

Pflichtenheft

(V. 1.1)

KNOT³

**(Praxis der Softwareentwicklung am KIT:
Echtzeit-Computergrafik in der Spieleentwicklung
am Lehrstuhl für Computergrafik)**

Tobias Schulz, Maximilian Reuter, Pascal Knodel,
Gerd Augsburg, Christina Erler, Daniel Warzel

24. November 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Projekt	4
1.2	Konzepte	4
1.2.1	Spiel	4
2	Zukunftsvision	5
3	Umfang	6
3.1	Ziele	6
3.2	Kriterien	6
3.3	Grenzen	8
4	Nutzergruppen	9
4.1	Zielgruppe	9
4.2	Interessenten	9
5	Einsatz	10
5.1	Gebiete	10
5.2	Betriebsbedingungen	10
6	Umgebung	11
6.1	Hardware	11
6.2	Software	11
7	Betriebsmittel	12
7.1	Schätzung des Verbrauchs	12
8	Anforderungen	14
8.1	Funktionen	14
8.1.1	Spiel-Konfiguration	14
8.1.2	Spiefunktionen	15
8.1.3	Darstellung	16
8.1.4	Datenverwaltung	17
8.2	Nicht-Funktionale Anforderungen	19
9	Daten	20
9.0.1	Feste Daten	20
9.0.2	Flüchtige Daten	21

10 Systemmodelle/Nutzung	22
10.1 Anwendungsfälle	22
10.2 Grafische Oberflächen	24
10.3 Interaktionsverlauf	26
10.4 Grafische Bedienungs-Oberflächen (Mock-Ups)	29
10.4.1 Spielzüge	32
10.4.1.1 Beispiele gültiger Züge	32
10.4.1.2 Beispiele unmöglicher Züge	32
10.5 Interaktionsmodelle	33
11 Qualitätssicherung	36
11.1 Testfälle	36
11.1.1 Funktionstests	36
11.1.2 Negativtests	38
11.1.3 Extremtests	39
12 Entwicklung	40
12.1 Umgebung	40
12.1.1 Hardware	40
12.1.2 Software	40
12.2 Hilfsmittel	41
13 Verzeichnisse	42
13.1 Fachausdrücke	42
13.2 Abkürzungen	45
13.3 Pflichtenheft-Bezeichner	46

1 Einführung

1.1 Projekt

Bei Knot³ handelt es sich um ein innovatives Spiel bei dem man Knoten im dreidimensionalen Raum entweder frei modifizieren oder nach Vorgabe auf Zeit ineinander überführen kann. Die Idee und das Konzept zu diesem Spiel entstanden am Lehrstuhl für Computergrafik, IBDS¹ Dachsbacher in Zusammenarbeit mit der Hochschule für Gestaltung (HfG) in Karlsruhe und werden im Rahmen des Softwareprojekts PSE² von Studenten des Karlsruher Instituts für Technologie umgesetzt.

1.2 Konzepte

1.2.1 Spiel

Das Konzept des Spieles ist in die Kategorie der Sandbox-Spiele einzuordnen. Es wird nicht wie in klassischen Spielen ein Ziel vorgegeben und verschiedene Wege gegeben dies zu erreichen, sondern es wird dem Spieler überlassen, was er machen will. Dabei bietet man ihm viele Möglichkeiten schöpferisch tätig zu sein. Die Herausforderung und die Motivation entsteht dadurch, dass es kein 3D-Modellierer ist. Man ist ist gezwungen zu abstrahieren, sich Tricks auszudenken um bestimmte Wirkungen zu erzielen und sein selbst gestecktes Ziel zu erreichen. Dabei geht der kreative Prozess schon bei der Auswahl des Motivs los, manche lassen sich besser durch Kanten darstellen als andere. Genauso gut kann man aber auch Herausforderungen für andere Erstellen. Komplizierte Transformationen, die sich nur schwer nachbauen lassen oder gewaltige Bauten die durch ihre schiere Größe beeindrucken. Und natürlich kann man auch die von anderen Nutzern erstellten Herausforderungen bestreiten und dem Ersteller zeigen, dass sein komplizierter Knoten nicht so schwer zu durchschauen ist wie er ursprünglich dachte. Einzig die Vorstellungskraft des Spielers limitiert die Möglichkeiten der Anwendung.

³Ja, es heißt wirklich Knot³.

¹Institut für Betriebs- und Dialogsysteme

²Praxis der Softwareentwicklung

2 Zukunftsvision

Wir erhoffen, dass die Spieler sich übers Internet austauschen und sich gegenseitig zu immer neuen Ideen anregen, Bilder ihrer schönsten Kreationen zeigen und ihre besten Herausforderungen verteilen. In Zukunft wird es viele Nachbauten von berühmten Gebäuden, wie z.B. dem Eiffelturm oder Brandenburger Tor geben, genauso wie abstrakte Gebilde, die die verschiedensten Wirkungen erzielen. Es wird wie bei anderen Sandbox-Spielen Fan-Seiten geben die die Bilder speichern Kategorisieren und auch die dazugehörigen Knotendateien in ihrem Austauschformat bereitstellen. Es wird Kunstprojekte geben, die dieses Programm nutzen um dreidimensionale Gebilde zu erstellen, da es erheblich leichter als ein 3D-Modellierer zu bedienen ist und durch sein offenes Austauschformat leicht in viele andere Formate umgewandelt werden kann, z.B. für den 3D-Druck. Genauso wird es aber auch Spieler geben, die das Programm dazu nutzen ihre räumlich Vorstellung zu stärken zur Entspannung oder als Konzentrationsübung. Durch seine Freiheit in der Verwendung wird Knot³ darüber hinaus auch noch in Gebieten Verwendung finden die selbst wir uns noch nicht vorstellen können.

3 Umfang

3.1 Ziele

Das Spiel versetzt einen einzelnen Spieler in die Lage Knoten im dreidimensionalen Raum zu erstellen und zu modifizieren. Zudem wird dem Spieler erlaubt sich in verschiedenen Herausforderungen mit anderen Spielern zu messen.

3.2 Kriterien

Pflicht:

/PK_10/	Spielmodus 1: Creative.
/PK_20/	Spielmodus 2: Challenge.
/PK_30/	Knotenübergänge müssen eindeutig erkennbar sein.
/PK_40/	Darstellung mit passenden 3D-Modellen an Übergängen.
/PK_50/	Selektion und Modifikation von Kantenzügen.
/PK_60/	Übergehen unmöglicher Zustände, wenn möglich.
/PK_70/	Bestenliste der besten Zeiten für ein Level.
/PK_80/	Einfaches Datenaustauschformat für die Levels, welches lokal austauschbar ist.
/PK_80/	Mindestens zehn eindeutige Level mit steigendem Schwierigkeitsgrad.
/PK_90/	Die Steuerung ist intuitiv.
/PK_100/	Ein sinnvolles Undo unterstützt den Spieler.
/PK_110/	Gute automatische Kameraführung.
/PK_120/	Standard Sprache ist Englisch.

/PK_130/ Windows als Plattform muss unterstützt werden.

Optional:

/OK_10/ Begleitender Sound ergänzt das Spielerlebnis.

/OK_20/ Während des Spielens läuft Hintergrundmusik.

/OK_30/ Eine veränderbare Tastaturbelegung.

/OK_40/ Einfärbung von Kanten nach Spieler Präferenz.

/OK_50/ Zusätzliche Lokalisierung in Deutsch.

/OK_60/ Redo welches vorangegangene Undo rückgängig macht.

/OK_70/ Optionale Flächenerstellung zwischen benachbarten Kanten.

/OK_90/ Spielerbewertungen für Knoten.

/OK_100/ Durchschnittszeit des Bestehens einer Challenge.

/OK_110/ Eastereggs können gefunden werden.

/OK_120/ Unterstützende Tutorials die den Einstieg erleichtern.

/OK_130/ Der Einsatz eines oder mehrerer Shadereffekte.

/OK_140/ Der Einsatz von besonderen Rendereffekten.

/OK_150/ Online-Austausch der Leveldaten.

/OK_160/ 3D-Drucker kompatible Ausgabe der Leveldaten.

/OK_170/ Unterstützung für Linux-Plattformen.

3.3 Grenzen

/AK_10/	Das Spiel ist keine 3D-Modellierungssoftware.
/AK_20/	Versionen für mobile Geräte sind nicht geplant.
/AK_20/	Außer Maus und Tastatur ist keine Unterstützung durch weitere Eingabegeräte, wie z.B. berührungsempfindliche Bildschirme, geplant.
/AK_40/	Fürs Spielen wird keine Internetverbindung benötigt.
/AK_50/	Ein Spiel beansprucht je nach Schwierigkeit einiges an Zeit und ist deswegen nicht zum Spielen für Zwischendurch geeignet.
/AK_60/	Das Spiel ist für einen Spieler konzipiert.

4 Nutzergruppen

4.1 Zielgruppe

Da das Spiel allein von räumlichem Vorstellungsvermögen abhängt kann prinzipiell jeder, der die Bedienung mit Maus und Tastatur versteht es spielen, vorausgesetzt er versteht Englisch.

Das Spiel richtet sich jedoch besonders an Leute die Spaß an kreativem Erstellen von 3D-Knoten haben, bzw. ihr Räumliches Vorstellungsvermögen im „challenge“ Modus unter Beweis stellen wollen.

