.	Vom Simulator ausgefüllter Text
1	Bezeichnung des Signals, an dem die Fahrstraße endet
2	Kilometrierung der Stelle, an der die Fahrstraße endet
3	Name der Betriebsstelle, an der die Fahrstraße endet

Die Zeilen vom Typ „textdef“ können frei definiert werden, um formularspezifische Einträge umsetzen zu können. So kann hier z.B. das Feld X3K durch ein X ersetzt werden.

Die Zeilen vom Typ „formatdef“ legen fest, welche Formatierungen ausgeführt werden sollen. Im Beispiel oben wird also das Feld D3LZBHALT mit dem style „durchgestrichen“ formatiert.

Das Ergebnis des Beispiele sieht im Vorschau- test mit eingetragenen Testdaten wie im nebenstehenden Bild aus.

Befehl	Triebfahrzeugführer Zug - Sperrfahrt - Schiebetriebfahrzeug für Zug <u>Zug-Nr</u>	Vordruck <u>1</u> von <u>1</u> Vordruck(en)
<input type="checkbox"/> 1	Sie dürfen - ohne Hauptsignal - bei LZB-Halt - - auf der Abzw/Üst - in den Bf/Bft _____ - weiterfahren - einfahren -	
<input type="checkbox"/> 2	Sie dürfen - vorbeifahren am Halt zeigenden oder gestörten - - weiterfahren - nach Vorbeifahrt - bei LZB-Halt - an der - am	
	Esig, Zsig, Asig, Sperrsig, Bksig, Sbk, Dksig LZB-Bk, LZB-Nothalt	Bezeichnung des Signals/ der LZB-Bk des Bf/Bft, der Bk/Abzw/Üst/Dkst
<input checked="" type="checkbox"/> 3	Sie dürfen im Bf/Bft <u>Start-Ort</u> - ohne Ausfahrsignal - bei LZB-Halt - ausfahren	

11.2 Weichenzubehör

Die Abfragemaske wird über zusätzliche Einträge in den Signaleigenschaften manuell per xml-Editor vorgenommen. Die mögliche Einträge sind in folgendem Beispiel blau hervorgehoben.

```
<SignalFrame
  WeichenbaugruppeIndex="2"
  WeichenbaugruppeBeschreibung="Aufschüttung Betoneinfassung rechts"
  WeichenbaugruppeNr="3"
  WeichenbaugruppePos0="1"
  WeichenbaugruppePos1="1">
  <p X="1.17"/>
  <phi Z="3.1415"/>
  <Datei Dateiname="PermanentWay\ ...\ Aufschuettung_Antrieb_Beton.lod.ls3"/>
</SignalFrame>
```

Sie bedeuten im einzelnen:

WeichenbaugruppeIndex: Laufende Nummer der Radiogroup (Auswahlelement, bei dem nur ein Eintrag angeklickt werden kann), von 1 beginnend. Sollen z.B. die ersten vier Dateien in der ersten Radiogroup als Alternative angeboten werden, so müssen diese vier Dateien den Eintrag WeichenbaugruppeIndex="1" erhalten.

WeichenbaugruppeBeschreibung: Der Text, der in der Radiogroup angezeigt wird.

WeichenbaugruppeNr: Laufende Nummer innerhalb der Radiogroup. Soll jede Datei in der Radiogroup eine Auswahlzeile erhalten, so würde von 1 ausgehend durchnumeriert. Sollen sich hinter einer Auswahl mehrere Dateien verbergen, so wird allen Dateien dieselbe Nummer zugeordnet. Der Eintrag WeichenbaugruppeBeschreibung ist dann nur für die erste Datei der Gruppe relevant.

WeichenbaugruppePos0 und WeichenbaugruppePos1: Hier wird die Belegung der Signalmatrix geregelt. Es wird über den Wert 1 festgelegt, ob die Datei bei Auswahl in der Grundstellung (WeichenbaugruppePos0) oder Abzweigstellung (WeichenbaugruppePos1) sichtbar ist. Im oben gezeigten Beispiel wäre die Datei in beiden Stellungen der Weiche sichtbar, wie es für statische Anbauteile (Antrieb, Geländeaufschüttung) der Fall wäre.

11.3 Datenaustausch

Über eine TCP-Schnittstelle können Daten für externe Fahrpulte und andere Programme ausgetauscht werden, die Daten des aktuell gefahrenen Zuges benötigen. Umgekehrt können Bedienhandlungen an Zusi gesendet werden, z.B. um Zusi mitzuteilen, welche Tasten an externen Fahrpulten betätigt wurden.

Zusi nimmt die Serverfunktion wahr, und die unterschiedlichen Programme können sich mit dem Hello-Befehl bei Zusi anmelden.

11.3.1 Aufbau des Datenformats

Sämtliche Daten werden in einer Hierarchie verschickt, die - vergleichbar mit xml – aus Knoten und Attributen besteht. Sie lässt sich dadurch auch dann einlesen, wenn der Client nicht alle Befehle des Protokolls kennt.

Verschickt werden immer Knoten, die entsprechend dem folgenden Abschnitt untergeordnet weitere Knoten und Attribute enthalten können. Attribute enthalten die Nutz-Daten als Buffer, der je nach Funktion vom Client auszuwerten ist. Welche ID welche Funktion darstellt, geht aus dem Datensatz selbst nicht hervor.

11.3.1.1 Knoten

Länge	Inhalt	Bezeichnung	Beschreibung
4 byte	00 00 00 00	PACKET_LENGTH	Länge = 0 kennzeichnet den Knoten im Unterschied zum Attribut
2 byte	xx xx	ID	ID zur Codierung der Funktion des Knotens (Word)
variabel	xx ...	ATTRIBUTES	Beliebig viele Blöcke vom Typ „Attribut“
variabel	xx ...	NODES	Beliebig viele Blöcke vom Typ „Knoten“
4 byte	FF FF FF FF	END	Kennzeichnung des Knoten-Endes

11.3.1.2 Attribut

Länge	Inhalt	Bezeichnung	Beschreibung
4 byte	xx xx xx xx	PACKET_LENGTH	Länge des nachfolgenden Blocks in Byte (Cardinal)
2 byte	xx xx	ID	ID zur Codierung der Funktion des Attributs (Word)
variabel	xx ...	DATA	Datenbytes, Interpretation je nach Funktion

11.3.1.3 Datentypen

Die Integer-Werte werden in Intel-byte-order versandt, also das niedrigste Byte zuerst. Folgende Datentypen werden angewendet:

Byte:	1 byte	0...255
ShortInt:	1 byte	-128...127
Word:	2 byte	0...65535
SmallInt:	2 byte	-32768..32767
Integer:	4 byte	-2147483648...2147483647
Cardinal:	4 byte	0...4294967295
Integer 64 bit:	8 byte	-9223372036854775808...9223372036854775807
Single:	4 byte	1,5E-45...3,4E38
Double:	8 byte	5,0E-324...1,7E308
String:	X byte	Ein byte pro Ziffer/Buchstabe
Datei:	X byte	Serialisierte Datei

11.3.2 Verbindungsauftbau

11.3.2.1 Befehl 00 01 – HELLO (Client → Zusi)

Mit dem HELLO-Befehl melden sich die einzelnen Clients bei Zusi an.

ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 01				<Knoten>	Verbindungsauftbau
	00 01			<Knoten>	Befehl HELLO
		00 01		Word	Protokoll-Version
		00 02		Word	Angabe des Client-Typs zur Unterscheidung, um welche Art von Anwendung es sich handelt: 01: Zusi 02: Fahrpult
		00 03		String	Klartextstring zur Identifikation des Programms durch den Anwender.
		00 04		String	Versionsnummer des Clients

11.3.2.2 Befehl 00 02 – ACK_HELLO (Zusi → Client)

Zusi teilt mit, ob der Client akzeptiert wird.

ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 01				<Knoten>	Verbindungsauftbau
	00 02			<Knoten>	Befehl ACK_HELLO
		00 01		String	Zusi-Version
		00 02		String	Zusi-Verbindungsinfo
		00 03		Byte	Der Client wurde akzeptiert, wenn das Byte auf 00 steht. Wird der Client nicht akzeptiert, wird stattdessen ein anderes Byte gesendet. Der Server bricht daraufhin die Verbindung ab.

11.3.3 Anwendung 02 („Fahrpult“)

Es folgen die Kommandos für alle Anwendungen, die sich beim Hello-Befehl mit Typ 02 angemeldet haben. Diese sind für Clients zugeschnitten, die auf den Führerstand zugreifen möchten wie z.B. externe Fahrpulte. Neben dem Auslesen von Fahrdaten und dem Senden von Bedienhandlungen sind auch Kommandos zur Steuerung des Simulators enthalten. So kann der Simulator über den Client ferngesteuert werden, ohne Zusi am Simulationsrechner bedienen zu müssen.

11.3.3.1 Befehl 00 03 - NEEDED_DATA (Client → Zusi)

Mit dem NEEDED_DATA-Befehl teilt der Client Zusi mit, welche Daten er benötigt. Es werden die ID-Nummern gemäß Zusi-Führerstand-Datenformat benutzt.

ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02				<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 03			<Knoten>	Befehl NEEDED_DATA
		00 0A		<Knoten>	Untergruppe Führerstandsanzeigen
			00 01	Word	Führerstands-ID gemäß nachfolgender Tabellen
			00 01	Word	Beliebig viele weitere Führerstands-IDs
			00 0B	<Knoten>	Untergruppe Führerstandsbedienung
			00 0C	<Knoten>	Untergruppe Programmdataen
			00 01	Word	Programm-ID gemäß nachfolgender Tabellen
			00 01	Word	Beliebig viele weitere Programm-IDs

11.3.3.2 Befehl 00 04 – ACK_NEEDED_DATA (Zusi → Client)

Entscheidung, ob die benötigten Daten akzeptiert werden. Der Befehl wird von Zusi nach dem NEEDED_DATA-Befehl an den Client gesendet.

ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02				<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 04			<Knoten>	Befehl ACK_NEEDED_DATA
		00 01		Byte	Der Befehl wurde akzeptiert, wenn das Byte auf 00 steht. Wird der Befehl nicht akzeptiert, wird stattdessen ein anderes Byte gesendet.

11.3.3.3 Befehl 00 0A – DATA_FTD (Zusi → Client)

Der DATA_FTD-Befehl überträgt Fahrpult-Nutzdaten von Zusi an den Client. Diese Daten werden von Zusi bedarfsweise gesendet, also nur, wenn sich die jeweilige Größe geändert hat (lässt sich im Simulator unter „Einstellungen → Sonstiges“ ändern).

ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02				<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0A			<Knoten>	Befehl DATA_FTD - Führerstandsanzeigen
		xx xx		Single	Führerstands-ID gemäß nachfolgender Tabellen mit Wert der physikalischen Größe als single (4 bytes)
		xx xx		Single	Führerstands-ID gemäß nachfolgender Tabellen mit Wert der physikalischen Größe als single (4 bytes)
		...			Weitere Führerstands-IDs

11.3.3.3.1 Führerstands-IDs

Die ID-Nummern entsprechen der laufenden Nummer der „physikalischen Größe“ gemäß Führerstandsfunktionen. Damit ergeben sich einige IDs, die für eine Übertragung kaum sinnvoll zu verwenden sind. Um die Einheitlichkeit der Datenstrukturen nicht zu beeinträchtigen, bleiben diese aber unverändert.

ID	Beschreibung	Typ	Dimension	Anmerkung
x0000 (0)	keine Funktion	Single		Nicht sinnvoll zu verwenden
x0001 (1)	Geschwindigkeit	Single	m/s	
x0002 (2)	Druck Hauptluftleitung	Single	bar	
x0003 (3)	Druck Bremszylinder	Single	bar	
x0004 (4)	Druck Hauptluftbehälter	Single	bar	

ID	Beschreibung	Typ	Dimension	Anmerkung
x0005 (5)	Luftpresser läuft	Single	aus/an	
x0006 (6)	Luftstrom Fvb	Single	-1...0...1	
x0007 (7)	Luftstrom Zbv	Single	-1...0...1	
x0008 (8)	Lüfter an	Single	aus/an	
x0009 (9)	Zugkraft gesamt	Single	N	
x000A (10)	Zugkraft pro Achse	Single	N	
x000B (11)	Zugkraft-Soll gesamt	Single	N	
x000C (12)	Zugkraft-Soll pro Achse	Single	N	
x000D (13)	Oberstrom	Single	A	
x000E (14)	Fahrleitungsspannung	Single	V	
x000F (15)	Motordrehzahl	Single	1/min	
x0010 (16)	Uhrzeit Stunde	Single	Stunde	Zeigerposition Analoguhren
x0011 (17)	Uhrzeit Minute	Single	Min.	Zeigerposition Analoguhren
x0012 (18)	Uhrzeit Sekunde	Single	Sekunde	Zeigerposition Analoguhren
x0013 (19)	Hauptschalter	Single	aus/an	
x0014 (20)	Trennschütz	Single	aus/an	
x0015 (21)	Fahrstufe	Single	1	
x0016 (22)	3D-Fenster	Single		Nicht sinnvoll zu verwenden
x0017 (23)	AFB-Sollgeschwindigkeit	Single	m/s	
x0018 (24)	Druck Hilfsluftbehälter	Single	bar	
x0019 (25)	Zurückgelegter Gesamtweg	Single	m	
x001A (26)	LM Getriebe	Single	aus/an	
x001B (27)	LM Schleudern	Single	aus/an	
x001C (28)	LM Gleiten	Single	aus/an	
x001D (29)	LM Mg-Bremse	Single	aus/an	
x001E (30)	LM H-Bremse	Single	aus/an	
x001F (31)	LM R-Bremse	Single	aus/an	
x0020 (32)	LM Hochabbremsung	Single	aus/an	
x0021 (33)	LM Schnellbremsung	Single	aus/an	
x0022 (34)	Status Notbremsung			s. eigener Abschnitt
x0023 (35)	LM Uhrzeit (digital)	Single	Zeit	0...1 (0:00 bis 24:00 Uhr)
x0024 (36)	LM Drehzahlverstellung	Single	aus/an	
x0025 (37)	LM Fahrtrichtung vor	Single	aus/an	
x0026 (38)	LM Fahrtrichtung zurück	Single	aus/an	
x0027 (39)	LM Fahrtrichtung M	Single	aus/an	
x0028 (40)	Hintergrundbild	Single		Nicht sinnvoll zu verwenden
x0029 (41)	Motordrehmoment	Single	Nm	
x002A (42)	Motorlast normiert	Single	1	(0...1)
x002B (43)	Tunnel	Single	aus/an	
x002C (44)	Schienenstoß/Weiche	Single	aus/an	
x002D (45)	Stahlbrücke	Single	aus/an	
x002E (46)	Steinbrücke	Single	aus/an	
x002F (47)	x-Koordinate	Single	m	Bez. Strecken-UTM-Punkt
x0030 (48)	y-Koordinate	Single	m	Bez. Strecken-UTM-Punkt
x0031 (49)	z-Koordinate	Single	m	
x0032 (50)	UTM-Referenzpunkt x [km]	Single	km	
x0033 (51)	UTM-Referenzpunkt y [km]	Single	km	
x0034 (52)	UTM-Zone	Single		
x0035 (53)	UTM-Zone 2	Single		
x0036 (54)	AFB an	Single	aus/an	
x0037 (55)	Fahrpultintern 01	Single		
x0038 (56)	Fahrpultintern 02	Single		
x0039 (57)	Fahrpultintern 03	Single		
x003A (58)	Fahrpultintern 04	Single		
x003B (59)	Fahrpultintern 05	Single		
x003C (60)	Fahrpultintern 06	Single		
x003D (61)	Fahrpultintern 07	Single		
x003E (62)	Fahrpultintern 08	Single		

ID	Beschreibung	Typ	Dimension	Anmerkung
x003F (63)	Fahrpultintern 09	Single		
x0040 (64)	Fahrpultintern 10	Single		
x0041 (65)	Fahrpultintern 11	Single		
x0042 (66)	Fahrpultintern 12	Single		
x0043 (67)	Fahrpultintern 13	Single		
x0044 (68)	Fahrpultintern 14	Single		
x0045 (69)	Fahrpultintern 15	Single		
x0046 (70)	Fahrpultintern 16	Single		
x0047 (71)	Fahrpultintern 17	Single		
x0048 (72)	Fahrpultintern 18	Single		
x0049 (73)	Fahrpultintern 19	Single		
x004A (74)	Fahrpultintern 20	Single		
x004B (75)	Datum	Single		Tage mit 0 = 30.12.1899
x004C (76)	Gleiskrümmung	Single	1000/m	
x004D (77)	Streckenhöchstgeschwindigkeit	Single	m/s	
x004E (78)	Zugkraftvorschlag Autopilot	Single	N	
x004F (79)	Beschleunigung x	Single	m/s ²	
x0050 (80)	Beschleunigung y	Single	m/s ²	
x0051 (81)	Beschleunigung z	Single	m/s ²	
x0052 (82)	Drehbeschleunigung x-Achse	Single	rad/s ²	
x0053 (83)	Drehbeschleunigung y-Achse	Single	rad/s ²	
x0054 (84)	Drehbeschleunigung z-Achse	Single	rad/s ²	
x0055 (85)	Stromabnehmer	Single	2x4 bit	4 bit: 1 für SA=oben; 4 bit: 1 für SA hebt sich gerade
x0056 (86)	LM Federspeicherbremse	Single	aus/an	
x0057 (87)	Zustand Federspeicherbremse	Single	-1, 0, 1, 2	nicht vorhanden/aus/an/blinkend
x0058 (88)	Steuerwagen: LM Getriebe	Single	aus/an	
x0059 (89)	Steuerwagen: LM Schleudern	Single	aus/an	
x005A (90)	Steuerwagen: LM Gleiten	Single	aus/an	
x005B (91)	Steuerwagen: LM H-Bremse	Single	aus/an	
x005C (92)	Steuerwagen: LM R-Bremse	Single	aus/an	
x005D (93)	Steuerwagen: LM Drehzahlverstellung	Single	aus/an	
x005E (94)	Druck Zeitbehälter	Single	bar	
x005F (95)	Geschwindigkeit (absolut)	Single	m/s	
x0060 (96)	Zug ist entgleist	Single	aus/ein	
x0061 (97)	Kilometrierung (Zugspitze)	Single	km	
x0062 (98)	Motorstrom	Single	A	
x0063 (99)	Motorspannung	Single	V	
x0064 (100)	Status Sifa			s. eigener Abschnitt
x0065 (101)	Status Zugbeeinflussung			s. eigener Abschnitt
x0066 (102)	Status Türen			s. eigener Abschnitt
x0067 (103)	Fahrpultintern 21	Single		
x0068 (104)	Fahrpultintern 22	Single		
x0069 (105)	Fahrpultintern 23	Single		
x006A (106)	Fahrpultintern 24	Single		
x006B (107)	Fahrpultintern 25	Single		
x006C (108)	Fahrpultintern 26	Single		
x006D (109)	Fahrpultintern 27	Single		
x006E (110)	Fahrpultintern 28	Single		
x006F (111)	Fahrpultintern 29	Single		
x0070 (112)	Fahrpultintern 30	Single		
x0071 (113)	Fahrpultintern 31	Single		
x0072 (114)	Fahrpultintern 32	Single		
x0073 (115)	Fahrpultintern 33	Single		
x0074 (116)	Fahrpultintern 34	Single		
x0075 (117)	Fahrpultintern 35	Single		

ID	Beschreibung	Typ	Dimension	Anmerkung
x0076 (118)	Fahrpultintern 36	Single		
x0077 (119)	Fahrpultintern 37	Single		
x0078 (120)	Fahrpultintern 38	Single		
x0079 (121)	Fahrpultintern 39	Single		
x007A (122)	Fahrpultintern 40	Single		
x007B (123)	Steuerwagen: Lüfter an	Single	aus/an	
x007C (124)	Steuerwagen: Zugkraft gesamt	Single	N	
x007D (125)	Steuerwagen: Zugkraft pro Achse	Single	N	
x007E (126)	Steuerwagen: Zugkraft-Soll gesamt	Single	N	
x007F (127)	Steuerwagen: Zugkraft-Soll pro Achse	Single	N	
x0080 (128)	Steuerwagen: Oberstrom	Single	A	
x0081 (129)	Steuerwagen: Fahrleitungsspannung	Single	V	
x0082 (130)	Steuerwagen: Motordrehzahl	Single	1/min	
x0083 (131)	Steuerwagen: Hauptschalter	Single	aus/an	
x0084 (132)	Steuerwagen: Trennschütz	Single	aus/an	
x0085 (133)	Steuerwagen: Fahrstufe	Single	1	
x0086 (134)	Steuerwagen: Motordrehmoment	Single	Nm	
x0087 (135)	Steuerwagen: Motorlast normiert	Single	1	(0...1)
x0088 (136)	Steuerwagen: Stromabnehmer	Single		
x0089 (137)	Steuerwagen: Motorstrom	Single	A	
x008A (138)	Steuerwagen: Motorspannung	Single	V	
x008B (139)	Geschwindigkeit (absolut) inkl. Schleudern	Single	m/s	
x008C (140)	Batteriehauptschalter aus	Single	an/aus	aus=1/an=0
x008D (141)	Status Fahrzeug			s. eigener Abschnitt
x008E (142)	Status Zugverband			s. eigener Abschnitt
x008F (143)	Bremsprobefunktion	Single		0: aus, >0 aktiv
x0090 (144)	Zug- und Brems-Gesamtkraftsoll normiert	Single	1	(0...1) normiert auf aktuelle Fmax
x0091 (145)	Steuerwagen: Zug- und Brems-Gesamtkraftsoll normiert	Single	1	(0...1) normiert auf aktuelle Fmax
x0092 (146)	Status Weichen			s. eigener Abschnitt
x0093 (147)	Zug- und Brems-Gesamtkraftsoll absolut normiert	Single	1	(0...1) normiert auf Anfahrzugkraft
x0094 (148)	Steuerwagen: Zug- und Brems-Gesamtkraftsoll absolut normiert	Single	1	(0...1) normiert auf Anfahrzugkraft
x0095 (149)	Fahrzeugintern 01	Single		
x0096 (150)	Fahrzeugintern 02	Single		
x0097 (151)	Fahrzeugintern 03	Single		
x0098 (152)	Fahrzeugintern 04	Single		
x0099 (153)	Fahrzeugintern 05	Single		
x009A (154)	Fahrzeugintern 06	Single		
x009B (155)	Fahrzeugintern 07	Single		
x009C (156)	Fahrzeugintern 08	Single		
x009D (157)	Fahrzeugintern 09	Single		
x009E (158)	Fahrzeugintern 10	Single		
x009F (159)	Fahrzeugintern 11	Single		
x00A0 (160)	Fahrzeugintern 12	Single		
x00A1 (161)	Fahrzeugintern 13	Single		
x00A2 (162)	Fahrzeugintern 14	Single		
x00A3 (163)	Fahrzeugintern 15	Single		
x00A4 (164)	Fahrzeugintern 16	Single		
x00A5 (165)	Fahrzeugintern 17	Single		

ID	Beschreibung	Typ	Dimension	Anmerkung
x00A6 (166)	Fahrzeugintern 18	Single		
x00A7 (167)	Fahrzeugintern 19	Single		
x00A8 (168)	Fahrzeugintern 20	Single		

11.3.3.2 Status Notbremssystem

Der Zustand des Notbremssystems wird in der folgenden Struktur übertragen.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02						<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0A					<Knoten>	Befehl DATA_FTD - Führerstandsanzeigen
		00 22				<Knoten>	Status Notbremssystem
			00 01			String	Bauart Notbremssystem als Text
				00 02		Byte	Status Notbremssystem 0: NBÜ aus 1: NBÜ bereit 2: Notbremse gezogen 3: Notbremse wirkt (NBÜ bereit) 4: NBÜ durch Lokführer aktiviert, Notbremse überbrückt 5: Notbremse wirkt (NBÜ aus) 6: NBÜ ist daueraktiviert, Notbremse ohne jede Wirkung
				00 03		Byte	1: Melder „System bereit“ an
				00 04		Byte	1: Melder „Notbremsung“ an
				00 05		Byte	0: Normalbetrieb 1: Testmodus aktiv

11.3.3.3 Status Sifa

Der Zustand des Sifa-Systems wird in der folgenden Struktur übertragen.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02						<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0A					<Knoten>	Befehl DATA_FTD - Führerstandsanzeigen
		00 64				<Knoten>	Status Sifa
			00 01			String	Bauart Sifasystem als Text
				00 02		Byte	Status Sifa-Leuchtmelder 0: Aus 1: An
				00 03		Byte	Status Sifa-Hupe 0: Aus 1: Warnung 2: Zwangsbremsung
				00 04		Byte	Sifa-Hauptschalter 1: Sifa ausgeschaltet 2: Sifa eingeschaltet
				00 05		Byte	Sifa-Störschalter 1: Sifa abgeschaltet 2: Sifa eingeschaltet
				00 06		Byte	Sifa-Luftabsperrhahn 1: abgesperrt 2: offen

11.3.3.3.4 Status Zugbeeinflussung

Um auch komplexere Systeme darstellen zu können, wird der Status des Zugbeeinflussungssystems in einer Struktur übertragen. Wenn es eine Änderung bei der Zugbeeinflussung gab, wird immer das komplette Paket übertragen, auch wenn sich z.B. nur ein Wert verändert hat.

11.3.3.3.4.1 Grundblock

Für jedes Zugbeeinflussungssystem wird zunächst der folgende Grundblock verschickt, gefolgt von systemspezifischen Werten, die in den folgenden Kapiteln aufgeführt werden.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02						<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0A					<Knoten>	Befehl DATA_FTD - Führerstandsanzeigen
		00 65				<Knoten>	Status Zugbeeinflussung
			00 01			String	Bauart Zugbeeinflussungssystem als Text

11.3.3.3.4.2 Indusi Analogsysteme und Basisdaten

Der folgende Block schließt bei allen Indusi-Bauarten an den Grundblock an.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
			00 02			<Knoten>	System aus der Indusi-Familie - Einstellungen
				00 01		Byte	Zugart: 1: Zugart muss noch bestimmt werden 2: U 3: M 4: O 5: S-Bahn-Modus
				00 07		Byte	Hauptschalter 1: Indusi ausgeschaltet 2: Indusi eingeschaltet
				00 08		Byte	Störschalter 1: Indusi abgeschaltet 2: Indusi eingeschaltet
				00 0A		Byte	Luftabsperrhahn 1: abgesperrt 2: offen
			00 03			<Knoten>	System aus der Indusi-Familie - Betriebsdaten
				00 02		Word	Zustand Zugbeeinflussung 1: ausgeschaltet 2: abgeschaltet/gestört (1000 Hz blinkt) 3: Hauptluftleitung unter Grenzdruck (ca. 2,2 bar, 1000 Hz blinkt) 4: Aufforderung zur Zugdateneingabe 5: Normalbetrieb 6: Funktionsprüfung

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
				00 03		Word	0: keine Zwangsbremse, sonst Zwangsbremse aktiv wegen: 1: Wachsam 2: 1000 Hz-Prüfung 3: 500 Hz-Prüfung 4: 2000 Hz 5: Kein Halt nach Befreiung aus Zwangsbremse 6: Fahrzeug-v-Max überschritten 7: Funktionsprüfung 8: 500 Hz nach Befreiung 9: LZB-Halt überfahren 10: LZB-Rechnerausfall 11: LZB-Nothalt überfahren 12: Übertragungsausfall in verdeckter Aufnahme
				00 04		String	Grund der Zwangsbremse als Text
				00 05		Byte	1: Melder 1000 Hz an
				00 06		Byte	1: Zugart Melder U an
				00 07		Byte	1: Zugart Melder M an
				00 08		Byte	1: Zugart Melder O an
				00 09		Byte	Indusi-Hupe: 0: aus 1: Hupe 2: Zwangsbremse

11.3.3.4.3 Indusi I60R/I80/PZB90

Der folgende Block schließt bei allen rechnergestützten Indusi-Bauarten an.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
			00 02			<Knoten>	System aus der Indusi-Familie - Einstellungen
			00 02			String	Tf-Nummer
			00 03			String	Zugnummer
			00 0x			<Knoten>	Modus: 00 05: Werte der Ersatzzugdaten 00 06: Aktive Zugdaten
				00 01	Word		BRH-Wert (Bremshundertstel)
				00 02	Word		BRA-Wert (Bremsart)
				00 05	Byte		Zugehörige Zugart: 1: Zugart muss noch bestimmt werden 2: U 3: M 4: O 5: S-Bahn-Modus
				00 06	Byte		Modus (nur relevant für Knoten 00 06 „Aktive Zugdaten“) 5: Ersatzzugdaten 6: Normalbetrieb
			00 03			<Knoten>	System aus der Indusi-Familie - Betriebsdaten
			00 0A		Byte		1: Melder 500Hz an
			00 0B		Byte		1: Melder Befehl an

11.3.3.3.4.4 PZB90

Der folgende Block schließt bei allen PZB90-Bauarten an. Dieser Datensatz erleichtert es der Clientanwendung, den Zustand der PZB90 eindeutig zu erkennen.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
			00 03			<Knoten>	System aus der Indusi-Familie - Betriebsdaten
				00 0C		Byte	Zusatzinfo Melderbild: 0: Normalzustand 1: 1000 Hz nach 700m 2: Restriktiv 3: Restriktiv + 1000Hz 4: Restriktiv + 500 Hz 5: Prüfablauf nach LZB-Übertragungsausfall (>0)

11.3.3.3.4.5 PZB90 S-Bahn

Der folgende Block schließt bei der S-Bahn-PZB90 an.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
			00 03			<Knoten>	System aus der Indusi-Familie - Betriebsdaten
				00 29		Byte	1: Melder Zugart links an (S-Bahn)
				00 2A		Byte	1: Melder Zugart 65 an (S-Bahn)
				00 2B		Byte	1: Melder Zugart rechts an (S-Bahn)

11.3.3.3.4.6 PZ80R

Es wird die Ausgabe wie bei der PZB90 benutzt mit folgenden Abweichungen: Der Melder O wird für den Zugartmelder benutzt, egal welche Zugart wirksam ist. Die Melder M und U werden nicht genutzt.

11.3.3.3.4.7 PZ80

Noch keine vollständige Ausgabe implementiert. Bei Bedarf bitte im Zusi-Forum melden.

11.3.3.3.4.8 LZB

Der folgende Block schließt bei allen LZB-Bauarten an.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
			00 02			<Knoten>	System aus der Indusi-Familie - Einstellungen
				00 0x		<Knoten>	Modus: 00 04: Werte der Grunddaten 00 05: Werte der Ersatzzugdaten 00 06: Aktive Zugdaten
					00 01	Word	BRH-Wert (Bremshundertstel)
					00 02	Word	BRA-Wert (Bremsart)
					00 03	Word	ZL-Wert (Zuglänge) in m
					00 04	Word	VMZ-Wert (Höchstgeschwindigkeit) in km/h

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
					00 05	Byte	Zugehörige Zugart: 1: Zugart muss noch bestimmt werden 2: U 3: M 4: O
					00 06	Byte	Modus (nur relevant für Knoten 00 06 „Aktive Zugdaten“) 4: Grunddaten 5: Ersatzzugdaten 6: Normalbetrieb
				00 09		Byte	Störschalter 1: LZB abgeschaltet 2: LZB eingeschaltet
			00 03			<Knoten>	System aus der Indusi-Familie - Betriebsdaten
				00 0D		Word	LZB-Zustand: 0: Keine LZB-Führung 1: Normale Fahrt 2: Nothalt 3: LZB-Halt überfahren 4: Rechnerausfall 5: Nachfahrauftrag 6: Funktionsprüfung
				00 0E		<Knoten>	Ende-Verfahren läuft
					00 01	Byte	Status 1: eingeleitet 2: quittiert
				00 0F		<Knoten>	Ersatzauftrag aktiv
				00 10		<Knoten>	Falschfahrauftrag aktiv
					00 01	Byte	Status: 1: eingeleitet 2: quittiert/Dunkelschaltung
				00 11		<Knoten>	Vorsichtauftrag aktiv
					00 01	Byte	Status: 1: eingeleitet 2: quittiert/Dunkelschaltung 3: Fahrt auf Sicht (V40-Melder Dauerlicht)
				00 12		<Knoten>	Fahrt über LZB-Halt per Befehl
				00 13		<Knoten>	Übertragungsausfall
					00 01	Single	Zielgeschwindigkeit in m/s
					00 02	Word	Status: 1: eingeleitet 2: Ü blinkt 3: erste Quittierung erfolgt 4: Bedingung für 2. Quittierung gegeben 5: zweite Quittierung erfolgt 6: Ausfall nach verdeckter LZB-Aufnahme (CE) 7: dito, Befehl blinkt
					00 03	Single	Zielweg (nur CIR-ELKE)
				00 14		<Knoten>	LZB-Nothalt
					00 01	Byte	1: Nothalt empfangen 2: Nothalt überfahren 3: Nothalt aufgehoben
					00 02	Byte	1: Nothalt wird gesendet
				00 15		<Knoten>	LZB-Rechnerausfall

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
					00 01	Byte	1: Alles dunkel 2: Befehlsmelder blinkt nach Rechnerneustart 3: Befehlsmelder Dauerlicht nach Quittierung
				00 16		<Knoten>	LZB-EL-Auftrag
					00 01	Byte	1: Hauptschalter aus (EL zeigt Dauerlicht) 2: Stromabnehmer senken (EL blinkt)
				00 17		Byte	1: Melder H an
				00 18		Byte	1: Melder E40 an
				00 19		Byte	1: Melder Ende an
				00 1A		Byte	1: Melder B an
				00 1B		Byte	1: Melder Ü an
				00 1C		Byte	1: Melder G an
				00 1D		Byte	1: Melder EL an
				00 1E		Byte	1: Melder V40 an
				00 1F		Byte	1: Melder S an
				00 20		Byte	1: Melder Prüf/Stör an
				00 21		Single	Sollgeschwindigkeit in m/s
				00 22		Single	Zielgeschwindigkeit in m/s (Wert<0 → dunkel)
				00 23		Single	Zielweg in m (Wert<0 → dunkel)
				00 24		Byte	0: Melder G aus 1: Melder G an 2: Melder G blinkt
				00 25		Byte	0: Melder Prüf/Stör aus 1: Melder Prüf/Stör an 2: Melder Prüf/Stör blinkt
				00 26		Byte	CIR-ELKE-Modus 0: Normaler Modus aktiv 1: CIR-ELKE-Modus aktiv
				00 27		Byte	Anzeigemodus 0: Normaler Modus 1: Zugdatenanzeige im MFA aktiv
				00 28		<Knoten>	Funktionsprüfung läuft
					00 01	<Knoten>	Alle Melder blinken
					00 02	<Knoten>	Anzeige der Führungsgrößen
					00 03	<Knoten>	B ist an, Ü ist aus
					00 04	<Knoten>	Zwangsbremsung aktiv

11.3.3.4.9 ZUB

Der folgende Block schließt ZUB-Systemen an.

