

UNTERSUCHUNGSBERICHT

Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes

GZ: BMVIT-795.319-IV/BAV/UUB/SCH/2012

**Entgleisung eines Güterzuges
in einem Bahnhof in Österreich
am 22. September 2012**

Inhalt

Seite

1.	Zusammenfassung	9
1.1.	Hergang	9
1.2.	Folgen	9
1.3.	Ursache	9
2.	Summary	9
2.1.	Genesis	9
2.2.	Consequences	9
2.3.	Cause	9
3.	Allgemeine Angaben	10
3.1.	Zeitpunkt	10
3.2.	Örtlichkeit	10
3.3.	Witterung, Sichtverhältnisse	10
3.4.	Behördenzuständigkeit	10
3.5.	Örtliche Verhältnisse	10
3.6.	Beteiligte Fahrten	11
3.7.	Zulässige Geschwindigkeiten	12
4.	Sachverhaltsdarstellung, Befundaufnahme	13
4.1.	Hergang	13
4.2.	Betriebliche Handlungen	14
4.3.	Besonderheit des Vorfalles	15
5.	Folgen	16
5.1.	Verletzte Personen	16
5.2.	Sachschäden an Infrastruktur	16
5.3.	Sachschäden an Fahrzeugen und Ladegut	16
5.4.	Schäden an Umwelt	16
5.5.	Summe der Sachschäden	16
5.6.	Betriebsbehinderungen	16
6.	Beteiligte, Auftragnehmer und Zeugen	16
7.	Aussagen / Beweismittel / Auswertungsergebnisse	17
7.1.	Befragungen (auszugsweise)	17
7.2.	Befundaufnahme Sicherungsanlage IM-Bf	18
7.3.	Befundaufnahme Tfz	18
7.4.	Befundaufnahme Entgleisungshergang	20
7.5.	Befundaufnahme Zugbildung	28
7.6.	Befundaufnahme Regelwerke	29
7.7.	Analyse der längsdynamischen Kräfte im Zugverband	42
7.8.	Befundaufnahme Fahrkantenschmierung	43
7.9.	Befundaufnahme Fahrweg	45
7.10.	Befundaufnahme 16. Wagen Gattung „Sgjs“	52
7.11.	Befundaufnahme entgleister 17. Wagen Gattung „Sggrs“	54
7.12.	Befundaufnahme 12. und 20. Wagen Gattung „Sggrss“	73
7.13.	Analyse der Entgleisung	74
7.14.	Sicherheitsempfehlungen aus Untersuchungsbericht	77
8.	Schlussfolgerungen	79
9.	Maßnahmen des IM	83
10.	Sonstige, nicht unfallkausale Unregelmäßigkeiten und Besonderheiten	84
11.	Ursache	84
12.	Berücksichtigte Stellungnahmen	84
13.	Sicherheitsempfehlungen	84

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Seite

Abbildung 1	Auszug aus Lageplanskizze IM-Bf (Quelle IM).....	10
Abbildung 2	Beteiligte Fahrt Güterzug (Quelle IM).....	11
Abbildung 3	Auszug aus VzG (Quelle IM).....	12
Abbildung 4	Auszug aus Buchfahrplan - Musterfahrplan (Quelle IM).....	12
Abbildung 5	Entgleisungsstelle im IM-Bf vom 12.07.2012 15:45:54 Uhr (Quelle IM).....	13
Abbildung 6	Vergleich der Vorfälle vom 16. August 2008 und 22. September 2012 (Quelle SUB).....	15
Abbildung 7	Stellwerk "VGS 80" im IM-Bf (Quelle IM).....	18
Abbildung 8	Wegbezogene Auswertung der Registriereinrichtung des Tfz BR 185 (Quelle DU).....	18
Abbildung 9	Wegbezogene Analyse der Registriereinrichtung des Tfz BR 185 (Quelle SUB).....	19
Abbildung 10	Übersicht Weiche 51 (Quelle IM).....	20
Abbildung 11	Erste Entgleisungsspur Weiche 51 – km 38,340 - Innenseite der bogenäußeren Schiene des rechten Stranges (Quelle IM).....	21
Abbildung 12	Ablaufende Entgleisungsspuren der beiden Radsätze - Weiche 51 – km 38,336 - Außenseite der bogenäußeren Schiene des rechten Stranges (Quelle IM).....	21
Abbildung 13	Beschädigtes Kleinenisen - Weiche 51 – km 38,335 - Außenseite der bogenäußeren Schiene des rechten Stranges (Quelle IM).....	22
Abbildung 14	Beschädigte Bedielung der EK km 38,273 auf Gleis 5 (Quelle IM).....	22
Abbildung 15	Bremsklötze vom vorlaufenden Radsatz des 17. Wagens vor der Weiche 36 (Quelle IM).....	23
Abbildung 16	Fortsetzung der Entgleisungsspuren im Bereich und nach der Weiche 36 (Quelle IM).....	23
Abbildung 17	Entgleisungsspuren im Bereich der Weiche 10 (Quelle IM).....	24
Abbildung 18	Entgleisungsspuren und Teile der HLL im Bereich der Weiche 9 (Quelle IM).....	24
Abbildung 19	Luftabsperrhahn der HLL mit dem Kupplungsschlauch vom 16. Wagen im Bereich der Weiche 9 (Quelle IM).....	25
Abbildung 20	Entgleisungsspuren im Bereich der Weiche 8 (Quelle IM).....	25
Abbildung 21	Schienenbruch ca. 7 m nach dem Ende der Weiche 8 (Quelle IM).....	26
Abbildung 22	Eingleisungsspuren im Bereich des Herzstücks der Weiche 8 (Quelle IM).....	26
Abbildung 23	Tabelle Analyse der Fahrt des Güterzuges (Quelle SUB).....	27
Abbildung 24	Daten Güterzug (Quelle IM).....	28
Abbildung 25	Grenzwert der Gleisverwindung (Quelle TSI CR Infra).....	31
Abbildung 26	Figur 7 aus ORE B55/RP8.....	32
Abbildung 27	Änderung der Überhöhung mit der Zeit der gegenständlichen Rampe (Quelle SUB).....	37
Abbildung 28	Dynamische Lastverteilung des 17. Wagens (Quelle IM).....	42
Abbildung 29	Weichenlageplan aus 2008 (Quelle IM).....	45
Abbildung 30	Größte zulässige Überhöhung (Auszug Quelle IM).....	46
Abbildung 31	Zitat IR (auszugsweise), Punkt 1.2 Tabelle Rangeinteilung der Strecken nach oberbautechnischen Gesichtspunkten (Quelle IM).....	47
Abbildung 32	Zitat IR (auszugsweise), Punkt 3.1 Überprüfung der Gleise (Quelle IM).....	47
Abbildung 33	Grenzwerte für die händische Messung der Spurweite in unbelastetem Zustand (Quelle IM).....	48
Abbildung 34	Grenzwerte für die händische Messung der 5-m-Verwindung in unbelastetem Zustand (Quelle IM).....	48
Abbildung 35	Händische Messung vom 23. September 2012 (Quelle IM).....	49
Abbildung 36	Analyse der händischen Messung der 5-m-Verwindung in unbelastetem Zustand (Quelle SUB).....	50
Abbildung 37	Gleislage im Bereich der Entgleisungsstelle gemessen mit dem Handmesswagen „HM3“ (Quelle IM).....	51
Abbildung 38	Technische Daten des 16. Wagens (Quelle ECM und IM).....	52
Abbildung 39	Schäden am Zughakenfenster und an der HLL am 16. Wagen - Wagenende zum nachgereihten 17. Wagen (Quelle SUB).....	53
Abbildung 40	Schematische Ansicht des 17. Wagens (Quelle ECM).....	54
Abbildung 41	Technische Daten des 17. Wagens (Quelle ECM und IM).....	54
Abbildung 42	Entgleistes Drehgestell I des 17. Wagens (Quelle SUB).....	55
Abbildung 43	Vorlaufender Radsatz, in Fahrtrichtung linkes Rad vom entgleisten Drehgestell I des 17. Wagens (Quelle SUB).....	56
Abbildung 44	Vorlaufender Radsatz, in Fahrtrichtung rechtes Rad vom entgleisten Drehgestell I des 17. Wagens (Quelle SUB).....	56

Abbildung 45	Unterseitig beschädigter Fahrzeugrahmen und nachlaufender Radsatz, in Fahrtrichtung linkes Rad vom entgleisten Drehgestell I des 17. Wagens (Quelle SUB).....	57
Abbildung 46	Unterseitig beschädigter Fahrzeugrahmen im Bereich des entgleisten Drehgestell I des 17. Wagens - Ansicht in Fahrtrichtung (Quelle SUB).....	57
Abbildung 47	Unterseitig beschädigter Fahrzeugrahmen im Bereich des entgleisten Drehgestell I des 17. Wagens - Detail (Quelle IM)	58
Abbildung 48	Nicht entgleistes Drehgestell II des 17. Wagens (Quelle SUB).....	58
Abbildung 49	Nicht entgleistes Drehgestell III des 17. Wagens (Quelle SUB).....	59
Abbildung 50	Schäden an der Schraubenkupplung am Wagenende des 17. Wagens zum vorgereichten Wagen (Quelle IM)	59
Abbildung 51	Verbogener Zughaken und verformtes Zughakenfenster am Wagenende des 17. Wagens zum vorgereichten Wagen (Quelle IM)	60
Abbildung 52	Drehgestellfahrmassen des 17. Wagens (Quelle RU).....	60
Abbildung 53	Auszug Auswertung des Zuglauf-Checkpoints – Achsfahr- und Fahrzeugmassen (Quelle IM).....	61
Abbildung 54	Auszug Auswertung des Zuglauf-Checkpoints – dynamische Lastverteilung (Quelle IM) .	62
Abbildung 55	Dynamische Lastverteilung des 17. Wagens (Quelle IM)	62
Abbildung 56	Dynamische Lastverteilung des 12. und 20. Wagens (Quelle IM)	73
Abbildung 57	Schematische Darstellung „Spießgang“ – (Quelle Internet – M. Koch - Gotha 2011)	74
Abbildung 58	Wankstellung des Wagens in der Überhöhung (Quelle SUB).....	75
Abbildung 59	Statische Radentlastung in der Überhöhung (Quelle SUB)	76

Verzeichnis der Abkürzungen und Begriffe

Achse	In verschiedenen Regelwerken der Eisenbahnunternehmen werden die Radsätze der Fahrzeuge als Achsen bezeichnet. Technisch gesehen handelt es sich dabei um Wellen.
BAV	Bundesanstalt für Verkehr
Bf	Bahnhof
bmvit	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
BR	Baureihe
DU	Dienstleistungsunternehmen
ECM	Entity in Charge of Maintenance (Für die Instandhaltung Verantwortlicher)
ES	Eingriffsschwelle
ERA	European Railway Agency (Europäische Eisenbahnagentur)
Fdl	Fahrdienstleiter
Gleisverwindung	Eine Gleisverwindung ist als Konstruktionsmerkmal der Trassierung in Übergangsbögen zu überhöhten Gleisbögen vorhanden. Die durch einen Höhenlagefehler hervorgerufenen Abweichungen von der geometrischen Sollage des Fahrweges verursachen ebenfalls Gleisverwindungen. Diese Unterschiede der gegenseitigen Höhenlage der Schienen bewirken eine Torsion des Fahrzeuges und leiten eine Änderung der Verteilung der Radaufstandskräfte ein (Auszug Quelle UIC).
Hbf	Hauptbahnhof
HL-Strecke	Hochleistungsstrecke
HLL	Hauptluftleitung
IM	Infrastruktur Manager (Infrastrukturbetreiber)
IM-Bf	Ereignisbahnhof
MESZ	Mitteleuropäische Sommerzeit
ORE	Forschungs- und Versuchsamt der UIC
SUB	Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes – Schiene
RU	Railway Undertaking (Eisenbahnverkehrsunternehmen)
SES	Soforteingriffsschwelle
Tfz	Triebfahrzeug
Tfzf	Triebfahrzeugführer
UIC	Union internationale des Chemins de Fer (Internationaler Eisenbahnverband)
UTC	Coordinated Universal Time (Koordinierte Weltzeit)
VK	Vehicle Keeper (Fahrzeughalter)
VzG	Verzeichnis örtlich zulässiger Geschwindigkeiten

Verzeichnis der Literatur- und Textstellen sowie Gutachten und Expertisen

- [1] Gutachterliche Stellungnahme zur Entgleisung des Zuges ■■■ im Bf ■■■ am 16. August 2008
- [2] BMVIT-795.106-II/BAV/UUB/SCH/2008 Untersuchungsbericht Entgleisung des Zuges ■■■ im Bf ■■■ am 16. August 2008
- [3] Gutachten zu der Entgleisung eines Container-Gelenktrawagens im Zug ■■■ von Hamburg nach Budapest im Bf ■■■ (Österreich) am 16. August 2008
- [4] Untersuchungsbericht der Unfalluntersuchungsstelle Bahnen und Schiffe (Schweiz) über Entgleisungen beim Spurwechsel ■■■ vom 12. und 28. Februar 2008 (Reg. Nr.: 08021201 / 08022801)

Die Gutachten, Untersuchungsberichte und Expertisen liegt der SUB vor.

Verzeichnis der Regelwerke

RL 2004/49/EG	„Richtlinie über die Eisenbahnsicherheit“
TSI OPE	Technische Spezifikation für die Interoperabilität zum Teilsystem „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems
TSI HS Infra	Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des konventionellen transeuropäischen Hochgeschwindigkeitsbahnsystems
TSI CR Infra	Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems
TSI CR Veh.	Technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge — Güterwagen“ des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems
EisbG 1957	Eisenbahngesetz 1957
UUG 2005	Unfalluntersuchungsgesetz 2005
MeldeVO Eisb	Meldeverordnung Eisenbahn 2006
EisbbV	Eisenbahnbau- und betriebsverordnung
EN 13803-1	Bahnanwendungen — Oberbau — Linienführung in Gleisen — Spurweiten 1 435 mm und größer - Teil 1: Durchgehendes Hauptgleis
EN 13803-2	Bahnanwendungen — Oberbau — Linienführung in Gleisen — Spurweiten 1 435 mm und größer - Teil 2: Weichen und Kreuzungen sowie vergleichbare Trassierungselemente mit unvermitteltem Krümmungswechsel
EN 13848-1	Bahnanwendungen — Oberbau — Gleislagequalität Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie
EN 14363	Bahnanwendungen — Fahrtechnische Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeuge — Prüfung des Fahrverhaltens und stationäre Versuche
EN 15427	Bahnanwendungen — Behandlung der Reibung zwischen Rad und Schiene — Spurkranzschmierung

Verzeichnis der Regelwerke des IM/RU/VK

SV	Signalvorschrift des IM
BV	Betriebsvorschrift des IM
RIV-BT	Beladetarif: UIC-Verladerichtlinien.
IR	Instandhaltungsregelwerk(e) für den Oberbau des IM
ORE B55/RP8	Entgleisungssicherheit von Güterwagen in Gleisverwindungen
OV	Oberbauvorschrift(en) des IM zur Linienführung von Gleisen (Normalspur)
UIC 432	Güterwagen – Fahrgeschwindigkeiten – Einzuhaltende technische Bedingungen
UIC 530-2	Güterwagen - Fahrsicherheit
UIC 544-1	Bremse – Bremsleistung
UIC 572	Aus mehreren ständig gekuppelten Elementen zusammengesetzte Wageneinheiten und Gelenkwagen
ZSB	Zusatzbestimmungen zur Signal- und zur Betriebsvorschrift des IM
AK-Tfz	Anforderungskatalog an Triebfahrzeuge für die Zulassung im Netz des IM

Untersuchungsverfahren

Der Untersuchungsbericht stützt sich auf folgende Aktionen der SUB:

- Es erfolgte keine Untersuchung vor Ort durch die SUB
- Zwischenbericht der IM, eingelangt am 24. Oktober 2012
- Untersuchungsakt des IM, eingelangt am 26. März 2013
- Unterlagen des VK und ECM, eingelangt am 28. Mai 2013
- Erster Informationsaustausch im Sinne von Art. 22 Abs. 3 der RL 2004/49/EG vom 19. Juli 2013 bis 2. August 2013
- Zweiter Informationsaustausch im Sinne von Art. 22 Abs. 3 der RL 2004/49/EG vom 14. August 2013 bis 2. September 2013
- Allfällige Rückfragen wurden bis 6. September 2013 beantwortet.
- Stellungnahmeverfahren vom 20. September 2013 bis 25. Oktober 2013.
- Fernmündliches Ansuchen des IM um Fristerstreckung bis 8. November 2013 zur Stellungnahme.

Vorbemerkungen

Die Untersuchung wurde gemäß den Bestimmungen des Art 19 Z 2 der RL 2004/49/EG in Verbindung mit den Bestimmungen des § 5 Abs 2 und 4 UUG 2005 durchgeführt.

Gemäß § 4 UUG 2005 haben Untersuchungen als ausschließliches Ziel die Feststellung der Ursache des Vorfalles, um Sicherheitsempfehlungen ausarbeiten zu können, die zur Vermeidung ähnlicher oder gleichartig gelagerter Vorfälle in der Zukunft beitragen können. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Untersuchung. Es ist daher auch nicht der Zweck dieses Berichtes, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären. Der gegenständliche Vorfall wird mit einem Untersuchungsbericht abgeschlossen. Der Untersuchungsbericht hat dabei die Anonymität aller Beteiligten derart sicherzustellen, dass jedenfalls keine Namen der beteiligten (natürlichen und juristischen) Personen enthalten sind. Soweit dies möglich ist, ohne die Schlüssigkeit und Nachvollziehbarkeit des Untersuchungsberichtes zu beeinträchtigen, enthält der Bericht auch keine topographischen Angaben, sodass die Anonymität der beteiligten Personen möglichst gewährleistet bleibt.