/NG_10/ Kreative Köpfe

/NG_20/ Spieler

4.2 Interessenten

Personen, für welche die Nutzung des Produkts durch kleine Erweiterungen interessant(er) wird.

/IG_30/ Künstler

5 Einsatz

5.1 Gebiete

Das Spiel soll Spieler mit Vorliebe für das Gestalten im 3D-Raum ansprechen, die darüber hinaus ihre Fähigkeiten zur Vorstellung räumlicher Sachverhalte auch mit anderen vergleichen und messen wollen.

/PEG_10/	Unterhaltungssoftware im Heimanwendungsbereich
/PEG_20/	Kreatives Aufbauspiel
/PEG_30/	Als Gedächtnis/Knobelspiel zum Training der geistigen Fähigkeiten.

Optional:

/OEG_10/	Ein Werkzeug für Künstler, zur Modellierung von 3D-Knoten, als Miniaturkunstwerk, geeignet für den 3D-Druck.
----------	--

5.2 Betriebsbedingungen

/BB_10/	Büro
---------	------

6 Umgebung

6.1 Hardware

- DirectX 9c-kompatible Grafikkarte (mindestens Shader Model 3)

6.2 Software

- Windows XP, Vista, 7, 8 oder 8.1
 - Microsoft .NET Framework 4.5
 - XNA 4.0
- Linux/Unix
 - Mono 3.0 oder neuer
 - Monogame 3.0.1 oder neuer
 - OpenTK 1.0

7 Betriebsmittel

7.1 Schätzung des Verbrauchs

Eine grobe Abschätzung der Ressourcennutzung unter *normalen* Bedingungen.

/VS_10/

Prozessorauslastung

Der Prozessor wird etwa zu 30-50 % ausgelastet (Referenz: Intel(R) Core(TM) i5 CPU 3470 @ 3.20 GHz (4 Kerne), 3.20 GHz).

/VS_20/

Arbeitsspeicher

Im Creative beginnt der Verbrauch bei etwa 100 MB und steigt zunehmend an. Der Verbrauch hängt von der Anzahl der Knoten, Kanten und den dazugehörigen 3D-Modellen ab. Kleinere Knoten mit zweistelliger Kantenanzahl liegen bei etwa 150 MB, sehr komplexe Knoten mit 3000 Kanten benötigen über 1 GB Arbeitsspeicher. Dazu kommt Speicherplatz, der dazu benötigt wird, dass während des Spiels die Änderungen des Spielers am Knoten gespeichert werden, um sie auf dessen Anweisung wieder rückgängig zu machen. Ein „*normales*“ Spiel liegt hier etwa im Bereich von 100 bis 500 MB.

/VS_30/

Grafikspeicher

Die Auslastung des Grafikspeichers hängt ebenfalls von der Anzahl der Kanten und von der Komplexität der Texturen und Modelle ab, die wir später verwenden werden. Es ist mit einem Verbrauch zwischen 50 MB bei Knoten mit einer zweistelligen Kantenanzahl und mehreren hundert MB bei mehreren tausend Kanten zu rechnen. Ein „*normales*“ Spiel liegt hier etwa im Bereich von 50 bis 250 MB.

Festplattenspeicher

Für die Installation des gesamten Spiels sollten ca. 50 bis 100 MB Festplattenspeicher ausreichend sein. Wenn der Spieler im Creative eigene Knotengebilde erstellt kommen für einen Knoten mit bis zu 100 Kanten nur wenige KB hinzu. Dies gilt auch für Challenges.

8 Anforderungen

8.1 Funktionen

8.1.1 Spiel-Konfiguration

Der Spieler kann verschiedene Eigenschaften des Programms einsehen und an seine Vorlieben anpassen.

Pflicht:

/PFA_10/	Standard Grafikeinstellungen werden vom Programm vorgegeben.
/PFA_15/	Beim ersten Spielstart wird der Spieler aufgefordert einen Namen, wie er auch später in die Bestenliste einzutragen ist, einzugeben.
/PFA_20/	Der Spieler kann seinen Spielernamen ändern.
/PFA_27/	In der Levelübersicht ist ein Nicht-Standards-Level per Tastaturbefehl löscher.

Optional:

/OFA_25/	Der Ton kann durch einen Tastendruck abgestellt werden.
/OFA_30/	Der Spieler kann Einstellungen zur Grafik und dem Ton im Menüpunkt Einstellungen des Hauptmenü bzw. Pause-Menü vornehmen.
/OFA_40/	Durch Tastendruck ist das Pause-Menü während des laufenden Spiels erreichbar.
/OFA_50/	In den Einstellungen kann der Spieler die Tastaturbelegung einsehen und ändern.

/OFA_60/	Wechsel zwischen verschiedenen Kameraeinstellungen (Automatische oder manuelle Kamera).
/OFA_70/	Die Knotenfarben kann der Spieler selbständig festlegen. Deren Anzahl ist jedoch beschränkt.
/OFA_80/	Der Spieler kann die Sprache der grafischen Oberfläche des Spiels einsehen und ändern.

8.1.2 Spielfunktionen

Der Spieler kann durch verschiedene Funktionen mit dem Spiel interagieren. Er kann zum Beispiel die Kamera drehen und den Knoten verformen.

Pflicht:

/PFA_110/	Beim Starten des Creative-Mode wird dem Spieler ein einfacher Knoten zum Transformieren bereitgestellt.
/PFA_120/	Der Spieler kann im Creative-Mode aus zwei erstellten Knoten ein Level für den Challenge-Modus erstellen.
/PFA_130/	Die Kanten des Knotens können vom Spieler vollständig oder teilweise ausgewählt werden.
/PFA_140/	Ausgewählte Kanten kann der Spieler in die Richtung der Koordinatenachsen transformieren.
/PFA_150/	Das Programm überprüft, ob eine Transformation gültig ist, falls nicht wird diese nicht ausgeführt.
/PFA_160/	Wenn der Spieler die Undo-Aktion auslöst wird seine letzte Transformation rückgängig gemacht (beliebig wiederholbar).
/PFA_170/	Im Challenge-Mode prüft das Programm den transformierten Ausgangsknoten auf Gleichheit mit dem Referenzknoten. Falls Gleichheit besteht wird die Zeit angehalten und der Abschlussbildschirm wird eingeblendet.
/PFA_180/	Der Spieler kann das Spiel jederzeit beenden.

Optional:

/OFA_190/	Wenn der Spieler die Undo-Funktion genutzt hat, kann er seine letzten Undo-Aktionen durch nutzen der Redo-Funktion schrittweise rückgängig machen. Redo funktioniert nur so lange der Spieler keine Veränderung am Knoten vorgenommen hat.
/OFA_200/	Kanten können vom Spieler eingefärbt werden.
/OFA_210/	Der Spieler kann im Creative-Mode vier Kanten auswählen, zwischen denen eine Fläche erstellt wird, sofern diese Kanten ein Rechteck bilden.
/OFA_220/	Falls der Spieler nur drei Kanten für eine Fläche auswählt, wird die fehlende Kante durch eine "virtueller Knoten " ersetzt.
/OFA_230/	Nach erfolgreichem Beenden einer Challenge kann der Spieler die Challenge neu starten.
/OFA_240/	Von einem Knoten kann der Spieler ein Bild erzeugen und abspeichern.
/OFA_250/	Beim Erzeugen eines Bildes kann der Spieler verschiedene Rendereffekte auswählen.
/OFA_260/	Ein erstellter Knoten kann in ein Format für 3D-Drucker exportiert werden.
/OFA_270/	Der Spieler kann Eastereggs finden.
/OFA_275/	Der Spieler kann ein Tutorial auswählen. Dort wird die Bedienung erläutert.

8.1.3 Darstellung

Alle wichtigen Informationen werden dem Spieler visuell oder akustisch dargestellt. Die Atmosphäre wird durch die musikalische Untermalung verbessert.

Pflicht:

/PFA_280/	Knoten bestehen aus Kanten, welche durch schmale längliche Zylinder dargestellt werden.
-----------	---

/PFA_290/	Die Kanten eines Knotens werden im dreidimensionalen Raum an Rasterpunkt ausgerichtet.
/PFA_300/	Bei Kreuzungen im Knoten weichen die Kanten sich gegenseitig aus, sodass der Kantenverlauf eindeutig bleibt.
/PFA_310/	Während des Transformieren werden die neu entstehenden Kanten transparent an der nächsten gültigen Position angezeigt. Sobald der Vorgang beendet ist wird die Kante an dieser Position ohne Transparenz dargestellt.
/PFA_320/	Der Spieler kann sich eine Übersicht zu allen Knoten, welche er im Creative-Mode erstellt hat anzeigen lassen, um daraus einen zur weiteren Bearbeitung auszuwählen.
/PFA_330/	Nach der Auswahl des Challenge-Mode kann der Spieler in einer Übersicht nach verschiedenen Kriterien ein Level auswählen.
/PFA_340/	Nach dem Start eines Levels sieht der Spieler beide Knoten (Ausgangsknoten und Referenzknoten). Sobald er die erste Veränderung am Ausgangsknoten vornimmt startet die Zeitmessung.
/PFA_350/	Ausgewählte Kanten werden visuell hervorgehoben.
/PFA_355/	An ausgewählten Kanten werden Pfeile parallel zu der Richtung der Koordinatenachsen angezeigt, in welche eine gültige Transformation möglich wäre.