*

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung	*
			00 06			<Knoten>	System aus der ZUB-Familie - Einstellungen	
				00 01		Word	BRH-Wert (Bremshundertstel)	
				00 03		Word	ZL-Wert (Zuglänge) in m	
				00 04		Word	VMZ-Wert (Höchstgeschwindigkeit) in km/h	
			00 07			<Knoten>	System aus der ZUB-Familie - Betriebsdaten	
				00 01		Byte	1: Melder GNT an	
				00 02		Byte	1: Melder GNT Ü an	
				00 03		Byte	1: Melder GNT G an	
				00 04		Byte	1: Melder GNT S an	
				00 05		Byte	1: Melder GNT Gst ein an	
				00 06		Byte	1: Melder GNT Gst Stör an	
				00 07		Byte	Status Melder GNT Ü 0: Aus 1: Dauerlicht 2: Blinkend	
				00 08		Byte	Status Melder GNT G 0: Aus 1: Dauerlicht 2: Blinkend	
				00 09		Byte	Status Melder GNT S 0: Aus 1: Dauerlicht 2: Blinkend	
				00 0A		Word	Wert > 0: Zwangsbremsung, siehe 00 02 - 00 0A - 00 65 - 00 03 - 00 03	
				00 0B		Byte	Betriebszwangsbremsung aktiv	*

11.3.3.5 Status Türen

Um auch komplexere Systeme darstellen zu können, wird der Status des Türschließsystems in einer Struktur übertragen. Wenn es eine Änderung gab, wird immer das komplette Paket übertragen, auch wenn sich z.B. nur ein Wert verändert hat.

11.3.3.5.1 Grundblock

Für jedes System wird zunächst der folgende Grundblock verschickt, gefolgt von system-spezifischen Werten, die in den folgenden Kapiteln aufgeführt werden.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02						<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0A					<Knoten>	Befehl DATA_FTD - Führerstandsanzeigen
		00 66				<Knoten>	Status Türsystem
			00 01			String	Bezeichnung des Systems als Text
			00 02			Byte	Status linke Seite 0: zu 1: öffnend 2: offen 3: Fahrgastwechsel abgeschlossen 4: schließend 5: gestört 6: blockiert
			00 03			Byte	Status rechte Seite (entsprechend)
			00 04			Byte	1: Traktionssperre aktiv

11.3.3.3.5.2 Seitenselektive Systeme

Die Systeme SAT, TB0, TAV, SST und S-Bahn versenden zusätzlich die folgenden Daten. Bei UIC WTB wird „Melder links“ für den blauen und „Melder rechts“ für den gelben Leuchtmelder benutzt.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02						<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0A					<Knoten>	Befehl DATA_FTD - Führerstandsanzeigen
		00 66				<Knoten>	Status Türsystem
			00 05			Byte	Freigabestatus (Seitenwahlschalter) 0: Zu 1: Links 2: Rechts 3: Beide
			00 06			Byte	1: Melder links an
			00 07			Byte	1: Melder rechts an
			00 08			Byte	Status Melder links 0: Aus (Türen auf) 1: Dauerlicht (Türen zu) 2: Blinkend (Türen schließend)
			00 09			Byte	Status Melder rechts 0: Aus (Türen auf) 1: Dauerlicht (Türen zu) 2: Blinkend (Türen schließend)
			00 0A			Byte	1: Melder „(Zwang)schließen“ an
			00 0B			Byte	Status Melder „(Zwang)schließen“ 0: Aus 1: Dauerlicht 2: Blinkend
			00 0C			Byte	1: Melder „Türen links+rechts“ an
			00 0D			Byte	Status Melder „Türen links+rechts“ 0: Aus 1: Dauerlicht 2: Blinkend
			00 0E			Byte	1: „Zentrales Öffnen links“ an
			00 0F			Byte	1: „Zentrales Öffnen rechts“ an
			00 10			Byte	Status Melder „Zentrales Öffnen links“ 0: Aus 1: Dauerlicht 2: Blinkend
			00 11			Byte	Status Melder „Zentrales Öffnen rechts“ 0: Aus 1: Dauerlicht 2: Blinkend

*
*
*
*

11.3.3.6 Status Fahrzeug

Der Zustand des Fahrzeugs wird in der folgenden Struktur übertragen.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02						<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0A					<Knoten>	Befehl DATA_FTD - Führerstandsanzeigen
		00 8D				<Knoten>	Status Fahrzeug
			00 01			Word	Grund Nullstellungszwang 0: Nichts 1: Niedriger Hauptluftleitungsdruck 2: Dynamische Bremse 3: Traktionssperre
			00 02			Word	Grund Traktionssperre 0: Nichts 1: Federspeicherbremse aktiv 2: Türsystem 3: Bremsprobe läuft
			00 03			Byte	Status Fahrschalter 1: Deaktiviert 2: Normalzustand
			00 04			Byte	Status Dynamische Bremse 1: Deaktiviert 2: Normalzustand

11.3.3.7 Status Zugverband

Der Zugverband des aktuellen Zuges wird in der folgenden Struktur übertragen.

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02						<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0A					<Knoten>	Befehl DATA_FTD - Führerstandsanzeigen
		00 8E				<Knoten>	Status Fahrzeug
			00 01			<Knoten>	Fahrzeug
				00 01		String	Fahrzeugdateiname
				00 02		String	Beschreibung
				00 03		Word	Bremsstellung 0: keine/undefiniert 1: G 2: P 3: P+Mg 4: R 5: R+Mg
				00 04		<Knoten>	Vorhandenes Zugbeeinflussungssystem
					00 01	String	Bezeichnung Zugbeeinflussungssystem
				00 04		<Knoten>	weitere Zugbeeinflussungssysteme
				00 05		Single	Fahrzeughöchstgeschwindigkeit in m/s
			00 01			<Knoten>	weitere Fahrzeuge

11.3.3.8 Status Weichen

Es wird der Status der voraus liegenden Weiche(n) übertragen. So erhält eine Anwendung zur Ansteuerung von Handweichen die benötigten Informationen

ID	ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02						<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0A					<Knoten>	Befehl DATA_FTD - Führerstandsanzeigen
		00 92				<Knoten>	Status Weichen
			00 01			<Knoten>	Weiche
				00 01		String	Weichen-Bezeichnung
				00 02		Integer	Bauart 0: undefiniert 1: Handweiche rechts 2: Handweiche links 3: EOW rechts 4: EOW links 5: Hand-DKW in Grundstellung nach links 6: Hand-DKW in Grundstellung nach rechts 7: EOW-DKW in Grundstellung nach links 8: EOW-DKW in Grundstellung nach rechts 9: Hand-Gleissperre 10: EOW-Gleissperre 11: HET 12: UT 13: ZLB
				00 03		Integer	Typ 0: undefiniert 1: Ohne Grundstellung 2: Grundstellung rechts (weiß) 3: Grundstellung links (weiß) 4: Grundstellung rechts (gelb) 5: Grundstellung links (gelb)
				00 04		Byte	Aktuelle Lage 0: Zusi-Grundstellung spitz befahren 1: Nicht in Grundstellung spitz befahren 2: Zusi-Grundstellung stumpf befahren 3: Nicht in Grundstellung stumpf befahren
			00 01			<Knoten>	weitere Weichen

11.3.3.4 Befehl 00 0B – DATA_OPERATION (Zusi → Client)

Der DATA_OPERATION-Befehl überträgt die Bedienung des Führerstands (Tastatur, Maus, TCP usw.) von Zusi an den Client.

ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02					<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0B				<Knoten>	Befehl DATA_OPERATION – Führerstandsbedienung
		00 01			<Knoten>	Betätigungsorgang
			00 01		Word	Tastaturzuordnung (s. folgende Tabelle)
			00 02		Word	Tastaturkommando (s. folgende Tabelle)
			00 03		Word	Tastaturaktion (s. folgende Tabelle)
			00 04		SmallInt	Schalterposition
			00 05		Single	Parameter für spezielle Funktionen, im Regelfall 0
			00 01		<Knoten>	Beliebig viele weitere Betätigungsorgänge
			00 02		<Knoten>	Kombischalter Hebelpositionen
				00 01	String	Name des Kombischalters
				00 02	<Knoten>	Funktion
				00 01	Word	Kombischalterfunktion, siehe folgende Tabelle
				00 02	Single	Parameter
				00 02	<Knoten>	Beliebig viele weitere Funktionen
				00 03	SmallInt	Aktuelle Raste (Nr.)
				00 04	SmallInt	Nr. der Mittelstellung
				00 05	SmallInt	Maximale Rastenummer
		00 02			<Knoten>	Beliebig viele weitere Kombischalter

Tastaturzuordnung	
x00 (0)	Keine Tastaturbedienung
x01 (1)	Fahrschalter
x02 (2)	Dynamische Bremse
x03 (3)	AFB
x04 (4)	Führerbremsventil
x05 (5)	Zusatzbremsventil
x06 (6)	Gang
x07 (7)	Richtungsschalter
x08 (8)	Stufenschalter
x09 (9)	Sander
x0A (10)	Türen
x0B (11)	Licht
x0C (12)	Pfeife
x0D (13)	Glocke
x0E (14)	Lüfter
x0F (15)	Zugbeeinflussung
x10 (16)	Sifa
x11 (17)	Hauptschalter
x12 (18)	Gruppenschalter
x13 (19)	Schleuderschutz
x14 (20)	Mg-Bremse
x15 (21)	Lokbremse entlüften
x16 (22)	Fahrpultintern 01
x17 (23)	Fahrpultintern 02
x18 (24)	Fahrpultintern 03
x19 (25)	Fahrpultintern 04
x1A (26)	Fahrpultintern 05
x1B (27)	Fahrpultintern 06
x1C (28)	Fahrpultintern 07
x1D (29)	Fahrpultintern 08
x1E (30)	Fahrpultintern 09
x1F (31)	Fahrpultintern 10
x20 (32)	Fahrpultintern 11
x21 (33)	Fahrpultintern 12
x22 (34)	Fahrpultintern 13
x23 (35)	Fahrpultintern 14

Tastaturzuordnung	
x24 (36)	Fahrpultintern 15
x25 (37)	Fahrpultintern 16
x26 (38)	Fahrpultintern 17
x27 (39)	Fahrpultintern 18
x28 (40)	Fahrpultintern 19
x29 (41)	Fahrpultintern 20
x2A (42)	Programmsteuerung
x2B (43)	Stromabnehmer
x2C (44)	Führerstandssicht
x2D (45)	Luftpresser aus
x2E (46)	Zugfunk
x2F (47)	LZB
x30 (48)	Fahrpultintern 21
x31 (49)	Fahrpultintern 22
x32 (50)	Fahrpultintern 23
x33 (51)	Fahrpultintern 24
x34 (52)	Fahrpultintern 25
x35 (53)	Fahrpultintern 26
x36 (54)	Fahrpultintern 27
x37 (55)	Fahrpultintern 28
x38 (56)	Fahrpultintern 29
x39 (57)	Fahrpultintern 30
x3A (58)	Fahrpultintern 31
x3B (59)	Fahrpultintern 32
x3C (60)	Fahrpultintern 33
x3D (61)	Fahrpultintern 34
x3E (62)	Fahrpultintern 35
x3F (63)	Fahrpultintern 36
x40 (64)	Fahrpultintern 37
x41 (65)	Fahrpultintern 38
x42 (66)	Fahrpultintern 39
x43 (67)	Fahrpultintern 40
x44 (68)	Notaus
x45 (69)	Federspeicherbremse
x46 (70)	Batterie-Hauptschalter aus
x47 (71)	NBÜ
x48 (72)	Bremsprobefunktion
x49 (73)	Leistung aus
x4A (74)	Fahrzeugintern 01
x4B (75)	Fahrzeugintern 02
x4C (76)	Fahrzeugintern 03
x4D (77)	Fahrzeugintern 04
x4E (78)	Fahrzeugintern 05
x4F (79)	Fahrzeugintern 06
x50 (80)	Fahrzeugintern 07
x51 (81)	Fahrzeugintern 08
x52 (82)	Fahrzeugintern 09
x53 (83)	Fahrzeugintern 10
x54 (84)	Fahrzeugintern 11
x55 (85)	Fahrzeugintern 12
x56 (86)	Fahrzeugintern 13
x57 (87)	Fahrzeugintern 14
x58 (88)	Fahrzeugintern 15
x59 (89)	Fahrzeugintern 16
x5A (90)	Fahrzeugintern 17
x5B (91)	Fahrzeugintern 18
x5C (92)	Fahrzeugintern 19
x5D (93)	Fahrzeugintern 20

Tastaturkommando	
x00 (0)	Unbestimmt
x01 (1)	FahrschalterAuf_Down
x02 (2)	FahrschalterAuf_Up
x03 (3)	FahrschalterAb_Down
x04 (4)	FahrschalterAb_Up
x05 (5)	FahrschalterGrundstellung
x06 (6)	FahrschalterEinAus_Down
x07 (7)	FahrschalterEinAus_Up
x08 (8)	DynBremseAuf_Down
x09 (9)	DynBremseAuf_Up
x0A (10)	DynBremseAb_Down
x0B (11)	DynBremseAb_Up
x0C (12)	DynBremseGrundstellung
x0D (13)	DynBremseEinAus_Down
x0E (14)	DynBremseEinAus_Up
x0F (15)	AFAuf_Down
x10 (16)	AFAuf_Up
x11 (17)	AFBAb_Down
x12 (18)	AFBAb_Up
x13 (19)	AFBGrundstellung
x14 (20)	AFBEinAus_Down
x15 (21)	AFBEinAus_Up
x16 (22)	GangAuf_Down
x17 (23)	GangAuf_Up
x18 (24)	GangAb_Down
x19 (25)	GangAb_Up
x1A (26)	GangGrundstellung
x1B (27)	FbvAuf_Down
x1C (28)	FbvAuf_Up
x1D (29)	FbvAb_Down
x1E (30)	FbvAb_Up
x1F (31)	Angleicher_Down
x20 (32)	Angleicher_Up
x21 (33)	ZbvAuf_Down
x22 (34)	ZbvAuf_Up
x23 (35)	ZbvAb_Down
x24 (36)	ZbvAb_Up
x25 (37)	Mg_Down
x26 (38)	Mg_Up
x27 (39)	RischaAuf_Down
x28 (40)	RischaAuf_Up
x29 (41)	RischaAb_Down
x2A (42)	RischaAb_Up
x2B (43)	StufenschalterAuf_Down
x2C (44)	StufenschalterAuf_up
x2D (45)	StufenschalterAb_Down
x2E (46)	StufenschalterAb_Up
x2F (47)	Sand_Down
x30 (48)	Sand_Up
x31 (49)	Schleuderschutz_Down
x32 (50)	Schleuderschutz_Up
x33 (51)	PZBWachsam_Down
x34 (52)	PZBWachsam_Up
x35 (53)	PZBFrei_Down
x36 (54)	PZBFrei_Up
x37 (55)	PZBBefehl_Down
x38 (56)	PZBBefehl_Up
x39 (57)	Sifa_Down

Tastaturkommando	
x3A (58)	Sifa_Up
x3B (59)	TuerenTaster_Down
x3C (60)	TuerenTaster_Up
x3D (61)	TuerenLi_Down
x3E (62)	TuerenLi_Up
x3F (63)	TuerenRe_Down
x40 (64)	TuerenRe_Up
x41 (65)	TuerenZu_Down
x42 (66)	TuerenZu_Up
x43 (67)	Licht_Down
x44 (68)	Licht_Up
x45 (69)	Pfeife_Down
x46 (70)	Pfeife_Up
x47 (71)	Glocke_Down
x48 (72)	Glocke_Up
x49 (73)	Luefter_Down
x4A (74)	Luefter_Up
x4B (75)	MotorAuf_Down
x4C (76)	MotorAuf_Up
x4D (77)	MotorAb_Down
x4E (78)	MotorAb_Up
x4F (79)	HauptschalterEin_Down
x50 (80)	HauptschalterEin_Up
x51 (81)	HauptschalterAus_Down
x52 (82)	HauptschalterAus_Up
x53 (83)	SAAuf_Down
x54 (84)	SAAuf_Up
x55 (85)	SAAb_Down
x56 (86)	SAAb_Up
x57 (87)	Fst1_Down
x58 (88)	Fst1_Up
x59 (89)	Fst2_Down
x5A (90)	Fst2_Up
x5B (91)	Fst3_Down
x5C (92)	Fst3_Up
x5D (93)	Fst4_Down
x5E (94)	Fst4_Up
x5F (95)	LuftpresserAus_Down
x60 (96)	LuftpresserAus_Up
x61 (97)	FunkGabel_Down
x62 (98)	FunkGabel_Up
x63 (99)	FunkSprechknopf_Down
x64 (100)	FunkSprechknopf_Up
x65 (101)	LZB_G_Down
x66 (102)	LZB_G_Up
x67 (103)	LZB_Stoer_Down
x68 (104)	LZB_Stoer_Up
x69 (105)	LZB_Nothalte_Down
x6A (106)	LZB_Nothalte_Up
x6B (107)	Nothalte_Down
x6C (108)	Nothalte_Up
x6D (109)	FederspeicherAuf_Down
x6E (110)	FederspeicherAuf_Up
x6F (111)	FederspeicherAb_Down
x70 (112)	FederspeicherAb_Up
x71 (113)	BatterieHSAusAuf_Down
x72 (114)	BatterieHSAusAuf_Up
x73 (115)	BatterieHSAusAb_Down

Tastaturkommando		
x74 (116)	BatterieHSAusAb_Up	
x75 (117)	NBUeAus_Down	
x76 (118)	NBUeAus_Up	
x77 (119)	NBUeQuittierung_Down	
x78 (120)	NBUeQuittierung_Up	
x79 (121)	NBUeTest_Down	
x7A (122)	NBUeTest_Up	
x7B (123)	Bremsprobe_Down	
x7C (124)	Bremsprobe_Up	
x7D (125)	LeistungAus_Down	
x7E (126)	LeistungAus_Up	
x7F (127)	ETCSQuittieren_Down	
x80 (128)	ETCSQuittieren_Up	

Tastaturaktion		
00	Default	Ohne spezielle Funktion
01	Down	Taste wird heruntergedrückt
02	Up	Taste wird losgelassen
03	Auf_Down	Taste zum Hochschalten eines Kombischalters wird runtergedrückt
04	Auf_Up	Taste zum Hochschalten eines Kombischalters wird losgelassen
05	Ab_Down	Taste zum Runterschalten eines Kombischalters wird runtergedrückt
06	Ab_Up	Taste zum Runterschalten eines Kombischalters wird losgelassen
07	Absolut	Angabe einer absoluten Raste
08	Absolut1000er	Kombischalterstellung als Bruchteil von +/-1000 (wird für Joystickdaten benutzt)

Kombischalterfunktion		
x00 (0)	Nichts	
x01 (1)	Fahrstufe	Stufenummer
x02 (2)	Fahrstufe Schnellaus	
x03 (3)	Fahrstufe aufschalten	Beschleuniger-Faktor
x04 (4)	Fahrstufe konstant	
x05 (5)	Fahrstufe abschalten	Beschleuniger-Faktor
x06 (6)	Dyn Bremse Stufe	Stufenummer
x07 (7)	Dyn Bremse auf 0	
x08 (8)	Dyn Bremse aufschalten	Beschleuniger-Faktor
x09 (9)	Dyn Bremse konstant	
x0A (10)	Dyn Bremse abschalten	Beschleuniger-Faktor
x0B (11)	AFB	Sollgeschwindigkeit
x0C (12)	AFB 0 km/h	
x0D (13)	AFB auf	
x0E (14)	AFB ab	
x0F (15)	AFB ein/aus	0/1
x10 (16)	Zugkraft absolut	Prozent
x11 (17)	Zugkraft Schnellaus	
x12 (18)	Zugkraft (abs.) aufschalten	Beschleuniger-Faktor
x13 (19)	Zugkraft (abs.) konstant	
x14 (20)	Zugkraft (abs.) abschalten	Beschleuniger-Faktor
x15 (21)	HII Füllen	
x16 (22)	HII feste Stufe	Druckstufe
x17 (23)	HII Abschluss	
x18 (24)	HII Mittel	
x19 (25)	HII Schnellbremsung	
x1A (26)	Angleicher	0/1
x1B (27)	Zbv Lösen	
x1C (28)	Zbv Mittel	
x1D (29)	Zbv Bremsen	
x1E (30)	Gangwahl	Gang-Nummer
x1F (31)	Gangwahl 0	

Kombischalterfunktion		
x20 (32)	Gangwahl Auf	Beschleuniger-Faktor
x21 (33)	Gangwahl Fahren	
x22 (34)	Gangwahl Ab	Beschleuniger-Faktor
x23 (35)	Rischa V	
x24 (36)	Rischa M	
x25 (37)	Rischa 0	
x26 (38)	Rischa R	
x27 (39)	Stufenschalter LG	
x28 (40)	Stufenschalter 0	
x29 (41)	Stufenschalter SG	
x2A (42)	Gruppenschalter stop	
x2B (43)	Gruppenschalter aus	
x2C (44)	Gruppenschalter ein	
x2D (45)	Gruppenschalter start	
x2E (46)	Stromabnehmer ab	1:Auch in Rischa=0
x2F (47)	Stromabnehmer null	
x30 (48)	Stromabnehmer auf	1:Auch in Rischa=0
x31 (49)	Hauptschalter aus	1:Auch in Rischa=0
x32 (50)	Hauptschalter null	
x33 (51)	Hauptschalter ein	1:Auch in Rischa=0
x34 (52)	Mg-Bremse	0/1
x35 (53)	Sanden	0/1
x36 (54)	ohne Funktion	
x37 (55)	ohne Funktion	
x38 (56)	Lokbremse entlüften	0/1
x39 (57)	Lüfter	0/1
x3A (58)	Fahrpultintern 01	Stufe
x3B (59)	Fahrpultintern 02	Stufe
x3C (60)	Fahrpultintern 03	Stufe
x3D (61)	Fahrpultintern 04	Stufe
x3E (62)	Fahrpultintern 05	Stufe
x3F (63)	Fahrpultintern 06	Stufe
x40 (64)	Fahrpultintern 07	Stufe
x41 (65)	Fahrpultintern 08	Stufe
x42 (66)	Fahrpultintern 09	Stufe
x43 (67)	Fahrpultintern 10	Stufe
x44 (68)	Fahrpultintern 11	Stufe
x45 (69)	Fahrpultintern 12	Stufe
x46 (70)	Fahrpultintern 13	Stufe
x47 (71)	Fahrpultintern 14	Stufe
x48 (72)	Fahrpultintern 15	Stufe
x49 (73)	Fahrpultintern 16	Stufe
x4A (74)	Fahrpultintern 17	Stufe
x4B (75)	Fahrpultintern 18	Stufe
x4C (76)	Fahrpultintern 19	Stufe
x4D (77)	Fahrpultintern 20	Stufe
x4E (78)	Wandlerfüllung	0...1
x4F (79)	Luftpresser aus	0/1
x50 (80)	Notaus	
x51 (81)	Fahrpultintern 21	Stufe
x52 (82)	Fahrpultintern 22	Stufe
x53 (83)	Fahrpultintern 23	Stufe
x54 (84)	Fahrpultintern 24	Stufe
x55 (85)	Fahrpultintern 25	Stufe
x56 (86)	Fahrpultintern 26	Stufe
x57 (87)	Fahrpultintern 27	Stufe
x58 (88)	Fahrpultintern 28	Stufe
x59 (89)	Fahrpultintern 29	Stufe

Kombischalterfunktion		
x5A (90)	Fahrpultintern 30	Stufe
x5B (91)	Fahrpultintern 31	Stufe
x5C (92)	Fahrpultintern 32	Stufe
x5D (93)	Fahrpultintern 33	Stufe
x5E (94)	Fahrpultintern 34	Stufe
x5F (95)	Fahrpultintern 35	Stufe
x60 (96)	Fahrpultintern 36	Stufe
x61 (97)	Fahrpultintern 37	Stufe
x62 (98)	Fahrpultintern 38	Stufe
x63 (99)	Fahrpultintern 39	Stufe
x64 (100)	Fahrpultintern 40	Stufe
x65 (101)	Federspeicher anlegen	
x66 (102)	Federspeicher null	
x67 (103)	Federspeicher lösen	
x68 (104)	Federspeicher umschalten	
x69 (105)	Batterie-Hauptschalter aus	
x6A (106)	Batterie-Hauptschalter null	
x6B (107)	Batterie-Hauptschalter ein	
x6C (108)	Fahrschalter deaktivieren	
x6D (109)	Dynamische Bremse deaktivieren	
x6E (110)	Computerbremse Bremskraft	Bremskraft
x6F (111)	Computerbremse aufschalten	Beschleuniger-Faktor
x70 (112)	Computerbremse konstant	
x71 (113)	Computerbremse abschalten	Beschleuniger-Faktor
x72 (114)	Fahrzeugintern 01	Stufe
x73 (115)	Fahrzeugintern 02	Stufe
x74 (116)	Fahrzeugintern 03	Stufe
x75 (117)	Fahrzeugintern 04	Stufe
x76 (118)	Fahrzeugintern 05	Stufe
x77 (119)	Fahrzeugintern 06	Stufe
x78 (120)	Fahrzeugintern 07	Stufe
x79 (121)	Fahrzeugintern 08	Stufe
x7A (122)	Fahrzeugintern 09	Stufe
x7B (123)	Fahrzeugintern 10	Stufe
x7C (124)	Fahrzeugintern 11	Stufe
x7D (125)	Fahrzeugintern 12	Stufe
x7E (126)	Fahrzeugintern 13	Stufe
x7F (127)	Fahrzeugintern 14	Stufe
x80 (128)	Fahrzeugintern 15	Stufe
x81 (129)	Fahrzeugintern 16	Stufe
x82 (130)	Fahrzeugintern 17	Stufe
x83 (131)	Fahrzeugintern 18	Stufe
x84 (132)	Fahrzeugintern 19	Stufe
x85 (133)	Fahrzeugintern 20	Stufe

11.3.3.5 Befehl 00 0C – DATA_PROG (Zusi → Client)

Der DATA_PROG-Befehl überträgt Programm-Nutzdaten von Zusi an den Client. Diese Daten werden von Zusi bedarfsweise gesendet, also nur, wenn sich die jeweilige Größe geändert hat(lässt sich im Simulator unter „Einstellungen → Sonstiges“ ändern). Sie können auch gemeinsam mit dem DATA_FTD-Befehl in einem gemeinsamen Datensatz übertragen werden.

ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02				<Knoten>	Client-Anwendung 02
	00 0C			<Knoten>	Befehl DATA_PROG - Programmdaten
		00 01		String	Aktuelle Zugdatei, Dateiname relativ zum Zusi-Verzeichnis
		00 02		String	Aktuelle Zugnummer
		00 03		Byte	Status Ladepause, 0: Ende Ladepause (Start der Simulation)
		00 04		Datei	Transfer der Buchfahrplandatei, Serialisierte xml-Datei

11.3.3.6 Befehl 01 0A – INPUT (Client → Zusi)

Der INPUT-Befehl überträgt Nutzdaten vom Client an Zusi. Diese Daten sollten nur bedarfswise gesendet werden, also nur, wenn sich die jeweilige Größe geändert hat. Bei Schaltern wird die absolute Schalterstellung übermittelt.

Bei den Schaltern mit mehr als einer Schaltstellung gibt der Wert 0 immer die Grundstellung an. Ein übertragener Wert größer 0 gibt die jeweilige Raste in positive Schaltrichtung an, negative Werte können für die andere Richtung in Frage kommen (z.B. Kombischalter als Fahrschalter mit integrierter dynamischer Bremse).

ID	ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02					<Knoten>	Client-Anwendung 02
	01 0A				<Knoten>	Befehl INPUT
		00 01			<Knoten>	Tastatureingaben
			00 01		Word	Tastaturzuordnung (s. Tabelle in Kapitel 11.3.3.4)
			00 02		Word	Tastaturkommando (s. Tabelle in Kapitel 11.3.3.4)
			00 03		Word	Tastaturaktion (s. Tabelle in Kapitel 11.3.3.4)
			00 04		SmallInt	Schalterposition
			00 05		Single	Parameter für spezielle Funktionen, im Regelfall 0
		00 02			<Knoten>	Zugbeeinflussung einstellen
			00 02		<Knoten>	System aus der Indusi-Familie – Einstellungen weitere ID/Daten identisch zum Paket Zusi → Client (00 02 → 00 0A → 00 65 → 00 02) Hinweis: Wird eine Zugart 0 (Null) gesendet, dann bestimmt Zusi die Zugart gemäß Vorschrift aus den anderen Werten
		00 03			<Knoten>	Zugfunk-Status mitteilen
			00 01		Byte	0: Keine Funktion 1 Notruf durch den Lokführer gedrückt 2 Notruf durch den Fdl ausgelöst
		00 04			<Knoten>	Sifa einstellen
			00 01		Byte	Hauptschalter 1: Sifa ausgeschaltet 2: Sifa eingeschaltet
			00 02		Byte	Störschalter 1: Sifa abgeschaltet 2: Sifa eingeschaltet
			00 03		Byte	Luftabsperrhahn 1: abgesperrt 2: offen

11.3.3.7 Befehl 01 0B – CONTROL (Client → Zusi)

Der CONTROL-Befehl überträgt Befehle zur Programmsteuerung vom Client an Zusi.

ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02				<Knoten>	Client-Anwendung 02
	01 0B			<Knoten>	Befehl CONTROL
		00 01		<Knoten>	Pause
			00 01	ShortInt	-1: umschalten 0: Pause aus 1: Pause an
		00 02		<Knoten>	Programm-Neustart (aus der laufenden Simulation)
			00 01	String	Dateiname des Zuges relativ zum Zusi-Verzeichnis. Wird ein Leerstring übermittelt, startet der zuletzt gefahrene Zug
		00 03		<Knoten>	Zug starten (bei frisch gestartetem Simulator oder beendeter Simulation)
			00 01	String	Dateiname des Zuges relativ zum Zusi-Verzeichnis
		00 04		<Knoten>	Simulationsende
		00 05		<Knoten>	Fahrplan neu starten
		00 06		<Knoten>	Zug auswählen und starten (nach Fahrplan neu starten)
			00 01	String	Zugnummer des Zuges
		00 07		<Knoten>	Zeitsprung
			00 01	ShortInt	-1: umschalten 0: Zeitsprung aus 1: Zeitsprung an
		00 08		<Knoten>	Zeitraffer
			00 01	ShortInt	-1: umschalten 0: Zeitraffer aus 1: Zeitraffer an

11.3.3.8 Befehl 01 0C – GRAPHIC (Client → Zusi)

Der GRAPHIC-Befehl überträgt eine Bitmapgrafik zur Anzeige in der Führerstandsgrafik vom Client an Zusi. Übermittelt wird eine serialisierte dds-Datei, die dann anstelle der bisher benutzten Grafik für den entsprechenden Melder dargestellt wird. So lässt sich eine extern generierte Grafik dynamisch in die Führerstandsgrafik einbringen. Angesprochen werden können Melder und Zeigerinstrumente, wobei jeweils die angegebene Textur ersetzt wird, bis z.B. durch Neuladen des Führerstands wieder die ursprünglichen Dateien von der Festplatte geladen werden.

ID	ID	ID	ID	Datentyp	Bedeutung
00 02				<Knoten>	Client-Anwendung 02
	01 0C			<Knoten>	Befehl GRAPHIC
		00 01		Byte	Grafik-Index von 0 beginnend: Die laufende Nummer der Grafikansicht. Entspricht diese nicht der aktuell dargestellten Grafik, bleibt der Befehl ohne Auswirkungen
		00 02		String	Name des Melders gemäß ftd-Datei
		00 03		Word	Nummer des Bildes von 0 beginnend (also z.B. bei einem Fahrschalter mit 15 Rasten ein Wert zwischen 0 und 14)
		00 04		Byte	Index der Textur von 0 beginnend (i.d.R. 0)
		00 05		Datei	Serialisierte Bitmap-Datei in DirectX-kompatiblem Format (dds empfohlen, auch möglich: bmp, dib, png, tga, jpg)

11.3.4 Beispielprotokoll

Es sollen die Geschwindigkeit und der Melder „Schleudern“ ausgelesen werden, das Fahrpult sendet einen Befehl für den Fahrschalter.

Fahrpult > Zusi	00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 01 00 04 00 00 00 01 00 02 00 04 00 00 00 02 00 02 00 0A 00 00 00 03 00 46 61 68 72 70 75 6C 74 05 00 00 00 04 00 32 2E 30 FF FF FF FF FF FF FF FF	Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID 1: Verbindungsaufbau Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID 1: HELLO-Befehl Länge 4 Bytes → es folgt ein Attribut, Länge 4 bytes ID x0001: Protokoll-Version Protokoll-Version „2“ (Word) Länge 4 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0002: Client-Typ Client-Typ „Fahrpult“ (Word) Länge 10 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0003: Klartextstring String „Fahrpult“ (8 Zeichen, da 2 bytes für die ID) Länge 5 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0004: Version String „2.0“ Ende Knoten Ende Knoten
Zusi > Fahrpult	00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 02 00 09 00 00 00 01 00 33 2E 30 2E 31 2E 30 03 00 00 00 02 00 30 03 00 00 00 03 00 00 FF FF FF FF FF FF FF FF	Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x0001: Verbindungsaufbau Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x0002: ACK_HELLO-Befehl Länge 9 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0001: Zusi-Version String „3.0.1.0“ Länge 3 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0002: Zusi-Verbindungsinfo String „0“ Länge 3 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0003: Ergebnis 0 (Byte) → Verbindung akzeptiert Ende Knoten Ende Knoten
Fahrpult > Zusi	00 00 00 00 02 00 00 00 00 00 03 00 00 00 00 00 0A 00 04 00 00 00 01 00 01 00 04 00 00 00 01 00 1B 00 FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF	Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x0002: Client-Anwendung Typ 2 (Fahrpult) Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x0003: NEEDED_DATA-Befehl Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x000A: Führerstandsanzeigen Länge 4 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0001: Führerstands-ID Nr. 1: Geschwindigkeit (Word) Länge 4 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0001: Führerstands-ID Nr. 1B: Schleudern (Word) Ende Knoten Ende Knoten Ende Knoten

Zusi > Fahrpult	00 00 00 00 02 00 00 00 00 00 04 00 03 00 00 00 01 00 00 FF FF FF FF FF FF FF FF	Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x0002: Client-Anwendung Typ 2 (Fahrpult) Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x0004: ACK_NEEDED_DATA-Befehl Länge 3 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0001: Ergebnis 0 (byte) → Befehl akzeptiert Ende Knoten Ende Knoten
Zusi > Fahrpult	00 00 00 00 02 00 00 00 00 00 0A 00 06 00 00 00 01 00 AE 47 3D 41 06 00 00 00 1B 00 00 00 00 00 FF FF FF FF FF FF FF FF	Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x0002: Client-Anwendung Typ 2 (Fahrpult) Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x000A: DATA_FTD-Befehl Länge 6 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0001: Führerstands-ID 1 (Geschwindigkeit) 11,83 (Single) → Geschwindigkeit in m/s Länge 6 Bytes → es folgt ein Attribut ID x001B: Führerstands-ID 1B (LM Schleudern) 0 (Single) → (Melder aus) Ende Knoten Ende Knoten
Fahrpult > Zusi	00 00 00 00 02 00 00 00 00 00 0A 01 00 00 00 00 01 00 04 00 00 00 01 00 01 00 04 00 00 00 02 00 01 00 04 00 00 00 03 00 07 00 04 00 00 00 04 00 03 00 06 00 00 00 05 00 00 00 00 00 FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF FF	Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x0002: Client-Anwendung Typ 2 (Fahrpult) Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x010A: INPUT-Befehl Länge 0 Bytes → es beginnt ein Knoten ID x0001: Tastatureingabe Länge 4 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0001: Tastaturzuordnung Wert 1 (Word) → Fahrschalter Länge 4 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0002: Tastaturkommando Wert 1 (Word) → Aufschalten (down) Länge 4 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0003: Tastaturaktion Wert 7 (Word) → absolute Angabe Länge 4 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0004: Schalterposition Wert 3 (SmallInt) → 3. Raste Länge 6 Bytes → es folgt ein Attribut ID x0005: Parameter Wert 0 (Single) → Parameter 0 Ende Knoten Ende Knoten Ende Knoten

11.3.5 Individuelle Größen verarbeiten

Die individuellen Größen können benutzt werden, um Zusi durch eigene Funktionen zu ergänzen. So können z.B. weitere Taster definiert werden und deren Betätigung über TCP oder Plugin ausgewertet werden.