Bei den verwendeten personenbezogenen Bezeichnungen gilt die gewählte Form für beide Geschlechter.

Gemäß Art 25 Z 2 der RL 2004/49/EG werden Sicherheitsempfehlungen an die Sicherheitsbehörde und, sofern es die Art der Empfehlung erfordert, an andere Stellen oder Behörden in dem Mitgliedstaat oder an andere Mitgliedstaaten gerichtet. Die Mitgliedstaaten und ihre Sicherheitsbehörden ergreifen die erforderlichen Maßnahmen, um sicherzustellen, dass die Sicherheitsempfehlungen der Untersuchungsstellen angemessen berücksichtigt und gegebenenfalls umgesetzt werden.

Die Sicherheitsbehörde und andere Behörden oder Stellen sowie gegebenenfalls andere Mitgliedstaaten, an die die Empfehlungen gerichtet sind, unterrichten die Untersuchungsstelle mindestens jährlich über Maßnahmen, die als Reaktion auf die Empfehlung ergriffen wurden oder geplant sind (siehe Art 25 Z 3 der RL 2004/49/EG).

Die im Untersuchungsbericht zitierten Regelwerke beziehen sich ausschließlich auf die zum Zeitpunkt des Vorfalls gültige Fassung.

Gemäß § 14 Abs 2 UUG 2005 sind inhaltlich begründete Stellungnahmen im endgültigen Untersuchungsbericht in dem Umfang zu berücksichtigen, als sie für die Analyse des untersuchten Vorfalls von Belang sind. Dem Untersuchungsbericht sind alle inhaltlich begründeten, rechtzeitig eingelangten Stellungnahmen als Anhang anzuschließen.

Hinweis

Dieser Untersuchungsbericht darf ohne ausdrückliche Genehmigung der Bundesanstalt für Verkehr, Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes, nicht auszugsweise wiedergegeben werden.

Kontakt

Bundesanstalt für Verkehr
Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes
1210 Wien, Trauzlgasse 1
Fax.: +43/1/71162-659298
Email: uus-schiene@bmvit.gv.at
Homepage: <http://versa.bmvit.gv.at>

Empfänger

Dieser Untersuchungsbericht ergeht an:

Unternehmen/Stelle
Eisenbahninfrastrukturunternehmen und Personal
Eisenbahnverkehrsunternehmen
Dienstleistungsunternehmen und Personal
Fahrzeughalter
Dienstleistungsunternehmen (ECM)
Vertretung des Personals
Fahrzeugzulassungsbehörde
Oberste Eisenbahnbehörde Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Nationale Sicherheitsbehörde
Clusterbibliothek

1. Zusammenfassung

1.1. Hergang

Samstag, 22. September 2012, um 06:05 Uhr, ereignete sich in einem österreichischen Bahnhof (kurz „IM-Bf“), bei der signalmäßig tauglichen Fahrt eines Güterzuges mit Herabsetzung der Geschwindigkeit, eine Entgleisung der beiden Radsätze des vorlaufenden Drehgestells des 17. Wagens der Gattung „Sggrs“ (Gelenkwagen). Durch die Entgleisung kam es zu einer Zugtrennung zwischen dem 16. und 17. Wagen und zu einer Zwangsbremmung.

1.2. Folgen

Durch die Entgleisung wurden der betroffene und der vorgereihte Wagen leicht beschädigt. An der Infrastruktur entstand ein erheblicher Sachschaden.

Es kam zu erheblichen Verspätungen im Personen- und Güterverkehr.

Es wurden keine Personen verletzt oder getötet.

1.3. Ursache

Die Entgleisung erfolgte aufgrund einer zu großen Radentlastung im Zusammenspiel von Infrastruktur und Fahrzeug.

2. Summary

2.1. Genesis

At 06:05 hrs on 22 September 2012, at the signally movement of a freight train with reduced speed, in an Austrian station (short "IM-Bf"), there was a derailment of both wheelsets of the leading bogie of the 17th wagon type "Sggrs" (an articulated wagon). By the derailment, there was a train separation between the 16th and 17th wagons and an emergency braking occurred.

2.2. Consequences

Affected by the derailment, two wagon was slightly damaged. There was a considerable damage to the infrastructure. There have been considerable delays in passenger and freight traffic. There were no people injured or killed.

2.3. Cause

The derailment occurred due to high wheel unloading the interplay of infrastructure and vehicle.

3. Allgemeine Angaben

3.1. Zeitpunkt

Samstag, 22. September 2012, um 06:05 Uhr UTC+2 (MESZ)

3.2. Örtlichkeit

- Infrastruktur des IM (IM-Bf)

3.3. Witterung, Sichtverhältnisse

Heiter, + 10°C, keine Einschränkung der Sichtverhältnisse.

3.4. Behördenzuständigkeit

Die zuständige Eisenbahnbehörde ist die Oberste Eisenbahnbehörde im Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

3.5. Örtliche Verhältnisse

Der IM-Bf liegt an einer in diesem Streckenabschnitt zweigleisigen, elektrisch betriebenen Hauptbahn.

Die Oberleitung wird mit einer Nennspannung von 15 kV und einer Frequenz von 16,7 Hz betrieben.

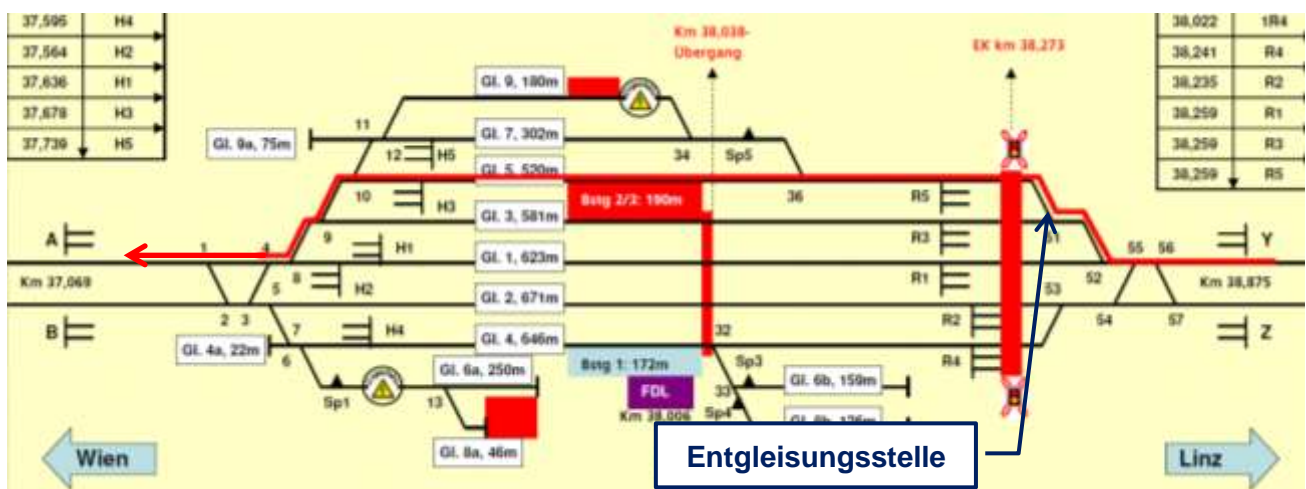


Abbildung 1 Auszug aus Lageplanskizze IM-Bf (Quelle IM)

Der IM-Bf ist mit einer Sicherungsanlage der Bauart „VGS 80“ (Vereinfachtes Gleisbildstellwerk) ausgerüstet. Die Betriebsabwicklung erfolgt gemäß den Bestimmungen und Vorgaben der Regelwerke des IM.

3.6. Beteiligte Fahrten

Güterzug	
Fahrt	Nicht personenbefördernder Zug (Kombinierter Ladungsverkehr - Ganzzug)
Fahrtverlauf	Internationaler Verkehr
Triebfahrzeug	BR 185
Güterwagen beladen	24
Güterwagen leer	11
Gesamtgewicht (Masse gemäß Maß- und Eichgesetz)	1441 t
Gesamtlänge, Gesamtzuglänge	664 m
Buchfahrplan Heft / Fahrplanmuster	101 / M 4012
Fahrplanhöchstgeschwindigkeit	100 km/h
Bremshundertstel erforderlich / vorhanden	71 % / 96 %
Bremmung	durchgehend und ausreichend gebremst
Besetzung	1 Tzfz
Einstellungsregister	Bezüglich der Registrierung der beteiligten nicht Österreichischen Fahrzeuge im jeweiligen nationalen Schienenfahrzeug-Einstellungsregister liegen der SUB keine Daten vor.

Abbildung 2 Beteiligte Fahrt Güterzug (Quelle IM)

3.7. Zulässige Geschwindigkeiten

Auszug aus VzG:

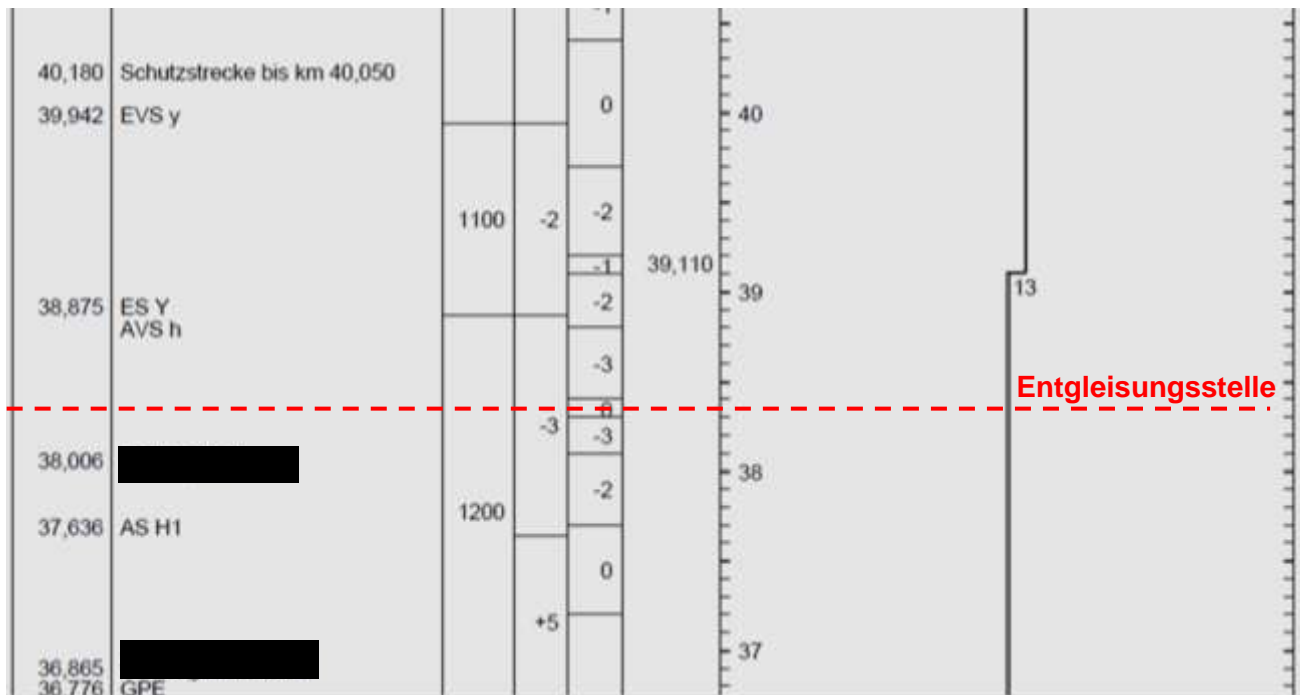


Abbildung 3 Auszug aus VzG (Quelle IM)

Die örtlich zulässige Geschwindigkeit betrug im betroffenen Streckenabschnitt gemäß VzG des IM 130 km/h.

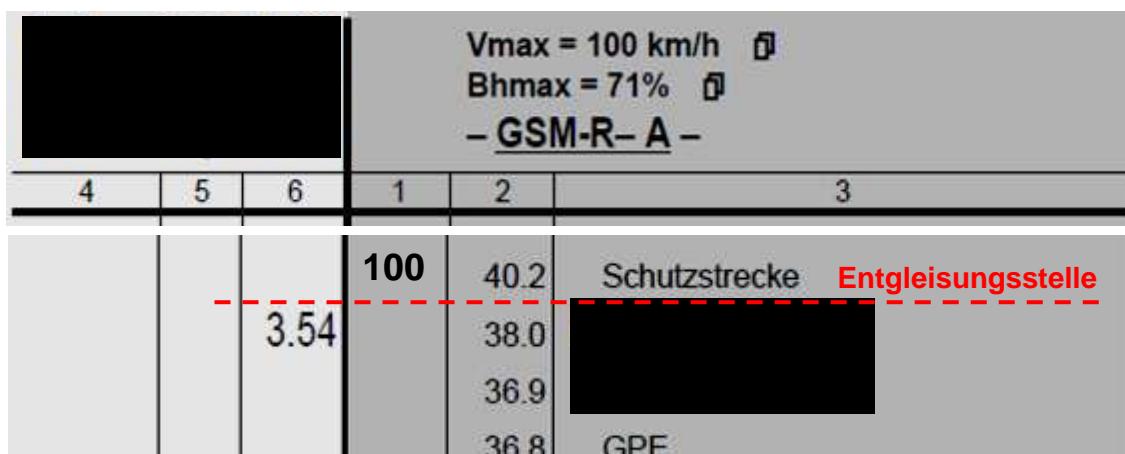


Abbildung 4 Auszug aus Buchfahrplan - Musterfahrplan (Quelle IM)

Die zulässige Fahrplangeschwindigkeit betrug 100 km/h.

Geschwindigkeitseinschränkungen durch Langsamfahrstellen oder schriftliche Aufträge waren nicht gegeben. Für die Fahrt des Güterzuges auf Gleis 5 wurde am Einfahrsignal „Y“ und am Ausfahrsignal „H5“ der Begriff „FREI MIT 60 km/h“ signalisiert. Das am Einfahrsignal „Y“ befindliche Ausfahrsvorsignal „h“ zeigte „HAUPTSIGNAL FREI MIT 60 km/h“.

4. Sachverhaltsdarstellung, Befundaufnahme

4.1. Hergang

Der Güterzug sollte in östliche Richtung geführt werden. Bezugnehmend auf die Gesamtmasse von 1441 t war im IM-Bf eine Durchfahrtsicherung für die nachfolgende Steigung erforderlich. Auf Grund der Zugfolge wurde der Güterzug beim „HALT“ zeigenden vor dem Einfahrsignal „Y“ des IM-Bf angehalten.

Infolge planmäßiger Bauarbeiten waren im IM-Bf das Gleis 1 und das Gleis 3 gesperrt., wodurch Richtung Osten Fahrten über Gleis 5 durchgeführt wurden.

Im IM-Bf wurde für den Güterzug eine gesicherte Zugstraße vom Streckengleis 1 über die Weichen 56, Weiche 55, 52 und 51, das Bahnhofsgleis 5 und der Weichen 36, sowie über die Weichen 10, 9 Weiche 8, 4 und 1 nach Streckengleis 1 in Richtung Osten gestellt. Das Einfahrsignal „Y“ und das Ausfahrsignal „H5“ zeigten jeweils die Signalbegriffe „FREI MIT 60 km/h“ (siehe Abbildung 1).



Abbildung 5 Entgleisungsstelle im IM-Bf vom 12.07.2012 15:45:54 Uhr (Quelle IM)

Nach dem Anfahren beschleunigte der Güterzug auf 44 km/h. Dadurch, dass sich Teile des Güterzuges noch in einem geringen Gefälle befanden, erhöhte sich die Geschwindigkeit bis zum Ausfahrtsignal „H5“ auf 48 km/h. Kurz nach dem Ausfahrtsignal „H5“ kam es infolge eines starken Luftverlustes in der HLL zu einer Zwangsbremmung.

Das Tzf kam im km 37,257 zum Stillstand. Bei der Untersuchung des Güterzuges durch den Tzf wurde eine Zugtrennung zwischen 16. und 17. Wagen sowie Beschädigungen an beiden Radsätzen des vorlaufenden Drehgestells des 17. Wagens – vermutlich durch eine vorangegangene Entgleisung - festgestellt. Zwischen den getrennten Zugteilen (16. und 17. Wagen) bestand nach dem Stillstand ein Abstand von ca. 50 m.

Bei der Überprüfung des Fahrweges wurden die ersten Spuren einer Entgleisung im Bereich der Weich 51 festgestellt..

Es wurden keine Personen verletzt oder getötet.

4.2. Betriebliche Handlungen

Durch den Signal- und Weichenbediener des IM-Bf wurden folgende Maßnahmen gesetzt:

- Sperre der Gleise 1 und 3 infolge Bauarbeiten gemäß Betriebs- und Bauanweisung 10965.
- Auf Grund der Gesamtmasse (Anfahrergrenzlast) wurde der Güterzug vor dem Einfahrtsignal „Y“ angehalten, um eine gesicherte Durchfahrt in der nachfolgenden Steigung zu gewährleisten.
- Nach dem Freiwerden der vorgelegenen Gleisabschnitte wurde im IM-Bf über Gleis 5 eine Durchfahrt gestellt (Einfahrtsignal „Y“ und Ausfahrtsignal „H5“ zeigten jeweils „FREI MIT 60 km/h“).

Zum besagten Zeitpunkt wurden keine registrierungspflichtigen Handlungen gesetzt. Bei der Zugbeobachtung des Güterzuges wurde Staubentwicklung und Funkenflug beobachtet.