Optional:

/OFA_360/	Die vom Spieler ausgewählte Musik wird im Hintergrund wiederholt abgespielt.
/OFA_370/	Die Levelliste kann der Spieler sortieren lassen.
/OFA_380/	Die Levelliste kann der Spieler filtern lassen.

8.1.4 Datenverwaltung

Grundlegende Inhalte des Spieles werden abgespeichert und verwaltet. Diese Inhalte können auch zwischen verschiedenen Systemen ausgetauscht werden.

Pflicht:

/PFA_390/	Der Spieler kann den Knoten im Creative-Mode abspeichern.
/PFA_400/	Speicherung einer Bestenliste für jedes Level.
/PFA_410/	Zwei Knoten können als Challenge abgespeichert werden in dem einer als Referenzknoten und der andere als Ausgangsknoten deklariert wird.
/PFA_420/	Es können nicht zwei identische Knoten als Challenge abgespeichert werden.
/PFA_430/	Import und Export von Knoten und Challenges mit Hilfe eines Datenaustauschformat.
/PFA_440/	Der Spieler kann einen Spielernamen eingeben, welcher gespeichert wird.
/PFA_450/	Das Spiel speichert die Platzierung des Spielers für das Level in einer Bestenliste unter dessen Spielernamen.
/PFA_460/	Das Importieren ungültiger Knoten ist nicht möglich.
/PFA_470/	Es existiert eine Installationsdatei, mit der der Spieler das Spiel installieren kann. Das Spiel ist nach erfolgreicher Installation spielbar auf dem System des Spielers.
/PFA_475/	Das Spiel kann restlos deinstalliert werden.

Optional:

/OFA_480/	Wenn ein Knoten abgespeichert wird, kann der Spieler ein Bild von seinem Knoten erstellen, welches als Vorschaubild verwendet wird.
/OFA_490/	Beim Verlassen des Creative-Mode über das Pause-Menü kann der Spieler auswählen ob er den aktuellen Knoten speichern möchte oder ohne Speichern den Modus verlassen will.
/OFA_500/	Das Spiel speichert Spieler-Bewertungen des Levels.
/OFA_510/	Die Durchschnittszeit beim Bestehen einer Challenge wird automatisch mitgespeichert.
/OFA_520/	Unterschiedliche Sprachen können integriert werden.

8.2 Nicht-Funktionale Anforderungen

Pflicht:

/PNFA_10/	Transformierung des Knotens muss durch die Maus möglich sein.
/PNFA_20/	Die Kamera muss mit Hilfe der Maus und der Tastatur navigierbar sein (Drehen, Zoomen und Bewegen).
/PNFA_30/	Das Spiel sollte unter Standard-Grafikeinstellungen immer mindestens eine Bildwiederholungsrate von 30 Bildern pro Sekunde haben.
/PNFA_40/	Grafische Gestaltung der Knoten soll die Übersicht des Spielers nicht einschränken oder verschlechtern.
/PNFA_50/	Übersichtliche Menüführung, u. A. durch den Einsatz von Alternativen zur Navigation über aufklappbare Listen.
/PNFA_60/	Intuitive Spielsteuerung, welche schnell erlernbar ist.
/PNFA_70/	Starten und anschließendes Beenden muss in weniger als 45 Sekunden möglich sein.
/PNFA_80/	Speichern darf den Dialog mit dem Spieler nicht wesentlich verzögern.
/PNFA_90/	Als Standard-Sprache für die grafische Oberfläche ist Englisch voreingestellt.
/PNFA_100/	Strukturierte Übersicht über alle importierten Levels.

Optional:

/ONFA_110/	Erweiterbarkeit durch Einbindung von Internationalisierungen.
/ONFA_120/	Einstellen kontrastreicher Farben für Menschen mit „eingeschränkten Sehfähigkeiten“.
/ONFA_130/	Betrügereien bei den Highscores sollen automatisch erkannt/ersichtlich werden.
/ONFA_140/	Im Tutorial werden dem Spieler die Funktionen des Spiels und die Bedienung verständlich Schritt für Schritt erklärt.

9 Daten

9.0.1 Feste Daten

Daten, welche über längere Zeit zu speichern sind.

Pflicht:

/PD_10/	Der Name des Spielers.
/PD_20/	Eine Bestenliste pro Challenge mit: <ul style="list-style-type: none">• Spielername• Zeit• Bewertung
/PD_30/	Das Standardsprachpaket (englisch).
/PD_40/	Zehn (10) Challenge-Levels steigenden Schwierigkeitsgrades. <ul style="list-style-type: none">• Jedes Level hat einen Namen.• Die Knoten sind im Standardformat gespeichert.
/PD_50/	Die Standard-Grafikeinstellungen werden beim ersten Spielstart gespeichert.
/PD_60/	Für die Steuerung sind Standardeinstellungen (Tastaturbelegung) verfügbar.
/PD_80/	Das ausführbare Programm, welches auf dem jeweiligen Zielsystem lauffähig ist.
/PD_90/	Alle Daten des Spiels werden in einer Ordnerstruktur auf dem Zielsystem gespeichert.
/PD_110/	Bilder, welche in den Menüs der grafischen Oberflächen Verwendung finden.

Optional:

/OD_70/	Mitgeliefert werden einige Musikstücke, die während des Spielens im Hintergrund ablaufen.
/OD_100/	Mit enthalten sind Musikdateien für Hintergrundtöne bei Spezialeffekten.
/OD_200/	Spielerprofile.
/OD_210/	Deutsches Sprachpaket.
/OD_220/	3D-Drucker Konvertierungsmodul, um das Standard-Speicherformat von Knoten in ein für 3D-Drucker geeignetes Format zu konvertieren.
/OD_230/	Eine Spielstatistik zeigt zu jeder bestandenen Challenge und gebautem Knoten eine Übersicht mit Informationen über den Spielverlauf an.
/OD_250/	Eine Knot ³ -Homepage. Mit Bereichen für: <ul style="list-style-type: none">• Informationen zum Spiel• Spiel-Download• Level-Downloads• Support-Adressen• Credits

9.0.2 Flüchtige Daten

Jederzeit im Spiel aus bereits vorhandenen festen Daten generierbare Information, die nicht gespeichert werden muss.

/PD_130/	Die Knoten-Komplexität wird aus der Knotenstruktur berechnet.
/PD_140/	Der Schwierigkeitsgrad wird aus der Komplexität /PD_130/ berechnet.

10 Systemmodelle/Nutzung

10.1 Anwendungsfälle

Szenarien:

- Der Spieler startet das Spiel und gelangt zum Hauptmenü. Dort wählt er den „creative“ Modus und im darauf folgendem Menü das Erstellen eines neuen Knotens. Er gelangt in den Editor und beginnt dort den Knoten zu transformieren. Nach einigen transformationen öffnet er das Menü und speichert den Knoten. Danach fährt er mit der transformation fort. Zwischendurch ist er mit einigen Transformationsschritten unzufrieden und macht sie mir “undo”rückgängig. Nach einigen weiteren transformationen ruft er wieder das Menü auf, speichert und beendet daraufhin den Editor mit einem klick auf den Menüeintrag “quit”. Daraufhin landet er wieder im Hauptmenü. Dort beendet er das Spiel.
- Der Spieler startet das Spiel und gelangt zum Hauptmenü. Dort wählt er den “creative”Modus und danch “load”um einen alten Speicherstand zu laden. In der Auswahlliste wählt er den gewünschten Knoten aus und lädt diesen. Er landet im Editor. Dort betrachtet er Knoten ein Zeitlang von allen Seiten, indem er mit Tastatur und Maus die Kamera um den Knoten herum bewegt und beendet danach wieder den Editor.
- Der Spieler startet das Spiel und gelangt zum Hauptmenü. Dort wählt er den “challenge”Modus. Er sieht eine Liste mit allen verfügbaren Herausforderungen und einige Informationen zu diesen, dazu gehören die aktuellen Bestzeiten. Er sucht sich eine Herausforderung aus und Startet sie. Er landet im Editor mit einer zusätzlichen Ansicht für den Zielknoten. Er betrachtet diesen ausgiebig und beginnt danach mit der Transformation des vorgegebenen Knotens. Zum Zeitpunkt der ersten Transformation beginnt die Zeit zu laufen. Nach einigen Transformation stimmen die Knoten überein und die Zeit stoppt automatisch. Der Spieler war schnell und darf seinen Namen in die Bestenliste eintragen.

Danach hat er die Möglichkeit die Herausforderung zu bewerten. Er gibt der Herausforderung eine gute Bewertung und landet danach wieder im Hauptmenü. Dort beendet er das Spiel.

- Der Spieler startet das Spiel und gelangt zum Hauptmenü. Dort wählt er den „creative“Modus. Er möchte eine neue Herausforderung erstellen und wählt daher “new challenge”. Danach wählt er zwei Knoten aus seinen Speicherständen aus. Einen für den Startknoten, einen als Zielknoten. Weiter unten gibt er der Herausforderung einen Namen und Speichert sie ab. Danach gelangt er in den Editor um als erster eine Zeit vorzulegen und die Herausforderung zu bestreiten. Der Spieler beendet die Herausforderung aber ohne sie abzuschließen. Er kann die Herausforderung noch bewerten und landet dann wieder im Hauptmenü. Dort beendet er das Spiel.