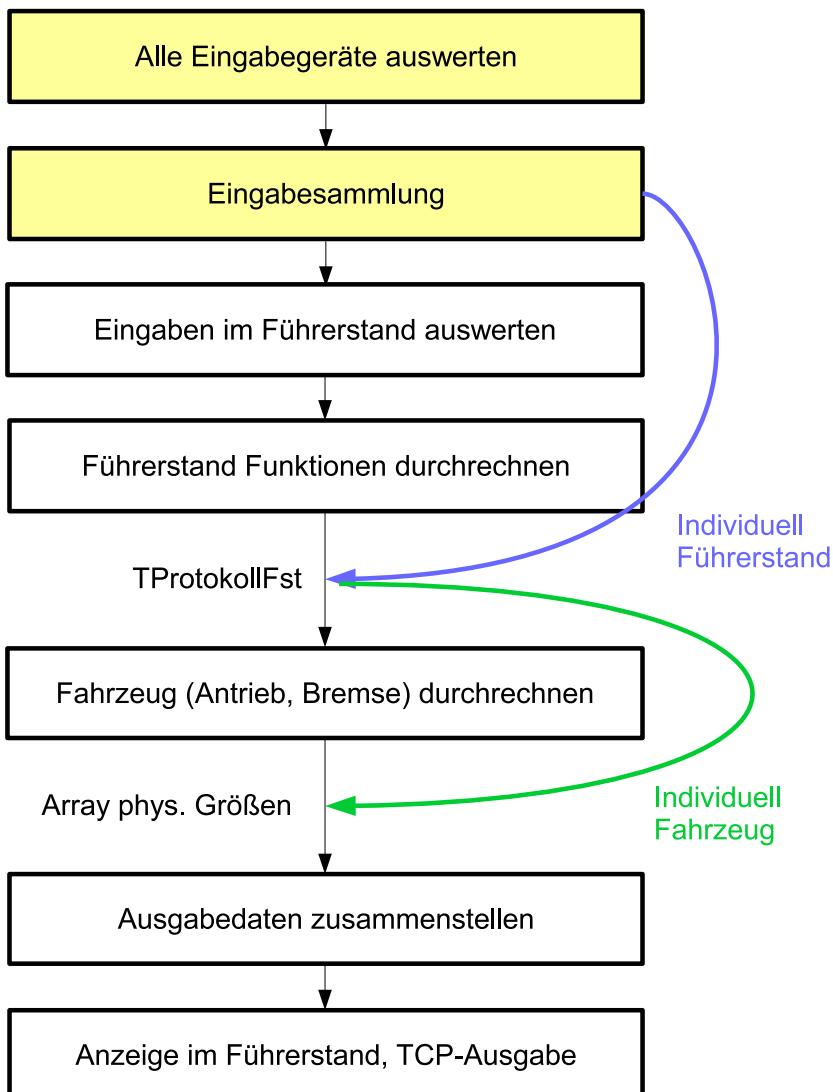
Die individuellen Größen gibt es jeweils bei:

- Tastaturbelegung
- Führerstandsfunktion
- Datenverarbeitung im Fahrzeug

Die „Individuelle Datenverarbeitung“ in den Führerstandsbaugruppen sorgt dafür, dass eine Betätigung der Taste im Führerstand in das Fahrzeugprotokoll übertragen wird, das den Führerstandszustand zum Funktionsblock Antrieb/Bremse überträgt. Übertragen wird dabei als Parameter die Schalterposition von 0 beginnend in ganzen Zahlen.

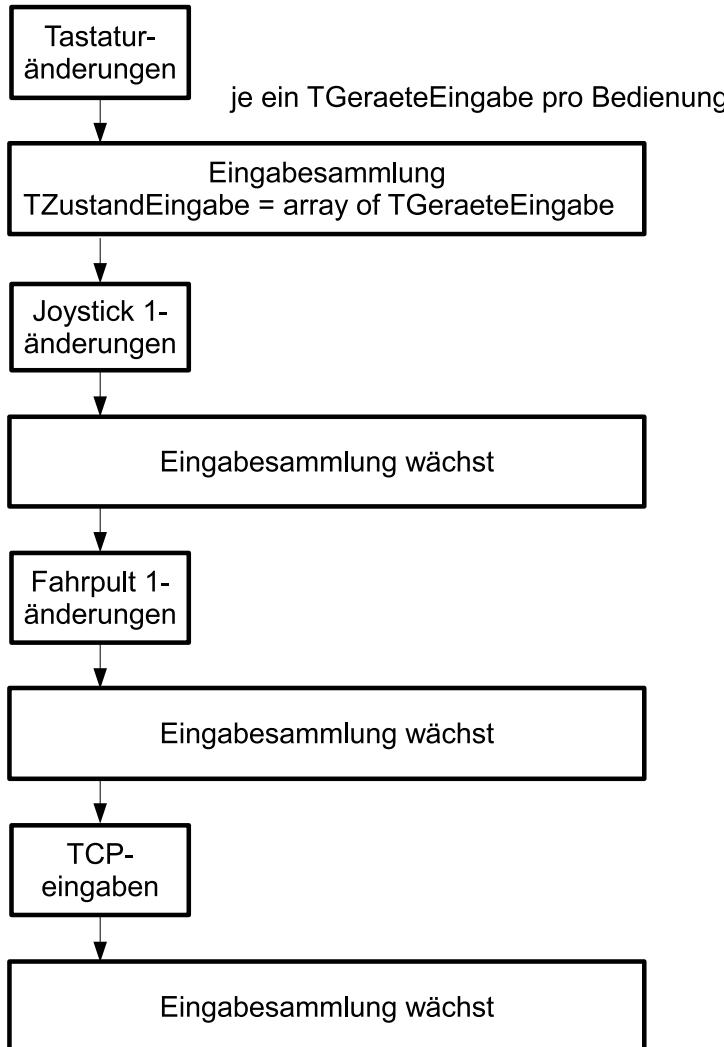
Die „Individuelle Verarbeitung“ in der Fahrzeugdatei sorgt dafür, dass der Wert aus dem Fahrzeugprotokoll wieder ausgelesen und in den Fahrzeugdaten hinterlegt wird, um so z.B. für die Datenausgabe zur Verfügung zu stehen.

Das Ablaufschema wird in den folgenden beiden Grafiken gezeigt. Zunächst wird aus allen angeschlossenen Geräten der Zustand der Eingaben ermittelt (gelb hinterlegte Kästen), was in der 2. Grafik genauer erklärt wird. Die Eingaben werden dann im Führerstand in die entsprechenden Bedienhandlungen an den Schaltern umgesetzt und die Funktionen (z.B. Sifa) durchgerechnet. Das Ergebnis wird in einer Protokollstruktur abgelegt (TProtokollFst). Diese wird an das Fahrzeug (Antrieb, Bremse usw.) übergeben und jene entsprechend angesteuert und durchgerechnet. Als Ergebnis wird eine Struktur mit physikalischen Daten gefüllt, die zur Anzeige im Führerstand usw. genutzt werden kann.



Damit individuelle Daten in diesem Prozess an den beiden farbig markierten Schritten weitergereicht werden, muss jeweils die entsprechende Baugruppe im Führerstand bzw. Fahrzeug eingebaut sein.

Die folgende Grafik zeigt die Ermittlung des Eingabezustands im Detail. Bei jedem Rechendurchlauf (frame) werden alle Geräte in der dargestellten Reihenfolge abgefragt und die anfangs leere Eingabesammlung gefüllt.



Wichtig ist Reihenfolge. Jedes Gerät bekommt aktuelle Eingabesammlung als Input und kann diese ändern. So kann z.B. eine Fahrpult-dll den bis dahin aufgelaufenen Eingabestand beliebig manipulieren.

Beispiel: Ein Taster im Führerstand soll auf die Funktion „Fahrpultintern 01“ reagieren und per TCP ausgewertet werden. Dazu sind folgende Schritte nötig:

- Einbau eines Melders, dem die Funktion „Fahrpultintern 01“ zugewiesen wird und der 2 Bitmaps für die beiden Schaltpositionen hat
- Für die reine Ein/Aus-Anzeige nicht nötig: Einbau eines Kombischalters mit dem zuvor angelegten Melder als grafisches Schaltelement, der Tastaturzuordnung „Fahrpultintern 01“ und zwei Zeilen für Funktionen, die aber funktional leer bleiben können
- Bei den Führerstands-Baugruppen eine „Individuelle Datenverarbeitung“ hinzufügen und auf „Fahrpultintern 01“ einstellen
- In der Fahrzeugdatei eine „Individuelle Verarbeitung“ hinzufügen und auf „Fahrpultintern 01“ einstellen

- In den Simulator-Einstellungen zur Tastaturbelegung der Funktion Fahrpultintern 01 eine freie Taste zuordnen

Wird jetzt in der Simulation die entsprechende Taste gedrückt, dann schaltet der Leuchtmelder um und ein TCP-Client würde auch die neue Schalterposition empfangen.

Diese Anwendung der Funktionen „Fahrpultintern 01“ bis 40 sind für individuelle Fahrpultprojekte vorgesehen und nicht für die allgemeine Verbreitung gedacht. Es muss bei zur Verteilung vorgesehenen Dateien sichergestellt sein, dass sie auf anderen Rechnern funktionieren, auch wenn dort z.B. eine Fahrpulthardware vorhanden ist. So dürfen die individuellen Tastaturbelegungen vom Typ „Fahrpultintern“ nicht allgemein benutzt werden, da diese typischerweise für Fahrpultanwendungen hardwarespezifisch im Einsatz sind. Für fahrzeugspezifische Funktionen, die auch verbreitet werden können, sind die Werte „Fahrzeugintern 01“ bis 20 gedacht, die sich technisch gesehen identisch verhalten.

Besteht Bedarf an allgemeingültigen, weiteren Funktionszuordnungen, bitte im Forum melden. Diese werden dann bei Sinnhaftigkeit zusätzlich mit aufgenommen.

11.4 DirectX-Parameter

11.4.1 Farb- und Alphaoperationen

Wert	Name und Formel	Erläuterung
1	D3DTOP_DISABLE	Disables output from this texture stage and all stages with a higher index. To disable texture mapping, set this as the color operation for the first texture stage (stage 0). Alpha operations cannot be disabled when color operations are enabled. Setting the alpha operation to D3DTOP_DISABLE when color blending is enabled causes undefined behavior.
2	D3DTOP_SELECTARG1 SRGBA = Arg1	Use this texture stage's first color or alpha argument, unmodified, as the output. This operation affects the color argument when used with the D3DTSS_COLOROP texture-stage state, and the alpha argument when used with D3DTSS_ALPHAOP.
3	D3DTOP_SELECTARG2 SRGBA = Arg2	Use this texture stage's second color or alpha argument, unmodified, as the output. This operation affects the color argument when used with the D3DTSS_COLOROP texture stage state, and the alpha argument when used with D3DTSS_ALPHAOP.
4	D3DTOP_MODULATE SRGBA = Arg1 x Arg2	Multiply the components of the arguments
5	D3DTOP_MODULATE2X SRGBA = (Arg1 x Arg2) <<1	Multiply the components of the arguments, and shift the products to the left 1 bit (effectively multiplying them by 2) for brightening.
6	D3DTOP_MODULATE4X SRGBA = (Arg1 x Arg2) <<2	Multiply the components of the arguments, and shift the products to the left 2 bits (effectively multiplying them by 4) for brightening.
7	D3DTOP_ADD SRGBA = Arg1 + Arg2	Add the components of the arguments.
8	D3DTOP_ADDSIGNED SRGBA = Arg1 + Arg2 - 0,5	Add the components of the arguments with a -0,5 bias, making the effective range of values from -0,5 through 0,5.
9	D3DTOP_ADDSIGNED2X SRGBA = (Arg1 + Arg2 - 0,5) <<1	Add the components of the arguments with a -0,5 bias, and shift the products to the left 1 bit.
10	D3DTOP_SUBTRACT SRGBA = Arg1 - Arg2	Subtract the components of the second argument from those of the first argument.
11	D3DTOP_ADDSMOOTH SRGBA = Arg2 x (1-Arg1) + Arg1	Add the first and second arguments; then subtract their product from the sum.
12	D3DTOP_BLENDDIFFUSEALPHA SRGBA = Arg1 x Alpha + Arg2 x (1 - Alpha)	Linearly blend this texture stage, using the interpolated alpha from each vertex.
13	D3DTOP_BLENDTEXTUREALPHA SRGBA = Arg1 x Alpha + Arg2 x (1 - Alpha)	Linearly blend this texture stage, using the alpha from this stage's texture.
14	D3DTOP_BLENDFACTORALPHA SRGBA = Arg1 x Alpha + Arg2 x (1 - Alpha)	Linearly blend this texture stage, using a scalar alpha set with the D3DRS_TEXTUREFACTOR render state.
15	D3DTOP_BLENDTEXTUREALPHAPM SRGBA = Arg1 + Arg2 x (1 - Alpha)	Linearly blend a texture stage that uses a premultiplied alpha.
16	D3DTOP_BLENDCURRENTALPHA SRGBA = Arg1 x Alpha + Arg2 x (1 - Alpha)	Linearly blend this texture stage, using the alpha taken from the previous texture stage.
17	D3DTOP_PREMODULATE	D3DTOP_PREMODULATE is set in stage n. The output of stage n is arg1. Additionally, if there is a texture in stage n+1, any D3DTA_CURRENT in stage n+1 is premultiplied by texture in stage n+1.
18	D3DTOP_MODULATEALPHA_ADDCOLOR SRGBA = Arg1RGB + Arg1A x Arg2RGB	Modulate the color of the second argument, using the alpha of the first argument; then add the result to argument one. This operation is supported only for color operations (D3DTSS_COLOROP).
19	D3DTOP_MODULATECOLOR_ADDALPHA SRGBA = Arg1RGB x Arg2RGB + Arg1A	Modulate the arguments; then add the alpha of the first argument. This operation is supported only for color operations (D3DTSS_COLOROP).
20	D3DTOP_MODULATEINVALPHA_ADDCOLOR SRGBA = (1 - Arg1A) x Arg2RGB + Arg1RGB	Similar to D3DTOP_MODULATEALPHA_ADDCOLOR, but use the inverse of the alpha of the first argument. This operation is supported only for color operations (D3DTSS_COLOROP).
21	D3DTOP_MODULATEINVCOLOR_ADDALPHA SRGBA = (1 - Arg1RGB) x Arg2RGB + Arg1A	Similar to D3DTOP_MODULATECOLOR_ADDALPHA, but use the inverse of the color of the first argument. This operation is supported only for color operations (D3DTSS_COLOROP).
22	D3DTOP_BUMPPENVMAP	Perform per-pixel bump mapping, using the environment map in the next texture stage, without luminance. This operation is supported only for color operations (D3DTSS_COLOROP).
23	D3DTOP_BUMPPENVMAPLUMINANCE	Perform per-pixel bump mapping, using the environment map in the next texture stage, with luminance. This operation is supported only for color operations (D3DTSS_COLOROP).

Wert	Name und Formel	Erläuterung
24	D3DTOP_DOTPRODUCT3 SRGBA = (Arg1R x Arg2R + Arg1G x Arg2G + Arg1B x Arg2B)	Modulate the components of each argument as signed components, add their products; then replicate the sum to all color channels, including alpha. This operation is supported for color and alpha operations. In Microsoft® DirectX® 6.0 and DirectX 7.0 multitexture operations the above inputs are all shifted down by half ($y = x - 0.5$) before use to simulate signed data, and the scalar result is automatically clamped to positive values and replicated to all three output channels. Also, note that as a color operation this does not update the alpha it just updates the .rgb components. However, in DirectX 8.1 shaders you can specify that the output be routed to the .rgb or the .a components or both (the default). You can also specify a separate scalar operation on the alpha channel.
25	D3DTOP_MULTIPLYADD SRGBA = Arg1 + Arg2 x Arg3	Performs a multiply-accumulate operation. It takes the last two arguments, multiplies them together, and adds them to the remaining input/source argument, and places that into the result.
26	D3DTOP_LERP SRGBA = (Arg1) x Arg2 + (1 - Arg1) x Arg3	Linearly interpolates between the 2nd and 3rd source arguments by a proportion specified in the 1st source argument.
In the above formulas, SRGBA is the RGBA color produced by a texture operation, and Arg1, Arg2, and Arg3 represent the complete RGBA color of the texture arguments. Individual components of an argument are shown with subscripts. For example, the alpha component for argument 1 would be shown as Arg1A.		

11.4.2 Farb- und Alpha-Parameter

Wert	Name und Formel	Erläuterung
1	D3DTA_CURRENT	The texture argument is the result of the previous blending stage. In the first texture stage (stage 0), this argument is equivalent to D3DTA_DIFFUSE. If the previous blending stage uses a bump-map texture (the D3DTOP_BUMPMENVMAP operation), the system chooses the texture from the stage before the bump-map texture. If s represents the current texture stage and s - 1 contains a bump-map texture, this argument becomes the result output by texture stage s - 2. Permissions are read/write.
0	D3DTA_DIFFUSE	The texture argument is the diffuse color interpolated from vertex components during Gouraud shading. If the vertex does not contain a diffuse color, the default color is 0xFFFFFFFF. Permissions are read-only.
15	D3DTA_SELECTMASK	Mask value for all arguments; not used when setting texture arguments.
4	D3DTA_SPECULAR	The texture argument is the specular color interpolated from vertex components during Gouraud shading. If the vertex does not contain a specular color, the default color is 0xFFFFFFFF. Permissions are read-only.
5	D3DTA_TEMP	The texture argument is a temporary register color for read or write. D3DTA_TEMP is supported if the D3DPMSCCAPS_TSSARGTEMP device capability is present. The default value for the register is (0.0, 0.0, 0.0, 0.0). Permissions are read/write.
2	D3DTA_TEXTURE	The texture argument is the texture color for this texture stage. Permissions are read-only.
3	D3DTA_TFACTOR	The texture argument is the texture factor set in a previous call to the IDirect3DDevice9::SetRenderState with the D3DRS_TEXTUREFACTOR render-state value. Permissions are read-only.

11.4.3 Blending-Parameter

Wert	Name und Formel	Erläuterung
1	D3DBLEND_ZERO	Blend factor is (0, 0, 0, 0).
2	D3DBLEND_ONE	Blend factor is (1, 1, 1, 1)
3	D3DBLEND_SRCOLOR	Blend factor is (Rs, Gs, Bs, As)
4	D3DBLEND_INVSRCOLOR	Blend factor is (1 - Rs, 1 - Gs, 1 - Bs, 1 - As)
5	D3DBLEND_SRCAALPHA	Blend factor is (As, As, As, As)
6	D3DBLEND_INVSRCALPHA	Blend factor is (1 - As, 1 - As, 1 - As, 1 - As)
7	D3DBLEND_DESTALPHA	Blend factor is (Ad, Ad, Ad, Ad)
8	D3DBLEND_INVDESTALPHA	Blend factor is (1 - Ad, 1 - Ad, 1 - Ad, 1 - Ad)
9	D3DBLEND_DESTCOLOR	Blend factor is (Rd, Gd, Bd, Ad)
10	D3DBLEND_INVDESTCOLOR	Blend factor is (1 - Rd, 1 - Gd, 1 - Bd, 1 - Ad)
11	D3DBLEND_SRCALPHASAT	Blend factor is (f, f, f, 1); f = min(A, 1 - Ad)
12	D3DBLEND_BOTHSRCALPHA	Obsolete. For Microsoft® DirectX® 6.0 and later, you can achieve the same effect by setting the source and destination blend factors to D3DBLEND_SRCAALPHA and D3DBLEND_INVSRCALPHA in separate calls.
13	D3DBLEND_BOTHINVSRCALPHA	Source blend factor is (1 - As, 1 - As, 1 - As, 1 - As), and destination blend factor is (As, As, As, As); the destination blend selection is overridden. This blend mode is supported only for the D3DRS_SRCBLEND render state.
14	D3DBLEND_BLENDFACTOR	Constant color blending factor used by the frame-buffer blender. This blend mode is supported only if D3DPBLEND_BLENDFACTOR is on.
15	D3DBLEND_INVBLENDFACTOR	Inverted constant color-blending factor used by the frame-buffer blender. This blend mode is supported only if the D3DPBLEND_BLENDFACTOR bit is set in the SrcBlendCaps or DestBlendCaps members of D3DCAPS9
-	D3DBLEND_FORCE_DWORD	Forces this enumeration to compile to 32 bits in size. This value is not used

In the member descriptions above, the RGBA values of the source and destination are indicated by the s and d subscripts.

11.4.4 Texturfilter-Parameter

Wert	Name und Formel	Erläuterung
0	D3DTEXF_NONE	Mipmapping disabled. The rasterizer should use the magnification filter instead
1	D3DTEXF_POINT	Point filtering used as a texture magnification or minification filter. The texel with coordinates nearest to the desired pixel value is used. The texture filter to be used between mipmap levels is nearest-point mipmap filtering. The rasterizer uses the color from the texel of the nearest mipmap texture.
2	D3DTEXF_LINEAR	Bilinear interpolation filtering used as a texture magnification or minification filter. A weighted average of a 2x2 area of texels surrounding the desired pixel is used. The texture filter to use between mipmap levels is trilinear mipmap interpolation. The rasterizer linearly interpolates pixel color, using the texels of the two nearest mipmap textures.

Wert	Name und Formel	Erläuterung
3	D3DTEXF_ANISOTROPIC	Anisotropic texture filtering used as a texture magnification or minification filter. Compensates for distortion caused by the difference in angle between the texture polygon and the plane of the screen.
6	D3DTEXF_PYRAMIDALQUAD	A 4-sample tent filter used as a texture magnification or minification filter.
7	D3DTEXF_GAUSSIANQUAD	A 4-sample Gaussian filter used as a texture magnification or minification filter.
-	D3DTEXF_FORCE_DWORD	Forces this enumeration to compile to 32 bits in size. This value is not used.

11.5 Tutorial: Vom Foto zum 3D-Modell

Überarbeitung auf Blender 2.61 durch Alwin Meschede

In diesem Kapitel wird beschrieben, welche Arbeitsgänge notwendig sind, um vom Fotomaterial zu einem 3D-Objekt zu gelangen. Beispieldateien zu diesem Tutorial befinden sich im Verzeichnis %Zusi-Programm%_Docu\Demos\Haus_Driburg.

Im ersten Schritt wird die Textur erzeugt. Dieses sollte noch vor dem Bau eines Objekts als 3D-Modell durchgeführt werden, da die Gestaltung der Textur erheblichen Einfluss auf die Anordnung und Aufteilung der Polygone hat. Im zweiten Teil wird das 3D-Modell gebaut. Als Beispielobjekt dient das folgende, einfache Wohnhaus, welches mit der Bildbearbeitungssoftware Adobe-Photoshop und dem 3D-Programm Blender erstellt wird. Grundkenntnisse in Photoshop oder einem anderen geeigneten Programm werden vorausgesetzt – dieses Tutorial ist also keine Einführung in die Bedienung eines Bildbearbeitungsprogramms. Die Blender-Grundfunktionen werden hier erläutert, sind aber kein Ersatz für eine gründlichere Einarbeitung. Auch werden hier keinesfalls alle Möglichkeiten und Fälle der Textur- und Modellerstellung erläutert. Vielmehr werden anhand eines Einzelfalls diverse Aspekte vorgestellt, die für diesen Fall relevant sind, sich aber natürlich auf viele andere Fälle übertragen lassen. Die grundlegenden Schritte und Gedanken werden erläutert - der Anwender wird aber bei seinem eigenen Objekt eine gewisse Kreativität entwickeln müssen, um für den jeweiligen Fall das beste Ergebnis zu erzielen.

Optimale Voraussetzung für eine einfache Umsetzung sind hochwertige Fotos, die das Haus möglichst senkrecht von allen Seiten zeigen und welche bei diffusem Licht aufgenommen wurden (also bei bewölktem Himmel).

Die folgenden Fotos stehen für dieses Haus zur Verfügung, welche dank passender Wetterverhältnisse farblich kaum nachbehandelt zu werden brauchen. Bei der Gestaltung des Gebäudes, insbesondere der Textur, wird im Folgenden ein präziseres Arbeiten gezeigt, als es für diesen konkreten Anwendungsfall nötig wäre. Das Gebäude steht nicht unmittelbar neben dem Gleis, so dass manche Details der Textur am Ende gar nicht mehr zu sehen sein werden. Hier wurde bewusst etwas stärker ins Detail gegangen, um entsprechende Lösungen vorzustellen.



Die straßenabgewandte Giebelseite steht nicht in einer senkrechten Aufnahme zur Verfügung. Von der Rückseite wurde kein Foto angefertigt, da diese auf der bahnabgewandten Seite liegt.

11.5.1 Verwendungszweck des Objekts

Die Erstellung der Gebäude und Texturen ist immer ein Kompromiss aus exaktem Nachbau und einer performancefreundlichen Bauweise. Gebäude sollten aufwendiger gestaltet werden, je näher man ihnen in der Simulation kommt. Direkt am Gleis stehenden Objekten wie Stellwerken und Bahnhofsgebäuden wird man eine etwas detailliertere Textur zugestehen, während die Häuser der Umgebung in der Regel nur noch aus einigen Dutzend Metern Abstand betrachtet werden und darum etwas einfacher ausfallen können. Im Laufe des Tutorials werden immer wieder Entscheidungen zu Vereinfachungen getroffen, die sich auf den weiteren Ablauf der Texturerstellung auswirken. Bei einem anderen Anwendungsfall kann sich daher bei demselben Haus auch ein völlig anderes Ergebnis ergeben.

Zunächst muss deshalb festgelegt werden, welche Präzision für das Gebäude angemessen erscheint. In diesem Fall steht das Haus hinter dem Bahnhofsgebäude auf der anderen Seite des Bahnhofsvorplatzes, wobei die Haustür in Richtung Bahnstrecke weist. Es steht damit deutlich in zweiter Reihe hinter den strecken nahen Gebäuden und schaut nur immer wieder zwischen diesen hindurch. Kleinere Abweichungen beispielsweise in der Fensteranordnung oder Detailgestaltung erscheinen deshalb vertretbar, wenn sich dadurch der Ressourcenverbrauch verringern lässt.

Das Haus ist so unspezifisch, dass es grundsätzlich auch in anderen Strecken und Einbausituationen zum Einsatz kommen kann und soll.

11.5.2 Die Texturaufteilung

Die einfachste Methode der Texturgestaltung wäre ein eigener Texturbereich für jede Wand- und Dachfläche. Geschickter ist es natürlich, mehrfach vorkommende ähnliche oder gleiche Flächen nur einmal auf der Textur unterzubringen und mehrfach auf dem Objekt anzuwenden. Das Objekt ist also zunächst auf ähnlich gestaltete Flächen zu überprüfen. Das ist hier für den Bereich rechts und links der Eingangstür der Fall und - bis auf zwei Fenster - für die Giebelseiten. Man kann auf der Giebelrückseite dieselbe Fensteraufteilung wie auf der Straßenseite benutzen, um dort eine separate Textur zu sparen, da die beiden gegenüber dem Vorbild zusätzlich eingebauten Fenster für diesen Anwendungsfall akzeptabel erscheinen. Außerdem bietet es sich an, auf die Satellitenschüssel und das Fahrrad zu verzichten, da dieses Haus evtl. auch mehrfach nebeneinander anwendbar sein soll und sich solche individuellen Objekte dann nicht gleichartig an jedem Haus befinden sollten. Damit lässt sich eine Giebelseite senkrecht halbieren und spiegelbildlich wiederholen. Beim Dach ist eine Spiegelung nicht möglich, da die Dachpfannen eine gerichtete Struktur aufweisen. Allerdings könnte man eine Dachtextur mehrfach nebeneinander anwenden, wenn diese so gestaltet ist, dass ein nahtloser Übergang gegeben ist. Die kleinen Dachfenster können ggf. entfallen oder leicht verändert werden. Unter diesen Voraussetzungen werden also etwa folgende Flächen benötigt:



Nr. 1 wird insgesamt viermal in kompletter Größe angewendet und deckt damit beide Giebelseiten ab.

Nr. 2 wird einmal für den Türbereich benutzt

Nr. 3 wird mehrfach nebeneinander für beide Dachseiten benutzt.

Die Bereiche links und recht der Haustür werden aus dem unteren Abschnitt von Nr. 1 versorgt. Die Hausrückseite wird ähnlich wie die Türseite gestaltet, wobei statt der Tür auch ein Wandelement vorgesehen werden kann. Ggf. kann die Rückseite auch untexturiert gelassen werden, wenn sie später nicht zu sehen ist. Hinzu kommen natürlich noch einige kleinere Flächen für die Dachgaube, Schornsteine, Treppe usw. Diese lassen sich aber am Ende noch problemlos auf der Textur unterbringen. Im ersten Schritt geht es darum, die großen Flächen zu erstellen.

11.5.2.1 Typische Problemstellen

Wichtig ist die Gestaltung der Übergänge vom Dach zu den Wänden. Durch die Überstände ergeben sich leichte Schatten im Wandbereich. Diese sollten sich auch auf der Textur wiederfinden, da sonst ein sehr unstimmiger Eindruck entsteht – die Wand wirkt selbstleuchtend/überbelichtet oder das Dach wirkt schwebend.

An den Giebeln wird durch die Verwendung der gesamten Wandfläche als Textur direkt eine passende Schattierung sichergestellt. Im Bereich unterhalb der Regenrinne ist ein Absatz vorhanden, der sich als Trennkante anbietet. Dieser Absatz sollte deshalb Bestandteil der Dachtextur werden. Darunter soll ja der untere Bereich der Giebelfläche als Texturquelle zum Einsatz kommen, der dort keinen Schatten aufweist.

Eine weitere Stelle mit Schattierung ist der Übergang zwischen Dach und Seitenwand der Gaube. Außerdem sind rechts und links der Tür Schnittkanten zu erwarten, da die drei auf der Hausfront verwendeten Texturen aneinandergestückelt werden und sich damit nicht automatisch ein nahtloser Übergang ergeben wird.

Keine Schnittkanten ergeben sich bei einer gespiegelten Aneinanderreihung einer Textur. Die gespiegelte Giebelseite wird also an der Trennkante keine weitere Bearbeitung erfordern. Wenn eine Fläche mehrfach abwechselnd gespiegelt hintereinander auf diese Weise aneinandergereiht wird, erkennt man allerdings einen gewissen Kachel-Rhythmus. Bei den hier vorkommenden kleinen Flächen wird dieser Effekt jedoch nicht zu beobachten sein.

11.5.2.2 Größenverhältnisse der Texturen

Die zu texturierenden Flächen sollten grundsätzlich in etwa gleicher Skalierung belegt werden. Pro Meter Länge sollten also in u- und v-Koordinatenrichtung überall die gleiche Anzahl Pixel aufgebracht werden. Bei Flächen mit unstrukturierter Oberfläche (verputzte

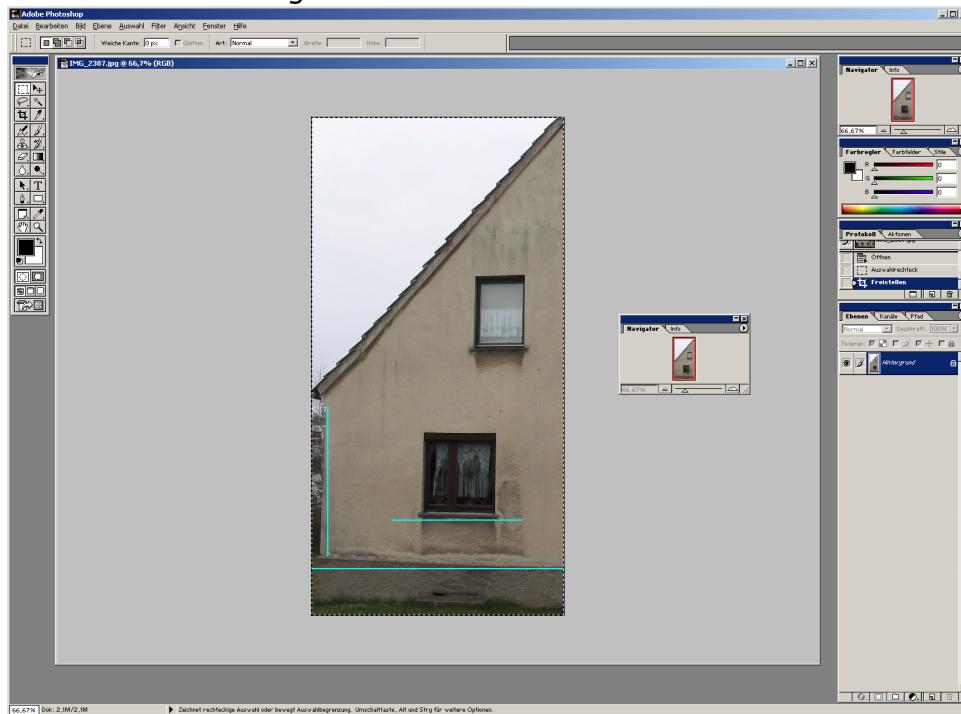
Wände, Rasen o.ä.) können gröbere Texturen zum Einsatz kommen, ohne dass sich dieses nachteilig bemerkbar macht. Da es hier aber nicht sinnvoll erscheint, die kontraststarken Fenster und den Putz zu trennen, sollten alle Flächen des Hauses mit etwa gleicher Skalierung belegt werden. Während sich bei den senkrecht fotografierten Wandflächen automatisch ein 1:1-Seitenverhältnis ergibt, muss beim Dach die Neigung berücksichtigt werden, unter der es fotografiert wurde. Außerdem muss die starke trapezförmige, perspektivische Verzerrung ausgeglichen werden.