4.3. Besonderheit des Vorfalles

Am 16. August 2008 erfolgte an der gleichen Stelle eine Entgleisung eines Güterzuges. Dieser Vorfall wurde mit einem Untersuchungsbericht [3] abgeschlossen. Vergleichbare Parameter sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst:

Datum des Vorfalles	16. August 2008	22. September 2012
Ort	Weiche 51 - km 38,340	
Fahrtverlauf	Anhalten vor Einfahrtsignal „Y“	
Gesamtzuggewicht (Masse)	1676 t	1441 t
Gesamtzuglänge	664 m	664 m
Tfz	BR 182	BR 185
Anzahl der Wagen	24 beladen	24 beladen 11 leer
Entgleister Wagen	Gattung „Sggrss“	Gattung „Sggrss“
Reihung im Zugverband	16. Wagen	17. Wagen
Aufliegende Fahrzeughälfte (A-Teil)	vorlaufend	
Entgleiste Drehgestelle	Drehgestell I + II	Drehgestell I
Massenverteilung		
Drehgestell I	19160 kg	16120 kg
Drehgestell II	34340 kg	32920 kg
Drehgestell III	38020 kg	35240 kg
Besonderheiten	Mängel am Drehgestell II: seitliche Kastenabstützung, Federung und Bremsgestänge	keine Mängel festgestellt

Abbildung 6 Vergleich der Vorfälle vom 16. August 2008 und 22. September 2012 (Quelle SUB)

5. Folgen

5.1. Verletzte Personen

Es wurden keine Personen verletzt oder getötet.

5.2. Sachschäden an Infrastruktur

Schwere Beschädigungen der Infrastruktur.

5.3. Sachschäden an Fahrzeugen und Ladegut

Geringer Sachschaden am entgleisten (17.) und am vorlaufenden (16.) Wagen .

5.4. Schäden an Umwelt

Keine Schäden an der Umwelt.

5.5. Summe der Sachschäden

Die Summe der Sachschäden an Fahrzeugen und Infrastruktur wurde auf ca. € 480 000,- geschätzt.

5.6. Betriebsbehinderungen

Sperre des Streckengleis 1 zwischen IM-Bf und dem in Fahrtrichtung nachgelegenen Bf bis 14:00 Uhr

Bezüglich der Dauer der Sperre von Gleis 5, Gleis 3 und Gleis 1 im IM-Bf liegen der SUB keine Angaben des IM vor.

6. Beteiligte, Auftragnehmer und Zeugen

- Eisenbahninfrastrukturunternehmen und Personal
- Eisenbahnverkehrsunternehmen
- Fahrzeughalter
- Dienstleistungsunternehmen und Personal

7. Aussagen / Beweismittel / Auswertungsergebnisse

7.1. Befragungen (auszugsweise)

Zitat Befragung Personal DU Güterzug (auszugsweise):

„Auf der Fahrt vor dem IM-Bf befand sich das Einfahrersignal „y“ in der Stellung „VORSICHT“ und das Einfahrersignal „Y“ in der Stellung „HALT“. Nach dem Anhalten und nachdem das Einfahrersignal „Y“ in die Stellung „FREI MIT 60 km/h“ gelangte, wurde die Fahrt fortgesetzt. Dabei wurde der Güterzug auf ca. 50 km/h beschleunigt.

Bei der Durchfahrt im IM-Bf wurden keine Unregelmäßigkeiten festgestellt. Kurz nach dem Passieren des Ausfahrersignales „H5“ wurde bemerkt, dass der Güterzug die Geschwindigkeit verringerte und ein Druckabfall in der HLL erfolgte. Diese Zwangsbremmung wurde mit einer Betriebsbremsung unterstützt.

Unmittelbar vor dem Stillstand erfolgte fmdl. eine Information vom IM-Bf, dass der Güterzug anscheinend entgleist sei, da eine starke Staubentwicklung stattgefunden habe.

Bei der anschließenden Überprüfung des Güterzuges wurde eine Zugtrennung und Entgleisungsspuren festgestellt. Der entgleist gewesene Wagen hat sich im Bereich der Ausfahrweiche wieder von selbst eingeleist.“

Zitat Befragung Personal IM (auszugsweise):

Auf Grund des Gesamtzuggewichtes (Anfahrergrenzlast) in Folge einer zuvor verkehrenden Fahrt wurde der Güterzug am Einfahrersignal „Y“ angehalten. Anschließend wurde eine Durchfahrt über Gleis 5 mit einer tauglichen Zugstraße gestellt.

Bei der Durchfahrt des Güterzuges wurde bei der Zugbeobachtung Staubentwicklung und in weiterer Folge Funkenflug festgestellt. Da eine Entgleisung vermutet wurde, wurde der Güterzug zum Anhalten beauftragt. Auf Grund des Druckverlustes in der HLL hatte der Güterzug bereits im östlichen Weichenbereich angehalten. Bei der anschließenden Wagenuntersuchung durch den Tzfz wurde kein entgleister Wagen (mehr) festgestellt. Die Spuren auf Gleis 5 wiesen auf eine stattgefundene Entgleisung hin.“

7.2. Befundaufnahme Sicherungsanlage IM-Bf

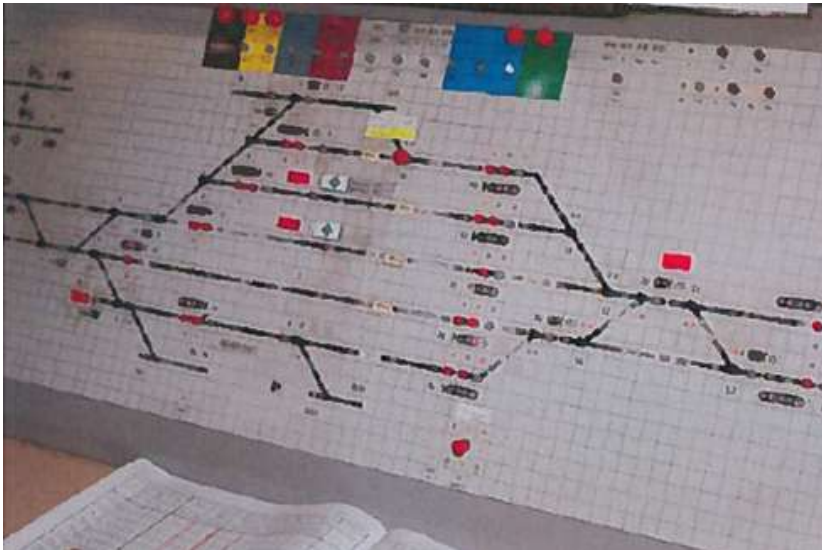


Abbildung 7 Stellwerk "VGS 80" im IM-Bf (Quelle IM)

Der IM-Bf ist mit einer Sicherungsanlage der Bauart „VGS 80“ (Vereinfachtes Gleisbildstellwerk) ausgerüstet.

Gemäß der Auswertung des Zählwerksdruckers wurden für die Fahrt des Güterzuges keine registrierpflichtigen Handlungen getätigt.

7.3. Befundaufnahme Tfz

Auswertung der Registriereinrichtung

Die Aufzeichnung der Registriereinrichtung des Tfz BR 185 wurde nach dem Ereignis gesichert und durch den DU ausgewertet.

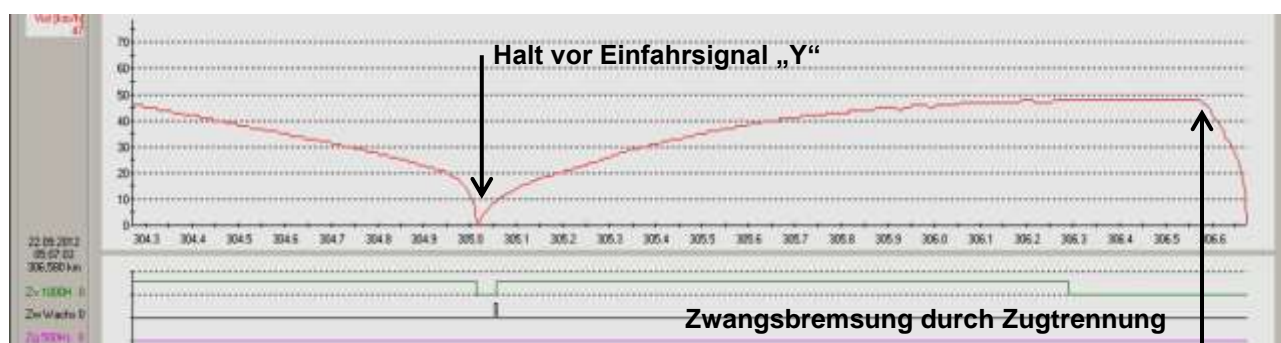


Abbildung 8 Wegbezogene Auswertung der Registriereinrichtung des Tfz BR 185 (Quelle DU)

Bezüglich des Einsatzes der elektrodynamischen Bremse liegen der SUB keine Aufzeichnungen vor.

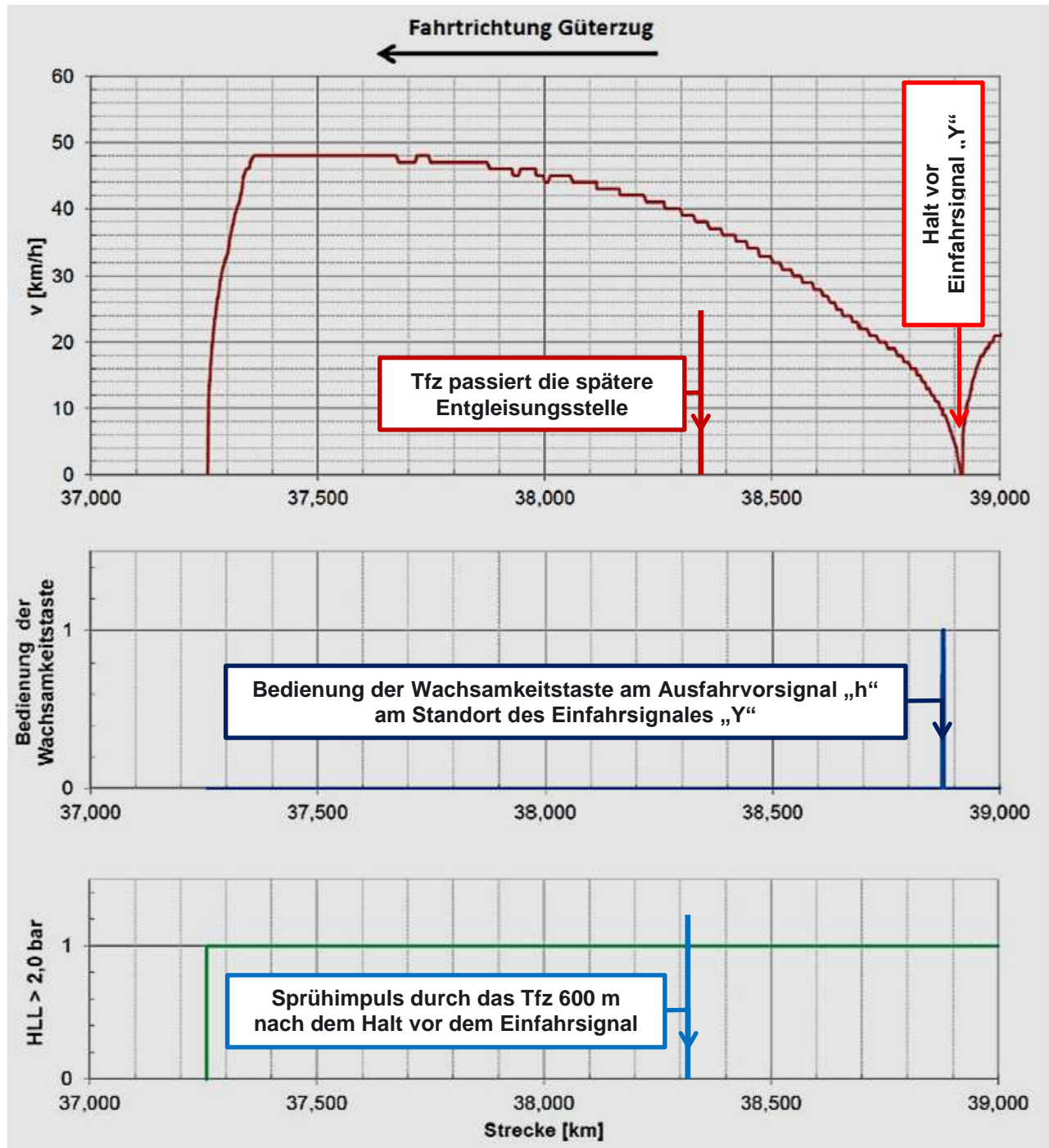


Abbildung 9 Wegbezogene Analyse der Registriereinrichtung des Tfz BR 185 (Quelle SUB)

Die Zugtrennung (Auftrennung der HLL) zwischen dem 16. und dem 17. Wagen im Zugverband bewirkte keine registrierte Druckabsenkung der HLL am Tfz unter 2,0 bar.

7.4. Befundaufnahme Entgleisungshergang

Im Bereich der Weiche 51 (10,3 m nach der Weichenspitze = km 38,350) wurden im km 38,340 erste Entgleisungsspuren festgestellt. Die Weiche 51 ist eine Innenbogenweiche der Bauart IBW-54E2-500-1:12 FSch (H) mit Verschluss Bauart „SPHEROLOCK®“ und wurde gegen die Spitze nach rechts (Strang mit der größeren Krümmung) befahren.



Abbildung 10 Übersicht Weiche 51 (Quelle IM)

Das vorlaufende Drehgestell des 17. Wagens entgleiste in Fahrtrichtung mit beiden Radsätzen nach links (bogenaußen).

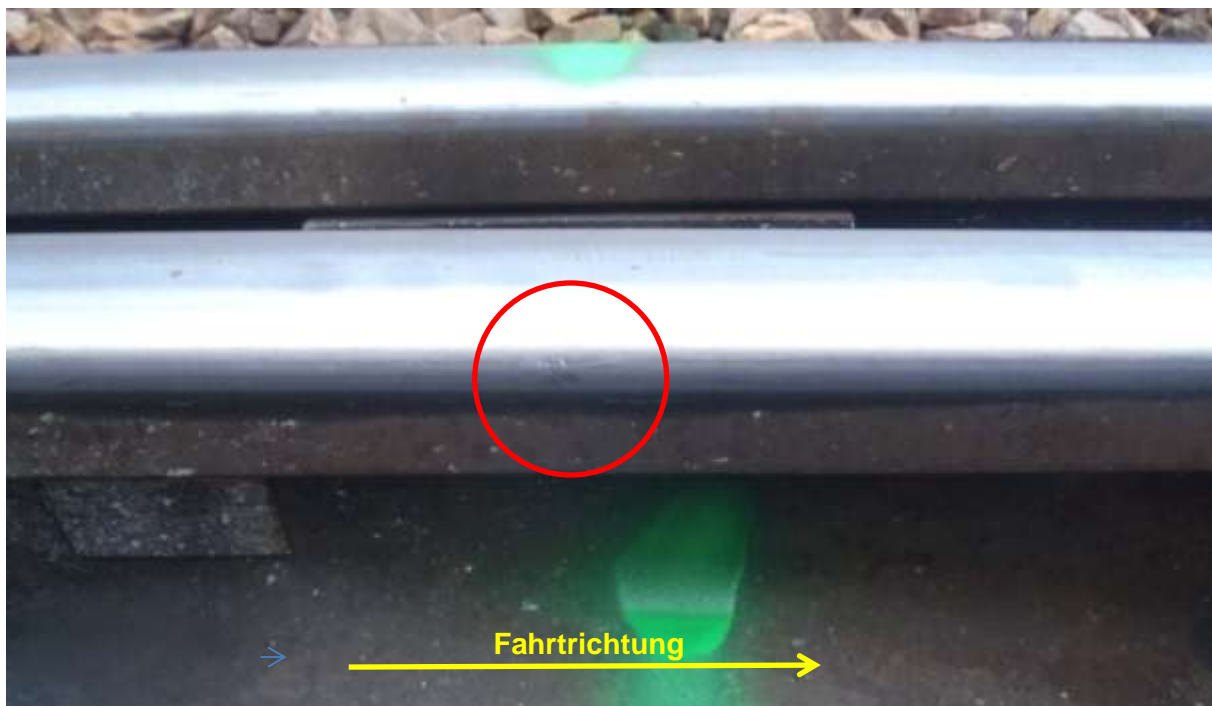


Abbildung 11 Erste Entgleisungsspur Weiche 51 – km 38,340 - Innenseite der bogenäußeren Schiene des rechten Stranges (Quelle IM)