10.2 Grafische Oberflächen

Pflicht:

- /PGO_0010/ Ein Hauptmenü mit Auswahl zum „challenge“ Modus und zum „creative“ Modus.
- /PGO_0020/ Ein Menü für der „creativ“ Modus um sich zwischen dem erstellen eines neuen Knotens, einer neuen Herausforderung und dem Laden eines Knotens zu entscheiden.
- /PGO_0030/ Ein Menü in dem man sich aussuchen kann, welcher Knoten geladen werden soll.
- /PGO_0040/ Ein Menü in dem man eine neue Herausforderung zusammenstellt.
- /PGO_0050/ Ein Menü in dem man eine Herausforderung zu spielen auswählen kann.
- /PGO_1010/ Ein Editor, in dem man den Knoten bearbeitet.
- /PGO_1020/ Im Editor /PGO_1010/ eine Spielfläche in dem man den Knoten sieht und bearbeitet.
- /PGO_1030/ Im Editor /PGO_1010/ ein Pausenmenü, in dem man im „creative“ Modus speichern und in jedem Modus das bearbeiten beenden kann.
- /PGO_1040/ Im Editor /PGO_1010/ ein Zugang um ins Pausenmenü /PGO_1030/ zu gelangen.

Optional:

- /OGO_0010/ Im Hauptmenü /PGO_0010/ eine Auswahl um die Credits anzuzeigen.
- /OGO_0020/ Ein Menü für verschiedene Spieleinstellungen.
- /OGO_0030/ Im Hauptmenü /PGO_0010/ eine Auswahl um zum Menü für Spieleinstellungen /OGO_0020/ zu kommen.
- /OGO_0040/ Im Einstellungsmenü /OGO_0020/ ein Untermenü für die Tastaturbelegung.
- /OGO_0050/ Im Einstellungsmenü /OGO_0020/ ein Untermenü für grafische Einstellungen.
- /OGO_0060/ Im Einstellungsmenü /OGO_0020/ ein Untermenü für audio Einstellungen.
- /OGO_0070/ Im Einstellungsmenü /OGO_0020/ ein Untermenü für eine personalisierte Farbpalette.

- /OGO_1010/ Im Pausenmenü /PGO_1030/ ein Eintrag um das Einstellungs-
menü /OGO_0020/ anzuzeigen.
- /OGO_1020/ Ein Menü für verschiedene Render- und Exportfunktionen.
- /OGO_1030/ Im Editor /PGO_1010/ eine Möglichkeit das Rendermenü /OGO_1020/
aufzurufen.
- /OGO_1040/ /OGO_1030/ ist nur im „creative“ Modus und nach bestandener
Herausforderung zugänglich.

Visualisierungen

10.3 Interaktionsverlauf

main menu /PGO_0010/ Erste Ansicht nach dem starten des Spiels.

creative /PGO_0020/ Untermenü um die Entscheidungsmöglichkeiten für den „creative“ Modus anzuzeigen

challenge /PGO_0050/ Listet alle vorhandenen Herausforderungen auf.

new challenge Eintrag um eine neue Herausforderung zu erstellen.

challenge settings /PGO_0040/ Lässt einen alle Einstellungen zu einer neuen Herausforderung einstellen.

new knot Spiel startet mit einem minimalem Knoten.

load /PGO_0030/ Listet alle gespeicherten Knoten auf und lässt den Spieler einen auswählen und zum bearbeiten laden.

in game /PGO_1010/ Der Editor in dem Das eigentliche Spiel stattfindet.

credits /OGO_0010/ Anzeige der Mitwirkenden.

settings /OGO_0020/ Einstellungsmöglichkeiten für Audio, Video, Steuerung und Farbpalette.

save Speichert das laufende Spiel.

quit Beendet das laufende Spiel.

render options Bietet dem Nutzer verschiedene Möglichkeiten seinen Knoten zu rendern und zu exportieren.

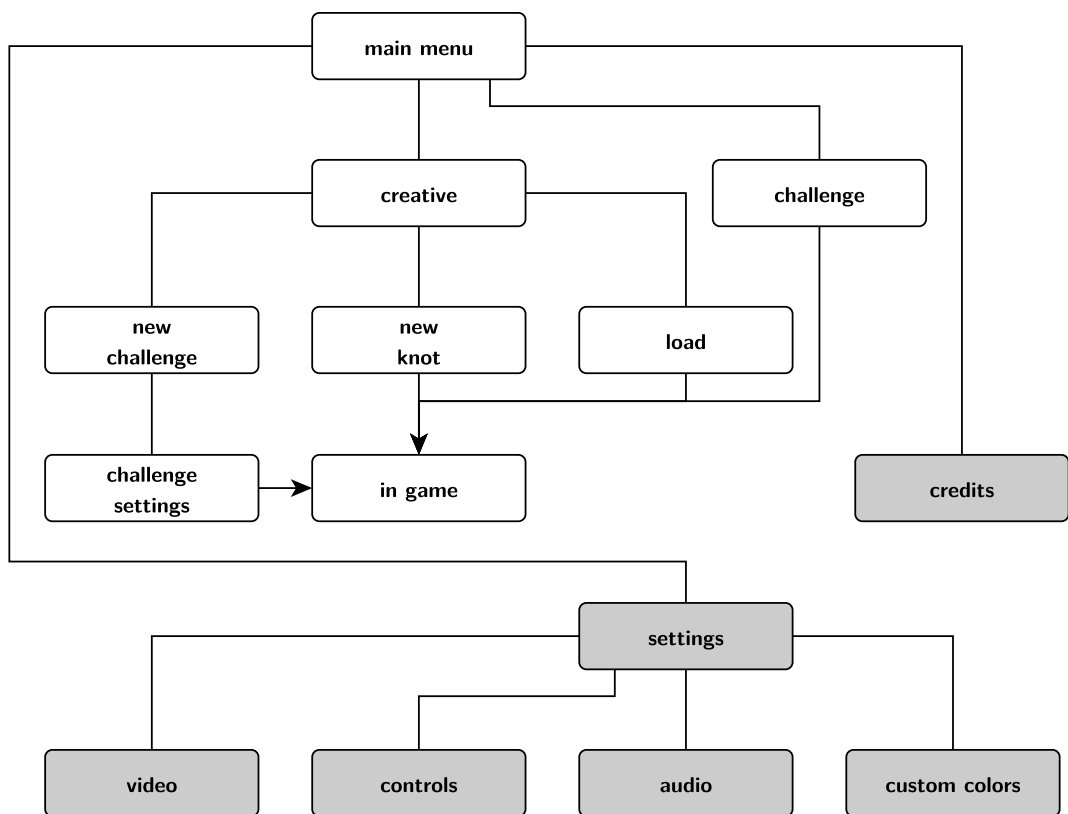


Abbildung 10.1: Hauptmenüstruktur beginnend mit /PGO_0010/. Grau hinterlegtes ist Optional.

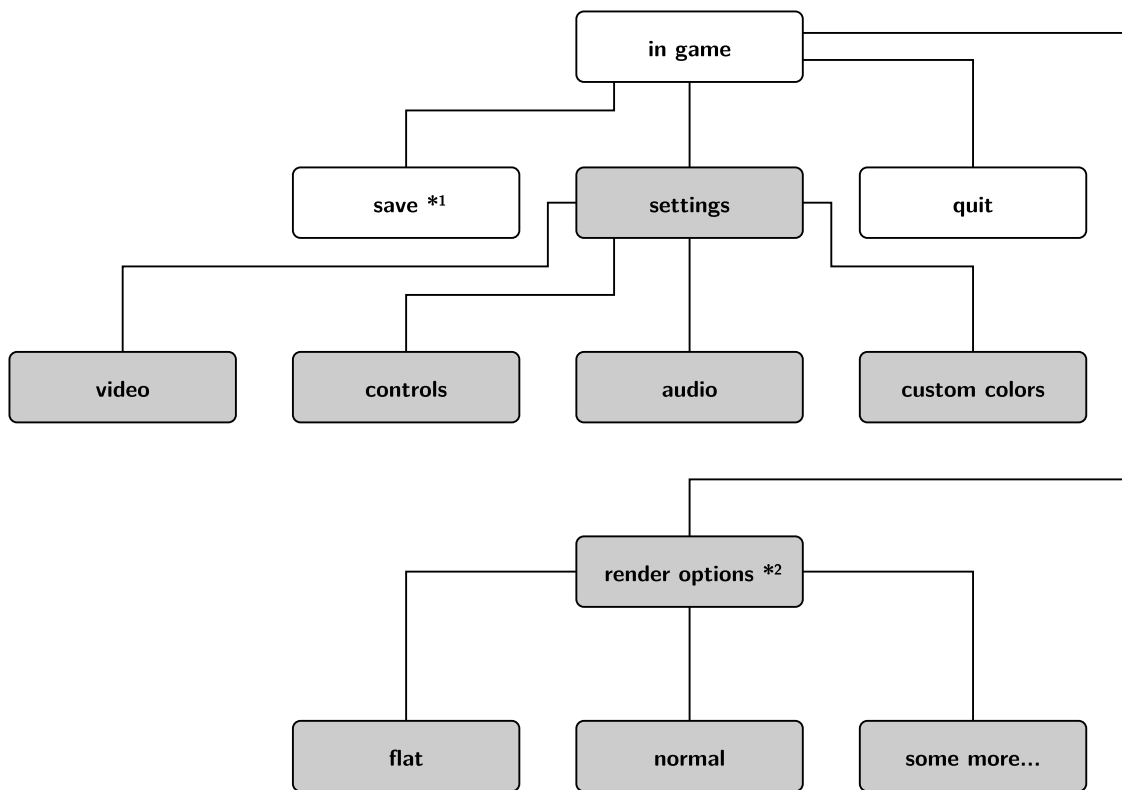


Abbildung 10.2: Zugriffsmöglichkeiten im Editor /PGO_1010/. Grau hinterlegtes ist Optional.