11.5.2.3 Erstellung der Textur

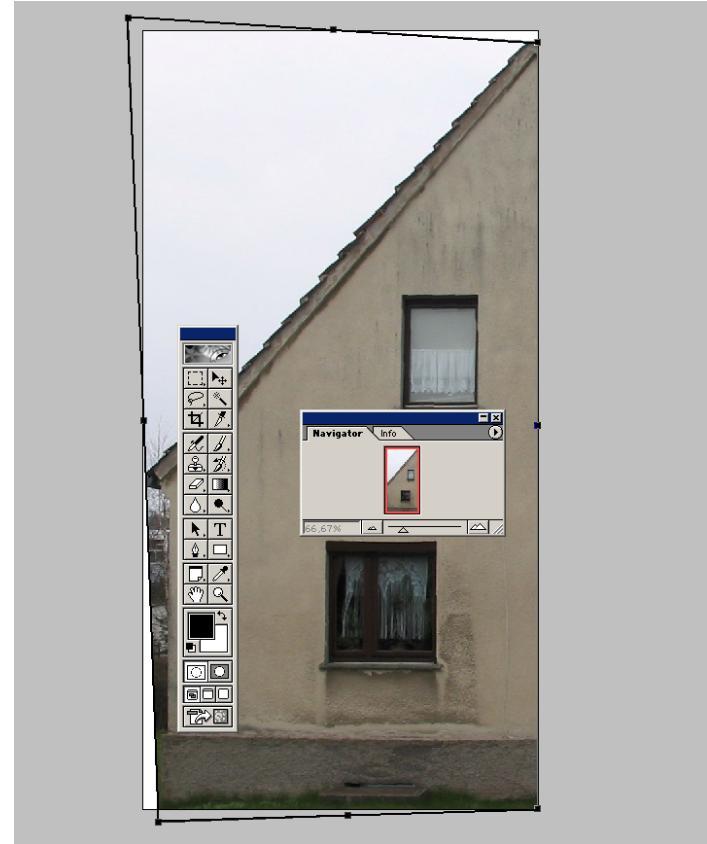
11.5.2.3.1 Vorbereitung der einzelnen Segmente

Die Textur sollte immer deutlich größer als später benötigt erstellt werden - herunterskalieren kann man am Ende immer.

Im ersten Schritt können die Texturflächen gewonnen und auf einheitliche Abmessungen gebracht werden. Am Beispiel der Giebelseite werden die Restverzerrungen des Fotos deutlich. Die linke Wand ist nicht senkrecht, und die Sockelleiste und die Fenster sind nicht waagerecht, wie man an den hier hilfsweise eingezeichneten hellblauen Linien deutlich erkennt. Mit dem Photoshop-Werkzeug „Transformieren/Verzerren“ können diese Kanten geradegezogen werden. Wer in größerem Maße derartige Arbeiten durchführen möchte, könnte sich das Programm Texture-Maker anschaffen, das spezielle Funktionen für diese Entzerrungen bietet.



Nach der Entzerrung (das Viereck des Verzerrungswerkzeugs ist im nebenstehenden Bild noch zu erkennen) sind alle wichtigen Linien ausreichend waagerecht oder lotrecht, wie die ins Bild geschobenen Photoshop-Fenster zeigen.



Um die genaue Breite der Türtextur zu bestimmen, muss der Bereich abgesteckt werden, der links und rechts der Tür durch die Giebeltextur abgedeckt wird. Die einfachste Methode ist ein Herüberkopieren der entzerrten Giebelwand in das Foto. Anhand des Abstands Sockel/Regenrinne und der Lage des Fensters lässt sich die Giebeltextur maßstabsgetreu skalieren und platzieren, was bei halber Transparenz besonders einfach geht. Das nebenstehende Bild zeigt das unbearbeitete Foto der Hauseite und rechts und links eine halbtransparent darübergelegte Kopie der Giebelhälfte, welche bereits auf denselben Maßstab skaliert wurde. Man erkennt sofort die Schnittkante links der Tür, bis zur der die Tür-Textur reichen muss, um eine lückenlose Textur-Abdeckung der Hauswand zu gewährleisten.

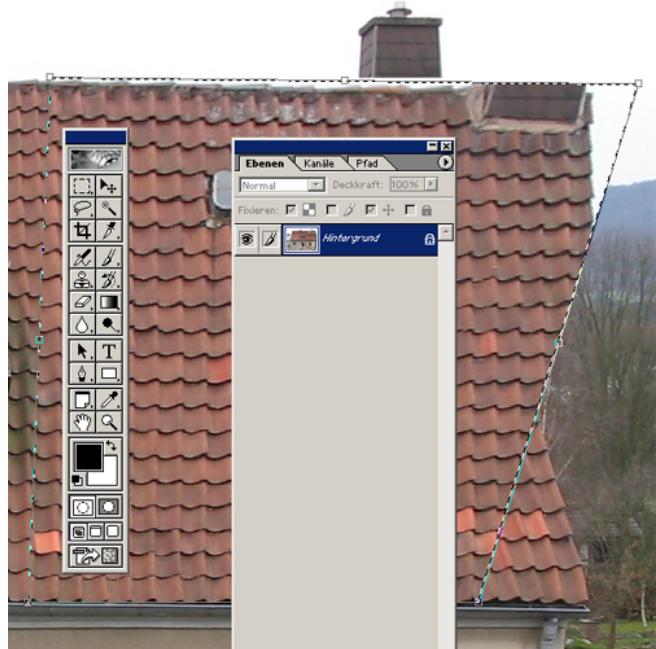


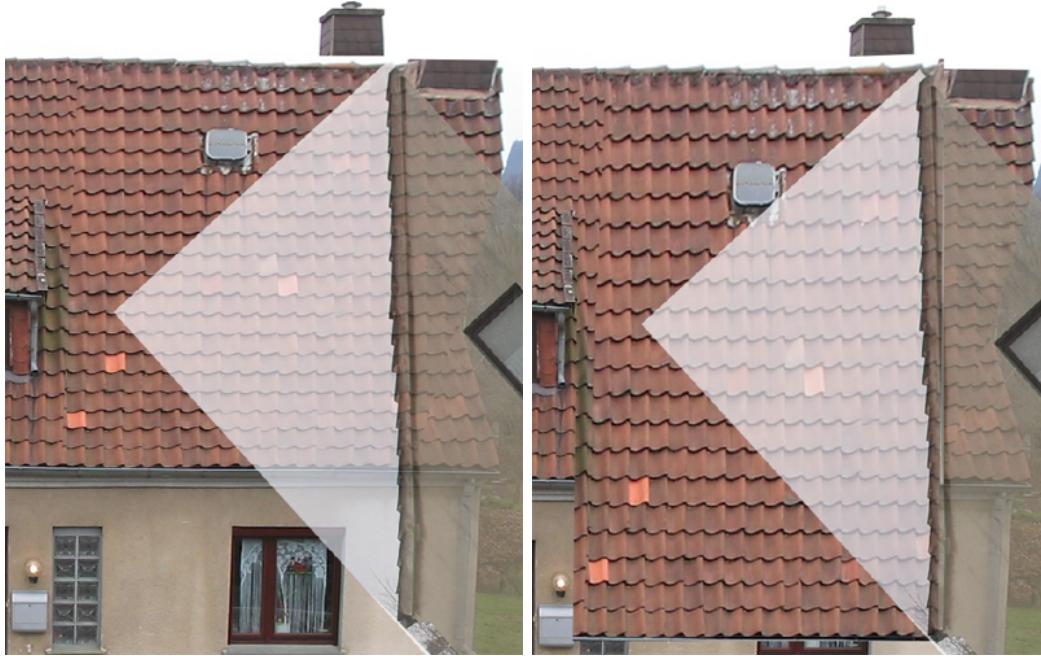
Auf der rechten Seite muss die Giebeltextur gedreht werden, da sie sonst zu klein ist, um den Bereich zwischen Fenster und Hausecke abzudecken, wie die noch nicht gedrehte

Textur auf dem Bild zeigt. Damit ist das Fenster zwar spiegelverkehrt (schmales Fenstersegment ist beim Vorbild links und beim Modell rechts), aber das kann in diesem Anwendungsfall sicherlich toleriert werden. Nun kann die Tür-Textur ausgeschnitten und entzerrt werden. Später müssen noch die Übergänge an die Nachbartexturen angepasst werden. Als rechter Übergang bieten sich die Glasbausteine an, da dort sowieso eine Trennkante vorliegt. Zunächst soll aber die Anordnung der Elemente auf der Gesamttextur geprüft werden. Erst wenn alle Bauteile sinnvoll untergebracht werden konnten, soll die Feinarbeit durchgeführt werden.

Das Dach ist in zweierlei Hinsicht verzerrt. Zum einen ist es perspektivisch/trapezförmig nach oben zulaufend, zum anderen ist es in der Höhe gegenüber der wahren Länge (Abstand Regenrinne/First) gestaucht. Um die Proportionen des Daches korrekt abschätzen zu können, kann bereits das obige Bild herangezogen werden. Es zeigt in einem Bild die wahre Höhe des Dachs an der Giebelseite und die wahre Breite in gleichem Maßstab an der Frontseite. Zunächst wird die Trapezverzerrung entfernt, jetzt ist das Dach aber noch senkrecht gestaucht (die beiden Photoshop-Fensterchen dienen wieder als Lot).

Um die korrekten Proportionen zu ermitteln, kann das weiter oben gezeigte Bild benutzt werden, bei dem die Giebelseite des Dachs in die Senkrechte gedreht wird. Zusätzlich in einer eigenen Ebene über das entzerrte Dach gelegt, ergibt sich die maßstabsgerechte Höhe des Dachs, auf welche die Dachfläche anschließend in seiner eigenen Photoshop-Ebene gezerrt wird. Im folgenden Bild sieht man also das vorherige Bild, bei dem die Trapezverzerrung bereits ausgeglichen wurde und hilfsweise zusätzlich halb-transparent darübergelegt eine in die Senkrechte (bezüglich Dachkante) gedrehte Kopie der Giebelwand. Im rechten Bild wurde die Dachfläche auf ihr neues Maß gezerrt.





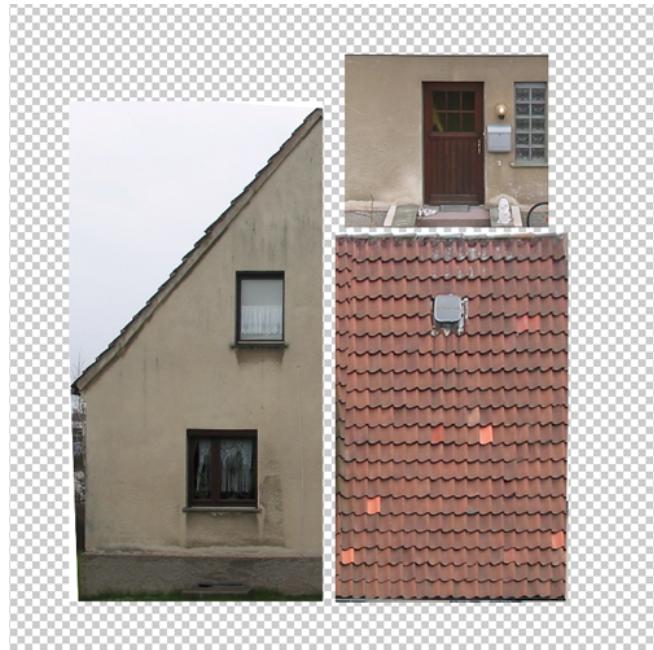
Die ebenfalls in der Dachtextur unterzubringende Regenrinne und der Sims zwischen Dach und Hauswand dürfen natürlich nicht mit verzerrt werden – diese werden später separat hinzugefügt. Damit sind die drei Haupttexturen grob aufbereitet und können für die Platzierung auf der Haustextur zusammengestellt werden.

Noch ein grundsätzlicher Gedanke zum Dach: Wenn man das Dach später nur aus der Sicht des vorbeifahrenden Zuges betrachtet, dann ist die gerade vollzogene Entzerrung der Senkrechten nicht unbedingt nötig. Die Textur würde dann unproportional aufgetragen, also in der Senkrechten gestreckt, was aber durch die Perspektive aus Lokführersicht wieder ausgeglichen wird. Erst bei Betrachtung aus einer etwas erhöhten Position könnte die Streckung der Textur auffallen. Da durch die verschiedenen Kameraperspektiven des Simulators durchaus mit einem erhöhten Standort gerechnet werden muss, soll das Haus aber hier korrekt gebaut werden.

11.5.2.3.2 Zusammenfügen zur Gesamttextur

Bei der Erstellung der Gesamttextur wird zunächst eine neue große, z.B. 4000x4000er Textur erstellt, und die drei einzelnen Ausschnitte werden als eigene Ebene hineinkopiert. Das Ergebnis ist im folgenden Bild zu sehen. Die drei Ausschnitte haben jetzt alle etwa den gleichen Maßstab und sind entzerrt. Da Texturen immer quadratisch sein müssen, ist im nächsten Schritt eine Anordnung zu finden, die eine quadratische Fläche möglichst gut ausnutzt. Ein bisschen Platz muss noch für die Dachgaube, die Schornsteine und die Treppe vor der Haustür bleiben. Der Kellereingang soll angesichts der gewählten Detailstufe vernachlässigt werden.

Die gezeigte Anordnung scheint bereits geeignet, um die Textur gut auszunutzen. Der Versuch, das Dach um 90° gedreht im freien Dreieck oben links anzusetzen und die Tür darunter einzubauen, erfordert mehr Platz. Wenn sich hier zeigt, dass man weit von einer quadratischen Fläche entfernt ist, muss über eine grundlegend andere Aufteilung der Textur nachgedacht werden. Alternativ können sich zwei benachbarte Häuser die Textur teilen, wenn diese Häuser in der Regel auch beide in der Strecke eingebaut werden.



11.5.2.3.3 Feinarbeiten

11.5.2.3.3.1 Anschlüsse an der Giebelwand

Bei der Giebeltextur sollte der Sockel nach unten „vergleichmäßigt“ werden, also das Grünzeug und der Lichtschacht sollten durch das gleichmäßige Grau des Sockelputzes ersetzt werden, damit das Haus auch bei etwas anderer Terraingestaltung eingesetzt werden kann. Für diese Arbeiten ist der Kopierstempel das geeignete Werkzeug. Mit ihm kopiert man Putzstruktur in den unteren Bildbereich.

An der linken Seite und oberhalb des Dachs ist noch der Hintergrund zu sehen. Diese Flächen werden später auf dem Gebäude nicht erscheinen, sollten aber trotzdem angepasst werden. Es wird nämlich nicht gelingen, die Textur auf ein halbes Pixel genau aufzubringen. Außerdem durchläuft die Textur beim Zeichnen diverse Filter, so dass auch benachbarte Pixel einen Einfluss auf die Farbe haben können. Deshalb sollte die Fläche links mit Putz aufgefüllt und über den Dachziegeln noch etwas Ziegelfarbe aufgebracht werden. Da die schmalen Ziegelkanten nicht genug Fläche für den Einsatz des Kopierstempels bieten, wurde die Fläche oberhalb des Dachs einfach per „Farbeimer-Werkzeug“ mit Ziegelfarbe aufgefüllt.

Bei mehrfach verwendeten Texturbereichen sollten sehr individuelle Kennzeichen vermieden werden, da dieser Trick sonst recht schnell offensichtlich wird. Die signifikanten Verwitterungsspuren rund um das untere Fenster sollten deshalb auch mit dem Kopierstempel abgeschwächt werden.

Probeweise kann jetzt ein kompletter Giebel erstellt werden, um die Wirkung zu testen. Dazu wird die Ebene dupliziert, die neue Ebene gespiegelt und passend verschoben:

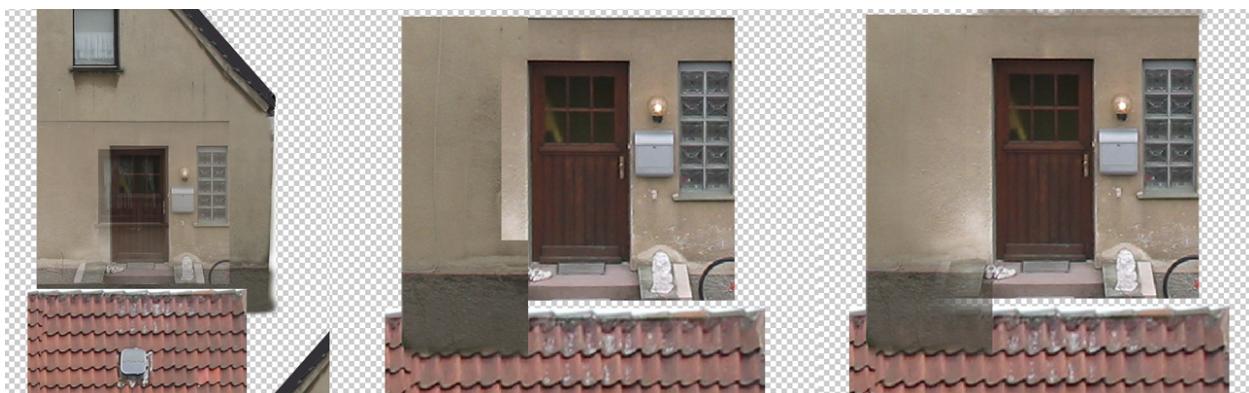
Die Trennkante ist - wie zu erwarten war - nicht zu erkennen. Bei der Verwitterung unter dem unteren Fenster fällt die Spiegelung immer noch recht stark auf, weshalb dieser Bereich ein wenig mit einem schwach deckenden, weichen Kopierstempel bearbeitet werden sollte.



11.5.2.3.3.2 Tür-Textur an die Umgebung anpassen

Die Tür-Textur muss nahtlos in die rechts und links anschließenden Wandtexturen übergehen. Eine recht einfache Möglichkeit sieht folgendermaßen aus: Die benachbarte Giebeltextur wird gespiegelt und über die Tür-Textur gelegt. Damit ist zunächst dank Spiegelung ein nahtloser Übergang gewährleistet. Diese Textur wird dann mit einem weichen Radiergummi mit zunehmendem Abstand von der Trennkante stufenlos ausgeblendet. Dank der strukturarmen Putzoberfläche wird diese Überblendung nicht auffallen. Das folgende Bild zeigt drei Schritte:

1. Kopie des Giebels positionieren, man sieht das Türsegment und das passend dahinter gelegte Giebelement (das noch ins Bild ragende Dach ist hier nicht von Interesse)
2. Giebelfläche grob zuschneiden – es wird nur der Bereich links der Tür benötigt
3. Giebelfläche mit dem Radiergummi sanft ausblenden.



Dieselbe Prozedur wird oberhalb und unterhalb der Glasbausteine für den rechten Bildrand durchgeführt. Bei der Gelegenheit kann auch gleich der Sockel im Türbereich durchgezogen werden. Im 3D-Modell soll später eine kleine 3D-Treppe vor die Tür gesetzt werden, so dass die Treppe auf der Textur nicht dargestellt zu werden braucht.

Die testweise zusammengefügte Gesamtfaßade zeigt folgendes Bild – die Übergänge zwischen Tür-Textur und Seitenflächen sehen unauffällig aus:



11.5.2.3.3 Das Dach anpassen

Beim Dach müssen die seitlichen Übergänge so gestaltet werden, dass sich das Dach mehrfach aneinanderreihen lässt. Dafür wird zunächst links und rechts exakt auf dem Ziegel abgeschnitten. Es zeigt sich dann noch eine minimale Verzerrung, welche mit dem Verzerrungswerkzeug ausgeglichen wird.

Die Dachluke sollte entfernt werden und bei Bedarf mit einem separaten Polygon auf dem Dach platziert werden. Dafür wird ein Stück Dach in einer eigenen Ebene über die Luke kopiert und die Ränder werden nach demselben Prinzip wie bei der Tür mit dem weichen Radiergummi angepasst. Die Regenrinne mit Sims wird unten angefügt. Um einen lückenlosen Verlauf der Regenrinne zu gewährleisten, wird nur eine Hälfte benutzt und gespiegelt kopiert.

Ein testweises Aneinanderfügen des Daches und einer Kopie zeigt selbst in der recht hohen Arbeitsauflösung fast keine Kante (siehe nebenstehendes Bild – Trennstelle ist das Ende der Regenrinne). Für die endgültige Texturgröße ist damit ein ausreichend gut kachelbares Stück Dach entstanden.



11.5.2.3.4 Restliche Arbeiten

Die schwierigen Stellen sind damit hinreichend gelöst, und der Anwender sollte keine Probleme mehr haben, die restlichen Texturelemente für den Schornstein, die Dachgaube und die Treppen zu erzeugen und auf den noch freien Bereichen der Textur unterzubringen. Bei der Dachgaube könnte es sinnvoll sein, rund um die Dachgaube auch noch ein

paar Dachziegel separat einzusetzen, da die Gaube einen Schatten auf das Dach wirft und daher die Ziegel dort etwas dunkler erscheinen als auf der restlichen Dachfläche. Wenn noch etwas Platz auf der Textur übrig ist, kann dieser natürlich noch mit Kleinkram wie Satellitenschüssel, Fahrrad, Mülltonnen gefüllt werden, um sie ggf. beim Haus aufzustellen. Man könnte diese Textur auch für zwei verschiedene 3D-Modelle benutzen, eines mit und eines ohne Kleinkram.

Werfen wir noch einen abschließenden Blick auf den letzten Stand:

Da noch etwas mehr freie Fläche vorhanden ist, als für die beiden Schornsteine, die Treppe und die Dachgaube benötigt wird, könnte über weitere Optimierungsmöglichkeiten nachgedacht werden: Den Sockel an der Tür-Textur könnte man abschneiden, womit alle drei Elemente weiter zusammenrutschen könnten. Der Sockel müsste dann als eigenes Polygon im 3D-Modell angesetzt werden und entnähme die Textur aus dem Giebel-Sockel. Rechts neben dem Dach ist noch freier Raum. Wenn sich dadurch ein Dachpolygon sparen lässt, könnte man die Dachtextur etwas breiter ausführen. Weitere Restarbeiten an der Textur erfolgen im Laufe des jetzt folgenden Bau des 3D-Modells.



11.5.3 Das 3D-Modell mit Blender

Das 3D-Modell baut man mit einem der üblichen Programme wie 3D-Studio, Maya (beide jenseits des üblichen Hobby-Etats), 3D-Canvas (Shareware), Milkshape usw. Hier soll das Freeware- und Open-Source-Projekt Blender benutzt werden, das sehr mächtig ist und wegen der kostenlosen Verfügbarkeit eine besonders niedrige Einstiegsschwelle bietet.

Blender (<http://www.blender.org>) stammt ursprünglich aus der Unix-Welt und hat eine von üblichen Windows-Programmen etwas abweichende Benutzeroberfläche. Dies wirkt für den Windowsnutzer zunächst etwas abschreckend. Allerdings kann man sich recht schnell einarbeiten und hat dann ein sehr effizientes Programm zur Verfügung. Für dieses Tutorial wird die Blender-Version 2.61 benutzt.

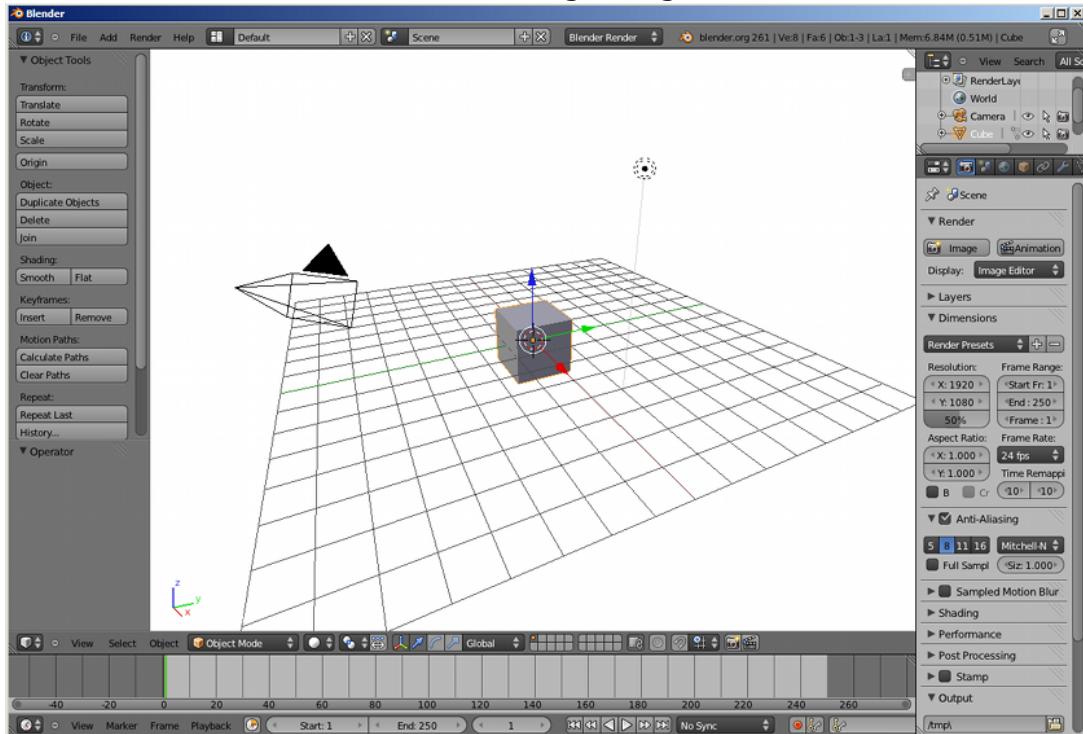
Analog zur Blender-Doku (<http://de.wikibooks.org/wiki/Blender-Handbuch>) wird im Folgenden die linke Maustaste mit LMT, die mittlere mit MMT und die rechte mit RMT abgekürzt. MR bedeutet Drehen des Mausrades.

Im Anschluss sollten man sich auf jeden Fall die Blender-Dokumentation durchlesen, welche auch offline verfügbar ist. Diese Einführung beschränkt sich auf die Vorstellung der notwendigsten Funktionen und kann die Doku nicht ersetzen.

11.5.3.1 Konzept der Bedienoberfläche

Das frisch gestartete Blender zeigt sich etwa in folgender Form mit dem Kopf, dem großen 3D-Fenster mit einer links davon dargestellten „Tool Shelf“ („Werkzeugregal“), einem Fenster für diverse Objekteinstellungen am rechten Bildrand, einem oben rechts gelegenen kleinen „Outliner“-Fenster für die Darstellung der hierarchischen Beziehungen

zwischen den Objekten, und einem Zeitleisten-Fenster, das nur benötigt wird, wenn man Filme mit Blender erstellt. Um eine druckergerechtere Darstellung zu erhalten, wird für die Dokumentation mit weißem Hintergrund gearbeitet:



Zu einem Fenster gehört wie von Windows gewohnt eine Titelzeile, meist mit Menü und Symbolleiste, welche hier aber – wie beim 3D-Fenster – auch unten liegen kann. Ein Fenster wird schon durch Hereinfahren der Maus aktiv und muss nicht wie bei Windows-Standard extra angeklickt werden. Die Oberfläche lässt sich je nach Anforderung völlig frei konfigurieren. So kann ein Fenster geteilt oder mit einem anderen Fenster zusammengelegt werden. Dafür bewegt man die Maus auf den Rand eines Fensters und klickt RMT. Es öffnet sich ein Menü mit „Join Areas“ zum Zusammenlegen zweier Fenster und „Split Area“ zum Teilen. In einer On-Line-Vorschau wird das Ergebnis der Aktion demonstriert und per Klick mit LMT ausgeführt oder mit ESC abgebrochen.

Außerdem kann der Inhalt (Scripte, 3D, Action-Editor usw.) eines jeden Fensters verändert werden. Dazu gibt es links in der Titelzeile ein Auswahlmenü. Für unser Haus ist die Standardeinstellung aber schon gar nicht so schlecht.

11.5.3.1.1 Tastatur und Maus

Blender ist auf eine Drei-Tasten-Maus ausgelegt. Die mittlere Taste kann emuliert werden (entspricht z.B. dem Runterdrücken des Rädchenrades). Blender lässt sich durch zahlreiche Shortcuts sehr effizient mit der Tastatur bedienen. Die Tasten im Nummernblock werden im Folgenden durch Num0, Num+ usw. abgekürzt. Das Blender-Konzept sieht vor, die rechte Hand an der Maus und die linke an der Tastatur zu haben.

11.5.3.1.2 Tool Shelf und Properties Panel

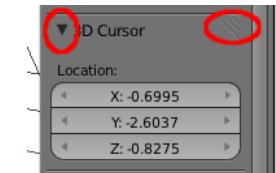
In einigen Fenstertypen begegnen einem immer wieder zwei zuschaltbare Panels mit verschiedenen Funktionen. Das eine ist die sogenannte Tool Shelf. Sie ist über die Tas-

te T ein- und ausblendbar. Die Tool Shelf enthält ein situationsabhängiges Angebot an Schaltern für verschiedene Aktionen in dem Fenster, zu dem sie gehört.

Zum zweiten gibt es das sogenannte Properties Panel, ein- und ausblendbar mit der Taste N. Dieses Panel bietet ein Sammelsurium verschiedener Einstellungsmöglichkeiten im aktuellen Fenster.

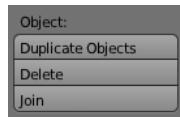
11.5.3.1.3 Panels

An zahlreichen Stellen in Blender sind verwandte Funktionen nochmals in Unter-Panels gruppiert. Ein Panel hat links neben dem Titel ein kleines schwarzes Dreieck zum Auf- und Zuklappen und rechts davon einen Anfasser, mit dem es per LMT verschoben werden kann.



11.5.3.1.4 Schalter, Eingabefelder

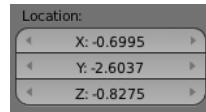
Blender kennt unterschiedliche Typen von Schaltern:



Der Ausführungsschalter (operation button) löst eine Aktion aus und ist hellgrau.



Der Umschalter (toggle button) dient zur Festlegung von Entweder-Oder-Optionen. Die gerade gewählte Alternative ist wie unten rechts zu sehen dunkel hinterlegt.

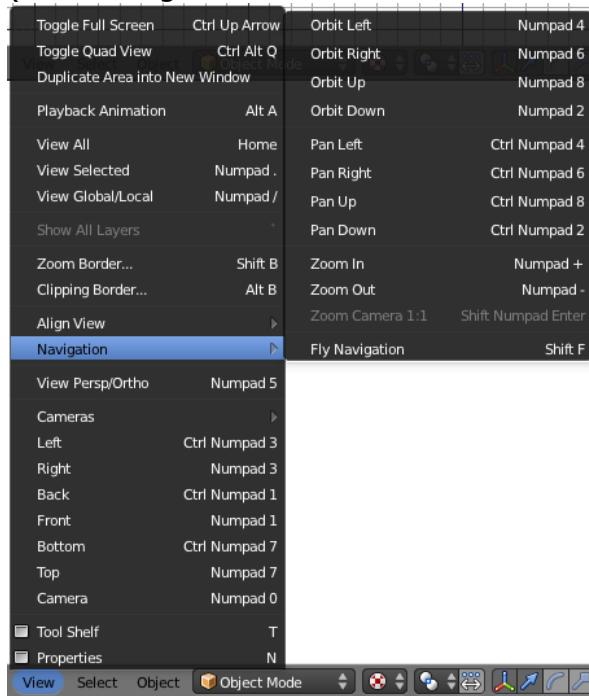


Über das Numerische Eingabefeld (number button) wird ein Zahlenwert eingegeben. LMT auf die Dreiecke links/rechts verringert/erhöht den Wert. Alternativ kann man mit gedrückter LMT über das Feld streichen (zusätzlich Strg ändert in festen Schritten) oder die Zahl mit Shift+LMT markieren und per Tastatur einen neuen Wert eingeben.

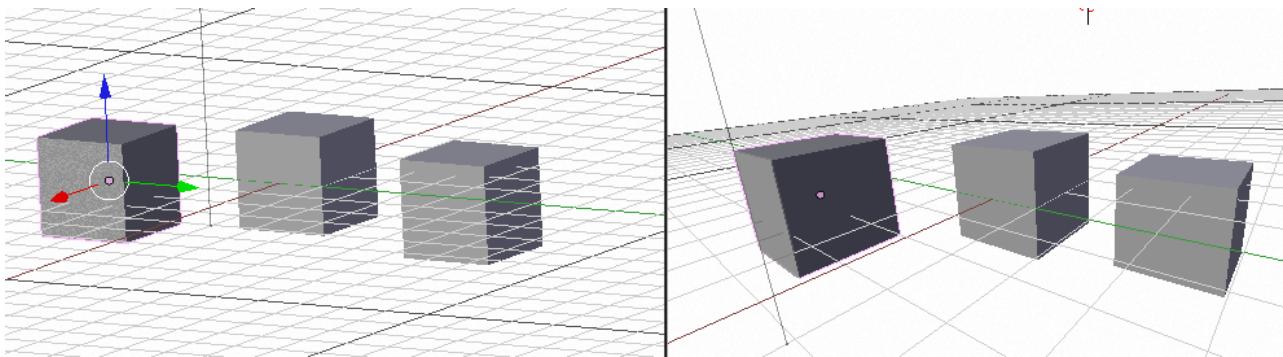
11.5.3.1.5 Fenstertyp „3D-Fenster“ (3D-View)

Im 3D-Fenster wird das Objekt zwei- oder dreidimensional dargestellt und bearbeitet. Navigation im 3D geschieht auf folgende Arten: Über Num3, Num1 und Num7 wird in Seitenansichten und Draufsicht gewechselt. Außerdem kann bei gedrückter MMT mit der Maus frei im Raum gedreht werden. Per Shift+MMT bewegt man sich in der Szene. Strg+MMT oder MR zoomt. Pos1 schaltet in eine Globalansicht (auch sinnvoll, falls

man sich mal verlaufen hat). Hier die Navigationsmöglichkeiten im Überblick per Menü (die wichtigsten Shortcuts sollte man sich merken):



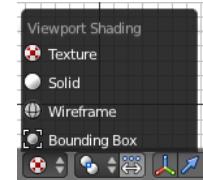
Num5 schaltet zwischen orthografischer (im folgenden Bild links) und perspektivischer (rechts, also mit Fluchtpunkt) Darstellung um. Erste entspricht zwar nicht der realen Wahrnehmung, ist aber für manche Anwendungsfälle sinnvoll.



Das Koordinatensystem ist als Rechtssystem aufgebaut und sieht die Erdoberfläche als x-/y-Ebene vor, während die z-Achse nach oben zeigt. Es wird mit folgender Farbcodierung eingeblendet: x=Rot, y=Grün, z=Blau.

Der Darstellungsmodus (Viewport Shading) legt fest, wie die Oberfläche des Objekts gezeichnet wird. Bei komplexen Objekten kann eine einfache Darstellung sinnvoll sein, um die Rechengeschwindigkeit zu erhöhen. Die Darstellungsqualität nimmt im nebenstehenden Menü von oben nach unten ab.

Das 3D-Fenster kann mit den Tasten T und N um eine Tool Shelf und ein Properties Panel ergänzt werden.