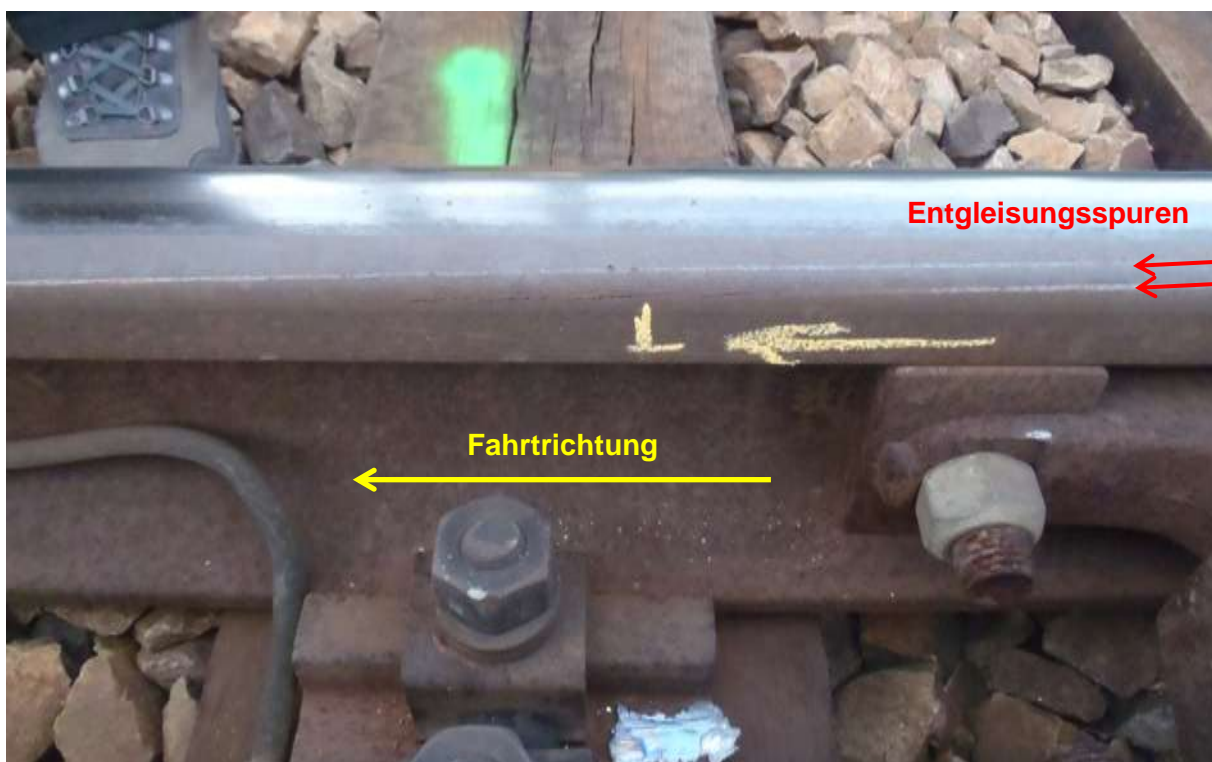


Abbildung 12 Ablaufende Entgleisungsspuren der beiden Radsätze - Weiche 51 – km 38,336 - Außenseite der bogenäußeren Schiene des rechten Stranges (Quelle IM)



Abbildung 13 Beschädigtes Kleineisen - Weiche 51 – km 38,335 - Außenseite der bogenäußeren Schiene des rechten Stranges (Quelle IM)

In weitere Folge wurde die Bedielung der EK km 38,273 auf Gleis 5, sowie die Weichen 36, 10 und 9 durch den entgleisten Wagen beschädigt. Im Bereich des Weichenendes der Weiche 8 erfolgte ein Durchriss der rechten Schiene des nicht befahrenen Stranges.



Abbildung 14 Beschädigte Bedielung der EK km 38,273 auf Gleis 5 (Quelle IM)

Zwischen der EK km 38,273 und dem Weichenanfang der Weiche 36 wurden zwei Bremsklötze und der Sicherungssplint des vorlaufenden entgleisten Radsatz des 17. Wagens vorgefunden.



Abbildung 15 Bremsklötze vom vorlaufenden Radsatz des 17. Wagens vor der der Weiche 36 (Quelle IM)



Abbildung 16 Fortsetzung der Entgleisungsspuren im Bereich und nach der Weiche 36 (Quelle IM)



Abbildung 17 Entgleisungsspuren im Bereich der Weiche 10 (Quelle IM)

Durch das seitliche Auswandern des entgleisten Drehgestells I des 17. Wagens um bis ca. 70 cm nach links kam es zu einer seitlichen Überpufferung mit dem vorgereichten 16. Wagen. Dabei wurde der Luftabsperrhahn der HLL mit dem Kupplungsschlauch vom 16. Wagen abgetrennt. Durch den Druckabfall in der HLL kam es zu einer Zwangsbremung. Am Tfz wurde kein Druckabfall der HLL < 2,0 bar registriert.



Abbildung 18 Entgleisungsspuren und Teile der HLL im Bereich der Weiche 9 (Quelle IM)



Abbildung 19 Luftabsperrhahn der HLL mit dem Kupplungsschlauch vom 16. Wagen im Bereich der Weiche 9 (Quelle IM)

Im Bereich der Weiche 9, ca. im km 37,610 wurde der Luftabsperrhahn der HLL mit dem Kupplungsschlauch vom 16. Wagen vorgefunden.

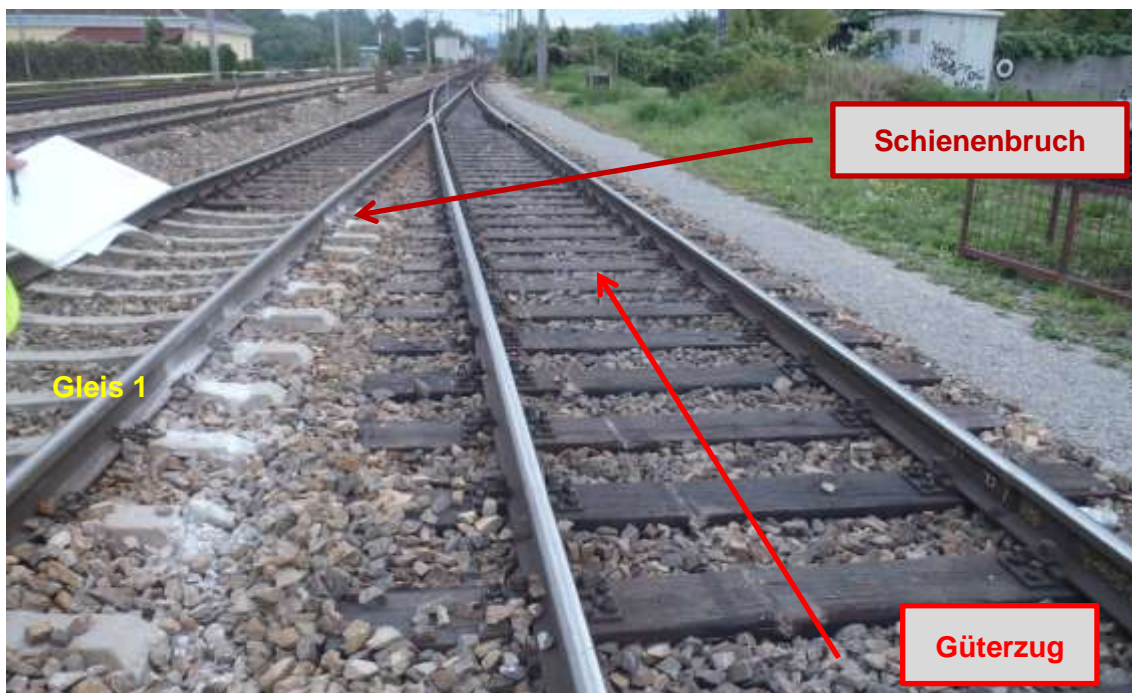


Abbildung 20 Entgleisungsspuren im Bereich der Weiche 8 (Quelle IM)



Abbildung 21 Schienenbruch ca. 7 m nach dem Ende der Weiche 8 (Quelle IM)

Anmerkung SUB: Der Schienenbruch ist durch das Anfahren eines Radsatzes am Übergang unterschiedlicher Schienenprofile (Schweißstoß) und am Übergang von Betonschwellen (steifere Bettung) auf Holzschwellen (weichere Bettung) zu erklären.



Beide Radsätze des vorlaufenden Drehgestells gleiten sich im Bereich des Weichenherzes der Weiche 8 wieder ein.

Das Tzf kam im km 37,257 zum Stillstand.

Abbildung 22 Eingleisungsspuren im Bereich des Herzstücks der Weiche 8 (Quelle IM)

Die Uhrzeit, die Lage des Tfz und die Lage des 17. Wagens wurden in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Daraus kann man erkennen, dass durch den Güterzug allgemein und den 17. Wagen im Besonderen beim Befahren der Weiche 51 (Entgleisungsstelle) eine nahezu konstante Geschwindigkeit von 45 km/h gefahren wurde. Die signalisierte zulässige Geschwindigkeit von 60 km/h wurde nicht überschritten.

Zeit	Lage Tfz [km]	V _{ist} [km/h]	Bedienung Wachsamkeitstaste	Anmerkung Tfz		Lage 1. Radsatz des 17. Güterwagens 304,87 m nach der Spitze des Tfz [km]	Anmerkung entgleister Wagen
05:59:43	39,942	54	1	Einfahrvorsignal "y"		40,247	
05:59:43	39,934	54	1			40,239	
06:01:35	38,919	6	0			39,224	
06:01:36	38,918	0	0	Stillstand Tfz vor Einfahrsignal "Y"		39,223	
06:01:47	38,918	0	0			39,223	
06:03:59	38,914	0	0			39,219	
06:04:05	38,909	2	0	Weiterfahrt vor Einfahrsignal "Y"		39,214	
06:04:21	38,879	9	0			39,184	
06:04:22	38,878	9	1			39,183	
06:04:23	38,875	9	1	Einfahrsignal "Y" (AVS "h")		39,180	
06:04:23	38,874	9	1			39,179	
06:05:19	38,574	29	0			38,879	
06:05:19	38,570	29	0	Ende Weiche 56 im Gleis 1		38,875	17. Güterwagen am Einfahrsignal "Y"
06:05:19	38,568	29	0			38,873	
06:05:43	38,344	38	0			38,649	
06:05:44	38,340	38	0	(spätere Entgleisungsstelle)		38,645	
06:05:44	38,339	38	0			38,644	
06:06:04	38,114	44	0			38,419	
06:06:04	38,110	44	0			38,415	Anfang Weiche 52 im Gleis 1
06:06:04	38,109	44	0			38,414	
06:06:07	38,073	44	0			38,378	
06:06:08	38,068	44	0			38,373	Ende Weiche 52 im Gleis 3
06:06:08	38,067	44	0			38,372	
06:06:09	38,049	45	0			38,354	
06:06:10	38,046	45	0			38,351	Anfang Weiche 51 im Gleis 3
06:06:10	38,043	45	0			38,348	
06:06:10	38,038	45	0			38,343	
06:06:11	38,035	45	0			38,340	Entgleisungsstelle
06:06:11	38,032	45	0			38,337	
06:06:13	38,007	44	0			38,312	
06:06:13	38,004	44	0			38,309	Ende Weiche 51 im Gleis 5
06:06:13	38,000	44	0			38,305	
06:06:15	37,974	46	0			38,279	
06:06:16	37,968	46	0			38,273	EK km 38,273
06:06:16	37,967	46	0			38,272	
06:07:01	37,378	48	0			37,683	
06:07:02	37,373	48	0			37,678	ungefähre Lage der Auftrennung und Druckverlust in der HLL
06:07:02	37,367	48	0			37,672	
06:07:10	37,283	28	0			37,588	ungefähre Lage Herzstück Weiche 8 = Eingleisung
06:07:11	37,278	26	0			37,583	
06:07:15	37,259	11	0			37,564	
						37,577	Stillstand nach Zwangsbremmung
06:07:16	37,257	0	0	Stillstand nach Zwangsbremmung	Zugtrennung		
06:07:27	37,257	0	0				
06:07:28	37,257	0	0				

Abbildung 23 Tabelle Analyse der Fahrt des Güterzuges (Quelle SUB)

7.5. Befundaufnahme Zugbildung

Güterzug	
Güterwagen beladen	24
Güterwagen leer	11
Gesamtgewicht (Masse gemäß Maß- und Eichgesetz)	1441 t
Gesamtlänge, Gesamtzuglänge	664 m
Bremshundertstel erforderlich / vorhanden	71 % / 96 %
Bremmung	durchgehend und ausreichend gebremst

Abbildung 24 Daten Güterzug (Quelle IM)

Im Zugverband waren außer dem entgleisten 17. Wagen noch zwei Wagen einer ähnlichen Gattung („Sggrss“ als zwölfter und als 20. Wagen) eingereiht. Bezüglich der Laufrichtung des jeweiligen A-Teils (vor- oder nachlaufend) liegen der SUB keine Angaben vor.

Aus den vorliegenden Zugpapieren war zu erkennen, dass am Tfz und den ersten fünf Wagen im Zugverband regelwerkskonform die Bremsstellung „G“ („Lange Lok“) eingestellt war und die Bremsberechnung regelwerkskonform erfolgte.

Die Regelwerke für die Bremsberechnung enthalten keine Berücksichtigung der Zuglänge. Der Korrekturfaktor für die Zuglänge > 500 m, Kappa-Wert für „P“-gebremste Züge gemäß UIC 544-1, Punkt 9.2 wurde nicht angewendet. Im gegenständlichen Fall hätten das ermittelte Bremsgewicht oder die errechneten Bremshundertstel mit einem Faktor von $\kappa=0,925$ gemäß UIC 544-1, Anlage K2 multipliziert werden müssen.

Bezüglich des Kuppelzustandes des Güterzuges liegen der SUB keine Angaben vor.

Bezüglich der Pufferschmierung des 16. Wagens und des entgleisten 17. Wagens liegen der SUB Bilder vor, die einen ausreichenden Schmierzustand zeigen.

7.6. Befundaufnahme Regelwerke

Infrastruktur:

Zitat TSI HS Infra (auszugsweise):

Punkt 4.2.7 (auszugsweise)

Die Überhöhung des Gleises ist die maximale Höhendifferenz zwischen Außen- und Innenschiene, gemessen in der Mitte der Schienenkopfoberfläche (in mm). Bei Messung in mm hängt der Wert von der Spurweite ab, bei Messung in Grad ist er von der Spurweite unabhängig.

Punkt 4.2.8.2 Unvermittelte Änderung des Überhöhungsfehlbetrags beim Zweiggleis von Weichen Strecken der Kategorien I, II und III

Die maximalen Planungswerte für die unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags bei Zweiggleisen sind wie folgt anzusetzen:

für Weichen mit zulässigen Geschwindigkeiten von $30 \text{ km/h} \leq V \leq 70 \text{ km/h}$ im abzweigenden Strang:

120 mm,

.....

*Für vorhandene Weichenkonstruktionen ist eine **Toleranz von 15 mm** in Bezug auf die vorstehend genannten Werte zulässig.*

Anmerkung SUB:

Im abzweigenden Strang der Weiche 51 beträgt der Bogenradius 429,8 m, zwischen WA und WE wurde ein Überhöhung von 125 mm gemessen. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt 60 km/h. Aus der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und dem Bogenradius errechnet sich eine ausgleichende Überhöhung von ca. 99 mm. In Gleisbögen entspricht der Überhöhungsfehlbetrag der Differenz (= 26 mm) zwischen der angewandten Überhöhung und der ausgleichenden Überhöhung für das Fahrzeug bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit.

Dieser Werte wurde bei der Weiche 51 eingehalten.

Zitat TSI CR Infra (auszugsweise):

Punkt 4.2.9.2. Soforteingriffsschwelle für die Gleisverwindung

Alle TSI-Streckenklassen

- 1) Die Soforteingriffsschwelle für die Gleisverwindung als Einzelfehler wird als Wert zwischen Null und dem Spitzenwert definiert. Die Gleisverwindung ist definiert als die algebraische Differenz zwischen zwei in einem festgelegten Abstand ermittelten gegenseitigen Höhenlagen und wird in der Regel als Neigung zwischen den beiden Stellen angegeben, an denen die gegenseitigen Höhenlagen gemessen werden. Die Messung wird an der nominalen Mitte des Schienenkopfes vorgenommen.*
- 2) Der Grenzwert der Gleisverwindung ist eine Funktion der Messbasis (l), die nach folgender Formel angewandt wird:*

$$\text{Verwindungsgrenzwert} = (20/l + 3)$$

a) wobei l die Messbasis (in m) ist und $1,3 \text{ m} \leq l \leq 20 \text{ m}$

b) und ein Höchstwert von 7 mm/m gilt.

- 3) Der Infrastrukturbetreiber muss im Instandhaltungsplan die Länge der Messbasis angeben, die zur Ermittlung der Gleisverwindung verwendet wird, damit die Erfüllung dieser Anforderung geprüft werden kann. Die Auswertung der Messdaten muss mindestens eine Basis zwischen 2 m und 5 m beinhalten.*

Besonderheit für TSI-Streckenklassen IV-F, IV-M, V-F, V-M, VI-F, VI-M, VII-F und VII-M (trifft nicht zu da der Radius > 420 m ist)

- 4) Ist der Radius einer horizontalen Kurve kleiner als 420 m und ist die Überhöhung $D > (R - 100)/2$, so ist die Gleisverwindung nach folgender Formel zu begrenzen: Verwindungsgrenzwert = $(20/l + 1,5)$ mit einem Höchstwert zwischen 6 mm/m und 3 mm/m, je nach Messbasis (trifft nicht zu, da der Radius > 420 m ist)*

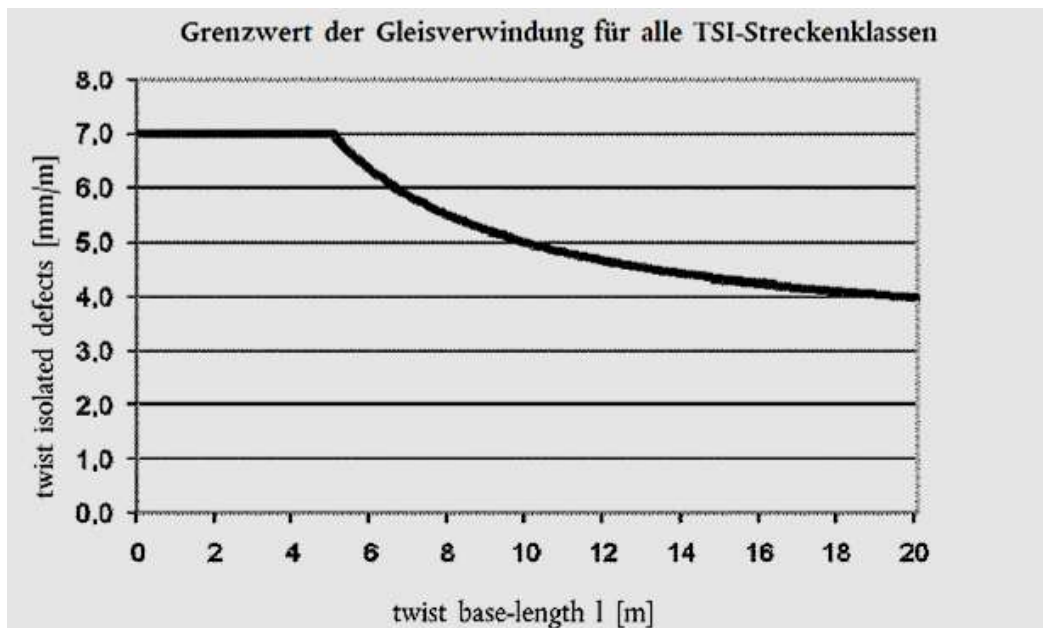


Abbildung 25 Grenzwert der Gleisverwindung (Quelle TSI CR Infra)

Der Grenzwert der 5-m-Verwindung (SES) beträgt für den gegenständlichen Fall 7 mm/m.