1: Nur im „creative“ Modus

2: Nur im „creative“ Modus und nach bestandener Herausforderung

10.4 Grafische Bedienungs-Oberflächen (Mock-Ups)

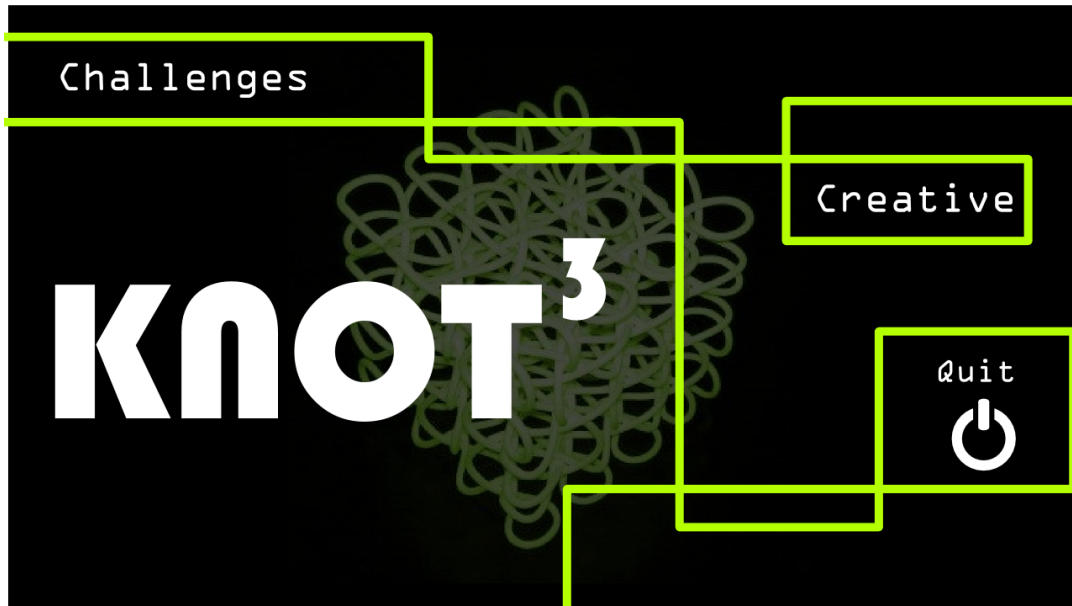


Abbildung 10.3: Mögliches Hauptmenü /PGO_0010/

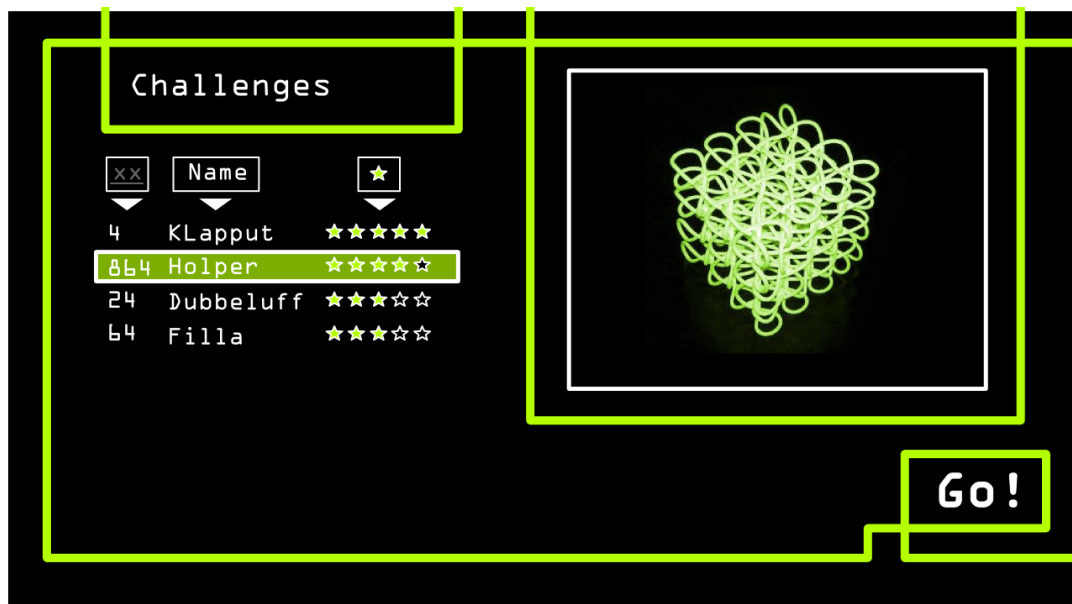


Abbildung 10.4: Auswahlmenü für die Herausforderungen /PGO_0050/, mit Ausschnitt der Auswahlliste

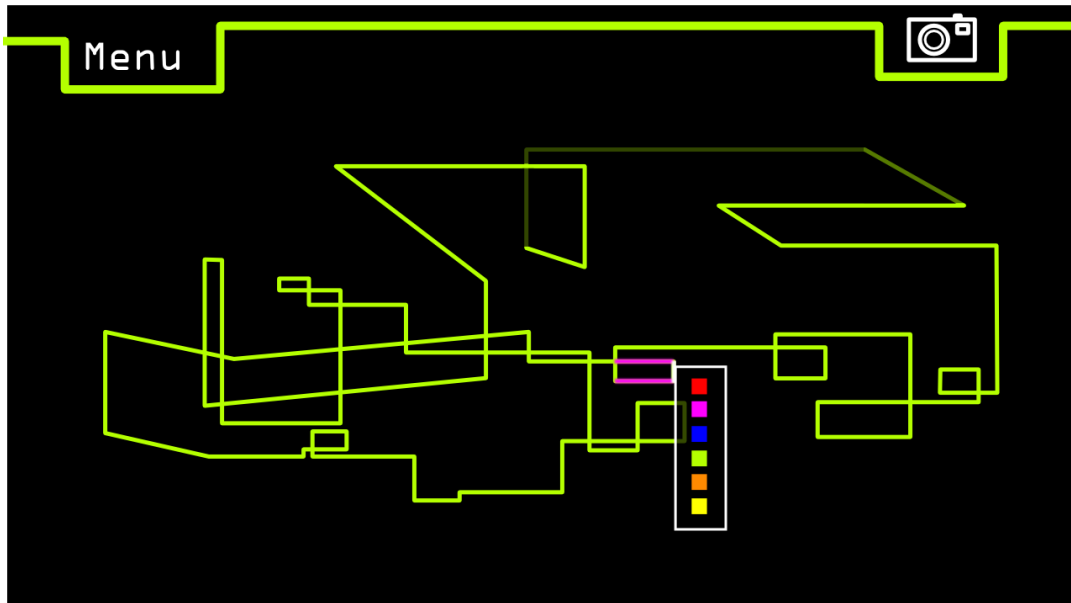


Abbildung 10.5: Editoransicht /PGO_1010/ mit geöffneter Farbauswahl zum Kanten einfärben /OFA_200/.

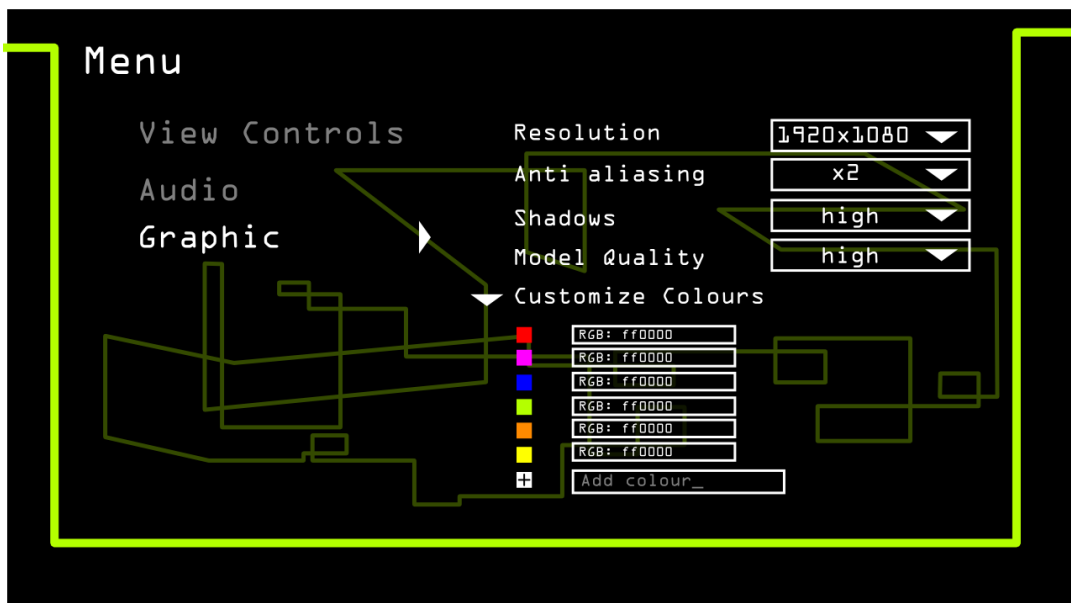


Abbildung 10.6: Mögliches Einstellungs Menü mit geöffnetem Untermenü für die Grafikeinstellungen. /OGO_0020/ und /OGO_0050/