Es gibt einen durch ein Fadenkreuz dargestellten 3D-Cursor. Dieser markiert zunächst nur eine Stelle im 3D-Raum und wird bei manchen Operationen als Hilfsmittel benötigt. Gesetzt wird er durch Klick mit LMT oder durch numerische Eingabe im Properties Panel.

11.5.3.1.6 Fenstertyp „Objekteinstellungen“ (Properties)

Das Properties-Fenster sollte begrifflich nicht mit dem oben beschriebenen Properties-Panel verwechselt werden. Im Properties-Fenster werden diverse Einstellungen am gerade ausgewählten 3D-Objekt getätigt. Das Fenster ist in mehrere Reiter nach Themen gegliedert. Für unsere Zwecke besonders relevant sind die Reiter „Material“, „Textures“ sowie in bestimmten Fällen „Object Data“.

11.5.3.1.7 Fenstertyp „UV-/Bild-Editor“ (UV/Image Editor)

Dieses Fenster stellt eine Textur als 2D-Bitmap dar, während man das Objekt texturiert. Auch dieses Fenster kann um Tool Shelf und Properties Panel ergänzt werden.

11.5.3.1.8 Fenstertyp „Dateidialog“ (File Browser)

Blenders File Browser begegnet einem immer dann, wenn Dateien zu speichern oder zu laden sind.

Vorsicht: Blender fragt nicht, ob man speichern möchte, wenn man Blender nach Veränderungen am Objekt schließt oder eine andere Datei lädt. Alles, was vorher nicht gespeichert wurde, geht ungefragt verloren.

Zum automatischen Speichern von Sicherungskopien gibt es folgende Möglichkeit: Im Dateinamen sieht man eine Zahl vor (z.B. Haus_01.blend) und kann dann beim Speichern durch Num+ die Zahl erhöhen. F2, Num+, Enter ist also eine Shortcut-Folge, die man regelmäßig aufrufen sollte.

11.5.3.2 Blender vor der ersten Verwendung einrichten

Bevor man zum ersten Mal mit der Arbeit anfängt, sollten einige wichtige und empfohlene Einstellungen am Programm getätigt werden. Um das Einstellungsfenster aufzurufen, klickt man im Hauptmenü auf „File → User Preferences...“ Es öffnet sich folgendes Fenster mit sieben thematischen Reitern:



Nutzer von Mäusen ohne MMT können im Reiter „Input“ ein Häkchen bei „Emulate 3 Button Mouse“ setzen, und können dann den Klick auf MMT mit der Tastenkombination Alt + LMT ersetzen. Sofern unbedingt Wert auf eine deutschsprachige Benutzeroberfläche gelegt wird, kann diese im Reiter „System“ eingestellt werden. Die entsprechenden Optionen sind etwas versteckt und werden zugänglich, nachdem bei „International Fonts“ ein Häkchen gesetzt wurde. Aufgrund der größeren Nähe zur Zusi-Begriffswelt und der manchmal etwas fragwürdigen Wortwahl in der deutschen Blender-Oberfläche wird in dieser Anleitung ausschließlich die standardmäßige englische Sprachversion verwendet.

Blender 2.61 liefert von Haus aus eine Exportfunktion ins .x-Dateiformat mit, die wir zum Datenaustausch mit dem Zusi 3D-Editor benötigen. Dieses Export-Addon muss allerdings zuvor im Reiter „Addons“ des User Preferences-Fensters aktiviert werden, indem man dort ein Häkchen bei „Import-Export: DirectX Model Format“ macht.



Ebenfalls aktiviert werden sollten die beiden oben zu sehenden Addons „Copy Attributes Menu“ und „Dynamic Spacebar Menu“. Das Copy Attributes Menu wird später beim Texturieren hilfreich sein, das Dynamic Spacebar Menu erspart das Auswendiglernen diverser Tastenkombinationen verschiedener Menüs, indem es diese im 3D-Fenster einheitlich über die Leertaste zugänglich macht.

Die anderen ab Werk in Blender aktivierten Addons werden von uns normalerweise nicht benötigt und können deaktiviert werden.

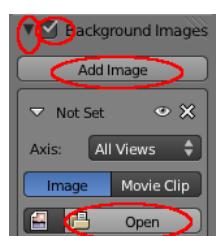
Mit einem Klick auf den Schalter „Save As Default“ am unteren Rand des User Preferences-Fenster können die getätigten Einstellungen so abgespeichert werden, dass sie als Standard beim jedem Programmstart geladen werden. Wenn die Einstellungen nur für dieses eine Projekt gelten sollen, so ist das Fenster stattdessen Windows-üblich über den Schließen-Knopf oben rechts zu verlassen.

11.5.3.3 Das Haus bauen

Jetzt kann es an das erste Objekt gehen, unser kleines Einfamilienhaus. Wer mehr als nur ein kleines Objekt bauen will, sollte sich unbedingt tiefer mit der Blender-Dokumentation befassen, da hier wirklich nur die wichtigsten Punkte erwähnt werden.

11.5.3.3.1 Hintergrundbild

Im 3D-Fenster kann eine Bitmapdatei als Hintergrundbild definiert werden, um das Gebäude einfacher in richtigen Abmessungen nachzubauen zu können. Dieses Bild ist nur sichtbar, wenn das 3D-Fenster auf orthografische Perspektive gestellt ist und man exakt senkrecht zum Koordinaten- system schaut. Um das Bild zu laden wird im 3D-Fenster mit der Taste N das Properties Panel aufgerufen, das ziemlich weit unten liegende Unterpanel „Background Images“ aufgeklappt und das Häkchen neben dem Titel des Unterpanels gesetzt. Es wird ein Schalter „Add Image“ sichtbar. Nach einem Klick darauf geht es weiter mit dem Schalter „Open“, und das Bild wird im Dateidialog ausgewählt.



Falls ein Grundriss des Objekts vorhanden ist, wäre dieser ideal für unser Draufsicht-Fenster. Hier liegt aber nur die vorbereitete Textur vor, welche in sich schon maßstabsgetreu ist, aber noch auf den Blendermaßstab angepasst werden muss. Im Blender entspricht jede Gitternetzlinie einem Meter. Bester Orientierungspunkt ist die Haustür, welche in Deutschland standardmäßig 2 m hoch ist. Über die Einstellung „Size“ wird der Hintergrund so skaliert, dass die Tür über zwei Segmente reicht (hier wird ein Skalierungswert von 4,6 benötigt). Außerdem wird sie mit den Eingabefeldern X und Y passend verschoben, also für die Seitenansicht so, dass die Fußleiste/Giebelmitte im Ursprung liegt. Über den Schieberegler „Opacity“ kann die Durchsichtigkeit des Hintergrundbildes geregelt werden.

11.5.3.3.2 Die ersten Schritte im 3D-Bau

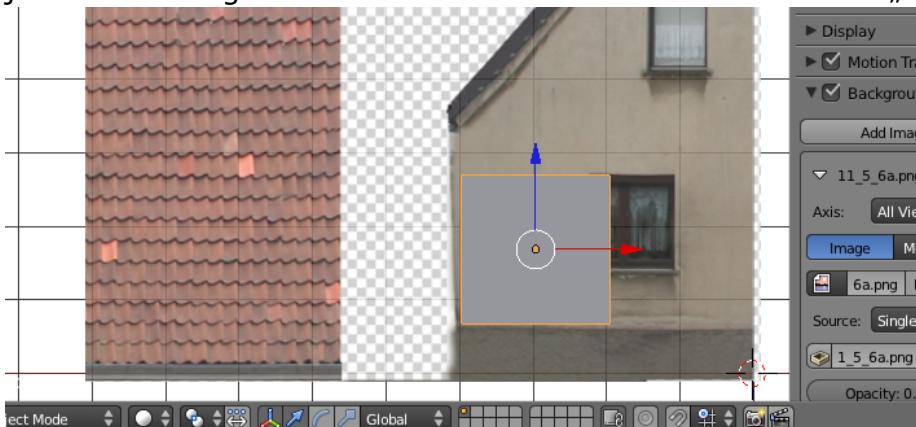
Es wird der „Translate Manipulator Mode“ ausgewählt (kleiner blauer Pfeil in der Menüzeile); in diesem Modus lässt sich die Geometrie des Objekts bearbeiten. Links wird der „Object Mode“ ausgewählt:



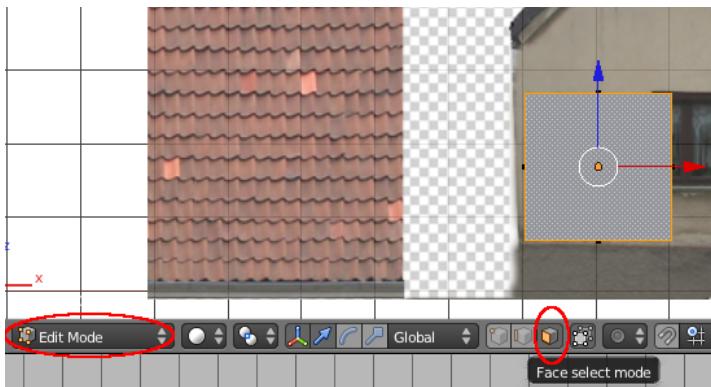
Im Object Mode kann man einzelnen Objekte der Szene markieren und als Ganzes verschieben oder drehen, nicht aber die eigentliche Geometrie des Objekts ändern. Im Gegensatz dazu gibt es den „Edit Mode“, bei dem sich die Geometrie verändert, indem man z.B. einen Eckpunkt markiert und verschiebt.

Der anfänglich vorhandene Würfel eignet sich gut als Ausgangsbasis für das Haus. Unter „Add → Mesh → Cube“ im Hauptmenü könnte man ggf. einen neuen Würfel in die Szene einbringen.

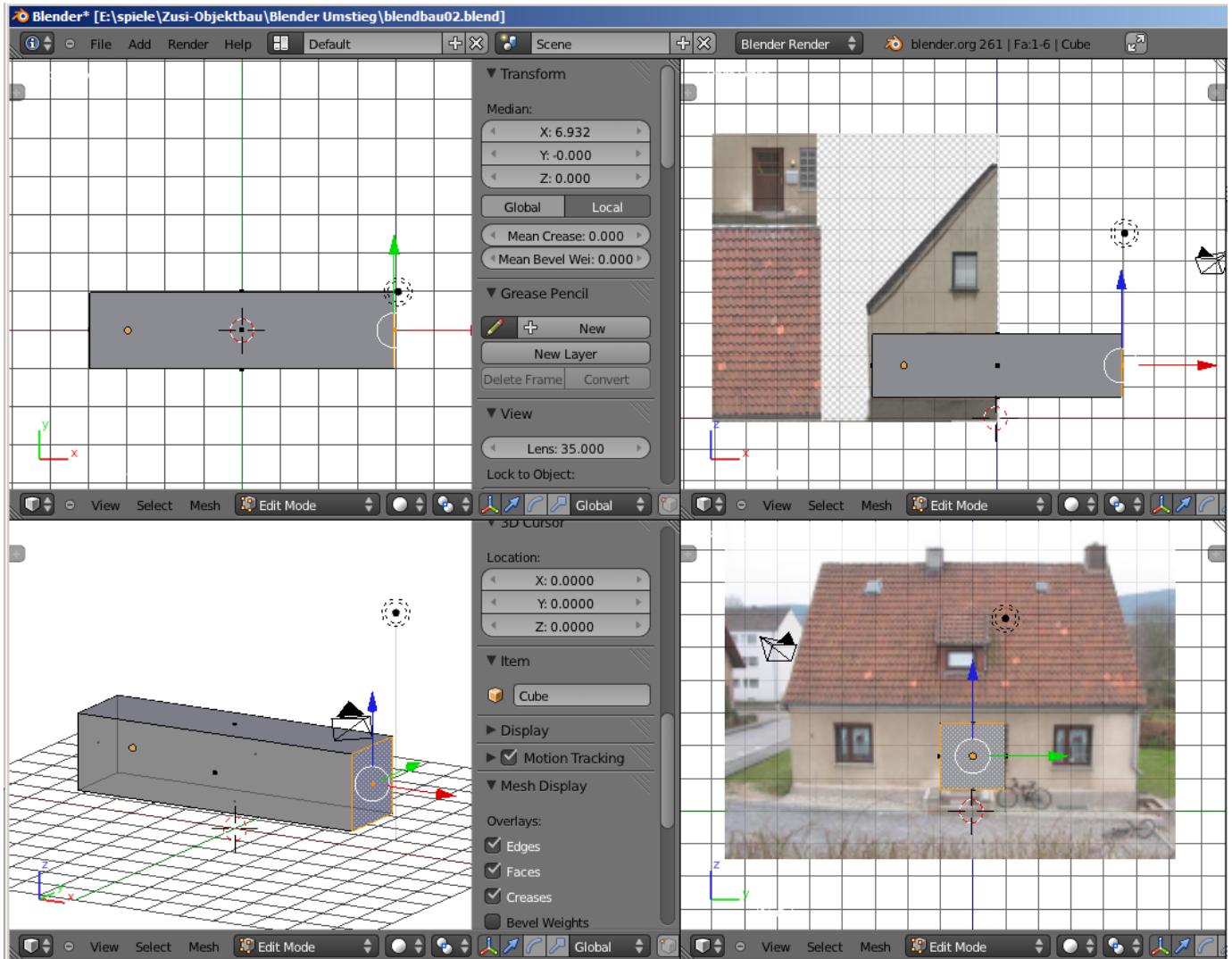
Der Würfel soll nun zunächst das Erdgeschoss des Hauses abdecken. Dafür wird er in eine Ecke geschoben und passend gestreckt. Zum Verschieben wird der Würfel mit der RMT angeklickt, in der Tool Shelf „ObjectTools → Transform → Translate“ (G-Taste) aufgerufen und durch Bewegen der Maus ohne Tastendruck an den neuen Ort verschoben. Im „Properties Panel“ (N-Taste) stehen im Unterpanel „Transform“ numerische Eingabefelder unter „Location“ zur Verfügung, die auch alternativ eine Verschiebung über die Eingabe der Koordinaten erlauben. So kann man exakt auf gerade Werte setzen. Da die Hauswand bei der Texturvorbereitung etwas nach links verlängert wurde, muss man sich jetzt an der Regenrinne orientieren – links bleibt also etwas „Fleisch“:



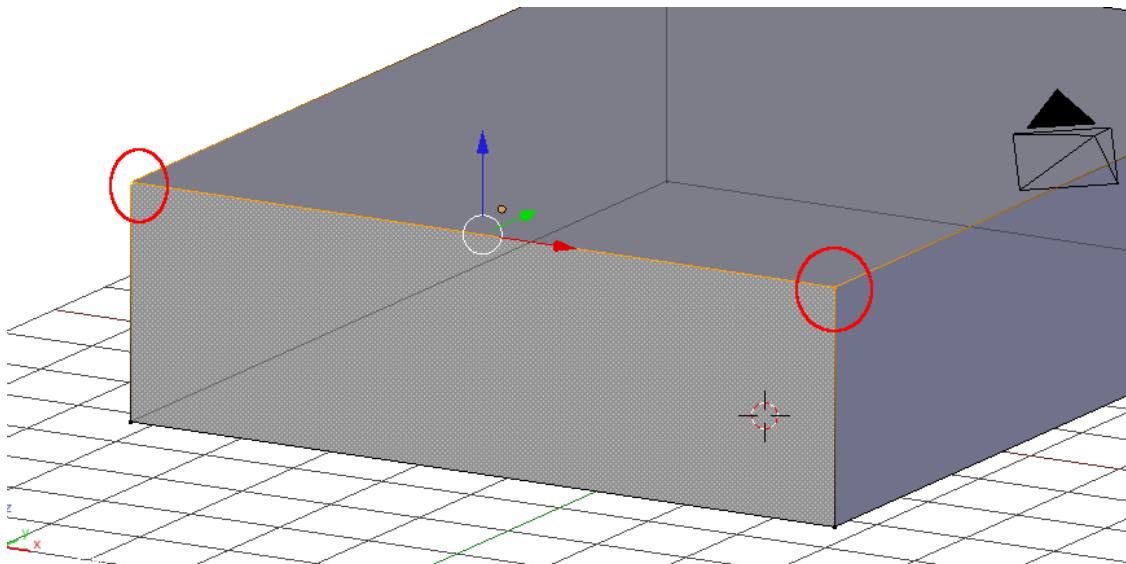
Für das Strecken des Quaders muss der „Edit Mode“ eingestellt werden. Um eine Fläche zu verschieben, muss der „Face select mode“ eingestellt werden:



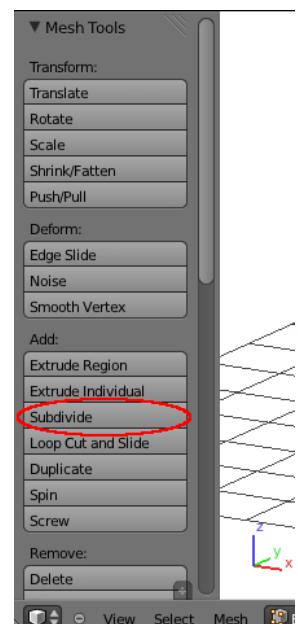
Nun wird beim Klick mit der RMT ein Face, also eine Fläche (beim Würfel eine Seite) markiert. Analog zum Verschieben des gesamten Würfels im vorherigen Schritt kann jetzt eine Seite des Würfels verschoben werden. Hier soll zunächst die Giebelseite auf das korrekte Maß gebracht werden. Zunächst ein Blick auf die Anordnung der 3D-Fenster. Unten links ist eine perspektivische Gesamtansicht, die anderen drei Fenster zeigen eine orthografische Ansicht für jede Koordinatenachse mit passendem Hintergrundbild. Diese Fensteraufteilung wurde durch mehrmaliges Aufrufen der Split-Funktion aus dem ursprünglichen 3D-Fenster erstellt. In der perspektivischen Ansicht lässt sich die zu verschiebende Würfelseite anklicken und mit G-Taste plus Mausbewegung verschieben. Dabei wird diese etwas durch den 3D-Raum ziehen. Mit einmaligem Drücken der x-Taste lässt sich die Transformation auf die x-Achse beschränken (dito y und z). Wenn man ganz exakt bauen will, kann man im Properties Panel unter „Transform → Median“ die Koordinaten exakt setzen. Im nachstehenden Bild wurde der Würfel auf die doppelte Breite des Giebelseiten-Hintergrundbildes skaliert.



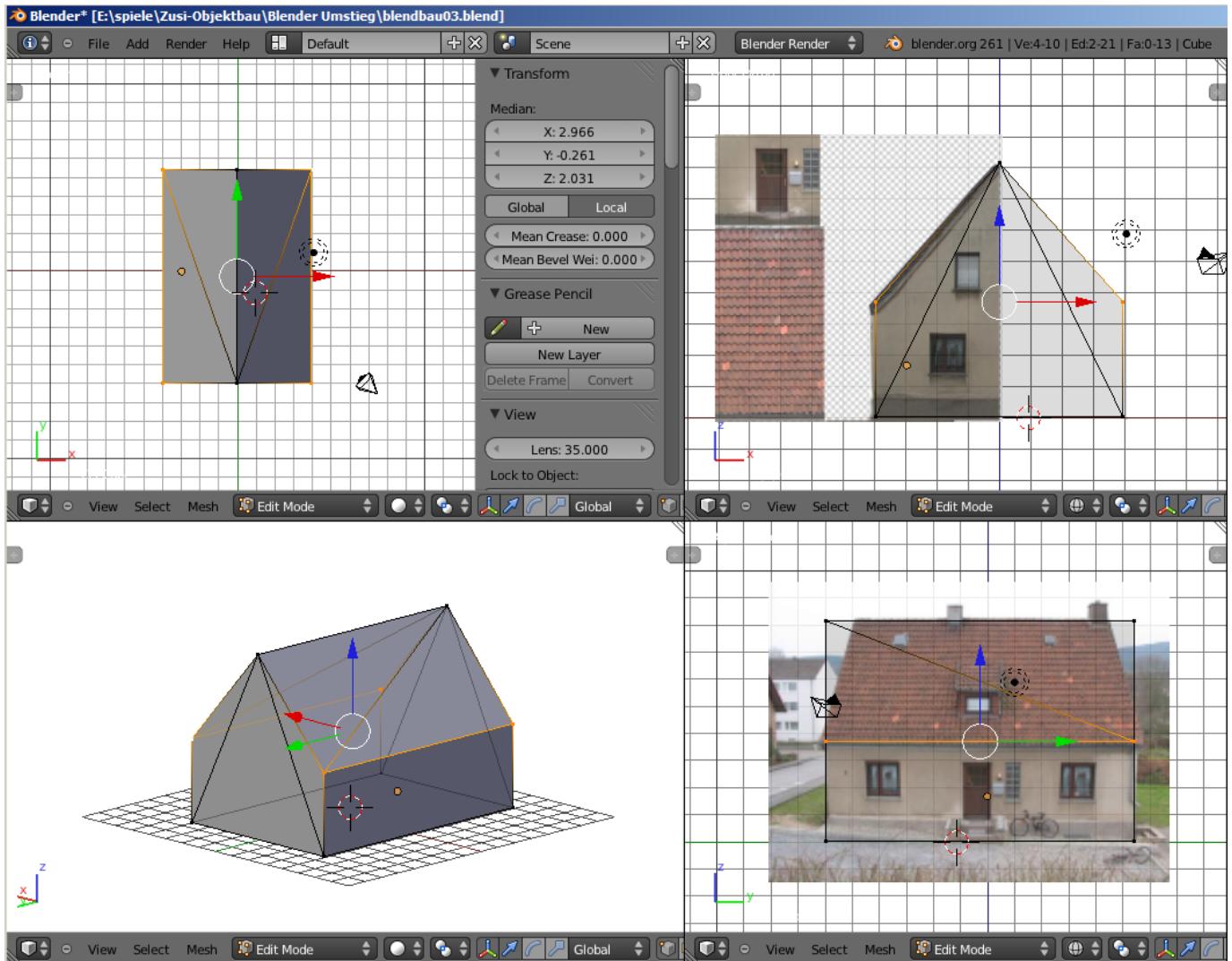
Analog werden die beiden anderen Richtungen angepasst. Für die Form des Daches müssen zusätzliche Punkte eingefügt werden. Dafür wird der „Vertex select mode“ aktiviert, in welchem sich nach schon bekannten Schema Eckpunkte markieren lassen. Bei gedrückter Shift-Taste können mehrere Ecken markiert werden. Auf diese Weise werden die beiden Eckpunkte am Fuß des Giebels markiert:



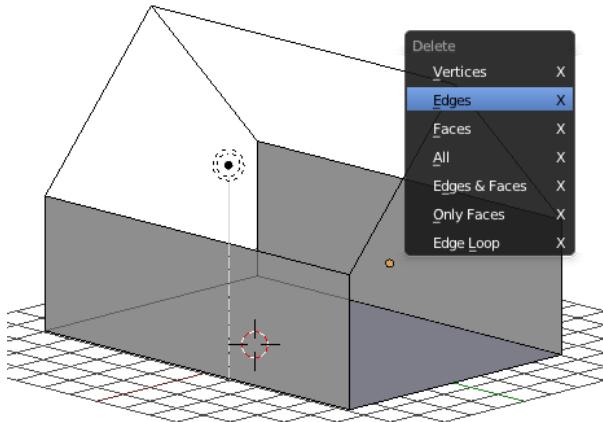
In der Tool Shelf gibt es im Unterpanel „Mesh Tools“ unter „Add“ die Funktion „Subdivide“:
 Diese fügt in der Mitte zwischen den beiden markierten Vertices einen neuen Vertex ein. Diesen kann man anschließend markieren und nach dem schon vom Face bekannten Verfahren nach oben schieben. dasselbe macht man am anderen Giebel und schon ist die Grundform des Hauses fertig. Um einen exakt waagerechten First zu erreichen, sollte man die z-Koordinate des zweiten Punkts numerisch eingeben (Properties Panel analog zum Würfel weiter vorne). Alternativ hätte man auch zunächst beide Firstpunkte per Subdivide erzeugen und dann gemeinsam nach oben verschieben können (Shift+RMT fügt markierte Elemente zur Auswahl hinzu).



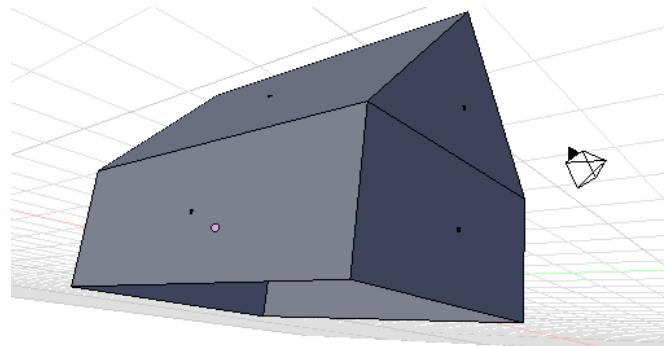
Hier das bisherige Werk im Überblick:



An dieser Stelle müssen die drei geometrischen Elemente Vertex, Edge und Face etwas näher erläutert werden. DirectX kennt bekanntlich nur Vertices und daraus gebildete Dreiecke. Ein Dreieck ist sozusagen die einfachste Form eines Faces. Allgemein ist ein Face ein beliebiges Vieleck. Blender erlaubt die Benutzung beliebiger Vielecke, weil es die Bearbeitung der Objekte vereinfacht. Man sollte sich aber auf Drei- und Vierecke beschränken, um einen problemlosen x-Export zu gewährleisten. Spätestens beim Export in das x-Format werden alle Faces in Dreiecke zerlegt. Dasselbe gilt für die Edges, also die Kanten der Faces, welche DirectX gar nicht kennt und die nur Blender-intern zur einfacheren Gestaltung benutzt werden. Es bietet sich natürlich an, diese Elemente aus Komfortgründen in Blender auch zu benutzen, obwohl sie am Ende im Zusi-Objekt nicht mehr zu finden sind. Deshalb kann man nun die überflüssigen Edges entfernen. Dies sind die diagonal verlaufenden Kanten auf den Dachflächen sowie die Kanten, welche auf den Giebelseiten die linke und rechte untere Hausecke mit dem Dachfirst verbinden. Dazu werden diese im „Edge select mode“ markiert und gelöscht (Entf-Taste). Die anliegenden Dreiecke werden damit ebenfalls gelöscht.



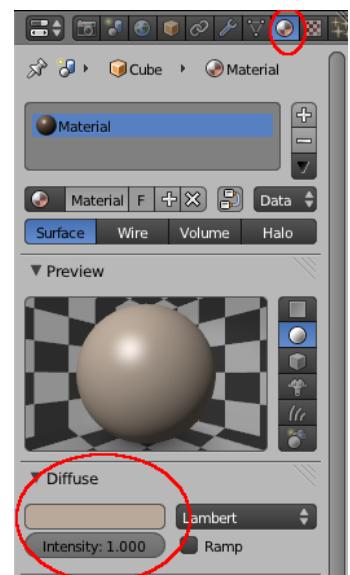
Bei der Gelegenheit kann auch noch die Bodenplatte entfernt werden, die man später sowieso nicht sieht. Um die Flächen wieder zu erstellen, werden vier bzw. drei Vertices einer Fläche markiert und die Funktion „Mesh → Edges → Make Edge → Face“ (F-Taste) aufgerufen. Es ergibt sich dann nebenstehendes Bild:



11.5.3.3 x-Export

Das soweit erzeugte Modell kann gleich als Basis für einen niedrigen LOD dienen und sollte darum gesichert werden. Wer mit dem Begriff LOD noch nichts anzufangen weiß, findet hier in [Kapitel 5.1.1.9](#) das nötige Hintergrundwissen.

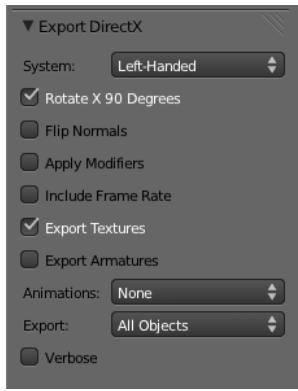
Da das Haus noch ohne Textur ist, braucht es eine passende Ersatzfarbe. Diese stellt man für das ganze Mesh im Properties-Fenster (am rechten Bildschirmrand) im Reiter „Material“ und dort im Unterpanel „Diffuse“ ein. Die „Intensity“ sollte auf 1.0 gesetzt werden:



Das Modell wird per „File → Export → DirectX“ als .x-Datei abgespeichert. Diese Funktion ist nicht in Blender programmiert, sondern wird über ein Script ermöglicht (s. Kapitel „Das 3D-Modell mit Blender“). Es öffnet sich zunächst nebenstehender Dialog.

Die abgebildeten Standardeinstellungen sind für den Datentransfer in den Zusi 3D-Editor schon genau richtig. Nach einem Klick auf „Export DirectX“ erledigt das Script dann die Koordinatentransformationen in das linkshändige System von DirectX und schreibt das Ergebnis als .x-Datei auf die Festplatte.

Das x-Modell sollte man sich (z.B. im 3D-Editor) von allen Seiten und auch von innen anschauen, um sicherzustellen, dass alle Polygone korrekt dargestellt werden und auch keine überflüssigen Flächen (z.B. Innenseiten) generiert wurden. Zum Import in den 3D-Editor siehe Kapitel 5.4.4.1.4.

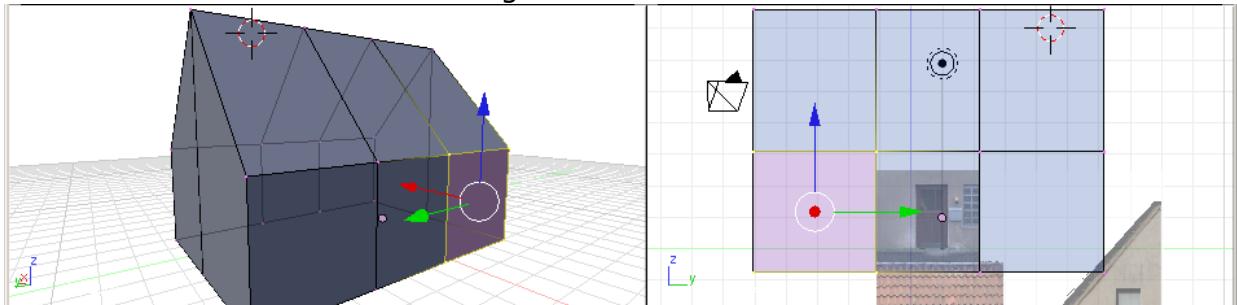


11.5.3.3.4 Feinarbeiten

Nun müssen der Dachüberstand ausgearbeitet und die Anbauteile wie Treppen und Schornsteine ergänzt werden. Außerdem müssen die Faces so aufgeteilt werden, dass die Texturen passend aufgebracht werden können. Also dort, wo Texturenkanten vorgesehen sind, müssen auch Schnittkanten im 3D-Modell erzeugt werden.

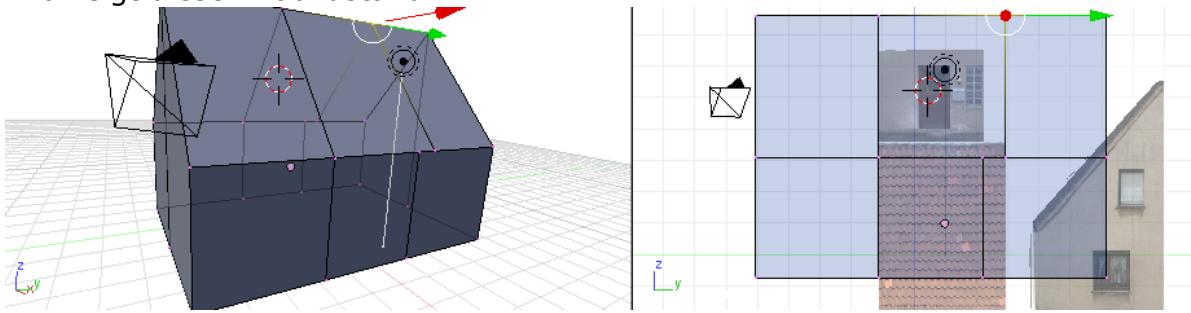
Zunächst noch ein Nachtrag zum Dach: Beim Erstellen der Textur war ja schon diskutiert worden, die Dachtextur ggf. etwas breiter zu gestalten. Ein genaues Abmessen des Dachs (z.B. Zählen der Ziegelreihen) zeigt, dass man bei einer Verbreiterung der Textur um drei Ziegelreihen mit drei Dachsegmenten auskommt, weshalb zunächst die Dachtextur noch etwas überarbeitet wird.

Dann können die zusätzlichen Edges eingearbeitet werden: Dreiteilung der Dachflächen, Zweiteilung der Giebelseiten, Unterteilung der Seitenwände in Tür- und Wandsegmente. Bei der Giebelseite kann das schon erwähnte „Subdivide“ angewendet werden. Im Bereich der Tür wird der per Subdivide erzeugte Punkt anschließend an seinen endgültigen Ort verschoben. Die Face-Struktur wird bei der Aufteilung zunächst nicht sofort dem gewünschten Stand entsprechen und zusätzliche Edges enthalten. Nach einer Neuordnung der Faces sollte das Haus etwa folgendermaßen aussehen:



Im rechten Teil ist zu sehen, wie die Abmessungen der Faces im Türbereich an die Abmessungen der Textur angepasst wurden, in dem die Kanten mit der Maus genau auf die Texturkante verschoben wurden. dass über der Tür noch etwas Freiraum zu finden ist, liegt an den noch nicht ausgearbeiteten Dachübergängen. Für die Dachfläche ist eine Dreiteilung nötig. Damit die Texturen nahtlos ineinander übergehen können, muss im mittleren Segment exakt einmal eine Dachtextur unterkommen. Dafür muss das Segment etwas verbreitert werden, ohne die Wandsegmente im Türbereich zu beeinträchtigen. Die Dach-Faces müssen also zunächst markiert und per Y-Taste gesplittet werden,

bevor dann die rechte Kante auf eine Dachbreite nach rechts verschoben wird. Mit dem passend verschobenen Hintergrundbild ist das im Handumdrehen gemacht – das nächste Bild zeigt diesen Bauzustand.



An dieser Stelle sollte man sich Gedanken über den mittleren LOD machen. Nachdem die „einfache Kiste“ für LOD3 bereits fast ohne Mehraufwand im Arbeitsablauf entstanden ist und wohl ganz ohne Textur auskommen wird, ist für den LOD2 eine Textur vorzusehen, und die grobe Form des Hauses sollte erkennbar sein. Dafür fehlen im Moment eigentlich nur noch die Schornsteine, welche durchaus die Silhouette prägen können und deutlich früher zu erkennen sind als beispielsweise Dachvorsprung oder Gaube.