Zitat ORE B55/RP8 (auszugsweise):

Als mutmaßliche Ursache solcher Entgleisungen scheint ein gleichzeitiges Auftreten von Radkraftänderungen aus großen Gleisüberhöhungen und -verwindungen in Gleisbögen mit engen Gleisbogenhalbmessern zu sein, wenn sie mit geringer Geschwindigkeit befahren werden.

Die Wahrscheinlichkeit einer Verwindungsentgleisung wird erhöht, wenn

- in engen Gleisbögen größere krümmungsbedingte Führungskräfte anstehen,*
- kleine Radkräfte bei leeren oder teilbeladenen Fahrzeugen mit geringem Eigengewicht wirken,*
- bei torsionsharten Fahrzeugen die verwindungsbedingte Radkraftänderung begünstigt wird,*
- bei niedriger Fahrgeschwindigkeit die Kräfte quasistatischen Bedingungen unterliegen,*
- durch trockene Schienen ungünstige Reibungsverhältnisse überwiegen.*

In ORE B55/RP8 - Figur 7 (Grafik siehe Abbildung 26) wird die von einem Güterwagen ertragbare Gleisverwindung (g_n°) in Abhängigkeit von der zulässigen Gleisüberhöhung (u_n) dargestellt:

Gemäß Bogenverzeichnis des IM weist die Weiche 51 (eine Innenbogenweiche der Bauart IBW 54E2-500-1:12 FSch(H)) einen Radienübergang von 3030,7 m (Gleis 3) auf 429,8 m im abzweigenden Ast (nach rechts Gleis 5), bei einer maximalen Überhöhung von $D = 128$ mm auf.

Bei gleichbleibender Fahrzeugprüfverwindung gemäß Bericht ORE B55/RP8 - Figur 6 ($g^* = 15/2a^* + 2$; $4,5 \text{ m} \leq 2a^* \leq 20 \text{ m}$) gilt für die einzelnen Bereiche laut Figur 7 (Abbildung 26):

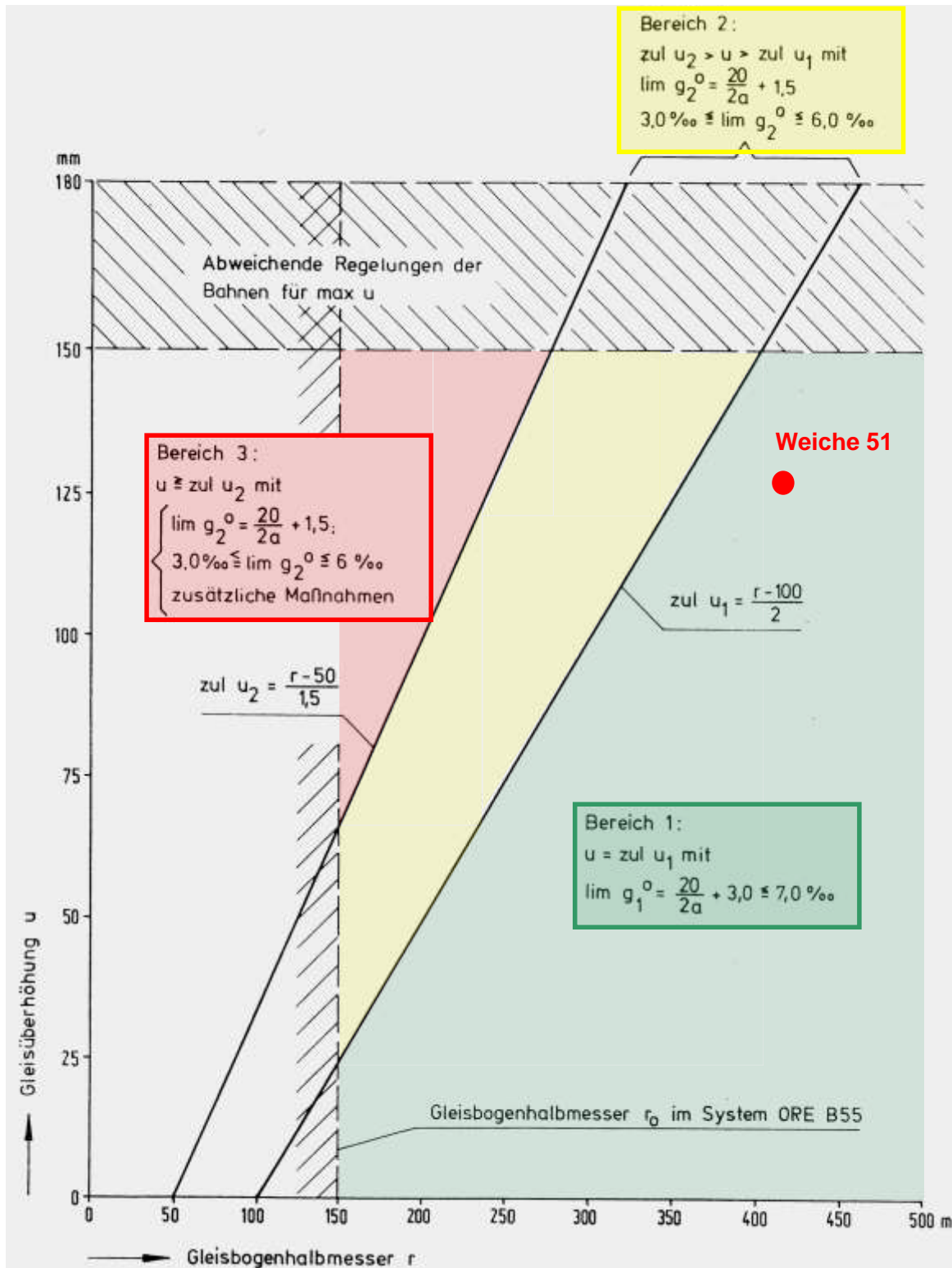


Abbildung 26 Figur 7 aus ORE B55/RP8

Bereich 1: Gleisgrenzverwindung wie heute in TSI HS Infra festgelegt, es wird jedoch die zulässige Überhöhung in Abhängigkeit vom Bogenhalbmesser begrenzt.
 $\lim g_1^\circ = (20/2a^*) + 3,0 \leq 7,0 \text{ ‰}$
da $\text{zul } u_1 \leq (r - 100) / 2$

Bereich 2: eingeschränkte Gleisgrenzverwindung bei Begrenzung der zulässigen Überhöhung
 $\lim g_2^\circ = (20/2a^*) + 1,5; 3,0 \text{ ‰} \leq \lim g_2^\circ \leq 6,0 \text{ ‰}$
weil $\text{zul } u_2 > u > \text{zul } u_1$; $\text{zul } u_2 = (r - 50) / 1,5$

Bereich 3: eingeschränkte Gleisgrenzverwindung bei Begrenzung der zulässigen Überhöhung mit zusätzlichen Maßnahmen
 $\lim g_2^\circ = (20/2a^*) + 1,5; 3,0 \text{ ‰} \leq \lim g_2^\circ \leq 6,0 \text{ ‰}$
weil $u \geq \text{zul } u_2$

Dabei gilt u [mm] und r [m]. Wobei die Überhöhung „ u “ der Überhöhung „ D “ gemäß EN 13803-1 entspricht

Die Gleisparameter (Radius und Überhöhung) liegen somit im unkritischen Bereich 1 gemäß ORE B55/RP8 - Figur 7 (Grafik siehe Abbildung 26).

Zitat EN 14363, Punkt 4.1.2.2.2 Gleisgrenzverwindung (auszugsweise):

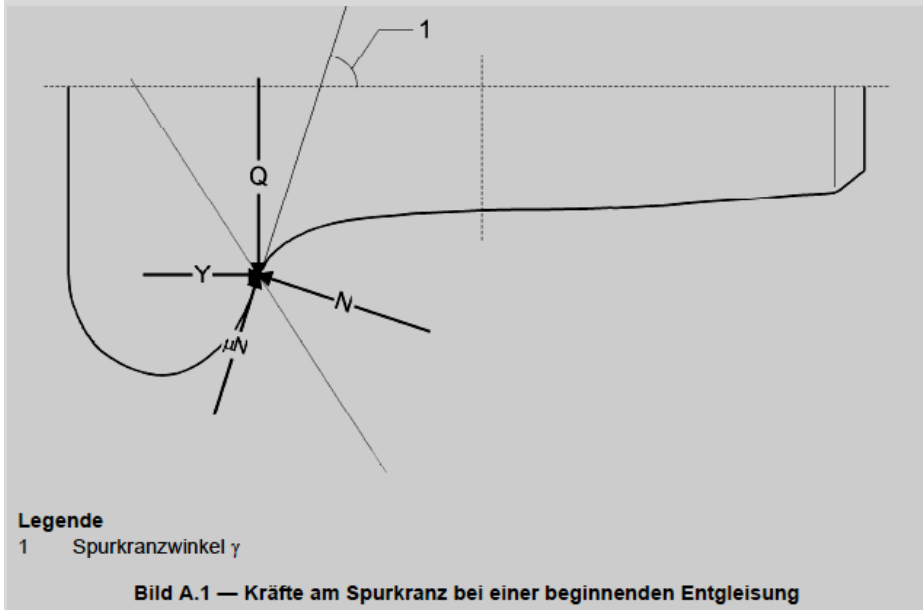
Die Gleisgrenzverwindung berücksichtigt die Verwindung aus der Trassierung und dem maximal zulässigen Fehler der gegenseitigen Höhenlage (Instandhaltungsgrenze) und beträgt bei den europäischen Eisenbahnen

$$g_{\lim} = \min(7,0; 20 / 2a + 3,0)$$

mit $2a$ als Längsbasis in m und g_{\lim} in ‰. Der Geltungsbereich ist auf $2a \leq 20$ m begrenzt.

Fußnote: In den Streckennetzen der DB, NS, ÖBB, PKP, SNCF wurden mehrere Messungen durchgeführt, die zur Festlegung der Gleisgrenzverwindung in Abhängigkeit von der Längsbasis führten. Diese Messungen umfassten einen Längenbereich von 1,8 m bis 19,8 m.

Zitat EN 14363, Anhang A (informativ) - Bild A.1 System der Kräfte, wie sie am Spurkranzberührungspunkt wirken (auszugsweise):



Eine laterale Kraft Y und eine vertikale Kraft Q wirken auf das Rad ein. Im Berührungspunkt wirken die Normalkraft N und die Reibkraft μN ein. Das Kräftegleichgewicht in Quer- und Vertikalrichtung ergibt die folgende Gleichungen:

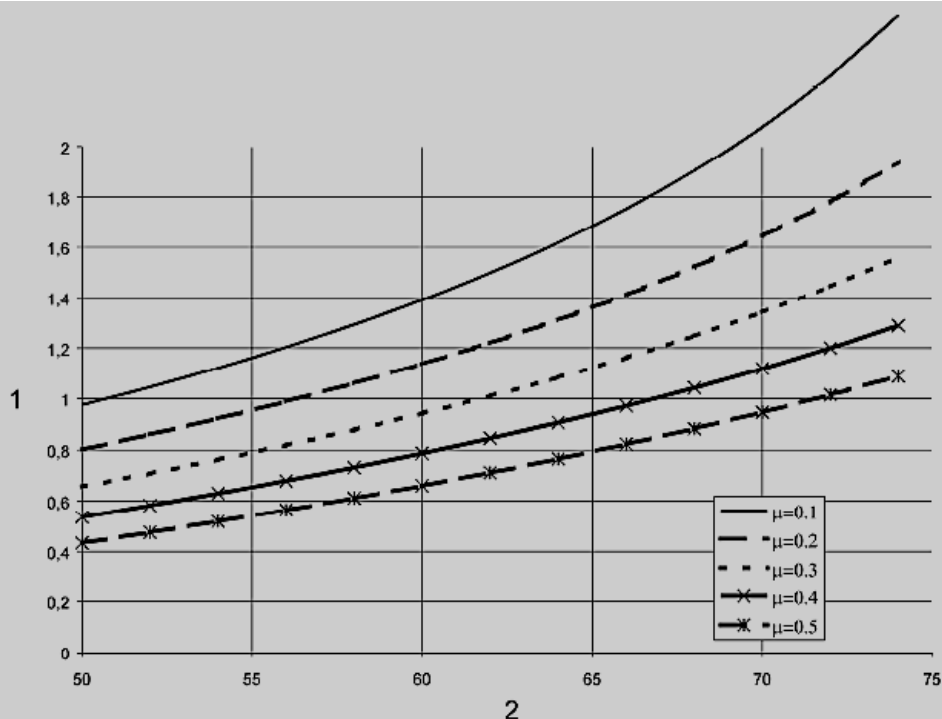
$$Y = N \sin \gamma - \mu N \cos \gamma$$

$$Q = N \cos \gamma + \mu N \sin \gamma$$

Daraus kann die Gleichung für (Y/Q) berechnet werden (nach Nadal):

$$\frac{Y}{Q} = \frac{\tan \gamma - \mu}{1 + \mu \tan \gamma}$$

Der Grenzwert (Y/Q) hängt vom Spurkranzwinkel γ und dem Reibungskoeffizienten am Spurkranz μ ab. Werte für übliche Bereiche von Spurkranzwinkel und Reibungskoeffizienten sind Bild A.2 dargestellt:



Legende

- 1 Grenzwert Y/Q
2 Spurkranzwinkel [Grad]

Bild A.2 — Grenzwert von (Y/Q) , abhängig von Spurkranzwinkel und Reibungskoeffizient

Die vorstehende Grafik zeigt, dass der Reibungskoeffizient am Spurkranz μ einen wesentlichen Einfluss auf den Grenzwert (Y/Q) hat.

Um den Reibungskoeffizienten niedrig zu halten werden

- ortsfeste Anlagen für die Fahrkantenschmierung und
- Spurkranzschmieranlagen an Tfz

verwendet.

Eine Reduktion der Fahrgeschwindigkeit in Bereichen mit Überhöhungsüberschuss fördert nicht die Sicherheit gegen Entgleisungen (Zitat ORE B55/RP8 auf Seite 31).

Zitat EN 13803-1 Punkt 5.2.2 Überhöhung D (auszugsweise):

Die Überhöhung D ist unter Berücksichtigung folgender Punkte zu wählen:

- eine große Überhöhung in Bögen mit kleinen Radien erhöht die Gefahr einer Entgleisung von Güterwagen bei geringer Geschwindigkeit. Dabei ist die auf die äußere Schiene wirkende senkrechte Radkraft wesentlich verringert, insbesondere wenn eine zusätzliche Radentlastung durch Gleisverwindungen auftritt (Näheres hierzu siehe [ORE B 55/RP8]);*
- Überhöhungen von mehr als 160 mm können zu Ladungsverschiebungen und Einschränkung des Reisekomforts führen, wenn Züge außerplanmäßig in einem Bereich mit großer Überhöhung halten. Darüber hinaus kann bei zu großer Überhöhung die Stabilität von Arbeitsfahrzeugen und außergewöhnlichen Ladungen mit hohem Schwerpunkt gefährdet werden;*
- eine große Überhöhung vergrößert den Überhöhungsüberschuss in Bögen mit großem Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten der schnellen und der langsameren Züge.*

Punkt 5.2.6.1 Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt (auszugsweise)

Im Allgemeinen finden sich Überhöhungsrampen in Übergangsbögen. Es kann jedoch notwendig sein, Überhöhungsrampen in Kreisbögen und Geraden einzusetzen.

Für Überhöhungsrampen mit konstanter Neigung muss die folgende Beziehung mit ΔD als Überhöhungsänderung angewandt werden:

$$\frac{dD}{dt} = \frac{\Delta D}{L_D} \cdot \frac{V}{q_V} \leq \left(\frac{dD}{dt} \right)_{\text{lim}} \quad [\text{mm/s}]$$

dabei ist L_D die Länge der Überhöhungsrampe in Meter, V ist die Fahrzeuggeschwindigkeit in km/h und $q_V = 3,6 \text{ km} \cdot \text{s}/(\text{h} \cdot \text{m})$.