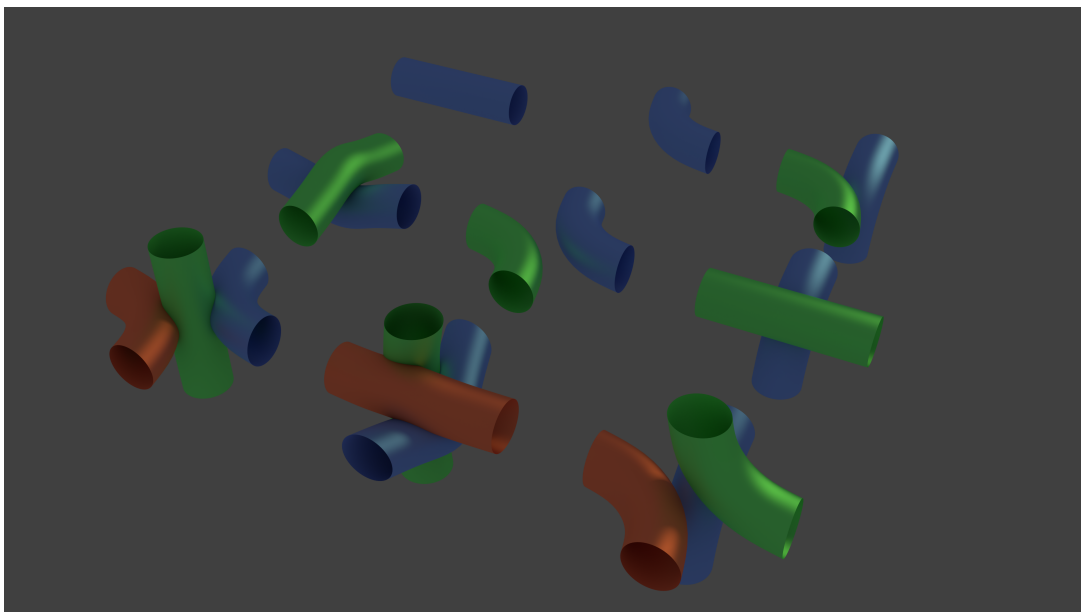


Abbildung 10.7: Verschiedene Übergänge für die Kanten

10.4.1 Spielzüge

10.4.1.1 Beispiele gültiger Züge

Grundsätzlich ist jede Transformation, die mit der Spielmechanik machbar ist ein gültiger Zug. Die Spielmechanik verhindert das entstehen von doppelt belegten Kanten, was einen ungültigen Zustand darstellen würde.

10.4.1.2 Beispiele unmöglicher Züge

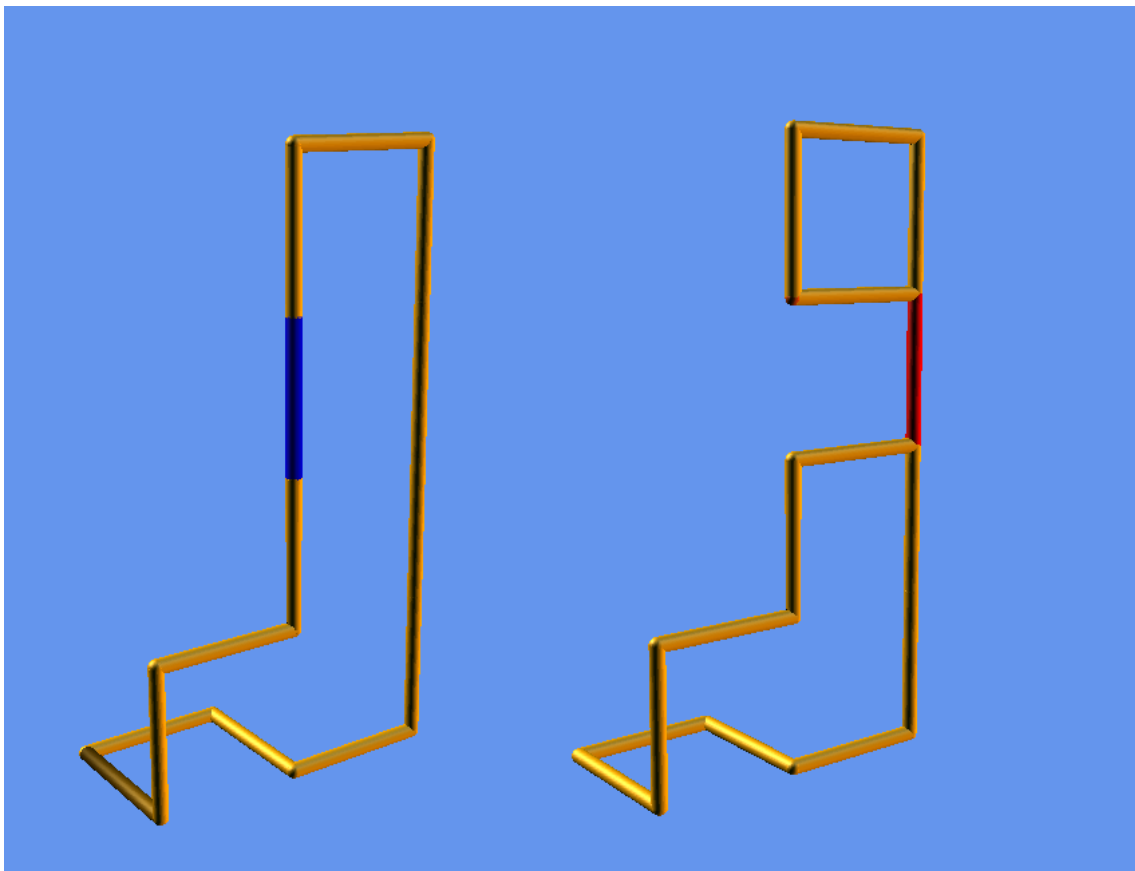


Abbildung 10.8: Parallele Kantenvereinigung

Der Knoten auf der linken Seite 10.8 beschreibt eine gültige Spielsituation. Der Spieler wählt eine Kante (blaue Hervorhebung) aus, um einen weiteren Zug vorzunehmen. Einem Spieler ist es nicht möglich, zwei parallele Kanten (hier: die Blaue und die Rote) zu einer Kante zu vereinen. Das ist ein unmöglicher Zug. Der Knoten soll immer aus einem geschlossenen Kreis von Kanten bestehen. Der Knoten auf der rechten Seite 10.8 ist daher eine ungültige Spielsituation.

10.5 Interaktionsmodelle

Pflicht:

/PIM_10/	In Menüs /PGO_00XX/ und /PGO_1030/ können Knöpfe und Auswahlflächen mit der Maus angeklickt werden.
/PIM_20/	Im Editor /PGO_1010/ kann eine Kanten mit der Maus ausgewählt werden.
/PIM_30/	Durch drücken einer Taste kann /PIM_20/ mehrfach ausgeführt werden, sodass die Auswahl aus mehreren Kanten besteht. Erfüllt /PFA_130/.
/PIM_40/	Durch gedrückt halten der Maustaste beginnend auf den Pfeilen in den Raumrichtungen /PFA_355/ kann die durch /PIM_20/ entstandene Auswahl in die entsprechende Raumrichtung verschoben werden. Erfüllt /PFA_140/.
/PIM_50/	/PIM_40 löst beim loslassen der Maustaste einen Transformati-onsschritt aus, für den es eine Visuelle Vorschau gibt /PFA_310/.
/PIM_60/	Im Editor /PGO_1010/ kann durch Tastendruck oder Mausklick auf eine Schaltfläche das Pausenmenü /PGO_1030/ öffnen.
/PIM_70/	Im Editor /PGO_1010/ ist Lineares verschieben des Kamerafo-kus in Blickrichtung und Senkrecht dazu ist über die Tastatur möglich.
/PIM_80/	Im Editor /PGO_1010/ kann man den Kamerabstand zum Fokus (Zoom) über das Musrad oder durch Tastendruck ver-größern und verkleinern.
/PIM_90/	Im Editor /PGO_1010/ kann durch halten der rechten Maustas-te die Kamera bei gleichbleibendem Fokus Kugelförmig darum bewegt werden.
/PIM_100/	Ist durch /PIM_20/ eine Auswahl getroffen worden bleibt beim drehen /PIM_90/ nicht der Fokus, sondern der Mittelpunkt der Auswahl an der gleichen Stelle relativ zur Kamera und zum Fokus.
/PIM_110/	Eine durch /PIM_20/ getroffene Auswahl kann durch klick in den leren Raum aufgehoben werden.
/PIM_120/	Ein Tranformationsschritt /PIM_50/ kann duch eine Tastenkom-bination oder einen Klick auch den „undo“ Knopf rückgängig gemacht werden. Erfüllt /PFA_160/.
/PIM_130/	Die Automatische Kameraführung /PK_110/ dreht die Kamera und verschiebt den Fokus, sodass stets alle bisherigen Kanten und alle neu erstellten sichtbar sind und Platz für einfache transformationen bleibt.