Die normale Textur kann auch für LOD2 benutzt werden. Ein Performanceproblem ist nicht zu erwarten, wenn Mipmaps verwendet werden. DirectX sucht dann zur Laufzeit die jeweils am besten zur Entfernung passende Texturgröße automatisch heraus. Eine eigene kleine LOD2-Textur wäre nur dann sinnvoll, wenn sich dadurch viele Polygone sparen lassen oder das Haus nur in größerer Entfernung passiert wird, so dass die große LOD1-Textur dann gar nicht geladen werden müsste. Das könnte an Streckenverzweigungen der Fall sein, an denen man das Haus mal aus der Nähe sieht, mal in größerer Entfernung passiert. Im Normalfall wird man aber davon ausgehen können, dass LOD1 sowieso geladen wird, so dass eine Mitbenutzung der LOD1-Textur für LOD2 keine zusätzlichen Ressourcen bindet.

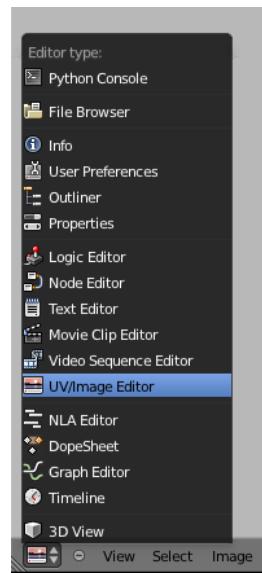
Daher soll das Haus nun für den LOD2 mit Schornsteinen ausgerüstet und texturiert werden. Ein Schornstein entsteht aus einem neu eingebrachten Würfel (Cube). Um diesen grob am richtigen Ort zu importieren, setzt man per LMT den 3D-Cursor an die passende Stelle und ruft dann „<Leertaste> → Add Mesh → Cube“ auf. Wenn dabei der „Edit mode“ aktiv ist, wird der Würfel Bestandteil des Objekts; im „Object Mode“ wird er ein eigenständiges Objekt, was evtl. die weitere Arbeit erleichtert, da der Würfel so als eigenes Objekt verschoben werden kann. Er bildet dann aber später beim x-Export auch ein eigenes Mesh-Subset, was schlecht für die Performance ist. Wenn man den Würfel also zunächst im „Object mode“ importiert, dann muss er später per „Join“ fester Bestandteil des Hauses werden.

Mit Hilfe des Hintergrundbildes der Gesamtansicht wird der Würfel auf die richtigen Abmessungen gebracht. Außerdem sollte man die in das Haus eingedrungenen Flächen inklusive der Unterseite des Würfels so reduzieren, dass sich der Schornstein wirklich nur außerhalb des Hauses befindet. Schließlich müssen auch diese unsichtbaren Flächen alle berechnet werden, weshalb man sich grundsätzlich angewöhnen sollte, unnötige Flächen zu entfernen.

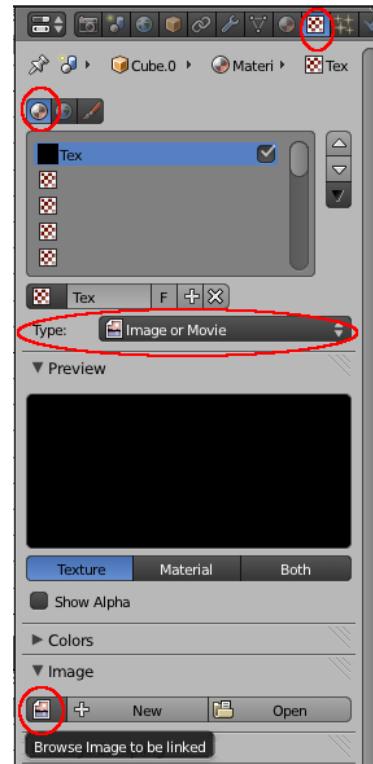
11.5.3.4 Die Textur aufbringen

Der bisher erreichte Stand soll nun als LOD2 texturiert werden. Hierzu wird ein Fenster gebraucht, in dem die Textur dargestellt wird. Dafür kann man eines der 3D-Fenster auf den Modus „UV/Image Editor“ umstellen (siehe Bild rechts).

Bevor die folgenden Einstellungen getätigt werden, sollte darauf geachtet werden, dass keine Faces markiert sind, da ansonsten ein Automatismus greift, der die markierten Flächen wirr mit einer Texturierung versieht. Dies ist im Allgemeinen nicht gewünscht. Um alle Markierungen aufzuheben, kann mit der Taste A zwischen „alle Faces markieren“ und „keine Markieren“ umgeschaltet werden.



Unter „Image → Open Image“ wird die Texturdatei geladen. Nun muss das Bild noch als Textur angemeldet werden. Das ist wichtig, damit die Textur auch in später exportierten .x-Dateien verlinkt wird. Dazu muss das Haus im Object Mode mit RMT selektiert werden. Anschließend ist im Properties-Fenster der Reiter „Textures“ aufzurufen. Soweit noch nicht vor-ausgewählt, ist der kleine gelb-schwarze Kreis „Show Material Textures“ anzuklicken. Anschließend ist im Auswahlfeld bei „Type“ der Typ unserer Textur als „Image or Movie“ einzustellen. Daraufhin öffnet sich unterhalb ein neues Unterpanel namens „Image“. Dort muss links das kleine Foto-Symbol mit dem Tooltip „Browse Image to be linked“ angeklickt werden, und die angebotene Bilddatei ausgewählt werden. In der nebenstehenden Abbildung sind alle Stellen markiert, an denen von oben nach unten zu klicken ist.



Für texturierte Objekte empfiehlt es sich, im Reiter „Material“ des Properties-Fensters die Diffusfarbe auf reines Weiß zu setzen, damit die Farben der Textur später unverfälscht im Simulator dargestellt werden. Um mit der Texturierung beginnen zu können, muss in den Edit Mode gewechselt werden. Beim rechts daneben liegenden Schalter muss die Oberfläche auf „Textured“ gestellt werden, damit das Objekt auch mit Texturen angezeigt wird. Sollten Teile des Hauses danach schwarz im dunkeln liegen, so muss im Object Mode bei selektiertem Haus noch auf die lokale Ansicht umgeschaltet werden (Taste Numpad /), bei der das selektierte Objekt allseitig gleichmäßig ausgeleuchtet wird.

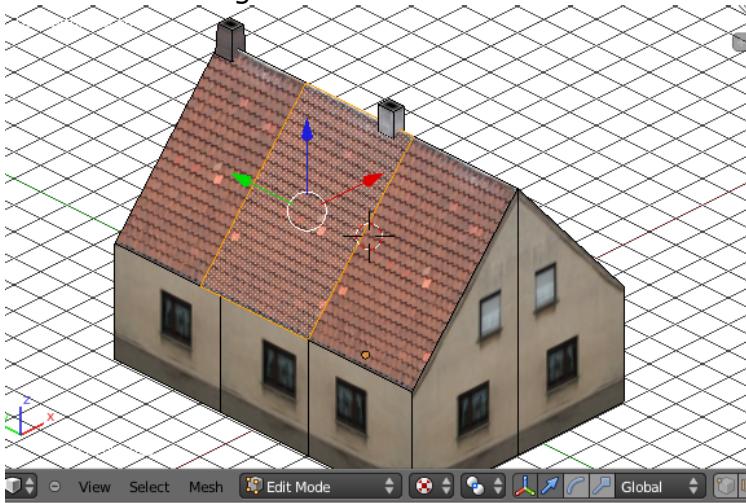
Nun muss für jedes Face der passende Texturausschnitt festgelegt werden. Dazu markiert man auf die gewohnte Weise ein Face in einer der 3D-Ansichten. Für den folgenden Bearbeitungsschritt empfiehlt es sich, die Ansicht so einzustellen, dass man möglichst frontal auf das zu texturierende Face blickt. Dann ruft man mit der Taste U das Kontextmenü mit UV-Mapping-Optionen auf und klickt dort auf „Project from View“. Das geht per Mehrfachselektion auch mit mehreren Flächen gleichzeitig. Die Kontur des Faces

wird dann im Textur-Fenster mit einem Vieleck angezeigt. Nun schiebt man mit den bekannten Transformations-Methoden im Textur-Fenster die Punkte passend auf den gewünschten Texturausschnitt und kann direkt im 3D-Fenster das Ergebnis beurteilen. Bei aktiviertem Schloss-Symbol im UV-Fenster werden die 3D-Ansichten online aktualisiert. Im Menu „UVs“ des Textur-Fensters finden sich einige Operationen zur Anpassung des Ausschnitts, wobei insbesondere auf „Rotate“ (R-Taste), „Scale“ (S-Taste) und „Mirror“ (M-Taste) hingewiesen sei. Bei Freihandoperationen kann per Strg ein Einrasten bei festen Werten bewirkt werden. So lassen sich bei Rotationen exakt 90° erzielen. Mit Shift wird die Übersetzung der Maus reduziert, um Punkte sehr genau anfahren zu können.

Wenn sich beim Texturieren zeigt, dass manche Flächen plötzlich nicht mehr zu sehen sind, dann haben diese die falsche Orientierung. Im Baumodus zeichnet Blender Vor- und Rückseiten, so dass dieses vorher nicht auffällt. In einem solchen Fall markiert man das Face und ruft die Funktion „Flip Direction“ aus der Tool Shelf auf (Unterpanel „Mesh Tools“), welche die Ausrichtung umdreht.

Um einmal gefundene UV-Koordinaten auf ein anderes Face zu kopieren, ist das zu texturierende Face per Mehrfachselektion zusammen mit dem bereits texturierten Face auszuwählen, wobei das schon texturierte Face als letztes selektiert werden muss. Die Tastenkombination Strg+C ruft dann das als Addon installierte Copy Attributes Menu auf, wo die Option „Copy UV Coords“ angeklickt werden muss.

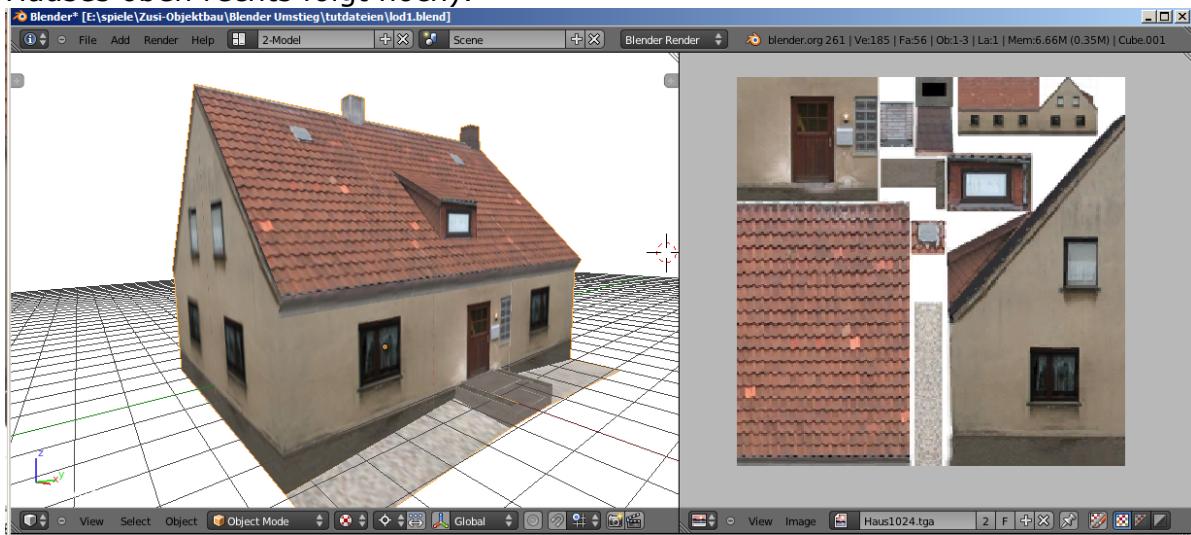
Die Zuordnung der Faces zum jeweiligen Ausschnitt der Textur ist etwas Fleißarbeit, die aber nach Einprägung der nötigen Shortcuts recht schnell von der Hand geht. Mit einer Erweiterung der Textur um die Schornsteine sollte sich dann folgendes Bild ergeben, womit unser LOD2 fertig ist. Ob die Modellierung so akzeptabel ist, wird sich am Ende im LOD-Test zeigen.



Für die Fertigstellung des LOD1 sind keine wesentlichen neuen Funktionen mehr nötig, so dass auf eine detaillierte Darstellung verzichtet wird. Als Arbeiten sind die Ausmodellierung der Dachüberstände, der Gaube, Dachluken und der Treppe inkl. Schottereinfassung vorzusehen. Ein Werkzeug soll aber noch vorgestellt werden, mit dem sich Polygone schneiden lassen, wie man es jetzt unterhalb der Regenrinne benötigt. Es müssen die durchzuschneidenden Faces markiert sein. Bei gleichzeitigem Drücken von K-Taste und LMT zieht man eine Schnittlinie. Nach Loslassen der LMT erscheint in der Tool Shelf ein neues Unterpanel „Knife Cut“. Für einen exakt wagerechten Schnitt wählt man „Mid-point“, ansonsten „Exact“.

Nach den weiteren Verfeinerungen sieht das Haus im LOD1 folgendermaßen aus (es

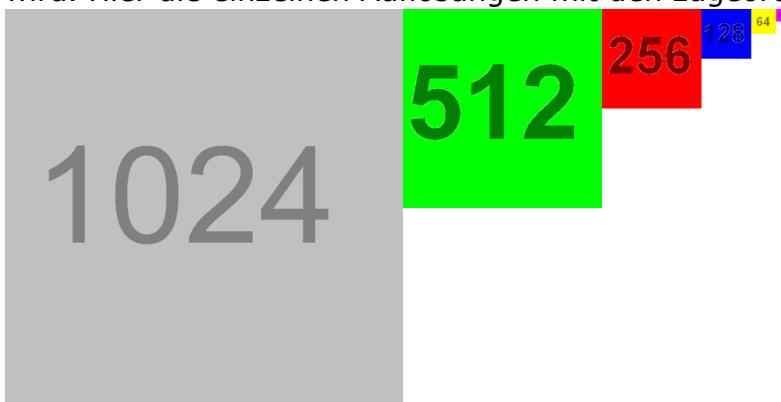
zeigt rechts bereits die endgültige Textur – der Grund für eine kleine Gesamtansicht des Hauses oben rechts folgt noch):



Die beiden folgenden Kapitel sind von zentraler Bedeutung, auch wenn sie vielleicht auf den ersten Blick als lästig empfunden werden können.

11.5.4 Texturgröße festlegen

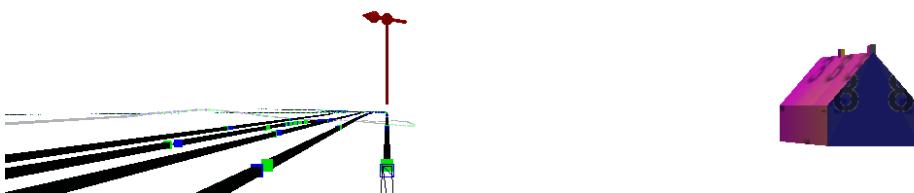
Der nächste sehr wichtige Schritt ist die Auswahl einer passenden Texturgröße. Es wäre ein schwerer Fehler, eine unnötig große Textur zu erstellen. So kommt schon die nächstkleinere Textur mit einem Viertel des Platzes aus, was man wegen des niedrigeren Speicherbedarfs und der kürzeren Ladezeit unbedingt nutzen sollte, wenn der optische Eindruck nicht übermäßig darunter leidet. Gerade wenn man sich stundenlang in hoher Zoomstufe mit dem Objekt befasst hat, wird man vom Gefühl her dazu neigen, unnötig detaillierte Texturen zu verwenden. Der Mipmap-Test ist deshalb eine einfache und sehr wirksame Hilfe. Die normale Textur wird dabei gegen eine Test-Textur ausgetauscht und das Objekt im 3D-Editor betrachtet. Die Test-Textur enthält unterschiedlich gefärbte Mipmaps und zeigt auf diese Weise sofort, welche Auflösung wirklich zum Zeichnen benutzt wird. Hier die einzelnen Auflösungen mit den zugeordneten Farben:



Selbst bei großer Annäherung, also fast bildschirmfüllender Darstellung, wird nur die 256x256-Textur benutzt, wie das nebenstehende Bild durch die roten Farben offenbart. Die 512er Textur belegt in diesem Zustand also nur Speicher und wird nicht zum Zeichnen benutzt.

Wenn hier deutlich unterschiedliche Mipmap-Stufen zum Zeichnen benutzt werden, deutet das auf eine ungleichmäßige Skalierung der Texturbereiche hin, was normalerweise nicht sinnvoll ist. Da in diesem Tutorial alle Texturflächen auf gleichen Maßstab skaliert wurden, wird jetzt auch überall auf dieselbe Texturgröße zugegriffen.

Ausschlaggebend für die Auswahl der Texturgröße sollte aber nicht die Großdarstellung sondern unbedingt ein simulatorrelevanter Standort sein, also im Regelfall der Blick aus der Lok. Dafür wird das Objekt in angenähert richtige Position zum Gleis gebracht, ggf. auch gleich an seiner endgültigen Stelle eingebaut, und aus relevanten Perspektiven betrachtet. Hier z.B. ist das Haus kurz vor dem seitlichen Verschwinden aus dem Blickfeld in Fenstergröße 1024x768 dargestellt, wie man es im Simulator bei ausgeblendetem Führerstand antrifft:



Es wird maximal die 128x128 Textur benutzt, wie man an der blauen Färbung sieht. Bei Fahrt mit eingeblendetem Führerstand kämen wegen des kleineren 3D-Fensters nur kleinere Texturen zum Einsatz.

Auch ein seitlicher Blick aus der Lok (ohne Führerstandseinblendung) beim Passieren des Gebäudes erfordert nur die 128er Textur, siehe folgendes Bild:

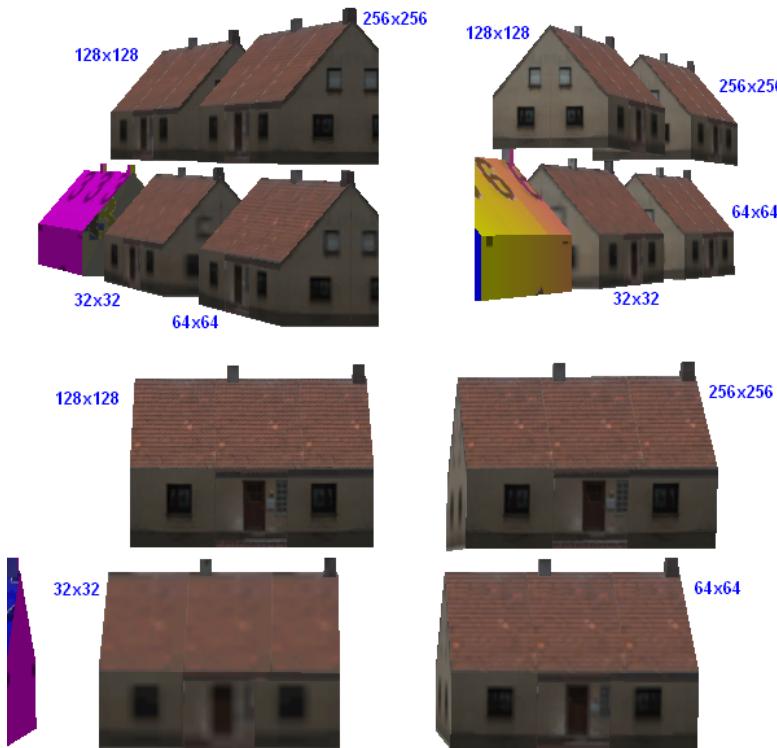


Die endgültige Festlegung der Texturgröße sollte mit der echten Textur erfolgen. Im Regelfall sieht man bei der nächstkleineren Stufe keinerlei Unterschiede, da die Flächen sowieso mehrere Filter durchlaufen. Es wird also die 64x64 Textur mit der 128x128 zu vergleichen sein. Wenn sich kaum Unterschiede erkennen lassen, wäre auch noch die 32x32-Textur zu testen. Es ist z.T. erstaunlich, wie wenig eine geringer aufgelöste Textur am Ende optisch ausmacht. Hier hilft nur die direkte Gegenüberstellung im 3D-Editor - bei einer Vorabbeurteilung anhand der Texturdatei kann man sich oft nicht auf sein

Gefühl verlassen, und es wäre töricht, ein Vielfaches der nötigen Ressourcen zu verbrauchen, weil nach stunden- oder vielleicht tagelangem Bau die Zeit für einen Test mit einem Aufwand von wenigen Minuten nicht mehr reicht. Großzügigkeit nach dem Motto „im Zweifelsfall lieber eine Textur größer“ ist absolut fehl am Platze. Der vernünftige Umgang mit den Ressourcen ist die zentrale Schraube zum Erreichen einer guten Gesamtperformance des Systems und hier stehen gerade die Texturen wegen des hohen Speicherbedarfs im Mittelpunkt.

Zur Verdeutlichung werden im folgenden Bild vier Texturauflösungen in simulatorrelevanter Perspektive und Größe direkt nebeneinander gestellt. Die Auflösung ist jeweils angeschrieben. Zwischen 128er und 256er Textur ist - wie schon durch den Mipmapversuch zu erwarten war – keinerlei Unterschied festzustellen. Auch die Unterschiede zur 64er Textur sind nur gering und können angesichts der Tatsache, dass hier ohne Führerstandseinblendung getestet wird und der Unterschied überhaupt nur in der Seitenfensteransicht auffällt, locker in Kauf genommen werden. Erst die 32er wirkt recht deutlich unscharf. Als Standardtextur wird daher die 64x64-Textur ausgewählt.

Für alle Freunde der detailreichen Modelle kann als LOD0 noch eine höher aufgelöste Textur zum Einsatz kommen, so dass auch bei stärkerer Annäherung (etwa durch eine freie Außenkamera) eine scharfe Textur gewährleistet wird.



Während man intuitiv vermutlich eine 256x256-Textur gewählt hätte, konnte durch diesen Test die Fläche um den Faktor 16 (!) reduziert werden, ohne dass es in den relevanten Anwendungsfällen zu Qualitätseinbußen kommt. Hier die 256er neben der 64er Textur:



11.5.5 LOD-Abstimmung

Nachdem jetzt drei LODs erstellt wurden, müssen noch die Entferungen festgelegt werden, in denen diese sichtbar sein sollen. Als grobe Orientierung können Abstände 0-150 m für LOD1, 150-600 m für LOD2 und 600-x für LOD3 angenommen werden. Wie groß der Abstand x gewählt wird, hängt vom Objekt ab. Bei diesem Haus wird zunächst 1500 m angesetzt, so dass es ab 1500 m Abstand gar nicht mehr gezeichnet wird. Bei größeren Objekten würde man natürlich auch größere Abstände vorsehen.

Zum Testen des LODs gibt es einen speziellen Testmodus des 3D-Editors: Das Modell wird dabei in jedem LOD dauerhaft einzeln dargestellt und (hier rechts im Bild) als Modell das die LODs je nach Abstand umschaltet. Weiteres siehe [Kapitel 5.2.6.12.2](#).



Mit der LOD-Navigationsleiste (oben links im Bild) lassen sich definierte Abstände einstellen.

Durch Navigation über die Umschaltgrenzen unter verschiedenen Winkeln zeigt sich, dass die Mesh-Vereinfachungen zwischen LOD1 und 2 (Übergang Dach/Fassade) ab ca. 200 m kaum noch auffallen, während die fehlende Dachgaube noch recht deutlich ins Bild springt. Um den Umschaltpunkt nicht deutlich weiter nach hinten zu legen, ist LOD2 noch mit einer Dachgaube nachzurüsten. Auch das Umschalten von LOD2 auf die untexturierte Kiste ist bei 500 m noch sehr auffällig. Hier sind jetzt zwei Effekte gegeneinander abzuschätzen. Ein Ansatz wäre, den Umschaltpunkt weiter nach hinten zu verlagern. Vorteil: LOD3 kann performancefreundlich untexturiert bleiben; Nachteil: Das noch relativ aufwendige LOD2-Modell wird in großem Radius gezeichnet. Die andere Lösung wäre eine einfache Texturierung des LOD3, womit dieses etwas mehr Rechenleistung benötigen wird. Dafür könnte aber LOD2 deutlich früher abgeschaltet werden.

In diesem Fall soll LOD3 texturiert werden. Platz für eine kleine Gesamttextur des Hauses ist noch vorhanden, so dass zumindest kein zusätzlicher Speicher benötigt wird. Wenn LOD2 schon sehr einfach wäre, erschiene es eher angebracht, den anderen Ansatz zu wählen, also LOD3 untexturiert lassen. Die kleine Gesamttextur lässt sich am schnellsten durch Anfertigung von Screenshots der gesamten Fassade in Blender erstellen. Oberhalb des Giebels ist noch Platz für diese Gesamtansicht eines Giebels und einer Seitenansicht. Auf die Unterscheidung zwischen Tür- und Rückseite kann angesichts des großen Abstands verzichtet werden. Rechts im Bild ist die endgültige Textur zu sehen.

Weiterhin fällt bei den Tests auf, dass das Objekt bei 1500 m Abstand recht deutlich ins Bild springt. Die hintere Grenze ist also noch etwas in Richtung Horizont zu schieben.



11.5.6 Abschluss

Nach Abschluss dieser Feinarbeiten ist das Haus fertig für den Einsatz. Die endgültige Textur wird durch Skalieren der Photoshopdatei auf 64x64 und Speichern als dds-Format vom Typ „DXT1 ohne Alpha“ (dieses ist optimal für Texturen ohne Transparenz) mit Mipmaps erzeugt.

Als LOD0-Objekt kann noch eine Kopie des LOD1 mit einer 256er Textur bestückt werden. Dieser LOD sollte dann zwischen 0 m und ca. 50 m sichtbar sein. Da für diesen Sichtbereich keine kleinen Mipmaps nötig sind, sollte die LOD0-Textur ohne oder mit nur einer zusätzlichen Mipmap-Stufe erstellt werden. LOD0 soll nur optional sein, daher wäre es nicht richtig, für alle LODs zusammen eine 256er Textur mit Mipmaps zu erstellen. Zwar würde sich LOD1 dank der Mipmaps nur der 128er oder 64er Textur bedienen, aber DirectX würde immer die gesamte Textur mit allen Mipmap-Stufen laden müssen. Damit wäre der Gedanke, LOD0 zur Ressourcenschonung optional zu benutzen ad absurdum geführt. Es sind also zwei getrennte .dds-Dateien nötig, eine 256er für LOD0, eine 64er für LOD1-3.

11.6 Dateiformate

11.6.1 Alle Dateitypen im Überblick

Dateitypen	
*.st2	Gleisplan
*.st3	Strecke
*.ls3	3D-Objekt
*.lod.ls3	3D-LOD-Objekt
*.lod0.ls3	3D-Objekt (LOD0)
*.lod1.ls3	3D-Objekt (LOD1)

Dateitypen	
*.lod2.ls3	3D-Objekt (LOD2)
*.lod3.ls3	3D-Objekt (LOD3)
*.ftd	Führerstand
*.rv.fzg; *.link.txt	Fahrzeug
*.fzg; *.link.txt	Fahrzeugkomponente
*.trn	Zug
*.fpn; *.fpl	Fahrplan
*.zup	Programmupdate
*.mfa	ZusiAnzeige-Datei
*.xml	xml-Datei
*.dds	dds-Textur
*.wav	wav-Sound
*.dem	Gelände-Höhenmodell
*.trf	Georeferenziertes Bild
*.png	png-Grafik
*.turnout.xml	Weiche
*.signal.xml	Signal
*.shape.xml	Formkurve
*.platform.xml	Bahnsteig
*.retainingwall.xml	Stützmauer
*.forest.xml	Wald
*.material.xml	Material
*.switchgen.xml	Weichengenerator
*.input.xml	Tastaturlayout
*.joystick.xml	Joysticklayout
*.raildriver.xml	Raildriver-Layout
*.editorjoystick.xml	Joysticklayout
*.script.xml	Verwaltungs-Script
*.zusi2files.xml	Zusi 2-Massentausch
*.exe	Anwendung
*.link.txt	Zusi-Link
*.txt	Textdatei
*.x	x-Datei
*.ls; *.x; *.b3d	Weitere 3D-Dateien
*.csv	Textdatei mit Tabulator
*.tga; *.bmp; *.png; *.dib; *.jpg; *.dds	DirectX-kompatible Textur
*.htm; *.html	html-Datei
.	Alle Dateien
*.levelcrossing.xml	Bahnübergang
*.timetable.xml	Buchfahrplan
*.authority.xml	Befehlskonfiguration
*.result.xml	Fahrtergebnis
*.gpa.xml	GPA-Konfiguration
*.font.xml	Schriftsatz
*.bmp	bmp-Grafik
*.lsb	Binäre ls3-Daten
*.trn.xml	Zugverband
*.travellers.xml	Reisende
*.author.xml	Autorendatei
*.signals.xml	Diverse Signale
*.bmp; *.tif; *.png; *.jpg	Buchfahrplan-Bitmaps
*.output.xml	Ausgabekonfiguration
*.zao	Add-On

11.6.2 XML-Dateien

Die Zusi-Dateien sind im wesentlichen im xml-Format gehalten und damit recht gut selbsterklärend. Im Verzeichnis %Zusi-Programm%_docu\xml liegt von den wichtigen Datei-

typen je eine Datei mit vollständigem Inhalt und Angabe der Typen. Da sich die Struktur der Dateien in den Eingabeformularen wiederfindet, sollten sich die Typen ausreichend genau identifizieren lassen.

11.6.3 Dateiverwaltungs-Scripte

Das Script ist in einer xml-Datei abgelegt, die automatisiert über die Verwaltung oder manuell angelegt werden kann. Die Dateiendung ist .script.xml. Die Datei ist nach dem folgenden Schema aufgebaut. Blau hervorgehoben ist einer von beliebig vielen Kommando-Abschnitten:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<Zusi>
  <Info DateiTyp="VerwaltungsScript" Version="A.1" MinVersion="A.1" Autor="" />
  <VerwaltungsScript IndexNoetig="1">
    <Verschieben>
      <AlterName Dateiname="signals\Deutschland\Indusi\PZBmagnet.ls3"/>
      <NeuerName Dateiname="signals\Deutschland\Indusi\Indusimagnet.ls3"/>
      <BasisPfad Dateiname="Routes\Deutschland"/>
    </Verschieben>
    <NurVerschieben>
      <AlterName Dateiname=" ... "/>
      <NeuerName Dateiname=" ... "/>
    </NurVerschieben>
  </VerwaltungsScript>
</Zusi>
```

Die Erstellung eines Verzeichnis-Index kann optional durch das Attribut IndexNoetig (grün markiert) erwirkt werden. Die Verwaltung scannt dann das gesamte Zusi-Datenverzeichnis ab und erstellt einmalig eine Abhängigkeitsstruktur der Verknüpfungen. Das ergibt vor allem Sinn, wenn mehrere Kommandos im Script enthalten sind, die Verlinkungen ändern, da dann nicht jedes Mal der Datenbestand neu durchgeforscht werden muss. Sind nur punktuelle Änderungen enthalten (Angabe des Basispfads schränkt die zu untersuchenden Dateien ein), dann ist evtl. das Arbeiten ohne Indexerstellung schneller.

Folgende Kommandos gibt es:

11.6.3.1 Verschieben

Verschiebt die „Alte Datei“ an den bei „Neue Datei“ angegebenen Standort. Der Inhalt der Datei bleibt unverändert. Alle betroffenen Zusi-Verknüpfungen werden aktualisiert. Der Dateiname neu und alt kann auch unterschiedlich sein. Die Funktion kann damit auch nur zum Umbenennen einer Datei ohne Verschiebung benutzt werden. Wenn ein Basispfad angegeben wird, wird wegen geänderter Verknüpfungen nur innerhalb dieses Verzeichnisses gesucht. Das ist sinnvoll, wenn betroffene Dateien nur in Teilverzeichnissen liegen können und umfassendere Suchen damit nur unnötig Rechenzeit kosten.

Beispiel für ein Verschieben der Datei

```
%Zusi-Daten%\Signals\Deutschland\PZBmagnet.ls3 nach
%Zusi-Daten%\Signals\Deutschland\Indusi\Indusimagnet.ls3
```

wobei nur Dateien im Verzeichnis %Zusi-Daten%\Routes\Deutschland (und Unterverzeichnissen) auf veränderte Verknüpfungen hin untersucht werden:

```
<Verschieben>
  <AlterName Dateiname="Signals\Deutschland\PZBmagnet.ls3"/>
  <NeuerName Dateiname="Signals\Deutschland\Indusi\Indusimagnet.ls3"/>
  <BasisPfad Dateiname="Routes\Deutschland"/>
</Verschieben>
```

11.6.3.2 Nur Verschieben

Funktioniert wie „Verschieben“, nur ohne das Aktualisieren der Verknüpfungen. Die Angabe „BasisPfad“ entfällt. Beispiel:

```
<NurVerschieben>
  <AlterName Dateiname="Signals\Deutschland\PZBmagnet.ls3"/>
  <NeuerName Dateiname="Signals\Deutschland\Indusi\Indusimagnet.ls3"/>
</NurVerschieben>
```

11.6.3.3 Neuer Link

Lässt alle Dateien an den aktuellen Standorten und führt auch keine Umbenennungen durch. Aber alle Verknüpfungen „Alte Datei“ werden auf die „Neue Datei“ umgelenkt. Wenn ein Basispfad angegeben wird, wird nur innerhalb dieses Verzeichnisses gesucht. Beispiel:

```
<NeuerLink>
  <AlterName Dateiname="Signals\Deutschland\PZBmagnet.ls3"/>
  <NeuerName Dateiname="Signals\Deutschland\Indusi\Indusimagnet.ls3"/>
  <BasisPfad Dateiname="Routes\Deutschland"/>
</NeuerLink>
```

11.6.3.4 Löschen

Die Datei bzw. der Pfad inkl. aller Unterverzeichnisse wird in den Papierkorb verschoben. Beispiel:

```
<Loeschen>
  <Datei Dateiname="Signals\Deutschland\PZBmagnet.ls3"/>
</Loeschen>
```

11.6.3.5 Datei-Info

Diese Funktion führt keine Aktion aus, sondern listet nur eine Datei auf. So sind über die entsprechenden Funktionen der Verwaltung z.B. Verzeichnisvergleiche möglich.