Normale und außergewöhnliche Grenzwerte für die Änderung der Überhöhung mit der Zeit sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 — Änderung der Überhöhung mit der Zeit $(dD/dt)_{\text{lim}}$ für konstante Neigung der Überhöhungsrampe

	Normale Grenzwerte	Außergewöhnliche Grenzwerte
Züge ohne Neigetechnik $v \leq 200$ km/h		
$I \leq 168$ mm	50 mm/s	70 mm/s ^a
$168 \text{ mm} < I \leq 183$ mm	50 mm/s	50 mm/s
Züge ohne Neigetechnik $200 \text{ km/h} < v \leq 300$ km/h		
	50 mm/s	60 mm/s
^a Dort, wo $I < 153$ mm und $dI/dt \leq 70$ mm/s ist, kann der außergewöhnliche Grenzwert für dD/dt auf 85 mm/s erhöht werden.		

Anmerkung SUB: Auf Grund der vorhandenen Rampenneigungen und der gefahrenen und zulässigen Geschwindigkeiten ergeben sich folgende dD/dt :

Rampenneigung	$v_{\text{zul}} = 60 \text{ km/h} = 17,77 \text{ m/s}$	$v_{\text{st}} = 45 \text{ km/h} = 12,5 \text{ m/s}$
1:400 2,5 mm/m	64,0 mm/s	31,3 mm/s
1:278 3,6 mm/m	44,44 mm/s	45,0 mm/s

Abbildung 27 Änderung der Überhöhung mit der Zeit der gegenständlichen Rampe (Quelle SUB)

Die außergewöhnlichen Grenzwerte für dD/dt gemäß EN 13803-1 werden bei der gegenständlichen Rampe bei der zulässigen Geschwindigkeit eingehalten. Bei der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit wurde der normale Grenzwert eingehalten.

Der Anhang H (informativ) der EN 13803-1 enthält eine Zusammenfassung der Arbeitsergebnisse des ORE Ausschusses B 55 — Größte zulässige Überhöhung.

Zitat EisbBBV, § 6 (auszugsweise):

(5) Jede Änderung der Überhöhung ist durch eine Überhöhungsrampe zu vermitteln, deren Neigung bei Hauptbahnen nicht größer sein darf als 1:400.

Anmerkung SUB: Eine Rampe mit der Neigung 1:400 entspricht 2,5 mm/m.

Fahrzeuge:

Grundsätzlich wurde festgestellt, dass die Fahrzeugprüfverwindung von Güterwagen gemäß TSI CR Veh. geringer ist als die zulässige Gleisverwindung gemäß TSI HS Infra und weiterer Normen. Fahrzeuge und Infrastruktur halten ihre derzeit geltenden Regelwerke ein. Die weitestgehenden Untersuchungen zu diesem Thema wurde durch die Arbeitsgruppe ORE – B55 durchgeführt und mit dem Bericht ORE B55/RP8 im April 1983 abgeschlossen.

Zitat TSI CR Veh. (auszugsweise):

Punkt 4.2.3.4.2.1. Sicherheit gegen Entgleisen und Fahrstabilität (auszugsweise):

Um die Gefahr eines Aufkletterns des Spurkranzes auf die Schiene gering zu halten, darf der Quotient aus

Querkraft Y und vertikaler Last Q eines Rades nicht über

$(Y/Q)_{lim} = 0,8$ für große Bögen mit $R \geq 250$ m

$(Y/Q)_{lim} = 1,2$ für kleine Bögen mit $R < 250$ m liegen.

Punkt 4.2.3.4.2.2. Sicherheit gegen Entgleisen beim Befahren von Gleisverwindungen (auszugsweise):

Güterwagen können Gleisverwindungen befahren, wenn der Quotient (Y/Q) bei stationären Prüfungen den Grenzwert in Abschnitt 4.2.3.4.2.1 einhält für einen Gleisbogen mit Radius $R = 150$ m und für eine maßgebende Gleisverwindung von:

für die Längsbasis $1,3 \text{ m} \leq 2a^$*

— $g_{lim} = 7 \text{ ‰}$ für $2a^+ < 4 \text{ m}$

— $g_{lim} = 20/2a^+ + 2$ für $2a^+ > 4 \text{ m}$

— $g_{lim} = 20/2a^ + 2$ für $2a^* < 20 \text{ m}$*

— $g_{lim} = 3 \text{ ‰}$ für $2a^ > 20 \text{ m}$*

Die Längsbasis $2a^$ bezieht sich auf den Radsatzabstand bei zweiachsigen Wagen bzw. auf den Drehzapfenabstand bei Drehgestellgüterwagen. Die Längsbasis $2a^+$ stellt den Radsatzabstand innerhalb eines Drehgestells dar.*

Zitat Punkt 6.2.3.2.1.3. Ausnahmen von der Prüfung des dynamischen Fahrverhaltens für Wagen, die für Geschwindigkeiten bis 100 km/h oder 120 km/h gebaut oder umgerüstet werden (auszugsweise):

Güterwagen dürfen mit Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h oder 120 km/h fahren, ohne sie einer erneuten Prüfung des dynamischen Fahrverhaltens zu unterziehen, wenn sie die Bedingungen in den Abschnitten

— Längsdruckkräfte 4.2.3.5

— Statische Radsatzlast, dynamische Radlast und Meterlast 4.2.3.2

erfüllen und mit einer (einem) der nachstehend aufgeführten Radsatzanlenkungen oder Drehgestelle ausgerüstet sind.

Wagen mit zweiachsigen Drehgestellen

Die Güterwagen sind mit Drehgestelltypen oder Varianten auszurüsten, sofern die Änderungen an der grundlegenden Bauart nur Elemente betreffen, die das dynamische Fahrverhalten nicht beeinflussen können. Diese Drehgestelle sind in Anhang Y in den beiden Tabellen für Wagen mit zweiachsigen Drehgestellen aufgeführt.

Zitat Punkt 6.2.3.2.1.4. Ausnahmen von stationären Prüfungen (auszugsweise):

Güterwagen sind von den in Abschnitt 4.2.3.4.2.1 genannten stationären Prüfungen ausgenommen, wenn sie die Anforderungen des UIC-Merkblattes 530-2 (Mai 2006) erfüllen.

Zitat Anhang Y (auszugsweise):

Anhand einer bisherigen UIC/RIV-Bestimmung zugelassene Drehgestelle werden als IC angesehen, wenn der Parameterbereich dieser neuen Anwendung (einschließlich des Wagenkastens) innerhalb des bereits mit einer bestehenden Anwendung nachgewiesenen Parameterbereichs bleibt.

Anhand einer bisherigen nationalen Bestimmung zugelassene Drehgestelle werden als IC angesehen, wenn die bisherige nationale Bestimmung auf einer bisherigen UIC-Bestimmung beruht und der Parameterbereich dieser neuen Anwendung (einschließlich des Wagenkastens) innerhalb des bereits mit einer bestehenden Anwendung nachgewiesenen Parameterbereichs bleibt.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Drehgestelle zusammengefasst, die nach den obigen Kriterien berücksichtigt werden können.

Tabelle Y.2: Drehgestelle mit zwei Radsätzen für Güterwagen bis 120 km/h

Drehgestellbauart	Max. Radsatzlast [kN]
K17, Y 25 LD, Y 27 LDm, DRRS, 4RS/N, WU83, Y25Lss, Y21Ls(s)e, AM III DB 624, DB 626, DB 627, DB 644, DB 654, DB 666 DB 557	220 (22,5 t)

Anmerkung SUB: Es gilt somit das UIC-Merkblatt 530-2.

Zitat Merkblatt UIC 530-2 (auszugsweise):

Punkt 2.1.3 – Grundlegende Bedingungen für Güterwagen unabhängig von der Art ihrer Kupplung, Punkt 2.1.3, Zur Beurteilung der Sicherheit gegen Entgleisung beim Befahren von Gleisverwindungen muss bei Neubaugüterwagen, der die konstruktiven Merkmale des Wagens kennzeichnende Punkt in den Diagrammen der Anlagen A, B und C oberhalb der Linie A-A (Grenzkurve für das Befahren von Gleisverwindungen) im zulässigen Bereich liegen. Wenn die Linie A-A im Diagramm nicht eingetragen ist (sind), gibt es keine Begrenzung der Verwindungssteifigkeit c_t^ .*

Fußnote: Die Studien basieren auf der Untersuchung des ORE B55.

Für Güterwagen, die mit den konstruktiven Merkmalen der Anlagen A, B und C nicht übereinstimmen, muss die Sicherheit gegen Entgleisung beim Befahren von Gleisverwindungen gemäß des im Bericht B55/RP8 dargelegten Berechnungs- und Prüfverfahrens beurteilt werden.

Zusammengefasst bedeutet dies, dass die Anwendung der Diagramme der Anlagen A, B und C des Merkblatts UIC 530-2 eine Vereinfachung des Nachweises der Sicherheit gegen Entgleisung beim Befahren von Gleisverwindungen darstellt; ansonsten ist dieser Nachweis gemäß Bericht ORE B55/RP8 zu erbringen.

Zitat ORE B55/RP8 (auszugsweise):

Als mutmaßliche Ursache solcher Entgleisungen scheint ein gleichzeitiges Auftreten von Radkraftänderungen aus großen Gleisüberhöhungen und -verwindungen in Gleisbögen mit engen Gleisbogenhalbmessern zu sein, wenn sie mit geringer Geschwindigkeit befahren werden.

Die Wahrscheinlichkeit einer Verwindungsentgleisung wird erhöht, wenn

- in engen Gleisbögen größere krümmungsbedingte Führungskräfte anstehen,*
- kleine Radkräfte bei leeren oder teil beladenen Fahrzeugen mit geringem Eigengewicht wirken,*
- bei torsionsharten Fahrzeugen die verwindungsbedingte Radkraftänderung begünstigt wird,*
- bei niedriger Fahrgeschwindigkeit die Kräfte quasistatischen Bedingungen unterliegen,*
- durch trockene Schienen ungünstige Reibungsverhältnisse überwiegen.*

Der Modellvorstellung liegt eine statistische Aussagewahrscheinlichkeit von $P = 95\%$ bei beidseitiger Abgrenzung zugehöriger Verteilungen zugrunde, die bei der Lösung von technischen Problemen allgemein angewendet wird. Hieraus resultiert eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$. Wegen dieser modellbedingten Unsicherheit ist auch im vollständig bedingungsgemäßen Systemzustand Fahrweg/Fahrzeug eine Resthäufigkeit von Verwindungsentgleisungen zu erwarten. Nach umfangreichen Erfolgskontrollen zum Nachweis der Übereinstimmung zwischen Modellvorstellung und tatsächlicher Häufigkeit von Verwindungsentgleisungen erscheint die gewählte Aussagewahrscheinlichkeit als ausreichend.

Gemäß ORE B55/RP8 darf die vom Güterwagen ertragbare Verwindung (Torsionshärte, Prüfverwindung) kleiner sein als die Gleisverwindung der zu befahrenden Strecke, wenn nicht mehrere ungünstige Einflüsse zusammentreffen (Auftreten von Radkraftänderungen aus großen Gleisüberhöhungen und -verwindungen in Gleisbögen mit engen Gleisbogenhalbmessern, wenn sie mit geringer Geschwindigkeit befahren werden oder durch außermittige Beladung).

Als zusätzliche die Sicherheit fördernde Maßnahmen werden im ORE B55/RP8 das Anbringen von Leitschienen oder Schienenschmiereinrichtungen genannt.

Die Wahrscheinlichkeit einer Verwindungsentgleisung wird gemäß ORE B55/RP8 erhöht, wenn bei niedriger Fahrgeschwindigkeit die Kräfte quasistatischen Bedingungen unterliegen.

7.7. Analyse der längsdynamischen Kräfte im Zugverband

Für die Berechnung der längsdynamischen Kräfte im Zugverband, insbesondere die auf den entgleisten Wagen zum Zeitpunkt der Entgleisung einwirkenden Kräfte und Widerstände wurden die Formeln des Rechtsvorgängers des DU herangezogen. An Streckendaten wurden für die Krümmungen das Bestandsbogenverzeichnis und für die Neigungen das VzG vom IM zur Verfügung gestellt.

Bei der Fahrt des Güterzuges in der Beharrung traten folgende Fahrwiderstände auf:

- Rollwiderstand R_{roll}
- Neigungswiderstand R_i
- Bogenwiderstand R_{kr}

Der Luftwiderstand R_{luft} wurde nur für die Stirnfläche des Tfz berechnet.

Der Widerstand aus rotierenden Massen R_{dyn} tritt bei gleichbleibender Geschwindigkeit nicht auf

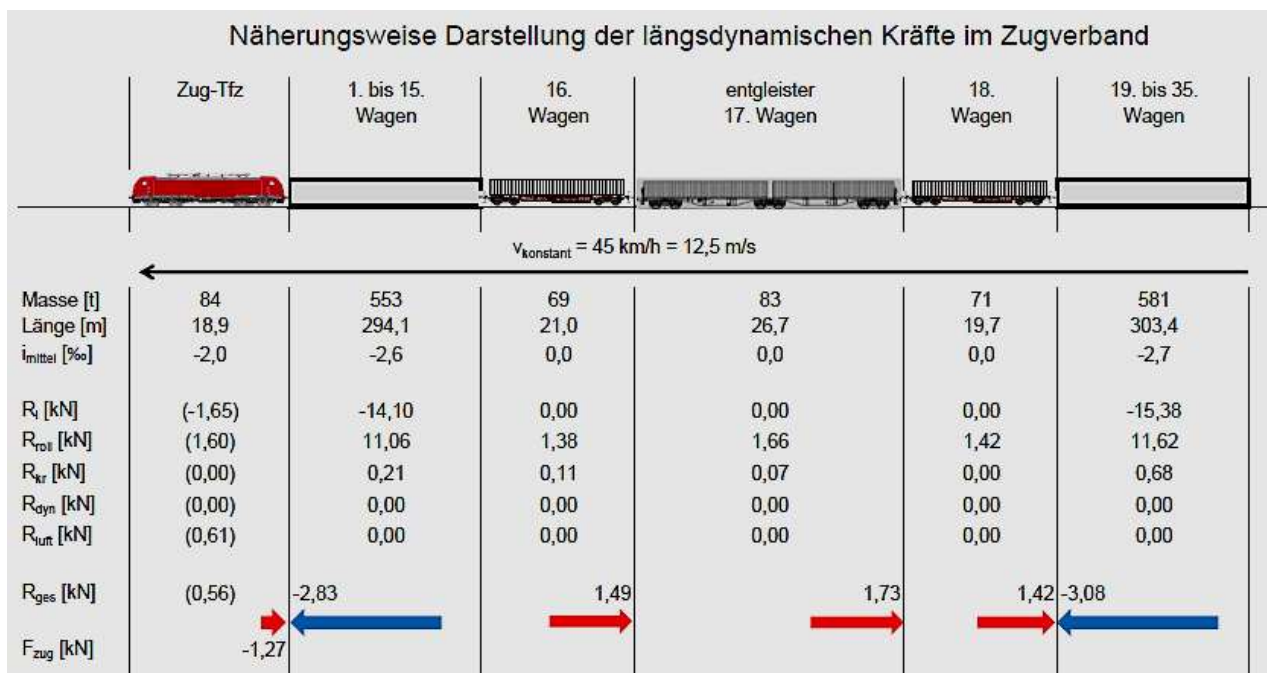


Abbildung 28 Dynamische Lastverteilung des 17. Wagens (Quelle IM)

Bei der näherungsweisen Berechnung ergab sich ein Kräftegleichgewicht mit geringen quasistatischen Kräften.

Vergleich: Zur Verringerung einer Entgleisungsgefahr wird bei Bremsvorgängen bei Geschwindigkeiten < 40 km/h die elektrodynamische Bremse auf 100 kN begrenzt.

7.8. Befundaufnahme Fahrkantenschmierung

(Spurkranz- und Schienenflankenschmierung)

Die Technik des Schmierens der Fahrkante durch direkte oder indirekte Einrichtungen wird im Eisenbahnwesen seit über 100 Jahren angewendet.

Dabei wird die Kontaktfläche zwischen Spurkranz und der Schienenflanke (Fahrkante) entweder durch die Fettübertragung von den mit einer Spurkranzschmierung geschmierten Radsätzen der führenden Schienenfahrzeuge geschmiert, oder es werden durch gleisseitige Einrichtungen die Fahrkanten sensibler Gleisabschnitte vor übermäßiger Abnutzung geschützt und die Entgleisungsgefahr verringert.

Schienenflankenschmierung:

Im Fahrweg des Güterzuges ist der SUB bis zu einer Entfernung von 100 km vor der Entgleisungsstelle keine ortsfeste Schienenflankenschmiereinrichtung bekannt. Eine Dokumentation des Schmierzustandes der Schienenflanke gemäß EN 14427 im Bereich der Entgleisungsstelle liegt der SUB nicht vor.

Spurkranzschmierung des Tfz des Güterzuges (Quelle VK):

Die Sprühstoßsteuerung erfolgt wegabhängig ($1667 \text{ Sprühimpulse}/1000 \text{ km} = 600 \text{ m}$) und nicht bogenabhängig. Der Defaultwert (*Wert eines Parameters, der angenommen wird, wenn keine explizite Eingabe vorgenommen wird – Quelle Wikipedia*) für das Sprühintervall (nach Stillstand) beträgt 600 m. Die Spurkränze der äußeren Radsätze des Tfz sind mit je einer Sprühdüse ausgerüstet. Es wird fahrtrichtungsabhängig der führende Radsatz des vorlaufenden Drehgestells angeschaltet. Pro Sprühstoß wird pro Sprühdüse eine Sprühmenge von 50 mm^3 ausgebracht.