Optional:

- /OIM_10/ durch eine Tastenkombination oder einem Klick auf den „redo“ Knopf kann eine rückgängig gemachte transformation /PIM_120/ wieder hergestellt werden. Erfüllt /OFA_190/.
- /OIM_20/ Bei /PIM_20/ ausgewählte Kanten kann durch Tastendruck ein auswahlmenü für personalisierte Farben aufgerufen werden.
- /OIM_30/ Ein Klick auf eine Farbe im Farbauswahlmenü /OIM_20/ färbt die ausgewählten Kanten in der Entsprechenden Farbe ein. Ein Klick in den leeren Raum schließt das Menü.
- /OIM_40/ Im Editor /PGO_1010/ ruft ein Klick auf den Knopf „render/export“ das Menü für die Exportfunktionen /OGO_1020/ auf.
- /OIM_50/ Bei passender Auswahl durch /PIM_20/ kann die eingeschlossene Fläche gefüllt werden. /OFA_210/

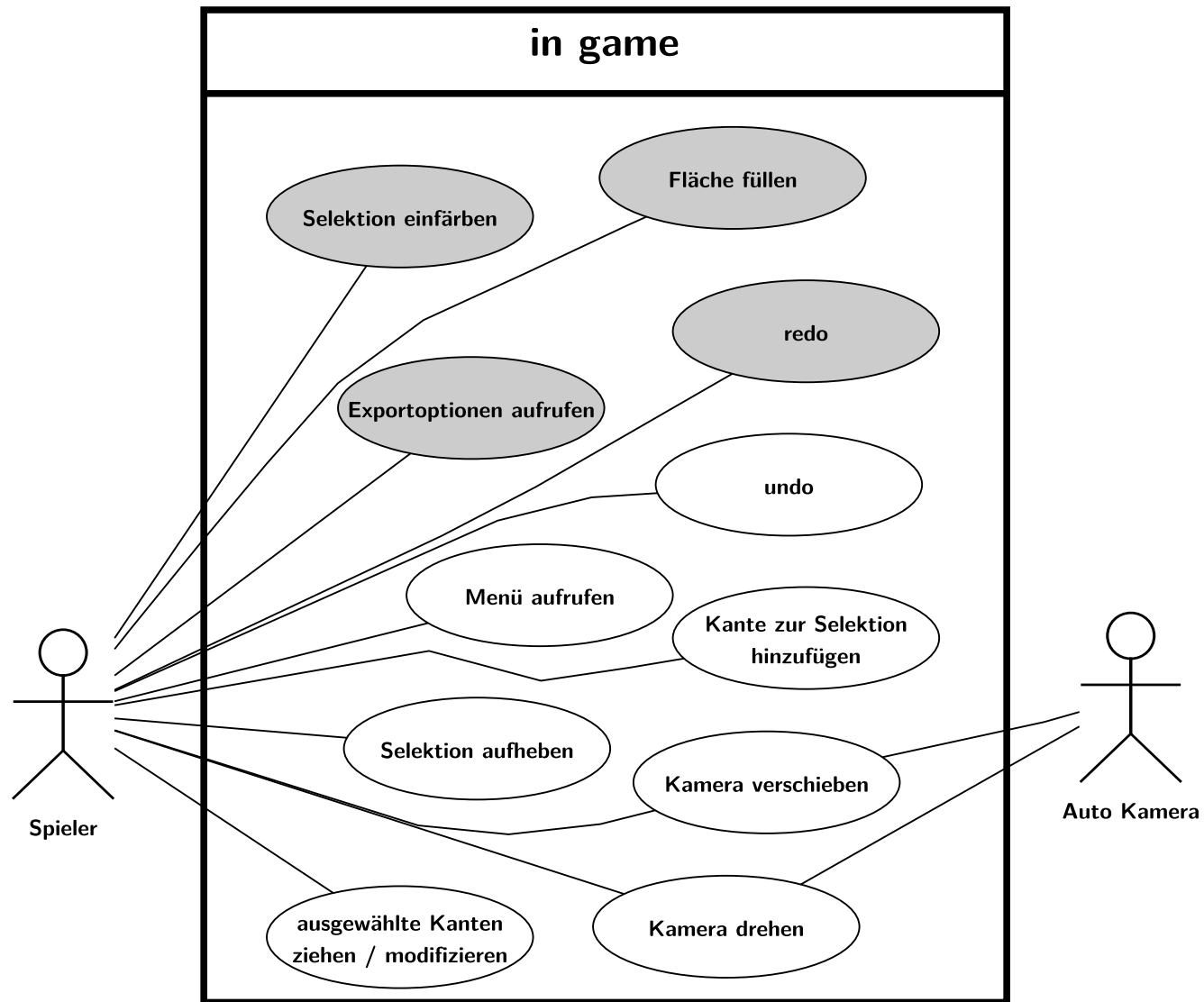


Abbildung 10.9: Interaktionen während eines Spiels (allgemein)

11 Qualitätssicherung

11.1 Testfälle

11.1.1 Funktionstests

/PTF_10/	Die Grafikauflösung wird im Einstellungsmenü verändert. <i>Erwartet:</i> Das Spiel verwendet die gewünschte Auflösung, sofern diese vom System unterstützt wird. Falls nicht, wird eine Fehlermeldung eingeblendet, die darauf hinweist, dass diese Einstellung nicht möglich ist. Die Auflösung wird in diesem Fall nicht geändert.
/PTF_20/	Auswahl des Creative-Mode und Transformation des zur Verfügung gestellten Knoten. <i>Erwartet:</i> Spiel initialisiert einen Knoten der verändert werden kann. Der Spieler kann alle gültigen Transformationen ohne Probleme ausführen.
/PTF_30/	Erstellen einer neuen Challenge. <i>Erwartet:</i> Nach Auswahl des Ausgangsknoten und des Referenzknoten die zur Challenge gehören, soll die Challenge erstellt werden.
/PTF_50/	Beenden des Spiels über das Hauptmenü. <i>Erwartet:</i> Das Spiel schließt sich vollständig, d.h. alle laufenden Prozesse des Spieles werden beendet und der Speicher wird freigeben.
/PTF_60/	Verlassen eines aktiven Spiels über das Pause-Menü. <i>Erwartet:</i> Nach dem Klicken auf den Beenden-Button, des Pause-Menü erscheint das Hauptmenü.

/PTF_70/	Transformieren des Knotens, sowohl im Challenge-Mode als auch im Creative-Mode.
	<i>Erwartet:</i> Falls die Transformation gültig ist, wird die Kante entsprechend transformiert. Dies funktioniert, sowohl im Challenge-Modus als auch im Creative-Modus.
/PTF_80/	Kameraposition verändern (bewegen, drehen und zoomen), sowohl im Challenge-Modus als auch im Creative-Modus.
	<i>Erwartet:</i> Die Kameraposition verändert sich wie gewünscht in die vorgegebene Richtung. Dies funktioniert, sowohl im Challenge-Modus als auch im Creative-Modus.
/PTF_90/	Erfolgreiches Beenden einer Challenge.
	<i>Erwartet:</i> Die Zeit wird gestoppt und der Abschlussbildschirm wird eingeblendet. Falls die Zeit für die Bestenliste ausgereicht hat, wird diese direkt eingetragen mit dem eingetragenen Spielernamen.
/PTF_100/	Speicherung eines Knotens den man im Creative-Mode erstellt hat und späteres Laden.
	<i>Erwartet:</i> Ein Knoten wird in einer Datei im Dateiaustauschformat gespeichert. Wenn diese Datei geladen wird erhält man den vorher abgespeicherten Knoten zurück.
/PTF_120/	Installation des Spiels auf Windows Zielsystemen.
	<i>Erwartet:</i> Installation ohne Problem und anschließende Lauffähigkeit des Spiels.
/PTF_130/	Restlose Deinstallation des Spiels von Windows Zielsystemen.
	<i>Erwartet:</i> Deinstallation des Spiels ohne verbliebene Dateien.

11.1.2 Negativtests

- /PTF_500/ Importieren einer Datei die keinen gültigen Knoten enthält.
- Erwartet:* Das Spiel bricht das Importieren ab und meldet, dass diese Datei keinen gültigen Knoten enthält.
- /PTF_510/ Erstellen einer Challenge mit zwei identischen Knoten.
- Erwartet:* Das Spiel überprüft die beiden Knoten auf Gleichheit. Wenn Gleichheit besteht wird die Erstellung der Challenge nicht durchgeführt, da beide Knoten identisch sind und somit die Challenge automatisch gewonnen wäre nach dem Start.
- /PTF_520/ Versuch eine nicht gültigen Transformation durchzuführen.
- Erwartet:* Wenn die Transformation an einer nicht gültigen Stelle beendet werden soll, so wird die Transformation nur bis zur letzten gültigen Stelle. Falls es keine gültige Stelle gibt wird keine Transformation durchgeführt.
- /PTF_530/ Versuch, ein Standard-Level zu löschen.
- Erwartet:* Der Spieler gibt bei ausgewähltem Standard-Level in der Übersicht den Befehl zu dessen Löschung ein. Standard-Levels können vom Spieler nicht gelöscht werden, es passiert nichts.