```
<DateiInfo>
  <Datei Dateiname="Daten\Baeume\Ahorn.lod1.ls3"/>
</DateiInfo>
```

11.7 Plugins

11.7.1 Fahrleitungs-dll

Dieser Typ dient zur Erstellung von Fahrleitungssystemen entlang eines vorhandenen Gleises und von einzelnen Fahrleitungspolygonen. Speicherort der dll ist %Zusi-Programm%_InstSetup\lib\catenary. Folgende Schnittstellen muss diese dll bedienen:

```
function Init:Longword; stdcall;
function BauartTyp(i:Longint):PChar; stdcall;
function Fahrleitungstyp:TFahrleitungstyp; stdcall;
procedure Systemversatz(s:single); stdcall;
procedure Reset(A:Boolean); stdcall;
procedure NeuerPunkt(A:Boolean; Punkt:TAnkerpunkt); stdcall;
function BauartVorschlagen(A:Boolean; BauartBVorgaenger:LongInt):Longint; stdcall;
function Berechnen(Typ1, Typ2:Longint):TErgebnis; stdcall;
function ErgebnisDraht(i:Longword):TLinie; stdcall;
function ErgebnisDateien(i:Longword):TVerkuepfung; stdcall;
function dllVersion:PChar; stdcall;
function Autor:PChar; stdcall;
function Bezeichnung:PChar; stdcall;
function Drahthoehe:single; stdcall;
function Gruppe:PChar; stdcall;
procedure Config(AppHandle:HWND); stdcall;
function Mastabstand(Kruemmung:single; MastAbstand:single):single; stdcall;
procedure Maststandort(StrMitte, StreckenMitteNachfolger:TD3DVector;
  Winkel, Ueberhoehung, Helligkeitswert:single; Rechts:Boolean;
  var MastKoordinate, WinkelVektor:TD3DVector; var Dateiname:PChar); stdcall;
function AnkerImportDatei(i:Longword; var AnkerIndex:Longword;
  var Dateiname:PChar):Boolean; stdcall;
```

Die auch als plugin mitgelieferte Testfahrleitung liegt mit Delphi-Quellcodes im Verzeichnis %Zusi-Programm%_Docu\demos\catenary. Eine weitergehende Dokumentation wird bei Bedarf erstellt, dann bitte im Zusi-Forum melden.

11.7.2 Quertragwerks-dll

Dieser Typ dient zur Erstellung von Quertragwerken senkrecht zu vorhandenen Gleisen. Speicherort der dll ist %Zusi-Programm%_InstSetup\lib\catenary\crossspanbridge. Folgende Schnittstellen muss diese dll bedienen:

```
function Init:Longword; stdcall;
function BauartTyp(i:Longint):PChar; stdcall;
function BauartSeitenhalter(i:Longint):PChar; stdcall;
procedure Reset(A:Boolean); stdcall;
procedure ResetAbstaende; stdcall;
procedure NeuerPunkt(A:Boolean; Punkt:TAnkerpunkt); stdcall;
procedure NeuerAbstand(Abstand:TQuertragwerkabspannung); stdcall;
function BauartVorschlagen:Longint; stdcall;
function SeitenhalterBauartVorschlagen(Kruemmung:single):Longint; stdcall;
```

```
function Berechnen(Typ:Longint):TErgebnis; stdcall;
function ErgebnisDraht(i:Longword):TLinie; stdcall;
function ErgebnisDateien(i:Longword):TVerknuepfung; stdcall;
function dllVersion:PChar; stdcall;
function Autor:PChar; stdcall;
function Bezeichnung:PChar; stdcall;
function Gruppe:PChar; stdcall;
procedure Config(AppHandle:HWND); stdcall;
```

Eine weitergehende Dokumentation wird bei Bedarf erstellt, dann bitte im Zusi-Forum melden.

11.7.3 Hektometertafel-dll

Dieser Typ dient zur Erstellung von Hektometertafeln, Kilometersteinen o.ä. Speicherort der dll ist %Zusi-Programm%_InstSetup\lib\milepost.

```
function Init(Zielverzeichnis:pchar):Longword; stdcall;
function dllVersion:PChar; stdcall;
function Autor:PChar; stdcall;
function Bezeichnung:PChar; stdcall;
function AbstandTafeln:single; stdcall;
function AbstandGleis(Modus:Byte):single; stdcall;
function Gruppe:PChar; stdcall;
procedure Config(AppHandle:HWND); stdcall;
function Erzeugen(mWert:single; Modus:byte; var Datei:Pchar):Boolean; stdcall;
```

Eine weitergehende Dokumentation wird bei Bedarf erstellt, dann bitte im Zusi-Forum melden.

11.7.4 Fahrpult-dll

Dieser Typ dient zur Manipulation von Fahrpult-Bediendaten, um z.B. spezielle Fahrpult-Hardware an Zusi anzupassen. Speicherort der dll ist %Zusi-Programm%_InstSetup\lib\driversdesk.

```
function dllVersion:PChar; stdcall;
function Autor:PChar; stdcall;
function Bezeichnung:PChar; stdcall;
procedure Config(AppHandle:HWND); stdcall;
function Befehlzahl:LongInt; stdcall;
procedure Berechnen(pGeraeteEingabe:TpGeraeteEingabeArrayMaxArrayKonst;
  AnzEin:longint; pZustandAusgabeTpZustandAusgabe); stdcall;
procedure Grundzustand; stdcall;
```

Siehe auch [Kapitel 11.3.5](#).

Eine weitergehende Dokumentation wird bei Bedarf erstellt, dann bitte im Zusi-Forum melden.

11.7.5 Buchfahrplan-dll

Dieser Typ dient zur Erstellung von Bitmap-Dateien von Buchfahrplänen. Speicherort der dll ist %Zusi-Programm%_InstSetup\lib\timetable.