Dies bedeutet, dass bei der Weiterfahrt nach dem Stillstand des Güterzuges (ca. km 38,910) vor dem Einfahrtsignal „Y“ (km 38,875), der erste Schmierimpuls ca. im km 38,310 erfolgte (siehe Abbildung 9). Die Entgleisung ereignete sich im km 38,340.

Anmerkung SUB: Andere moderne Tfz, wie z. B. die BR „Taurus“ weisen eine geschwindigkeitsabhängige Sprühstoßsteuerung auf. Diese ist abhängig von der Verweildauer in einem bestimmten Geschwindigkeitsbereich (Die höchste Sprühimpulsstufe startet nach drei Minuten ab Erreichen einer Geschwindigkeit von 30 km/h).

Zitat EN 15427 (auszugsweise):

Dieses Dokument enthält nur Anforderungen an die Schmierung an der Kontaktstelle zwischen Spurkranz und Schienenflanke. Hier werden Systeme beschrieben, die an Bord von Zügen und an den Gleisen montiert sind, da unter Umständen beide Systeme Anwendung finden müssen, um eine effektive Schmierung der Kontaktfläche zwischen Rad und Schiene zu erzielen.

Die wirksame Behandlung der Kontaktfläche zwischen Rad und Schiene vermindert den Verschleiß sowohl des Rades als auch der Schiene. Wenn die Reibung effektiv behandelt wird, werden Geräuschpegel, Energieverbrauch und das Risiko des Aufkletterns des Spurkranzes verringert. Wenn sie andererseits nicht effektiv behandelt wird, kann es notwendig werden, dass Anlagen vorzeitig ersetzt werden müssen, bevor sie ihr volles wirtschaftliches Potential erreichen konnten.

Zitat AK-Tfz (auszugsweise):

6. 2. Spurkranzschmiereinrichtung

Nachweis für...	Hinweis auf Norm	Nachweis durch...
Spurkranzschmierung		Dokumentation

Nach Regen, einer längeren Trockenphase, bei Gleisneulage und bestimmten Gleisbearbeitungen (z. B. Schienenschleifen) bedarf es mehrerer Fahrten mit Tfz um einen ausreichenden Schmierfilm an der Fahrkante zu erzeugen.

Eine Festlegung welche Menge an Schmiermittel pro km bzw. nach Art der Sprühstoßsteuerung erforderlich ist, sind dem AK-Tfz nicht zu entnehmen.

Die vom IM zitierten Untersuchungen, dass die Grundschrnierung der Schienenflanke durch Triebfahrzeuge ausreichend ist, wenn bei allen Tfz diese Anlage funktioniert, liegen der SUB nicht vor.

7.9. Befundaufnahme Fahrweg

Trassierung:

In Fahrtrichtung des Güterzuges befand sich nach dem Weichenende der Weiche 51 (km 38,309) im km 38,273 eine Eisenbahnkreuzung. Zur Gewährleistung der Räumzeit darf im Bereich der Eisenbahnkreuzung nur eine geringe Gleisüberhöhung vorhanden sein (Erfordernis für die querenden Straßenfahrzeuge).

Bei der Gleisneulage im Zuge der Instandhaltung im Jahr 2008 wurden die Weichen 51 und 52 nach folgendem Plan verlegt:

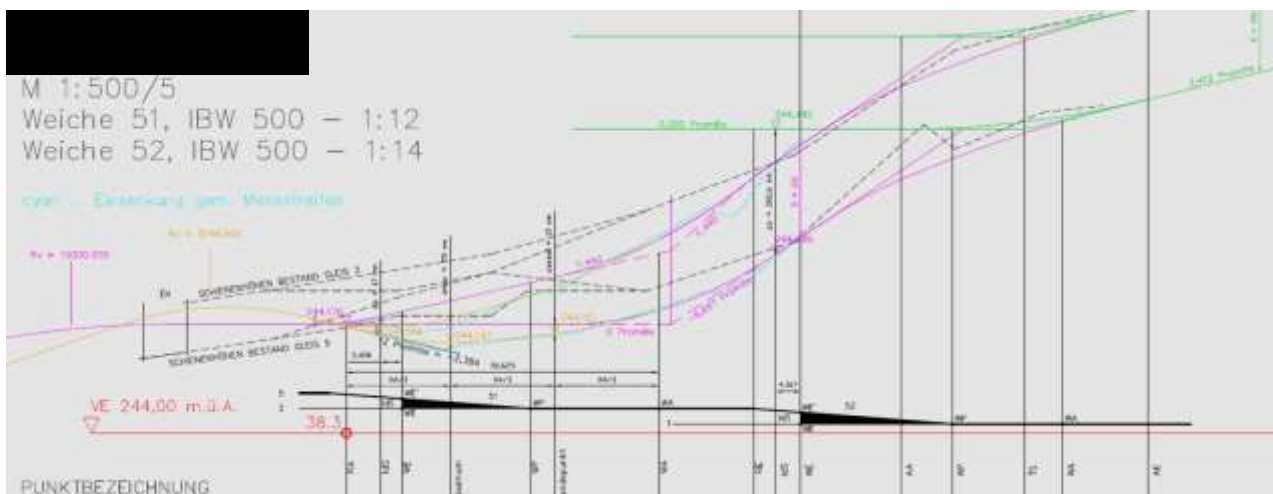


Abbildung 29 Weichenlageplan aus 2008 (Quelle IM)

Zitat OV (Quelle IM) – Teil 2/N Punkt 6.4 (auszugsweise):

Die Maximalüberhöhung ist diejenige, bei der der Überhöhungsüberschuss den größten zulässigen Wert annimmt

$$D_{\max} = D_{\text{equ}} + E_0$$

D_{\max} ist die für den jeweiligen Anwendungsfall gerechnete theoretische Maximalüberhöhung und darf nicht größer als die größte zulässige Überhöhung gemäß nachstehender Tabelle ausgeführt werden.

Anwendungsfall	Größte zulässige Überhöhung D_0	Kommentar
Neubau, Umrüstung und Erneuerung von HL-Strecken	$ D \leq 160 \text{ mm}$	
	$ D \leq 100 \text{ mm}$	In Weichen
	$ D \leq 60 \text{ mm}$	Empfohlener Grenzwert im Bahnsteigbereich
	$ D \leq 100 \text{ mm}$	Ausnahme-Grenzwert im Bahnsteigbereich
Instandhaltung von HL-Strecken	Vorhandene Planungswerte	

Abbildung 30 Größte zulässige Überhöhung (Auszug Quelle IM)

Anmerkung SUB:

Bei der Instandhaltung im Jahr 2008 wurden die vorhandenen Planungswerte von $D = 150 \text{ mm}$ für die Weiche 52 und $D = 128 \text{ mm}$ für die Weiche 51 laut Bogenverzeichnis des IM beibehalten.

Regelwerke für die Überprüfungen von Gleisanlagen:

Zitat EisbBBV (auszugsweise):

§ 17. (1) Die Betriebsanlagen sind planmäßig auf ihre ordnungsgemäße Beschaffenheit wiederkehrend zu prüfen. Art, Umfang und Häufigkeit der wiederkehrenden Prüfung haben sich nach Zustand und Belastung der Betriebsanlagen sowie nach der zugelassenen Geschwindigkeit zu richten. Über die wiederkehrenden Prüfungen der Betriebsanlagen sind Aufzeichnungen zu führen.

Zitat IR (Quelle IM), Punkt 1.3 (auszugsweise):

Ranginteilung der Gleise:

a Streckengleise und durchgehende Hauptgleise

b sonstige Hauptgleise

c Nebengleise

Rang	Mittlere tägliche Gleisbelastung ca. Tonnen/Tag	Art des Verkehrs	Hinweis
S	> 25.000 ¹⁾ oder ²⁾ oder ³⁾	Personen- und Güterverkehr	1) wenn HL-Strecke 2) $v_{\max} > 160 \text{ km/h}$ 3) Züge mit WKN

Abbildung 31 Zitat IR (auszugsweise), Punkt 1.2 Tabelle Rangeinteilung der Strecken nach oberbautechnischen Gesichtspunkten (Quelle IM)

Überprüfung der Gleislagequalität

Durchführung der Überprüfung

Die Lagequalität der Gleise, Weichen und Kreuzungen ist in folgenden Zeitabständen zu prüfen:

- Messwagenfahrten mittels Oberbaumesswagen oder Messdraisine
Zu messen sind die Längshöhe, Richtung, Verwindung und Spurweite

Streckenrang	Messintervall
im Streckenrang S und 1, Gleisrang a	2 x jährlich
im Streckenrang 2, 3 und 3G, Gleisrang a	Jährlich
im Gleisrang b - sofern $v_{\max} \geq 80 \text{ km/h}$	Jährlich

- in allen anderen Gleisen alle 2 Jahre händische Messung mit Messlehre oder Messung mit elektronischem Handmesswagen (wenn nicht durch Messwagenfahrten mittels Oberbaumesswagen oder Messdraisine abgedeckt)
 - Messung mit elektronischem Handmesswagen oder stichprobenweise durch zumindest händische Messung von Spurweite und gegenseitiger Höhenlage sowie augenscheinliche Überprüfung von Höhe und Richtung (kann an den GLM delegiert werden).

Abbildung 32 Zitat IR (auszugsweise), Punkt 3.1 Überprüfung der Gleise (Quelle IM)

Gleislagemessung:

Das Gleis 3 und das Gleis 5 im IM-Bf waren alle zwei Jahre durch händische Messung mit Messlehre oder Messung mit elektronischem Handmesswagen zu überprüfen. Daher konnten keine Messschriebe bezüglich der Gleislage für die Fahrt von Gleis 1 über Weiche 52, Gleis 3 über Weiche 51 nach Gleis 5 vorgelegt werden.

Die Weicheninspektionsblätter der Weiche 51 vom 19. April 2010, 7. April 2011 und 2. April 2012 liegen der SUB vor und zeigen regelwerkskonforme Abmessungen (es wurden keine Eingriffsschwellen oder Soforteingriffsschwellen überschritten).

Unmittelbar nach der Entgleisung wurde ein Oberbaubefund erstellt. Dabei wurden die Spurweiten und Überhöhungen in 5-m-Distanzen gemessen.

Für die händische Messungen (in unbelastetem Zustand) gilt:

v_{\max} [km/h]	Strecken- und Gleisrang	SES [mm]
$0 < v \leq 160$	für Hauptbahnen ¹⁾ im Gleisrang a und b ¹⁾ gemäß Bestimmungen der EisbBBV 2008	-5/+30
	für Nebenbahnen in allen Gleisrängen sowie für Hauptbahnen im Gleisrang c	-5/+35


Abbildung 33 Grenzwerte für die händische Messung der Spurweite in unbelastetem Zustand (Quelle IM)

Trassierungselement	SES [mm/m]
Gerade, Bogen	2,5
Überhöhungsrampe	3,6

Abbildung 34 Grenzwerte für die händische Messung der 5-m-Verwindung in unbelastetem Zustand (Quelle IM)

Anmerkung SUB:

Eine Rampe mit der Neigung 1:400 entspricht 2,5 mm/m, eine Neigung 1:278 entspricht 3,6 mm/m. Diese Werte wurden eingehalten.



Lage [km]	Differenz zu Regelspurweite [mm]	Überhöhung [mm]	Differenz der Überhöhungen [mm]	Gleisverwindung [‰]	Anmerkung
38,310	4	22	-	-	Weichenende Weiche 51 (nach Herz)
38,315	4	31	9	1,8	
38,320	4	44	13	2,6	
38,325	6	56	12	2,4	
38,330	7	66	10	2,0	
38,335	6	82	16	3,2	
38,340	5	93	11	2,2	Ausrundungsanfang Entgleisungsstelle
38,345	3	109	16	3,2	
38,350	2	125	16	3,2	Weichenanfang Weiche 51
38,355	3	133	8	1,6	Neigungswechsel (gemäß Planung)
38,360	4	142	9	1,8	
38,365	5	145	3	0,6	
38,370	6	148	3	0,6	Ausrundungsende, Weichenende Weiche 52 (nach Herz)
38,375	4	150	2	0,4	
38,380	5	148	-2	-0,4	
38,385	6	150	2	0,4	
38,390	7	148	-2	-0,4	
38,395	7	148	0	0,0	
38,400	12	148	0	0,0	
38,405	3	149	1	0,2	
38,410	5	150	1	0,2	
38,415	6	150	0	0,0	Weichenanfang Weiche 52
38,420	6	146	-4	-0,8	
38,425	6	147	1	0,2	

Abbildung 35 Händische Messung vom 23. September 2012 (Quelle IM)

Die gemessenen Gleisverwindungen haben die maßgebende Gleisverwindung für den A-Teil des entgleisten 17. Wagens gemäß TSI CR Vehicle (3,89 ‰) eingehalten (siehe Seite 71).

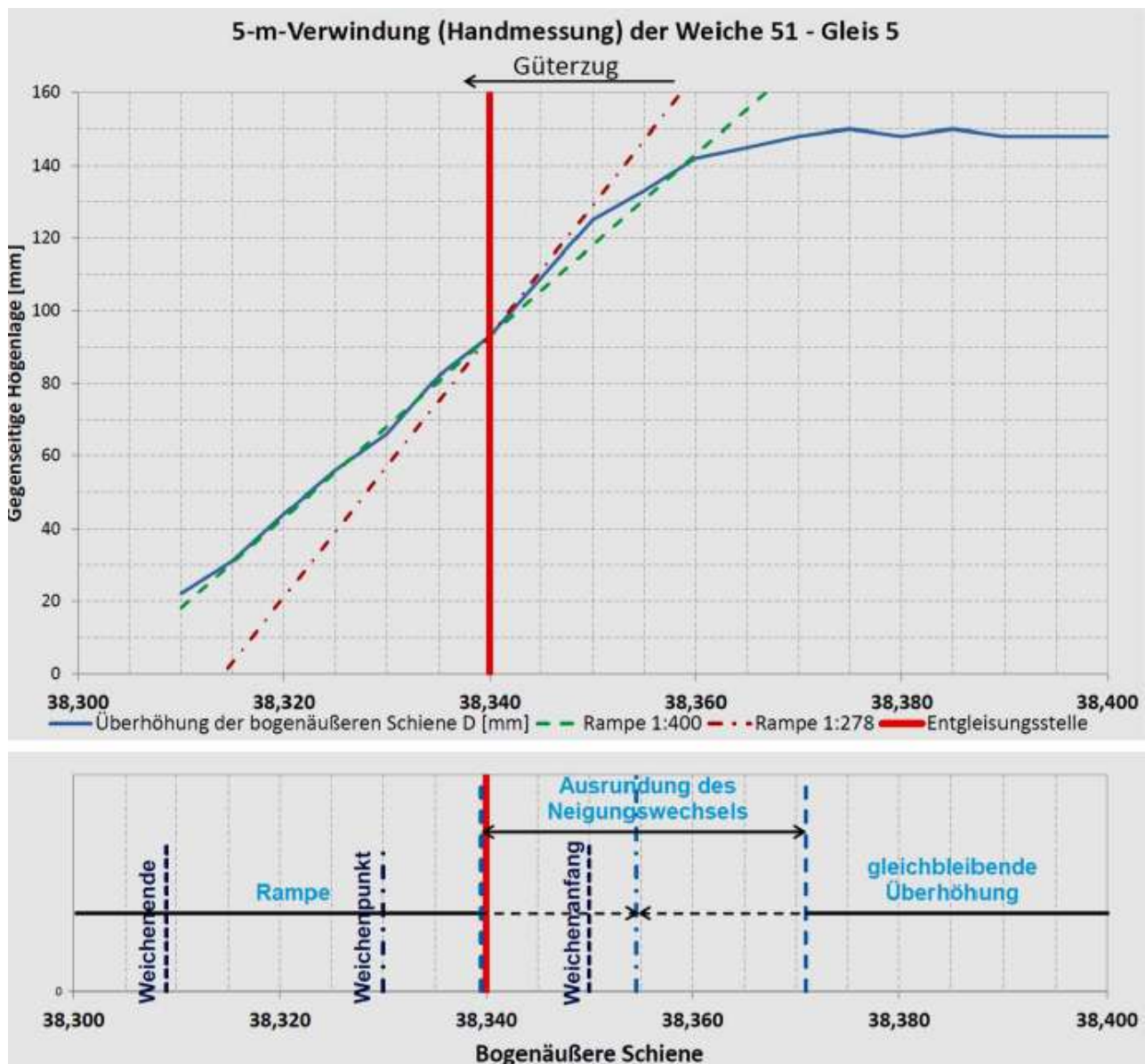


Abbildung 36 Analyse der händischen Messung der 5-m-Verwindung in unbelastetem Zustand (Quelle SUB)

Bei der händischen Messung im unbelasteten Zustand wurden die SES für die Spurweite und die 5-m-Verwindung eingehalten.