11.1.3 Extremtests

/PTF_1000/ Importieren einer sehr großen gültigen Knoten-Datei (mit mehreren hundert Kanten).

Erwartet: Das Spiel kann den Knoten importieren und korrekt überprüfen sofern die Ressourcen des Systems ausreichend sind.

/PTF_1010/ Erstellen einer Challenge mit zwei sehr Großen Knoten (jeweils mit mehreren Hundert Kanten).

Erwartet: Die Challenge wird erstellt sofern die beiden Knoten nicht identisch sind und das System genug Ressourcen besitzt um die Knoten zu laden.

/PTF_1020/ Wahllose Tasteneingaben im Creative-Mode.

Erwartet: Sofern gedrückte Taste keine Funktionalität erfüllt wird nicht passieren. Falls diese Taste eine Funktion erfüllt wird nur diese ausgeführt.

12 Entwicklung

12.1 Umgebung

12.1.1 Hardware

Mindestanforderung: Standard-Arbeitsplatz-Rechner.

12.1.2 Software

Entwicklungswerkzeuge:

Betriebssysteme:

- Windows 7
- Windows 8.1

Versionsmanagement:

- Git
- GitHub-Windows-Client

Teamwork:

- E-Mail-Verteiler
- Teamspeak 3
- Facebook Gruppen-Chat

Dokumente erstellen und bearbeiten:

- LaTeX
- MiKTeX 2.9

- Texstudio 2.6.6
- Texmaker 4.1
- Inkscape 0.48.4
- Active-Perl 5.16.3
- Adobe Reader 11.0.5
- Evince 2.32.0.145
- Microsoft Word (.docx- und .pdf-Unterstützung)

Programmierung:

- Visual Studio 2013
- XNA 4.0
- Blender 2.69
- C-Sharp

12.2 Hilfsmittel

- Whiteboard
- Basteldraht

13 Verzeichnisse

13.1 Fachausdrücke

Abschlussbildschirm Ist der eingeblendete Bildschirm nach dem erfolgreichen Abschluss eines Levels im Challenge-Mode. Hier wird Platzierung des Spielers in der Bestenliste angezeigt (anhand der Spielzeit) und der Spieler kann das Level bewerten. 15

Ausgangsknoten Diesen Knoten muss der Spieler im Challenge-Mode transformieren, sodass er dem Referenzknoten gleicht. 15, 17, 18, 36

Bestenliste Mit der Undo-Funktion kann eine vorherige Transformation zurückgenommen werden. 6, 18

Challenge Der Spieler bekommt die Aufgabe einen vorgegebenen Knoten nachzubauen. 6, 15–17

Creative Der Creative(-Mode) ist der erste Spielmodus. Im Creative(-Mode) baut der Spieler ausgehend von einer Grundform einen beliebigen (Gitter-)Knoten. Das Spiel gibt dem Spieler einige Hilfsfunktionen zur Bewertung der Komplexität seines gebauten Knotens. 6, 15–18, 36

Credits Die Nennung aller Mitwirkenden an der Entwicklung von Knot³ und Informationen zum Spiel. In der grafischen Oberfläche, dort wo der Schriftzug Knot³ zu sehen ist, genügt ein Klick auf denselben und die Credits werden angezeigt. 24

Datenaustauschformat Das Speicherformat der Level wie in den Produktdaten beschrieben. Knoten-Speicherformat, das auch für PSE-Gruppe Queup verwendbar ist. 6, 18

Easteregg Versteckte Funktionen und Spielinhalte. 7, 16

Einstellungsmenü In diesem Menü sind Einstellungen von Grafik und Ton möglich. Es ist über das Haupt- oder Pausemenü erreichbar. 24

gültiger Zug Eine Transformation, deren Ergebnis wieder ein Knoten ist. 32

Hauptmenü Dieses Menü ist der erste Bildschirm mit dem der Spieler interagieren kann. Hier kann er Einstellungen zum Spiel vornehmen (z.B. Grafik und Ton). 14, 37

Kamera Die Ansicht des Spielers auf den Knoten. 6

Knot Steht sowohl für das Spielkonzept als auch für den Namen des zu entwickelnden Spiels. 4

Knoten Im Spiel arbeitet der Spieler an einem dreidimensionalen (Gitter-)Knoten, dabei beginnt er mit einer Ausgangsform (im Zweidimensionalen z.B. ein Quadrat). Wie am Beispiel des Quadrats zu sehen ist, besteht ein Knoten aus einem geschlossenen Gebilde. 4, 15–17

Komplexität Methode, um die Knotenkomplexität und somit die Schwierigkeit eines Knotens zu bewerten. 21

Level In sich beendetes Spiel: Eine Challenge ist gleichzeitig ein Level. Ein Level hat einen Startknoten und einen Zielknoten. Transformiert der Spieler den Startknoten durch mehrere Schritte in den Zielknoten, so ist das Level beendet. Es gibt verschiedene Standard-Levels, welche von 1-10 mit steigender Schwierigkeit geordnet sind. 6, 17, 18

Mock-Up Prototypische Skizze einer grafischen Benutzeroberfläche. 3, 29

Modifikation Beschreibt eine beliebige Änderung am Knoten. Umfasst damit Transformationen, Einfärben, ... alles was den Knoten ändert. 6

Pause-Menü Sonderform vom Hauptmenü in dem Einstellungen zum laufenden Spiel getätigt werden können (z.B. Speichern, Laden, Grafikeinstellungen, Rückkehr zum Hauptmenü (beenden des aktuellen Spiels) und Verlassen Spiels) 14, 18, 37

Rasterpunkt Gitterpunktepunkte im Raum die in einem vorgegeben Abstand zu einander sind. 17

Redo Mit der Redo-Funktion kann eine vorherige Undo-Aktion wiederhergestellt werden. 7, 16

Referenzknoten Bildet die Referenz für die Transformation des Ausgangsknoten im Challenges-Mode. 15, 17, 18, 36

Rendereffekte Mit der Undo-Funktion kann eine vorherige Transformation zurückgenommen werden. 7, 16

Shadereffekte Mit der Undo-Funktion kann eine vorherige Transformation zurückgenommen werden. 7

Spieler So wird der Nutzer des Programmes genannt 14–18

- Spielername** Der Name der in den Bestenliste für den aktuellen Spieler eingetragen werden 14, 18
- Textur** Flächige Verbindung zwischen Kanten. 12
- Transformation** Verändern des Knoten durch Verschiebung der Kanten und Teilkanten. 15, 17
- Tutorial** In diesen speziellen Challenge-Leveln wird dem Spieler die Bedienung des Spieles erklärt. 16
- Undo** Mit der Undo-Funktion kann eine vorherige Transformation zurückgenommen werden. 6, 15, 16
- unmöglicher Zug** Züge, welchen den Knoten zerstören würden, wären sie erlaubt. Siehe 10.2: Gültige und ungültige Züge. 32
- virtueller Knoten** Wenn ein Spieler in Knot³ einen Zug ausführt, werden ihm durch eine vorläufige Skizzierung der Knoten-Transformationen (je nach Interaktion) die möglichen Resultate des Zugs gezeigt. 16
- Zielsystem** Systeme für die das Spiel entwickelt wurde und auf denen es ohne Probleme laufen sollte. Die Zielsysteme sind Windows 7 und Windows 8.1. 20
- Zug** Ein (Spiel-)Zug ist die Interaktion des Spielers mit dem 3D-Modell des Knotens, um selbigen zu transformieren. Zug meint i. A. einen gültigen Zug und ist die Kurzversion für Knoten-Transformation. 32

13.2 Abkürzungen

HfG	Hochschule für Gestaltung	4
PSE	Praxis der Softwareentwicklung	4, 42

13.3 Pflichtenheft-Bezeichner

AK	Abgrenzungskriterien	8
BB	Betriebsbedingungen	10
IG	Interessenten-Gruppe	9
NG	Nutzergruppe	9
OD	Optionale Daten	21
OEG	Optionales Einsatzgebiet	10
OFA	Präfix einer funktionalen Anforderungs-Kategorie, die optional ist	14–18
OGO	Optionale Grafische Oberflächen	24, 25
OIM	Optionales Interaktionsmodell	34
OK	Optionales Kriterium.	7
ONFA	Präfix einer nicht-funktionalen Anforderungs-Kategorie, die optional ist	19
PD	Pflicht-Daten	20, 21
PEG	Pflicht-Einsatz-Gebiet	10
PFA	Präfix einer funktionalen Anforderungs-Kategorie, die Pflicht ist.	14–18
PGO	Pflicht-Grafische-Oberflächen	24
PIM	Pflicht-Interaktionsmodell	33
PK	Pflicht-Kriterium.	6, 7
PNFA	Präfix einer nicht-funktionalen Anforderungs-Kategorie, die Pflicht ist	19
PTF	Pflicht-Testfall	36–39
VS	Betriebsmittel-Verbrauchs-Schätzung	12, 13