```
function FahrplanErzeugen(Arbeitsverz, xmlDateiAbsolut,
  bmpDateiAbsolut:PChar):PChar; stdcall;
function dllVersion:PChar; stdcall;
function Autor:PChar; stdcall;
procedure Config(AppHandle:HWND); stdcall;
function Bezeichnung:PChar; stdcall;
```

Eine weitergehende Dokumentation wird bei Bedarf erstellt, dann bitte im Zusi-Forum melden.

11.8 Migration von Zusi 2 zu Zusi 3

11.8.1 Allgemeines

In Zusi 3 wird für alle Add-On-relevanten Dateien das xml-Format verwendet. Es wird also keines der bisherigen Formate weiterverwendet werden (eine halbe Ausnahme bildet das ls-Format, s. weiter unten).

Mit dem Erscheinen von Zusi 3 gibt es Ausgaben der Zusi 2-Programme, die das neue Format exportieren können. Zusi 3 hat eine eigene Verzeichnisstruktur, die man möglichst parallel zum bisherigen Zusi 2-Verzeichnis anlegt.

Diese Parallelinstallation mit Zusi 2 ist ohne Einschränkungen möglich, so dass beide Versionen weiter benutzt werden können. Die Zusi 3-Dateitypen erhalten andere Endungen, damit beim Doppelklick die korrekte Zusi-Version angesprochen wird.

Zusi 2-Dateien haben im Zusi 3-Ordner nichts zu suchen und umgekehrt.

11.8.2 Überleitung der Dateiformate von Zusi 2 zu Zusi 3

11.8.2.1 str-Dateien

In Zusi 3 ist es fast zwingend, dass man seine Strecke in handliche Module zerlegt. Das Zusammenbacken einer Gesamtstrecke ist nicht mehr nötig. Es reicht also für eine Strecke aus, in der Fahrplandatei die zu benutzenden Strecken-Module anzugeben, diese werden beim Laden automatisch zur Gesamtstrecke zusammengefügt. Daher nimmt man bei der Konvertierung einer Zusi 2-Strecke vorzugsweise seine Module aus der Bauphase und exportiert diese einzeln im Zusi 3-Format. Dabei wird die eingebundene Landschaft ins Zusi 3-Landschaftsformat umgewandelt, die Verknüpfungen bleiben Verknüpfungen. Diese (und auch die Signale) verweisen dann weiterhin auf die ls-Dateien im alten Zusi 2-Order. Das ls-Format kann unter Zusi 3 dargestellt aber nicht mehr geschrieben werden (ist damit also gleichwertig zu z.B. einer .x-Datei). Damit kann der Streckenbastler sein Modul vorläufig mit den alten untexturierten Objekten weiterbenutzen und dann in Ruhe die Objekte nach und nach gegen texturierte austauschen (hier gibt es für Standarddateien Automatismen nach dem Suchen+Ersetzen-Prinzip).

11.8.2.2 Is-Dateien

Zusi 3 hat auch wieder ein eigenes 3D-Format (.ls3). Nur dieses ist im Editor zu bearbeiten und damit auf jeden Fall die Grundlage für das Terrain. Weitere Dateiformate sind lesbar (.x, .b3d, .ls) und bieten sich für den Objektbau an. Das Zusi 3-Format kann alles, was ls auch kann, aber mit Mesh-Struktur und natürlich Texturen.

11.8.2.2.1 Konvertierung von Zusi 2-Landschaft ins Zusi 3-Format

Über eine Exportfunktion im Streckeneditor können ls-Dateien ins ls3-Format konvertiert werden. Bevor der neue Dateiname abgefragt wird, kann eine Vorbelegung mit Texturen vorgenommen werden. Diese Vorbelegung unterscheidet nach Polygontyp (Grundplatte, Schiene usw.), wobei jedem Typ eine Texturdatei zugewiesen werden kann. Außerdem muss das Zusi 3-Datenverzeichnis ausgewählt werden, damit die Pfade auf die weiterhin verbauten Zusi 2-Dateien korrekt relativ zum Zusi 3-Verzeichnis ermittelt werden können.

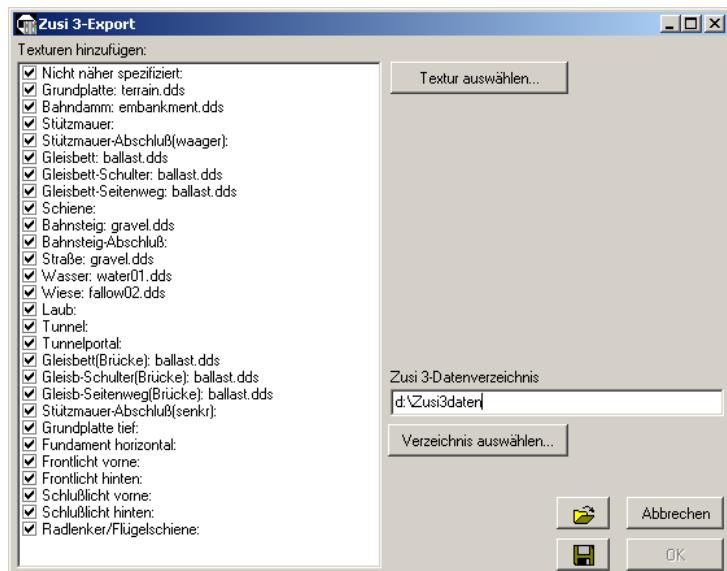
Der Exporter formt aus den Zusi 2-Polygon-Strukturen die Meshes wie sie für Zusi 3 benutzt werden. Es

werden also alle Polygone mit gleichen Eigenschaften (Farben, Typ usw.) zu je einem Mesh-Subset zusammengeführt. Die Textur wird in globaler (UTM-) Ausrichtung aufgetragen und nicht an irgendwelche Formen der Objekte angepasst. Dieses Verfahren liefert für die Grundplatte oder ähnliche Objekte vernünftige Ergebnisse, während für senkrechte Flächen oder gerichtete Objekte (Straßen, Schwelle, Bahnsteige usw.) nicht auf Anhieb ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erwarten ist. Schließlich wirken diese Objekte erst, wenn sich die Textur an der Geometrie des Objekts orientiert (Straßenmarkierungen parallel zur Fahrtrichtung usw.), was sich aber nicht ohne weiteres automatisiert berechnen lässt. Verknüpfte Dateien werden als Verknüpfung übernommen, wobei der Pfad zum Zusi 2-Ordner erhalten bleibt. Der Zusi 3-3D-Editor kann die ls-Dateien weiterhin darstellen, so dass diese nach und nach gegen neue, texturierte Objekte ausgetauscht werden können.

Einzelne Objekte wie Gebäude wird man in der Regel komplett neu bauen, da sich die Konstruktion eines texturierten Objekts deutlich von der eines Zusi 2-Objekts unterscheidet. Wer dennoch als Baugrundlage eine ls-Datei benutzen möchte, kann diese z.B. über die Ziegler-Tools in eine .x-Datei umwandeln und damit in typische 3D-Programme wie Blender importieren.

Was im 3D-Editor bleibt, ist die Konvertierung des Grundmoduls (ohne Objekte). Folgende Nacharbeiten fallen typischerweise im 3D-Editor an:

1. Oberbau: Wird man in der Regel neu erzeugen (wird weiter unten ausführlich erklärt)



2. Die Grundplatte kann grundsätzlich so bleiben, für abwechslungsreichere Landschaft wird man aber sicherlich verschiedene Texturen aufbringen, je nach Nutzungsart. Dazu wird einem Mesh-Subset lediglich in den Eigenschaften eine neue Texturdatei zugewiesen. Wenn ein Mesh-Subset zu groß ist (also nur ein Teil neu texturiert werden soll, dann können die gewünschten Dreiecke markiert und in ein eigenes Subset überführt werden)
3. Für Wasser, Einschnitte und Dämme gilt das gleiche wie für die Grundplatte
4. Straßen: Es gibt eine Funktion „Textur oberflächenorientiert ausrichten“. Diese erkennt die Außenseite eines Mesh-Subsets und orientiert die Textur entlang der Kanten. Grundsätzlich sollten sich Straßen damit texturieren lassen, was aber je nach konkreter Bauart und Anordnung der Dreiecke nicht immer zuverlässig funktionieren dürfte. Evtl. ist ein Neubau schneller.
5. Senkrechte Flächen wie Stützmauern können ebenfalls mit dieser Methode texturiert werden. Komplexere Objekte wie Tunnelportale lassen sich damit aber nicht sinnvoll bearbeiten. Dafür sind externe 3D-Programme heranzuziehen.
6. Bahnsteige: Bei Bahnsteigen dürfte im Normalfall ein Neubau schneller gehen, wenn nicht gar den einzigen machbaren Weg darstellen.

Bearbeitungsmöglichkeiten für Texturen im 3D-Editor: Texturen können interaktiv mit der Maus skaliert, verschoben und gedreht werden. Alternativ zur Maus sind auch Zahleneingaben möglich, siehe z.B. [Kapitel 5.2.7.18](#).

11.8.2.3 lok-, wag-, fst-Dateien

Aus diesen drei Dateitypen entstehen zwei neue mit etwas veränderter Aufgabenverteilung.

1. Führerstandsdatei, diese enthält wie bisher die fst-Grafik (diese Grafik, also die Bitmaps und die fst-Datei stellt ja seit 2.4 schon den für Zusi 3 vorgesehenen Stand dar und bedarf zunächst keiner Nacharbeit außer einem Export ins 3.0-Format). Zusätzlich wird in dieser Datei dann noch der gesamte Datenumfang abgespeichert, der direkt mit den Instrumenten zusammenhängt. Also z.B. die Bauart des Bremsventils, die Anzahl der Fahrstufen, PZB-Bauart, Blickpunkt usw. Damit entfällt das lästige und fehleranfällige Abgleichen zwischen lok- und fst-Datei weitgehend.
2. Fahrzeugdatei. Es wird nicht mehr zwischen Lok und Wagen entschieden, da das sowieso nicht ganz eindeutig ist (Steuerwagen, angetriebene ET-Mittelwagen usw.). Die Funktion ergibt sich aus den in der Datei festgelegten Einstellungen. Der Inhalt ist prinzipiell derselbe wie bisher abzüglich der in den Führerstand abgewanderten Daten. Bei Loks mit grenzwertüberwachtem Schaltwerk (Max-Strom=0) muss der Max-Strom in Zusi 3 manuell eingetragen werden.

11.8.2.4 fpl- und zug-Dateien

Hier ändert sich im Prinzip nicht viel, außer dass die fpl-Datei angibt, welche Streckenmodule geladen werden sollen. Man wird zumindest die Fahrzeugliste neu erstellen müssen, da ja die Zusi 3-Fahrzeuge nicht mehr an derselben Stelle liegen werden und auch anders heißen. In der Praxis wird man wohl auch beim Umbau der Strecke angesichts erweiterter Möglichkeiten neue Signalnamen usw. vergeben, so dass auch hier noch Anpassungen an den zug-Dateien notwendig sein werden.

11.8.3 Unterschiede zu Zusi 2

Hier einige Aspekte, die dem Zusi 2-Bastler möglicherweise so in Fleisch und Blut übergegangen sind, dass er sie bei Zusi 3 auch anzuwenden versucht:

- Koordinaten-System ist jetzt an UTM orientiert
- Gleise sind immer in beide Richtungen befahrbar.
- Signale und Landschaften müssen immer ihre Einbaukoordinaten etwa in dem Bereich haben, in dem sie auch tatsächlich örtlich liegen
- Doppelt parallel verlegte Gleise sollten dank Fahrstraßenfunktionen nicht mehr nötig sein und unbedingt vermieden werden
- Polygon/Mesh/Subset anstelle einfacher Vielecke
- Orientierung Vertices in Zusi 3 im Uhrzeigersinn für sichtbare „Oberseite“
- keine Pipe mehr im Bf-Namen nötig/sinnvoll
- Signalname 0 hat keine besondere Funktion mehr und sollte nicht vergeben werden
- Update-Dateien können beim Doppelklick irgendwo liegen
- Erweitertes Signalkonzept mit nur noch einem allgemeinen Signaltyp
- Sound An/Ablauf/Loop arbeitet jetzt präzise
- Luftpresseleistung ist jetzt das Ansaugvolumen
- „Platzhalter Nachtinstrument“ im Führerstand nicht mehr nötig
- Oberbauroutine prüft nicht mehr auf schon vorhandene Schienen
- Anderes Konzept für Befehle
- Anderes Konzept für Buchfahrpläne
- Es wird an keiner Stelle mehr nach Dateien mit besonderen Dateinamen gesucht wie in Zusi 2 z.B. beim Buchfahrplan

11.8.4 Konvertierung von Fahrzeugdateien

Die Exportfunktion des Fahrzeugeditors liefert ein im Wesentlichen sofort funktionsfähiges Fahrzeug. Manuell anzupassen sind:

- Der Führerstand muss als Baugruppe hinzugefügt werden
- Die Sounddateien müssen in ein geeignetes Zusi 3-Verzeichnis verschoben werden. Die Anpassung der Pfade in der fzg-Datei geht am besten per Texteditor und Suchen+Ersetzen
- Die Stützpunkte der diversen Kennlinien sind ggf. dichter als nötig. Zur Verringerung des Rechenbedarfs können unnötige Zwischenpunkte gelöscht werden
- Die Einstellungen für Antrieb und Bremse werden so exportiert, dass sie etwa dem Zusi 2-Verhalten entsprechen. Es kommt aber nicht immer ein sofort fahrfähiger Antrieb dabei heraus. Es ist sehr zu empfehlen, die Daten mit den Zusi 3-Möglichkeiten neu zu konfigurieren

11.8.5 Konvertierung von Führerständen

Die Exportfunktion des Fahrzeugeditors liefert einen im Wesentlichen sofort funktionsfähigen Führerstand. Manuell anzupassen sind:

- Die Sound- und Bilddateien müssen in ein geeignetes Zusi 3-Verzeichnis verschoben werden. Die Anpassung der Pfade in der ftd-Datei geht am besten per Texteditor und Suchen+Ersetzen.
- Die Instrumente, die vom 3D-Fenster überdeckt werden, müssen beim 3D-Fenster als „Überdeckende“ angeklickt werden. Dafür entfallen die aus Zusi 2 bekannten Hilfsmelder „Platzmelder Nachtinstrument“ zur Kennzeichnung dieser Bereiche.
- Der transparente Bereich der Fenster wurde in Zusi 2 durch schwarze Füllung gekennzeichnet. Diese Flächen sollten in eine signifikante Farbe umgefärbt werden, die sonst nicht im Führerstand vorkommt (magenta o.ä.), womit dann auch die Transparenzfarbe der Textur entsprechend neu einzustellen ist.
- Führerbremsventile, E-Bremssteller und kombinierte Fahr-Bremsschalter können genauer an das Original angepasst werden, wofür allerdings meist weitere Schaltdarstellungen als Bilddatei benötigt werden, wen alles animiert sein soll.
- Manche in Zusi 2 etwas improvisierten Anzeigen können in Zusi 3 genauer eingestellt werden, wobei ggf. eine Neuskalierung der Instrumente nötig ist: Motorstrom steht direkt zur Verfügung und muss nicht mehr über die Zugkraft dargestellt werden.
- Bei den Texturdarstellungen gab es unter Zusi 2.4 eine Mischung aus programmintern gesetzten Parametern und solche, die sich über die fst-Datei steuern ließen. Unter Zusi 3 ist alles frei konfigurierbar. Außerdem wurde die Darstellung der Zeiger dahingehend verbessert, dass bei der Darstellung auf das Ein- und Ausschalten des Lichtes geachtet wird. Damit gibt es beim Export von Zusi 2.4 nach Zusi 3 einige wenige Parameter, bei denen das Programm nicht sicher entscheiden kann, welcher Wert der beste bzw. gewünschte ist. Es wird so eingestellt, wie es für die nach dem üblichen Schema gebauten Führerstände am besten funktioniert. Falls also irgend eine Textur nicht wie erwartet dargestellt wird, dann muss diese manuell angepasst werden.
- Als letzter Schritt ist der Führerstand auf dds umzustellen. Das ist derselbe Vorgang wie bei neu erstellten Zusi 3-Führerständen, siehe [Kapitel 7.4.4](#).

11.8.6 Konvertierung von Strecken

In den Einstellungen des 3D-Editors gibt es die Funktion „Menü Zusi 2-Konvertierung sichtbar“, bei deren Aktivierung ein weiteres Hauptmenü und eine Registerkarte in den Einstellungen sichtbar werden, die für die folgenden Schritte benötigt werden.

11.8.6.1 Registerkarte „Zusi 2-Konvertierung“

Diese Registerkarte ist nur sichtbar, wenn auf der Registerkarte „Editor“ das Kontrollkästchen „Menü Zusi 2-Konvertierung sichtbar“ angeklickt ist.

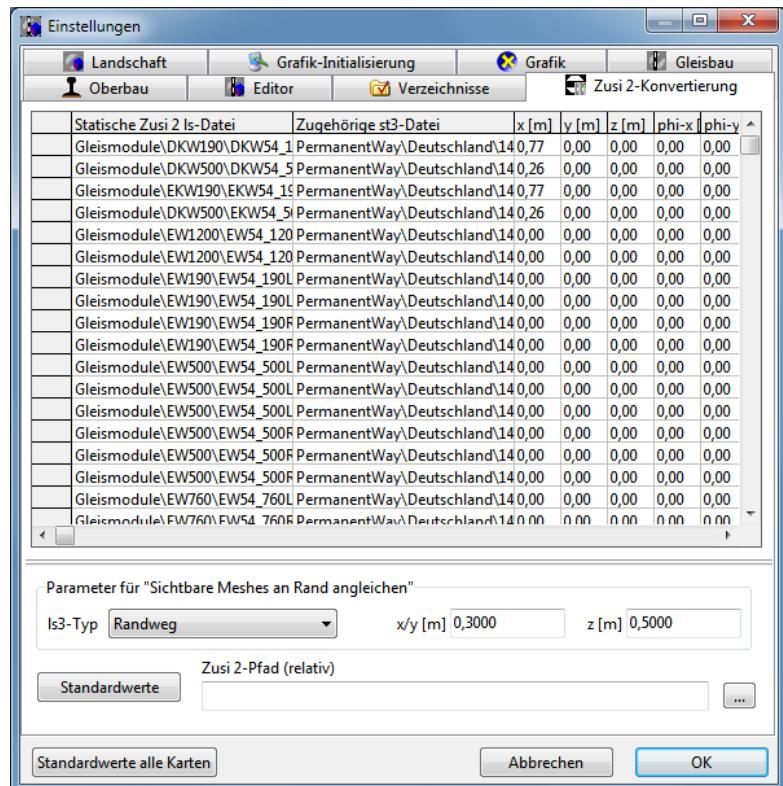
Is-Datei, st3-Datei usw.: Diese Tabelle enthält die Tauschvorschrift für die Weichenbausätze. Die Standardliste braucht normalerweise nicht verändert zu werden. Sie wird für den weiter unten beschriebene Umbau der Strecke auf Zusi 3-Weichen herangezogen.

Parameter für „Sichtbare Meshes an Rand angleichen“:

Diese Toleranzwerte werden für die gleichnamigen Funktionen benutzt, Erläuterung weiter unten.

Zusi 2-Pfad: Hier muss der relative Pfad zwischen Zusi 3-Datenverzeichnis und Zusi 2-

Verzeichnis angegeben werden. Liegen diese parallel, dann wäre die Angabe z.B. ..\Zusi3. Zusi 2- und Zusi 3-Verzeichnis müssen dafür auf demselben Laufwerk liegen.



11.8.6.2 Zusi 2-Export

Die Zusi 2-Strecke wird modulweise im Zusi 2-Streckeneditor ins Zusi 3-Format exportiert, wodurch eine st3- und eine Is3-Datei für die Modullandschaft entstehen. Wird beim Export der Zusi 3-Pfad korrekt angegeben, bleiben die verknüpften Is-Objekte im Modul als Is-Datei weiterhin sichtbar.

11.8.6.3 UTM-Punkt

Wird im Zusi 2-Streckeneditor der Menüpunkt „Strecke → Export Zusi 3.0“ benutzt, so wird Strecke und Landschaft im Zusi 3-Format gespeichert und dabei auf einen neuen, zentralen UTM-Bezugspunkt gesetzt. Wird im Zusi 2-Streckeneditor der Menüpunkt „Landschaft → Export Zusi 3.0“ aufgerufen, wird die Landschaft ohne Koordinatenveränderung ins Zusi 3-Format exportiert.

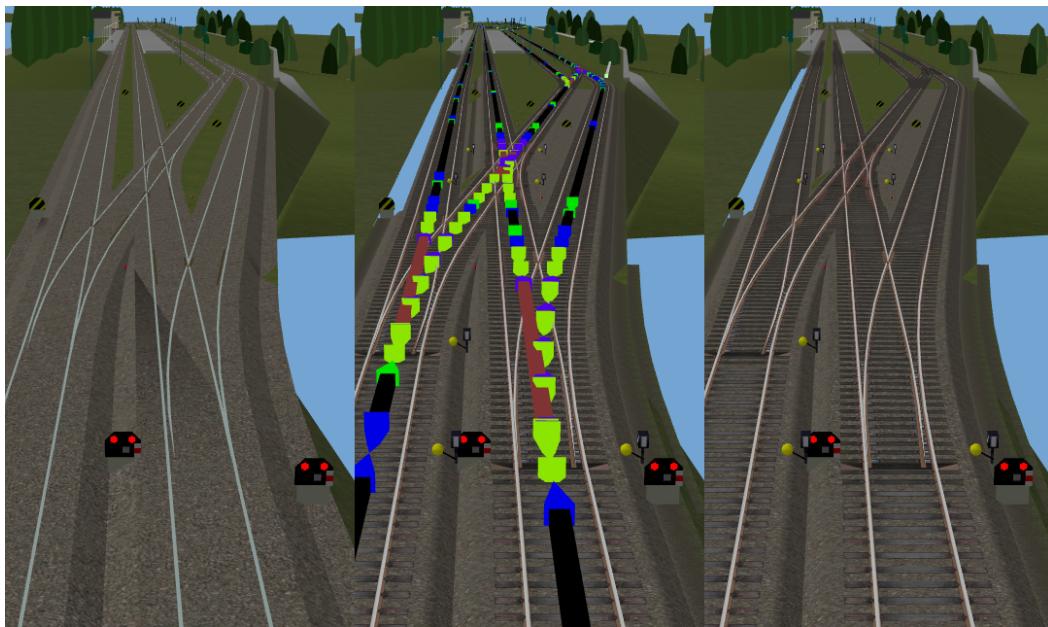
11.8.6.4 Strecke

Frisch exportiert stellt der Oberbau einen Stand gemäß Zusi 2-Technik dar. Um das Streckennetz technisch und optisch auf Zusi 3-Stand zu bringen, sollten die folgenden Schritte ausgeführt werden:

11.8.6.4.1 Weichen konvertieren

Der Menüpunkt „Zusi 2-Konvertierung → Weichenbausätze konvertieren“ ersetzt die Zusi 2-Weichenmodule gegen die passenden Zusi 3-Bausätze. Ist die Strecke noch aus der Zeit vor der Einführung der Zusi 2-Bausatzweichen, so ist eine Konvertierung nicht möglich. Realistisch betrachtet muss man solche Strecken von Grund auf neu erstellen. Bei der Weichenkonvertierung werden die folgenden Schritte ausgeführt:

- Suche nach Elementen mit zwei Nachfolgern, ab dort Suche nach einem Fahrwegsignal im abzweigenden Strang bis max. 100 m Entfernung.
- Wird ein Fahrwegsignal gefunden, wird der Name der statischen ls-Datei mit der Weichen-Austauschliste (Einstellungen 3D-Editor) abgeglichen.
- Wird eine Zuordnung gefunden, wird vom Ausgangselement (das mit zwei Nachfolgern) ausgehend die Zusi 3-Weiche importiert. Da manche Zusi 3-Weichen gegenüber ihren Zusi 2-Pendants geringfügig andere Abmessungen aufweisen, ist ggf. ein Einbauversatz in der Austauschtabellen hinterlegt, so dass die Weiche am Ende passend liegt.
- DKWs weisen vier Elemente auf, an denen zunächst eine Weichenfunktion erkannt wird (zwei Nachfolger vorhanden). Die neue DKW soll natürlich nur einmalig eingebaut werden. Die Funktion wird drei Weichen mit unidentifiziertem Weichenmodul finden (Datei leer.ls o.ä.), die man mit „Überspringen“ oder „Ausführen“ bestätigen kann, da hier in beiden Fällen mangels zugeordneter st3-Datei nichts eingebaut wird. An einem Abzweigelement sollte der Bausatz erkannt werden, so dass die DKW dann auch genau einmal neu eingebaut wird. Liegt sie anschließend falsch im Gleisnetz (am falschen Anschluss eingebaut), dann war bei der Zusi 2-DKW manuell der Vorrangstrang geändert worden (weiteres Vorgehen siehe weiter unten).
- Am Ende werden alle vor Ausführung der Funktion bereits vorhandenen Streckenelemente mit Weichenbausatz-Markierung gelöscht. Das sollten im Regelfall die ehemaligen Zusi 2-Weichen sein.
- Kreuzungen werden von der Routine nicht bearbeitet, da sie nirgendwo zwei Nachfolger haben. Bei Kreuzungen sollte man deshalb den Zusi 3-Bausatz manuell importieren, nachdem alle Weichen passend liegen.



Empfohlenes Vorgehen: Durchführung eines Testlaufs wie zuvor beschrieben. Die Fehlermeldungen (Registerkarte „Fehlgeschlagen“) beachten und alle eingebauten Weichen auf richtige Lage prüfen. Wurde z.B. der Vorrangstrang geändert, so kann die Funktion das Fahrwegsignal nicht finden und wird ggf. keine Weiche verbauen oder eine falsche Einbaulage vorsehen. In solchen Fällen sollte der Vorrangstrang wieder auf den Standardfall geändert werden.

Erst wenn diese Fehler in der st3-Datei erfasst sind, wird die ursprüngliche st3-Datei frisch geladen, die Fehler werden ausgebessert und dann ein endgültiger Lauf durchgeführt.

Hinweis: Da bei Zusi 2-Weichen die Weichensignalfunktion im abzweigenden Strang und nicht gemäß Zusi 3-Standard im verzweigenden Streckenelement liegt, würden Weichenabzweige im Standardmodus bei „Streckennetz neu verknüpfen“ nicht verknüpft. Wird also eine frisch aus Zusi 2 konvertierte Strecke vor dem Umbau auf Zusi 3-Weichen im 3D-Editor neu verknüpft, so muss das Kontrollkästchen „In Weichenmodulen nur an Signalen abzweigen“ deaktiviert werden, damit weiterhin Weichenabzweige hergestellt werden.

11.8.6.4.2 Bogenweichen

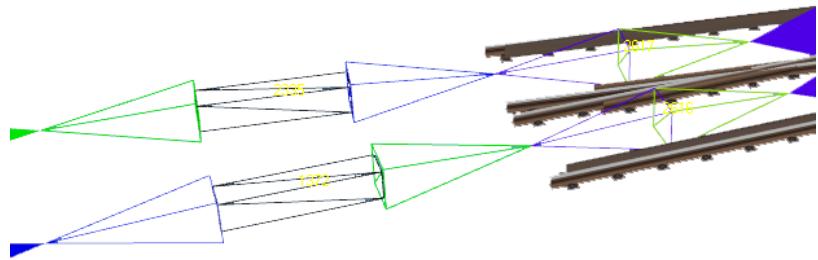
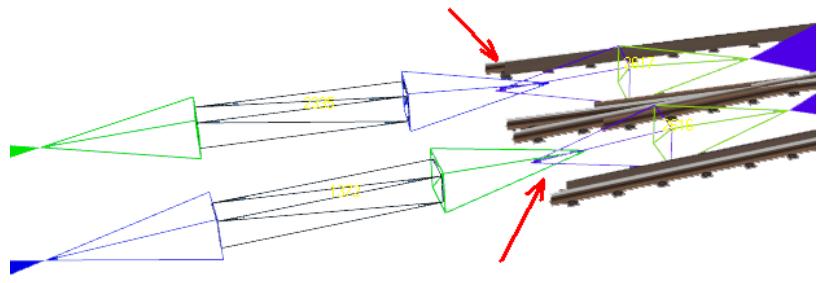
Bogenweichen können automatisch produziert werden, wenn die Biegedaten in der Zusi 2-Strecke hinterlegt sind. Diese Funktion wurde erst etwas nach der Umstellung auf Bausatzweichen implementiert, so dass es möglich ist, dass die Biegeinformation trotz Bausatzweichen nicht verfügbar ist. Erkennbar ist es an Angaben nach dem Schema $I=60,000;kr=-0,0013316;ue=0,0740020;$ in der str-Datei (nur lesbar beim Öffnen mit einem Texteditor). Wenn diese Biegedaten vorhanden sind, wird bei der Konvertierung automatisch die passende Bogenweiche erzeugt, im Unterverzeichnis Bogenweichen des Modulverzeichnisses abgelegt und an passender Stelle in die Strecke importiert. Wenn sich zeigt, dass die Weiche nicht exakt in der korrekten Position zum Liegen kommt, so kann die Weiche gelöscht und aus dem Verzeichnis Bogenweichen neu importiert werden, bis die Position stimmt. Die Nummer der Bogenweichendatei richtet sich nach dem Streckenelement der Verzweigung vor dem Weichtausch.

11.8.6.4.3 Streckennetz neu verknüpfen

Nach dem Einbau der Zusi 3-Weichen sind die Elementübergänge noch nicht korrekt eingerichtet, so dass einmal neu verknüpft werden muss, damit die weiteren Schritte korrekt ablaufen.

11.8.6.4.4 Übergänge angleichen

Wegen der bereits erwähnten leichten Unterschiede zwischen Zusi 2 und Zusi 3-Weichen kommt es nach dem Weichtausch an Elementübergängen ggf. zu versetzt liegenden Elementen, wie im nebenstehenden Bild oben zu sehen. Der Menüpunkt „Zusi 2-Konvertierung → Weichenbausätze: Endelemente angleichen“ sucht nach Elementen mit Kennzeichnung „Weichenbausatz“, die keinen Nachfolger haben und nach passend in der Nähe liegenden Elementen ohne die Kennzeichnung „Weichenbausatz“, die ebenfalls keinen Nachfolger haben. Wird so eine Paarung gefunden, wird das Element ohne die Kennzeichnung „Weichenbausatz“ angepasst, wie im Bild unten zu sehen.

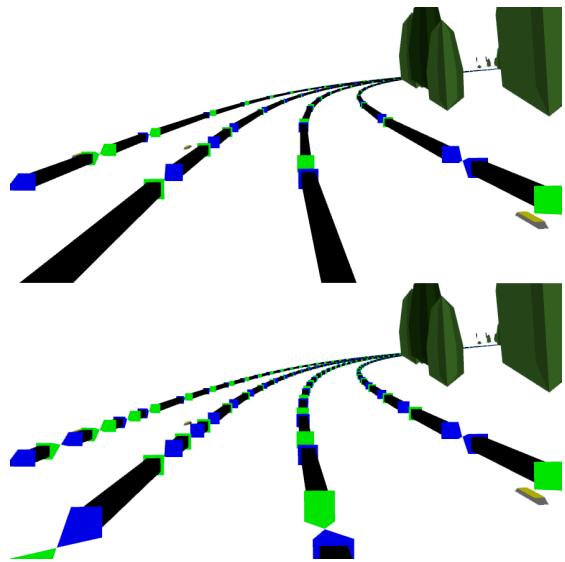


11.8.6.4.5 Streckennetz neu verknüpfen

Nach dem Angleichen der Lage sind die Elementübergänge noch nicht korrekt eingerichtet, so dass einmal neu verknüpft werden muss, damit die weiteren Schritte korrekt ablaufen.

11.8.6.4.6 Ausrunden

Nach dem Konvertieren der Weichen und vor dem Erzeugen der Oberbaugrafik kann mit dem Menüpunkt „Zusi 2-Konvertierung → Gleisbögen ausrunden“ ein runderer Verlauf der Gleisbögen erzeugt werden, indem Elemente halbiert und in den Kurvenbogen eingepasst werden, die bislang recht starke Knicke aufwiesen (siehe nebenstehendes Bild vor und nach dem Ausrunden). Durch die detailliertere Gestaltung des Zusi 3-Gleiskörpers fallen die Knicke nach Zusi 2-Stand sonst durchaus störend ins Auge. Maßgebend für die Ausrundung ist der Krümmungseintrag in den Elementeigenschaften. Es wird bei der Ausrundung derselbe Grenzwert (Standardwert 35) beachtet und nach denselben Regeln gerechnet, wie beim st3-Export aus dem Gleisplaneditor. Ein Aufruf der Funktion teilt ein Element nur maximal einmal. Die durch den Wert vorgegebene Rundheit ergibt sich ggf. erst durch mehrfaches Aufrufen der Funktion.



11.8.6.4.7 Elementeigenschaften

In Zusi 2 werden die Gleiskörper mit gegenüber der Vorbildnorm leicht abweichender Geometrie erzeugt. Um bei der Konvertierung nicht alle Anschlüsse (Dämme, Einschnitte usw.) neu gestalten zu müssen, gibt es in Zusi 3 weiterhin eine Oberbauvariante mit Zusi 2-kompatiblen Abmessungen. Während die normalen Streckenelemente mit der Zusi 2-Oberbaueinstellung exportiert werden, weisen die neu importierten Zusi 3-Weichen noch ihre Standardeinstellung auf. Daher sollte man mit Strg-A alle Streckenelemente markieren und in den Elementeigenschaften den Oberbau auf „Zusi 2“ stellen. Hinweis: Vor dem Drücken von Strg-A ist das Ausblenden der anderen ls3-Dateien zu empfehlen, da sonst eine sehr große Menge Daten markiert werden muss, was den Rechner stark ausbremsen kann.

11.8.6.4.8 Signale

Signale werden am besten an den Standorten der exportierten Zusi 2-Signale mit dem Signalassistenten neu gesetzt.

11.8.6.4.9 Bahnsteigereignisse löschen

In der Regel wird es die einfachste Lösung sein, die konvertierten Bahnsteige zu löschen und mit Zusi 3-Methoden neue Bahnsteige zu bauen. Da dabei auch gleich die korrekten Bahnsteigereignisse erzeugt werden, können und sollten die konvertierten Bahnsteigergebnisse vorher gelöscht werden, was die gleichnamige Funktion für die gesamte Streckendatei durchführt.

11.8.6.5 Landschaftsdatei

Die in den folgenden Abschnitten aufgeführten Schritte müssen zunächst noch an den nicht gekachelten Daten vorgenommen werden, so wie sie aus dem Zusi 2-Export kom-

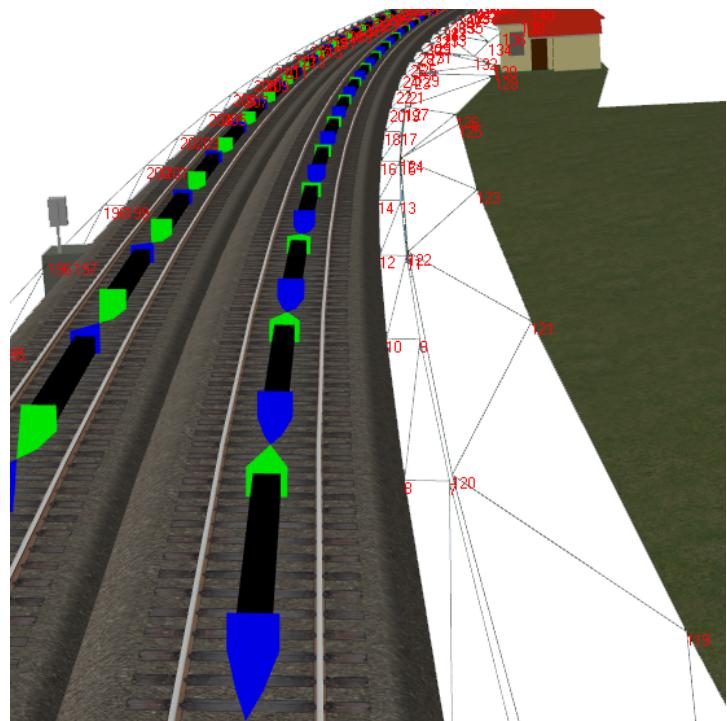
men, da es sonst an den Kachelgrenzen zu Fehlfunktionen kommen kann. Erst wenn diese Dateien durchgearbeitet sind, kann man sie per „Importieren und gekachelt einbinden“ in die Modullandschaft übertragen.

11.8.6.5.1 Oberbau erzeugen

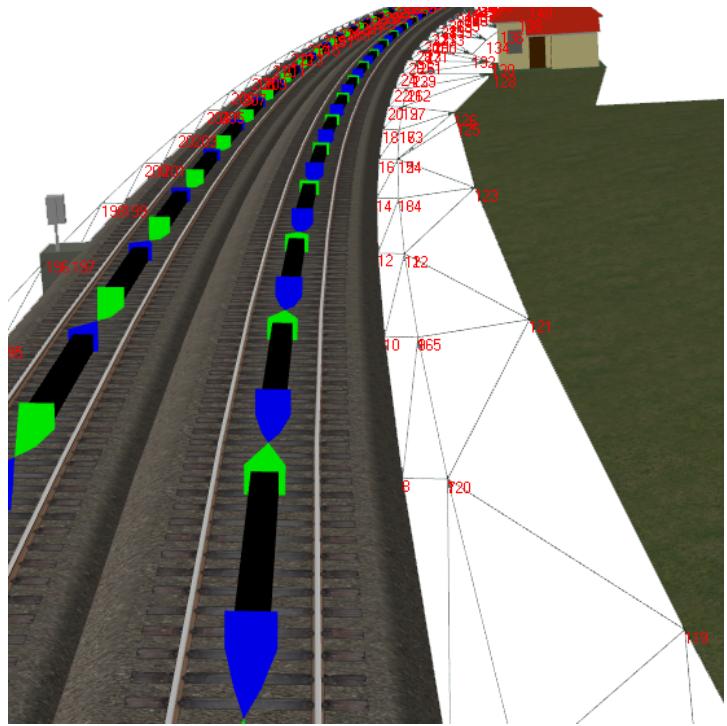
Wenn die Vorarbeiten zur Strecke ausgeführt wurden wie im vorigen Abschnitt beschrieben, dann kann nach dem üblichen Verfahren der Oberbau erzeugt werden („Landschaft erstellen → Oberbau erstellen“).

11.8.6.5.2 Sichtbare Meshes an Rand angleichen

Aus zwei Gründen kommt es bei der Erzeugung des Oberbaus zu Fehlstellen: Zum einen werden die Überhöhungen im 3D-Editor etwas anders errechnet als in Zusi 2, so dass der Randweg nicht exakt zur Umgebung passt, zum anderen sorgt eine nachträgliche Ausrundung der Kurven für schmale Schlitze in den Innenkurven. Um diese Fehlstellen automatisch zu beseitigen, gibt es die Funktion „Zusi 2-Konvertierung → Sichtbare Meshes an Rand angleichen“. Diese Funktion ermittelt zunächst alle Koordinaten vom Typ „Randweg“ (der Typ kann in den Einstellungen auch anders gewählt werden) und sucht dann in allen sichtbar geschalteten Is3-Typen nach Koordinaten, die in der Nähe liegen (die Toleranz ist ebenfalls einstellbar). Es sollten wirklich nur die Typen sichtbar geschaltet werden, die an den Randweg angrenzen, also typischerweise Bahndamm, Stützmauer und Grundplatte, um unbeabsichtigte Änderungen zu vermeiden. In der Nähe liegende Punkte werden an den Randweg angeglichen. Zusätzlich wird bei zwei benachbarten Punkten nach einem übereinstimmenden Mittelpunkt gesucht und ggf. eingefügt, um die durch das Ausrunden entstandenen Zusatzpunkte zu berücksichtigen.



Das obere Bild zeigt den Ausgangszustand, das untere Bild das Ergebnis. Ggf. muss die Funktion mehrfach aufgerufen werden, da im zweiten Arbeitsschritt der Funktion nur nach Mittelpunkten, nicht aber nach feineren Ausrundungsgeometrien gesucht wird.

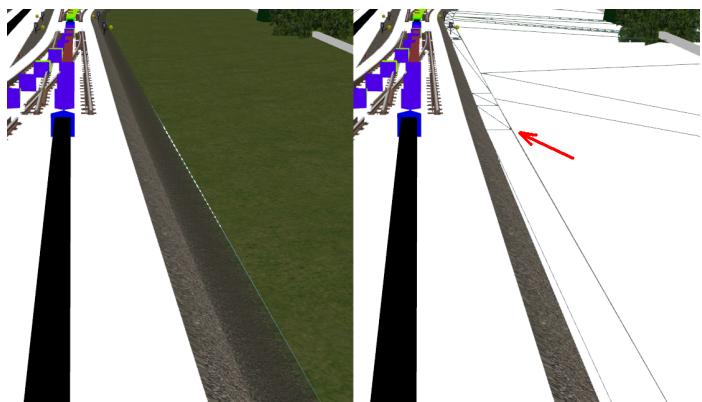


11.8.6.5.3 Sichtbare Meshes an Rand angleichen (Geländeformer) A

Vom Geländeformer erzeugte Meshes weisen häufig Eckpunkte auf, die keinen Gegenpart im Randweg haben. Diese Punkte werden von der zuvor erläuterten Funktion nicht erfasst, so dass ohne weitere Maßnahmen weiterhin Lücken zwischen Randweg und Umgebung bleiben. Diese Funktion sucht deshalb in der sichtbaren Landschaft nach Punkten, die in einem Maximalabstand neben der Dreiecksfläche eines Randwegpolygons liegen und verschiebt solche Punkte ggf. genau auf die Linie der Dreiecksfläche. Die restlichen Einstellungen erfolgen analog zu „Sichtbare Meshes an Rand angleichen“.

11.8.6.5.4 Sichtbare Meshes an Rand angleichen (Geländeformer) B

Die beiden zuvor erläuterten Funktionen lassen noch Lücken, wenn der Randweg eine engere Polygone Teilung aufweist als die Umgebung, wie das nebenstehende Bild zeigt. Es geht um den ganz feinen Schlitz zwischen Randweg und Wiese, der durch die im Neigungswechsel liegenden Randwegpolygone hervorgerufen wird, die kein Gegenstück in der Umgebungslandschaft haben. Diese Funktion fügt an solchen Stellen einen zusätzlichen Vertex in die Umgebungslandschaft ein. Die Einstellungen erfolgen analog zu „Sichtbare Meshes an Rand angleichen“. Ggf. muss die Funktion mehrfach aufgerufen werden, da pro Durchlauf immer nur maximal ein neuer Punkt zwischen zwei vorhandenen Punkten eingefügt wird.



11.8.6.5.5 Verknüpfte Dateien tauschen

Unter „Landschaft → Spezielles Laden, Speichern und Bearbeiten → Dateien modifizieren“ können in einem Arbeitsgang Zusi 2-Standarddateien (Bäume, Lampen usw.) gegen passende Zusi 3-Objekte getauscht werden. Die Funktion ist genauer im [Kapitel 5.4.2.6.12](#) beschrieben. Eine Ersetzungsliste für Standardobjekte liegt in `_Setup\zusi2tausch.zusi2files.xml`.

11.8.6.5.6 Weitere Ausgestaltung

Kompletter Neubau sollte im Normalfall für Fahrleitungen und Kilometersteine/Hektometertafeln angebracht sein, da die Zusi 3-Möglichkeiten so effizient sind, dass Konvertierungsversuche von Altmaterial keinerlei Sinn ergeben.

11.8.7 Tipps und Tricks zur Zusi 2-Konvertierung

11.8.7.1 Zusi 2-Konvertierung von einfachen Brücken

Von Klaus Zimmermann

11.8.7.1.1 Einleitung

Dieses Tutorial beschreibt den Umbau einer kleinen Zusi 2-Brücke mit Hilfe vorgefertigter Texturen, 3D-Bauteile und Formkurven im Zuge der Konvertierung einer Strecke nach Zusi 3. Dabei kommt nur der 3D-Editor zum Einsatz, es werden keine externen Programme wie Blender oder Photoshop benötigt.

Vorteile dieser Methode sind:

- Passgenauigkeit bleibt erhalten, da die alten Widerlager wiederverwendet werden
- Zeitersparnis durch Verwendung fertiger Texturen, 3D-Anbauteile und Formkurven
- einfache Anpassung an Straßenkurven und Gleisbögen, da Formkurven auch im Bogen verlegt werden können

Einschränkungen:

- die Brücke muss in ihrer gesamten Länge den gleichen Querschnitt haben, damit der Brückenträger per Formkurve erzeugt werden kann. Dies trifft auf Blechträgerbrücken und viele Betonbrücken zu, Bogenbrücken und Fachwerkbrücken lassen sich dagegen nicht nach dieser Methode bauen
- dieses Modell eignet sich als Übungsobjekt für Anfänger, aber es erreicht nicht die Qualität, die man mit anderen Baumethoden erzielen kann. Die Anzahl der Meshsubsets ist vergleichsweise hoch, so dass der Simulator mehr Rechenaufwand leisten muss als bei Modellen, die mit einem oder zwei Meshsubsets auskommen. Für fortgeschrittene Modellbauer werden daher folgende Alternativen empfohlen:

Alternativen:

- Kompletter Neubau von Textur und 3D-Modell
- Neubau der Textur, Zusi2-Datei in Blender importieren und texturieren

- Zusammenfügen aus fertigen Einzelteilen (Widerlager, Brückenpfeiler, Formkurven und Texturen aus dem Zusi3-Bestand)
- Zweitverwendung von fertigen Zusi3-Brücken

11.8.7.1.2 Kleiner Exkurs: Formkurven

Eine Formkurve ist eine zweidimensionale Bauvorlage für Objekte, die über ihre gesamte Länge einen einheitlichen Querschnitt aufweisen wie z.B. Tunnelröhren. Sie wird mit einer Textur versehen, die in einer Richtung endlos kachelbar sein muss. Die dritte Dimension (Ausdehnung entlang der Längsachse) wird erst beim Erzeugen des 3D-Objekts festgelegt.



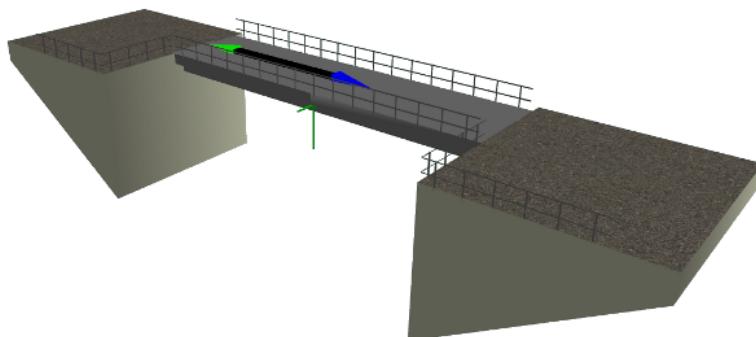
Von links nach rechts: Formkurve in der Entwurfsansicht (Brückenquerschnitt), Kachelbare Textur, Fertiger Brückenträger noch ohne Anbauteile wie Geländer usw.

11.8.7.1.3 Beispiel: Einfache Blechträgerbrücke

Zusi2\Strecken\Wutachtalbahn\Landschaft\Bruecken\kleinbruecken\km22-6.ls

11.8.7.1.3.1 Export des Ausgangsmodells

Brücke im Zusi 2-Streckeneditor öffnen und ins Zusi3-Format exportieren.
3D-Editor öffnen, unter „Extras → Programmeinstellungen → Landschaft“ den Baumodus „Objektbau“ einstellen.
Die konvertierte Zusi2-Brücke laden.



Im Zusi 2-Modell waren zwei Flächen mit Landschaftstyp „Gleisbett-Brücke“ versehen, die jetzt bereits fertig texturiert sind. Der Rest ist noch mit Zusi 2-Farben versehen und ohne Textur.

11.8.7.1.4 Die Widerlager

Das Widerlager mit linker Maustaste markieren, dann „rechte Maustaste → Mesh-Subset bearbeiten“. Auf dem Reiter „Texturen / Material“ zunächst die Farben für „Tagfarbe Ambient“ und „Tagfarbe Diffus“ auf weiß setzen.

Auf „Textur“ klicken und eine Textur auswählen. Geeignete Texturen liegen u. a. in den Ordner:

RailwayObjects\Deutschland\Bruecken\Betonbruecke\Einzelteile

RailwayObjects\Deutschland\Stuetzmauer

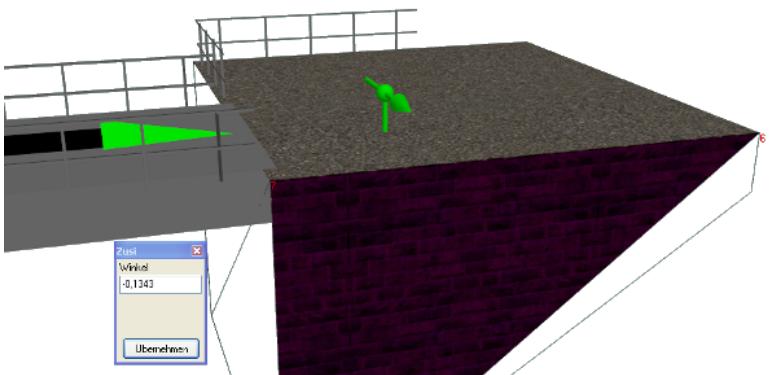
Im Feld „Meter pro Textur“ einen sinnvollen Wert einstellen.

Nach dem Klick auf OK ergibt sich zunächst dieses Bild:



Das Widerlager nochmals mit linker Maustaste markieren, den Wert für „Meter pro Textur“ korrigieren.

„Landschaft bearbeiten → Texturkoordinaten oberflächenorientiert ausrichten“. Nun kann es sein, dass einzelne Flächen noch falsch ausgerichtet sind:

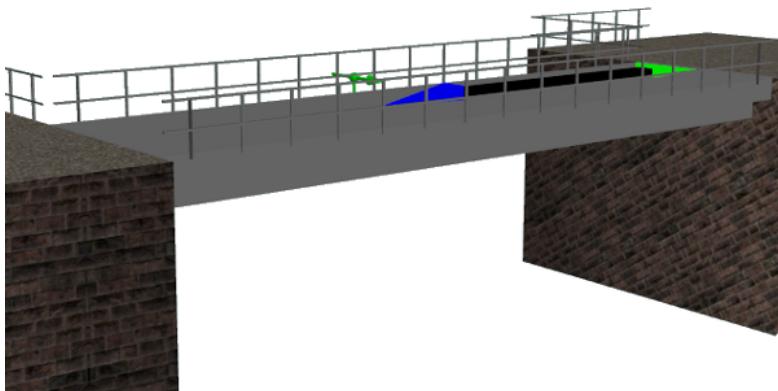


Im Menü „Anklickbar/Sichtbar“ beide Kontrollkästchen unter „Dreiecke“ setzen.

Ein beliebiges Dreieck markieren und „Werkzeug → Textur drehen“ aufrufen.

Bei gedrückter linker Maustaste die Maus so lange hin- und herbewegen, bis die Mauerfugen waagrecht ausgerichtet sind.

Falls es dabei zu folgendem Effekt kommen sollte:



Bei gedrückter Strg-Taste nacheinander alle Dreiecke mit linker Maustaste markieren, die nochmals nachbearbeitet werden sollen.

Dabei muss man mit der rechten Maustaste das Objekt drehen, um alle Dreiecke zu erreichen.

„Landschaft bearbeiten → Dreiecke → Markierte Dreiecke in neues Mesh-Subset überführen“.

Textur nochmals drehen, so dass beide Widerlager richtig texturiert sind.

Dann mit linker Maustaste ein Widerlager markieren und über „Landschaft bearbeiten → Mesh-Subsets zusammenführen“ die beiden Widerlager wieder vereinigen.

11.8.7.1.4.1 Der Brückenträger

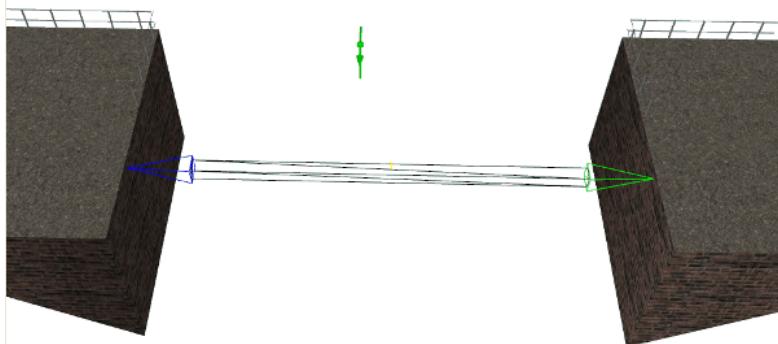
Der Brückenträger soll mit Hilfe der Funktion „Formkurve entlang Gleis“ neu konstruiert werden, hierfür benötigen wir ein Streckenelement mit genau passender Länge.

Das Streckenelement markieren und die Punktkoordinaten auf Anfang und Ende der Brücke setzen:

$x = -0,1 \text{ m}$ (grün)

$x = 16,1 \text{ m}$ (blau)

Alten Brückenträger markieren, „rechte Maustaste → Mesh-Subset löschen“.



Streckenelement markieren.

„Landschaft erstellen → Formkurve entlang Gleis“

Über das Dateimanager-Symbol eine Brückenformkurve laden. Passende Formkurven liegen unter: → RailwayObjects\Deutschland\Bruecken (Eisenbahnbrücken)

Terrain\Deutschland\Bruecken (Straßenbrücken)

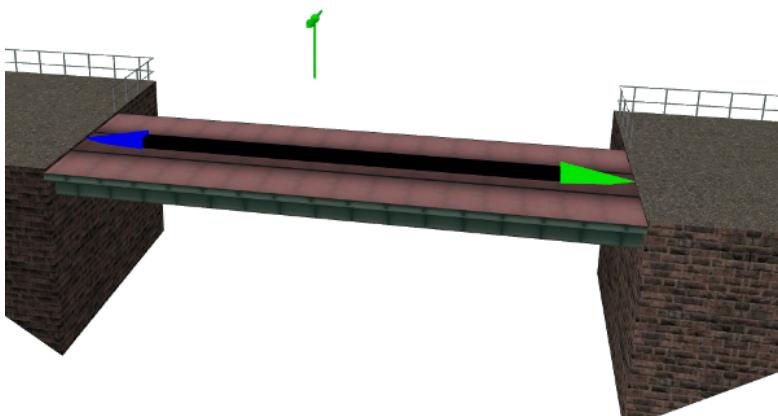
Als Beispiel wählen wir die Formkurve RailwayObjects\Deutschland\Bruecken\Stahlbruecke\Blechtraeg

In „Landschaft bearbeiten → ls3-Datei bearbeiten“ befindet sich eine Liste der alten Geländerteile aus Zusi2, die noch verknüpft eingebaut sind. Diese werden nun mit „Rechte Maustaste → Alle löschen → OK“ gelöscht.

Nun liegt die Oberkante der Widerlager noch etwas zu hoch, sie sollte etwa 0,2 m unter dem Niveau des Streckenelements liegen.

Widerlager markieren, „Werkzeug → Mesh-Subset verschieben“. Dasselbe für die Schotterfläche wiederholen.

Diesen Zwischenstand speichern wir als LOD2-Modell ab.



Der Brückenträger benötigt jetzt noch ein Endstück auf beiden Seiten, da sonst ein Spalt zwischen Brücke und Mauerkante zu sehen ist.

Streckenelement markieren, „Landschaft erstellen → Objekt entlang Gleis importieren“.

In RailwayObjects\Deutschland\Bruecken\Stahlbruecke\Blechtraeger_FahrbahnOben\Einzelteile die Datei blechtraegerbr03_1gleis_endstueck.ls3 auswählen.

Für „Abstand zwischen 2 Objekten“ einen hohen Wert eingeben, z. B. 2000 Meter. Dann Import für die grüne und die blaue Baurichtung ausführen.

11.8.7.1.4.2 Geländer bauen

Die Geländer sollen als „Objekt entlang Gleis“ importiert werden. Dazu verlängern wir zunächst das Streckenelement in beide Richtungen um je einen Meter:

$x = -1,1$ (grün)

$x = 17,1$ (blau)

Das Streckenelement markieren.

„Landschaft erstellen → Objekte entlang Gleis importieren“

Aus dem Ordner RailwayObjects\Deutschland\Gelaender passende Pfosten auswählen, z. B. pfosten_4kant_rrost.ls3

Für den Import die passenden Werte einstellen, z. B.:

Abstand zwischen zwei Objekten: 1,5 Meter

Seitenabstand vom Gleis: 2,5 Meter

Mit „OK“ den Import für die eine Gleisseite ausführen. Dann Baurichtung von Blau in Grün ändern und den Import für die andere Gleisseite wiederholen.

Danach werden Handläufe und Längsverstrebungen montiert.

Das Streckenelement markieren. Das Menü „Landschaft erstellen → Formkurve entlang Gleis“ öffnen.

Aus dem Ordner RailwayObjects\Deutschland\Gelaender passenden Handlauf auswählen, z. B. handlauf_4kant_rrost.shape.xml

Links unten im Feld „Verschieben“ den Seitenabstand vom Gleis einstellen, also hier wieder 2,5 Meter. Auf eine der beiden Pfeiltasten klicken, um die Formkurve seitlich zu verschieben.

Baurichtung auf blau stellen und mit OK bestätigen.

Funktion erneut aufrufen, Formkurve um etwa 0,5 Meter nach unten verschieben, OK klicken.

Dann beide Bauvorgänge für die grüne Baurichtung wiederholen. Das Ergebnis sollte so aussehen:



Eventuell müssen beide Handläufe noch etwas in Gleisrichtung verschoben werden:

Einen Handlauf mit linker Maustaste markieren. „Werkzeug → Mesh-Subset verschieben“ aufrufen. Nun bei gedrückter x-Taste die Linke Maustaste bewegen, um das Objekt in Gleisrichtung zu verschieben. (Ohne gedrückte x-Taste wird quer zur Gleisrichtung verschoben).

Das gleiche für den unteren Handlauf wiederholen.

Nun fehlen noch einige Geländer auf dem Widerlager. Diese können als separate Dateien erstellt und dann in die Brücke importiert werden.

Mit dem Tool „Landschaft → Entfernung messen“ wird ermittelt, dass das kurze Stück quer zur Gleisrichtung 3,30 Meter lang sein soll.

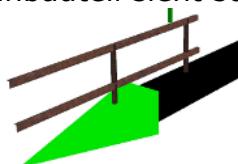
3D-Editor schließen und neu starten.

Streckenelement auf eine Länge von 3,30 Metern bringen.

Dann mit „Objekt entlang Gleis importieren“ und „Formkurve entlang Gleis“ die Pfosten und Handläufe bauen. Der erste Pfosten kann wieder gelöscht werden, da im 90°-Winkel an einen vorhandenen Pfosten angebaut werden soll (mit rechter Maustaste markieren, Datei löschen).

„Landschaft bearbeiten → ls3-Datei bearbeiten“

In die Liste der verknüpften Dateien rechtsklicken, Alle bei OK einbinden. Das fertige Einbauteil sieht so aus und kann nun als temporäre Datei gespeichert werden:



Brücke im 3D-Editor öffnen

„Landschaft erstellen → Objektimport Drag&Drop“ → temporäre Datei auswählen

Mit gedrückter linker Maustaste das Geländerstück auf das Widerlager ziehen, dann linksklicken um das Objekt abzusetzen.

Nun das Objekt mit Hilfe von „Werkzeug → Verknüpfte Datei verschieben“ und „Werkzeug → Verknüpfte Datei drehen“ in die endgültige Position bringen.

Das Verschieben erfolgt entweder durch Eingabe von Zahlenwerten ins Fenster „Frame-Eigenschaften“ oder freihändig mit linker Maustaste (bei gleichzeitig gedrückter x-Taste in Gleisrichtung, sonst senkrecht zur Gleisrichtung). Für Verschiebungen in z-Richtung muss man den neuen Höhenwert ins Menüfenster eingeben.

Nach dem Einbau der kurzen Geländerstücke auf den Widerlagern ist die LOD1-Version fertig.

11.8.7.1.4.3 Schlussarbeit

Zum Schluss empfiehlt es sich noch, alle verknüpften Kleinteile einzubinden und danach die Mesh-Subsets zusammenzuführen.

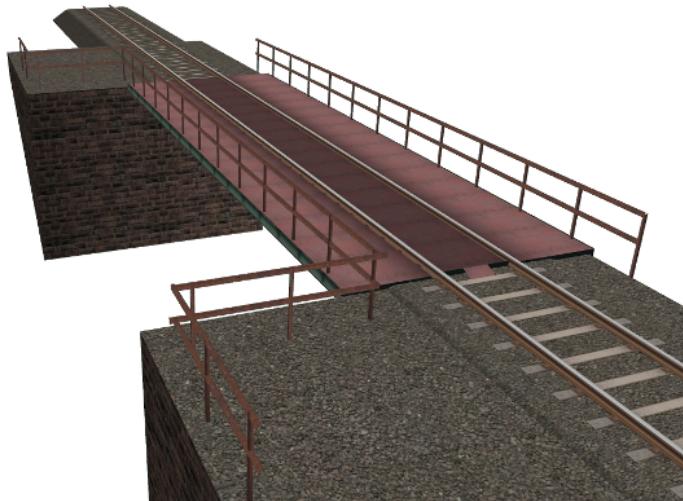
„Landschaft bearbeiten → Is3-Datei bearbeiten“.

Mit rechter Maustaste in die Liste der verknüpften Dateien klicken.

Über das Kontextmenü „Alle bei OK einbinden“ wählen und OK klicken.

Ein beliebiges Geländerteil mit linker Maustaste markieren.

„Landschaft bearbeiten → Mesh-Subsets zusammenführen“.



11.9 Zum Zusi-Add-On-Pool beitragen

11.9.1 Das erste Add-On einreichen

Jeder ist eingeladen, Add-Ons zum Zusi-Datenbestand beizusteuern. Vor Baubeginn sollte man sich im Zusi-Forum mit den anderen Autoren koordinieren, ob das geplante Add-On sinnvoll ist (eventuell haben andere Autoren bereits Bauvorleistungen erbracht, die den Bau des neuen Add-Ons wesentlich erleichtern).

Wenn das Add-On fertig ist, sollte man es so gut wie möglich testen. Für das erste Add-On eines Autors ist der weitere Ablauf beim ersten Mal wie folgt: Das Add-On wird an einen mit der Qualitätssicherung des Zusi-Bestandes befassten Beauftragten gesendet. Es handelt sich um Freiwillige aus der Zusi-Community, die selbst erfahrene Zusi-Autoren sind. Diese prüfen das neue Add-On anhand erarbeiteter Checklisten. Kleinere Fehler

werden durch direkt selbst behoben; werden größere Probleme gefunden, dann wird der Autor gebeten, diese zu beheben und das Add-On danach erneut zu übersenden. Wenn absehbar ist, dass das Add-On in den offiziellen Zusi-Add-On-Pool aufgenommen werden kann, wird durch die Firma Carsten Hölscher Software ein „Partnervertrag“ über-sandt, der als Rahmenvertrag die rechtlichen Verhältnisse zwischen der Firma Carsten Hölscher und dem Add-On-Autor regelt. Der Abschluss des Partnervertrages ist verpflichtend. Ohne Vertrag können keine Add-Ons des betreffenden Autors in den Add-On-Pool einfließen. Nachdem der Partnervertrag abgeschlossen ist, wird dem Add-On-Autor eine Autoren-ID zugeteilt. Diese Autoren-ID sollte im Verwaltungsprogramm hinterlegt werden, sie wird dann in alle zukünftig vom Add-On-Autor erzeugten Dateien automatisch übernommen. Nach der Zuteilung der Autoren-ID sind alle Voraussetzungen geschaffen, um das neue Add-On endgültig zum Zusi-Add-On-Pool hinzuzufügen.

Beim zweiten und allen weiteren Add-Ons eines Autors ist der Ablauf dann sinngemäß genauso, lediglich der Schritt mit dem Partnervertragsabschluss und der Zuteilung der Autoren-ID entfallen. Nach der Qualitätssicherung können bei bestehenden Autoren die neuen Add-Ons direkt in den Add-On-Pool einfließen.

11.10 Quellen

- Fahrdynamik des Schienenverkehrs, Dietrich Wende, Teubner-Verlag
- Henschel Lokomotiv-Taschenbuch, 1960, VDI-Verlag
- MIBA-Report „Signale“, Band 1, 2 und 3, Stefan Carstens
- Fahrleitungen elektrischer Bahnen, Kießling, Puschmann, Schmieder, Schmidt, Teubner-Verlag
- MIBA-Report „Elektrische Fahrleitungen“, Bernd Zöllner, Bruno Kaiser
- DirectX-SDK, Microsoft
- Eisenbahningenieur-Kalender 2005 (Feste Fahrbahn)
- Der Zeit eine Schwelle voraus, Gesellschaft zur Förderung der Spannbetonschwelle
- Lexikon der Eisenbahn, Transpress-Verlag
- Eisenbahnremstechnik, Dietmar Gralla, Werner Verlag