Zitat Beurteilung der Gleislage des Bereiches der Entgleisungsstelle vom 3. Oktober 2012 gemäß Instandhaltungsregelwerk mit dem Handmesswagen „HM3“ durch den IM (auszugsweise):

„Im Messbereich der Entgleisungsstelle lag zum Messzeitpunkt keine Überschreitung einer Eingriffsschwelle oder Soforteingriffsschwelle vor.“

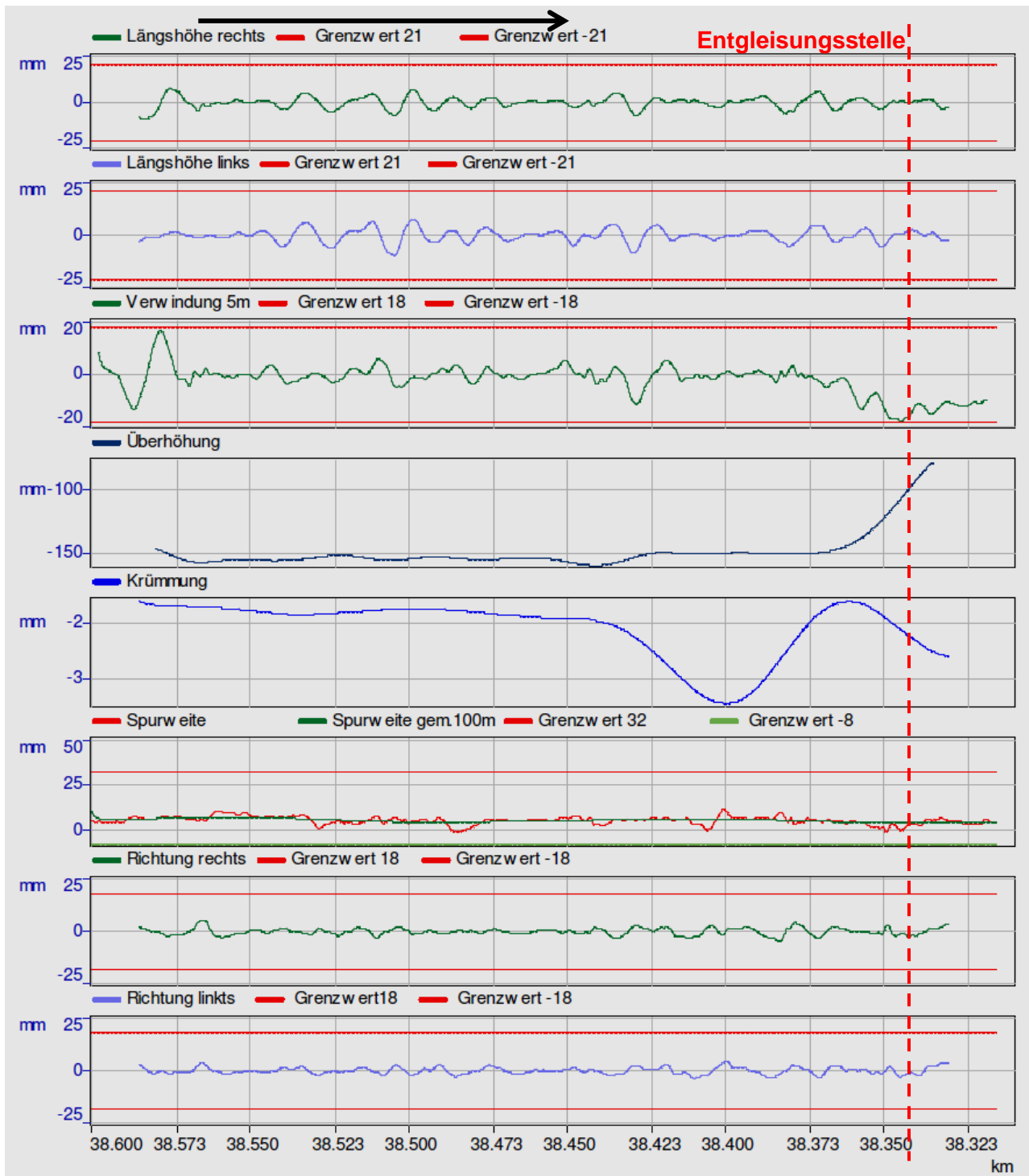


Abbildung 37 Gleislage im Bereich der Entgleisungsstelle gemessen mit dem Handmesswagen „HM3“ (Quelle IM)

7.10. Befundaufnahme 16. Wagen Gattung „Sgjs“

Bei dem vorlaufenden, nicht entgleisten 16. Wagen handelt es sich gemäß TSI OPE, Anlage P um einen Flachwagen mit Drehgestellen (zwei Drehgestelle mit je zwei Radsätzen) ausgerüstet für den Transport von Containern, gesamte Ladelänge < 60 ' (außer „pa-Mittelcontainer“), mit stoßdämpfender Vorrichtung und Zulassung zum Verkehr unter „s“-Bedingungen (100 km/h).

Technische Daten:

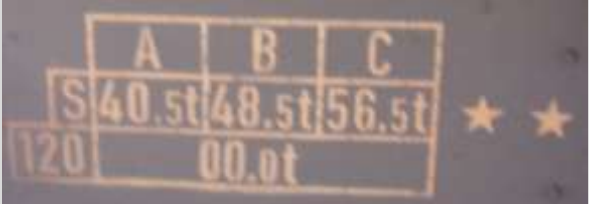
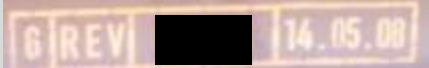
Güterwagen	Containertragwagen Gattung „Sgjs“
Zahlencode für die internationale Verkehrseignung (Austauschkennzeichen)	31 RIV
Länge über Puffer	21,00 m
Drehzapfenabstand	15,80 m
Max. Radsatzlast	20,0 t
Eigenmasse	23,1 t
Lastgrenzraster	
Max. Geschwindigkeit	120 km/h leer
Drehgestellbauart	„Y 25“
Fährbootfähigkeit	2° 30'
Revisionsanschrift	
Gültige Eintragung im nationalen Fahrzeug-Einstellungsregister	Liegt der SUB nicht vor.

Abbildung 38 Technische Daten des 16. Wagens (Quelle ECM und IM)

Als Ladegut waren 46 t Gefahrgut SULFAMINSÄURE, Gefahrennummer 80 UNNr 2967, KI 8.0, Vpgr III, Gefahrenzettel 8 angegeben.

Schadbild vor Ort:

Zitat Lokalausweis durch den IM nach der Entgleisung (auszugsweise) :

Bei dem den entgleisten Wagen vorgereihten Wagen wurden keine unfallkausalen Mängel festgestellt. Durch die Überpufferung mit dem entgleisten Wagen war der Zughaken verbogen und der Absperrhahn der HLL mit dem Kupplungsschlauch abgerissen worden.

Die Revisionsfrist war an diesem Wagen eingehalten.



Abbildung 39 Schäden am Zughakenfenster und an der HLL am 16. Wagen - Wagenende zum nachgereihten 17. Wagen (Quelle SUB)

Sicherheitschecks und Untersuchungen:

Die durchgeführten Sicherheitschecks (1 bis 4) zeigten durch die Entgleisung des nachgereihten 17. Wagens bedingte Unregelmäßigkeiten. Die Detailergebnisse des Sicherheitschecks liegen der SUB vor.

Anmerkung SUB: Die Durchführung der Sicherheitschecks erfolgt gemäß einem internen Regelwerk des RU/DU und umfasst:

Sicherheitscheck 1 – komplette Radsatzinspektion

Sicherheitscheck 2 – Vermessung des Untergestells

Sicherheitscheck 3 – Überprüfung des Laufwerks einschließlich der Federung

Sicherheitscheck 4 – Überprüfung der Puffer und Zugeinrichtungen

7.11. Befundaufnahme entgleister 17. Wagen Gattung „Sggrs“

Bei dem entgleisten 17. Wagen der Gattung „Sggrs“ handelt es sich gemäß TSI OPE, Anlage P um einen Gelenkwagen (mit drei Drehgestellen mit je zwei Radsätzen) ausgerüstet für den Transport von Containern, gesamte Ladelänge > 60 ' (außer „pa-Mittelcontainer“) und Zulassung zum Verkehr unter „s“-Bedingungen (100 km/h).

Technische Daten:



Abbildung 40 Schematische Ansicht des 17. Wagens (Quelle ECM)

Der A-Teil ist über dem mittleren Drehgestell mit einem Gelenk der Bauart Talbot gemäß UIC 432, Anlage F, Abbildungen F.1 und F.2 mit dem B-Teil des Fahrzeuges verbunden.

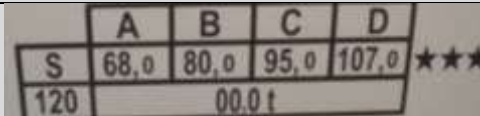
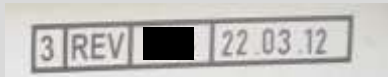
Güterwagen	Containertrag-Gelenkwagen Gattung „Sggrs“
Zahlencode für die internationale Verkehrseignung (Austauschkennzeichen)	31 RIV
Länge über Puffer	26,70 m
Drehzapfenabstand	2 x 10,58 m
Max. Radsatzlast	22,5 t
Eigenmasse	28,0 t
Lastgrenzraster	
Max. Geschwindigkeit	120 km/h leer
Drehgestellbauart	„Y 25“
Kleinst befahrbarer Kurvenradius Zugverband / Einzelwagen	150 m / 75 m
Fährbootfähigkeit	1° 30´
Revisionsanschrift	
Gültige Eintragung im nationalen Fahrzeug-Einstellungsregister	Liegt der SUB nicht vor

Abbildung 41 Technische Daten des 17. Wagens (Quelle ECM und IM)

Schadbild vor Ort:

Zitat Lokalausweis durch den IM nach der Entgleisung (auszugsweise):

Beim entgleisten Wagen wurden beim vorlaufenden Radsatz 1 je eine fehlende Bremssohle links außen und rechts außen festgestellt. Durch die Überpufferung mit dem entgleisten Wagen war der Zughaken verbogen und der Absperrhahn der HLL mit dem Kupplungsschlauch abgerissen worden.

Bei beiden Radsätzen des entgleisten Drehgestell I wurden Beschädigungen an Stirn – und Laufflächen (Einkerbungen und Spanbildung) festgestellt. Durch die Auslenkung des Drehgestells erfolgten Verformungen an der Unterseite des Fahrzeugrahmens A-Teil. Durch die Überpufferung mit dem vorgereihten Wagen war die Zugeinrichtung (Zughaken und Laschen an diesem Wagenende stark verformt.

Die Revisionsfrist war an diesem Wagen eingehalten.



Abbildung 42 Entgleistes Drehgestell I des 17. Wagens (Quelle SUB)



Abbildung 43 Vorlaufender Radsatz, in Fahrtrichtung linkes Rad vom entgleisten Drehgestell I des 17. Wagens (Quelle SUB)



Abbildung 44 Vorlaufender Radsatz, in Fahrtrichtung rechtes Rad vom entgleisten Drehgestell I des 17. Wagens (Quelle SUB)

Die Beschädigung an der Stirn- und an der Lauffläche erfolgte vermutlich beim selbsttätigen Wiedereingleisen.



Abbildung 45 Unterseitig beschädigter Fahrzeugrahmen und nachlaufender Radsatz, in Fahrtrichtung linkes Rad vom entgleisten Drehgestell I des 17. Wagens (Quelle SUB)



Abbildung 46 Unterseitig beschädigter Fahrzeugrahmen im Bereich des entgleisten Drehgestell I des 17. Wagens - Ansicht in Fahrtrichtung (Quelle SUB)



Abbildung 47 Unterseitig beschädigter Fahrzeugrahmen im Bereich des entgleisten Drehgestell I des 17. Wagens - Detail (Quelle IM)

Die Beschädigungen an den Radsätzen 1 und 2 am vorlaufenden Drehgestell und am darüberliegenden Fahrzeugrahmen sind auf die Fahrt im entgleisten Zustand zurückzuführen.



Abbildung 48 Nicht entgleistes Drehgestell II des 17. Wagens (Quelle SUB)



Abbildung 49 Nicht entgleistes Drehgestell III des 17. Wagens (Quelle SUB)

Die Drehgestelle II und III des 17. Wagens zeigten keine Entgleisungsspuren.



Abbildung 50 Schäden an der Schraubenkupplung am Wagenende des 17. Wagens zum vorgereichten Wagen (Quelle IM)

Die Beschädigung der Zugeinrichtung ist auf die seitliche Überpufferung des entgleisten 17. Wagens mit dem vorgereichten Wagen zurückzuführen.



Abbildung 51 Verbogener Zughaken und verformtes Zughakenfenster am Wagenende des 17. Wagens zum vorgereichten Wagen (Quelle IM)

Beladung und Lastverteilung:

Der entgleiste 17. Wagen war mit einem 40' Container Type „FCSU“ mit 12,229 t am A-Teil (vorlaufene Wagenhälfte) und zwei 20' Containern Type „DRYU“ mit 23,078 t und Type „CARU“ mit 19,200 t am B-Teil (nachlaufene Wagenhälfte) beladen.

Als Ladegut waren 55 t Gefahrgut SULFAMINSÄURE, Gefahrennummer 80 UNNr 2967, KI 8.0, Vpgr III, Gefahrenzettel 8 angegeben.

Bei der durch das RU veranlassten Verwiegung wurden folgende Drehgestellfahrmassen gemessen:

Drehgestellfahrmassen	entgleister 17. Wagen
Drehgestell I	16120 kg
Drehgestell II	32920 kg
Drehgestell III	35240 kg

Abbildung 52 Drehgestellfahrmassen des 17. Wagens (Quelle RU)

Kopien der Wiegekarten liegen der SUB vor.

Die zulässigen Lastgrenzen wurden eingehalten.

Zitat „Berechnung der Lastverteilung gemäß RIV-BT, Band 1, Punkt 3.3“ (auszugsweise):

Das Ladegut ist im Wagen gleichmäßig zu verteilen. Dabei darf die höchstzulässige Radsatzlast nicht überschritten werden

- bei Drehgestellwagen Verhältnis der Drehgestelllasten 3 : 1

- bei den Rädern jedes Radsatzes (links/rechts) 1,25 : 1

Anmerkung SUB: Das Verhältnis der Drehgestelllasten 3 : 1 wurde ursprünglich für Wagen mit zwei Drehgestellen bzw. Einzelradsätzen festgelegt.

Ca. 50 km vor der Entgleisungsstelle befuhr der Güterzug einen Zuglauf-Checkpoint des IM, dabei erfolgte eine dynamische Radlastverwiegung.

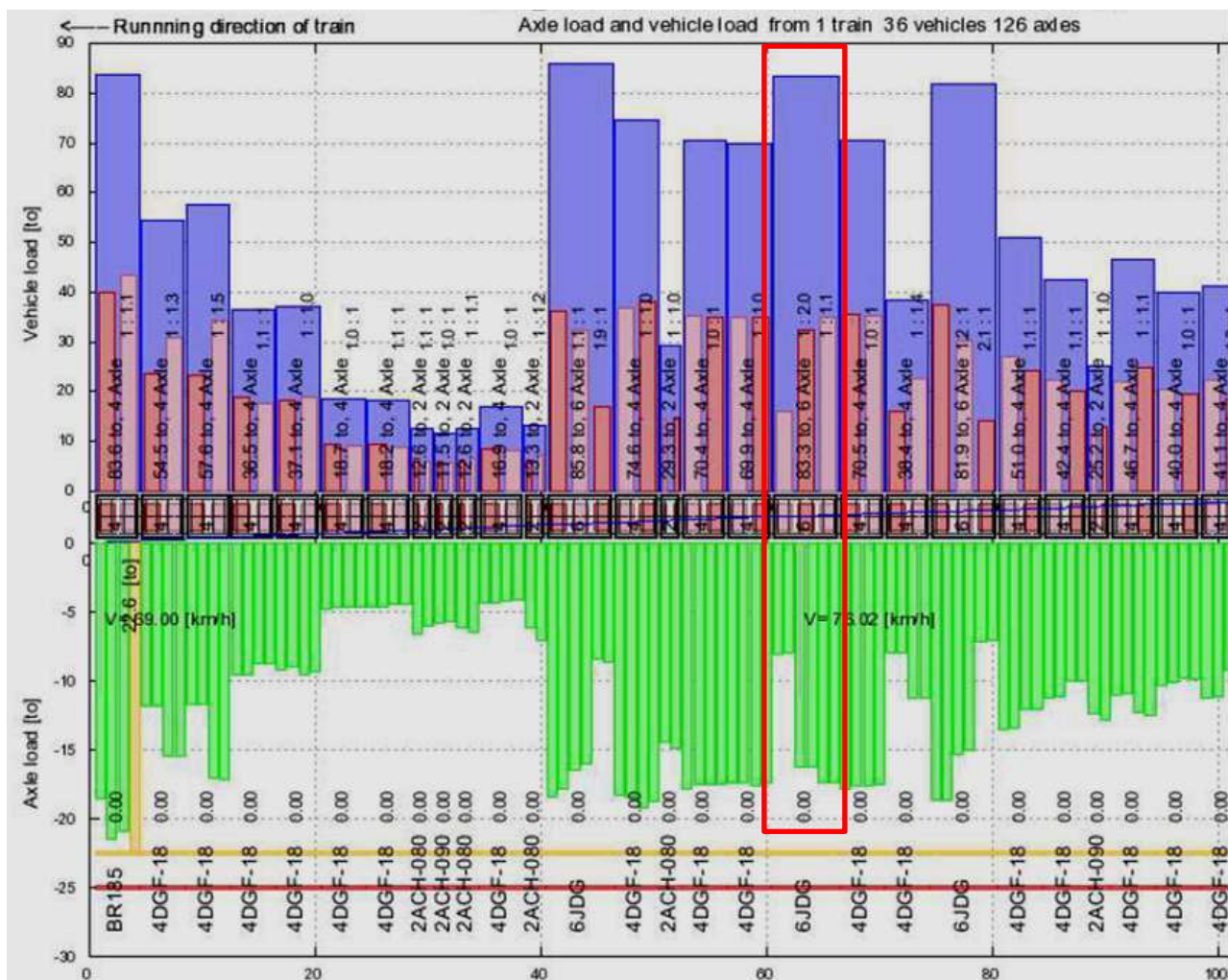


Abbildung 53 Auszug Auswertung des Zuglauf-Checkpoints – Achsfahr- und Fahrzeugmassen (Quelle IM)

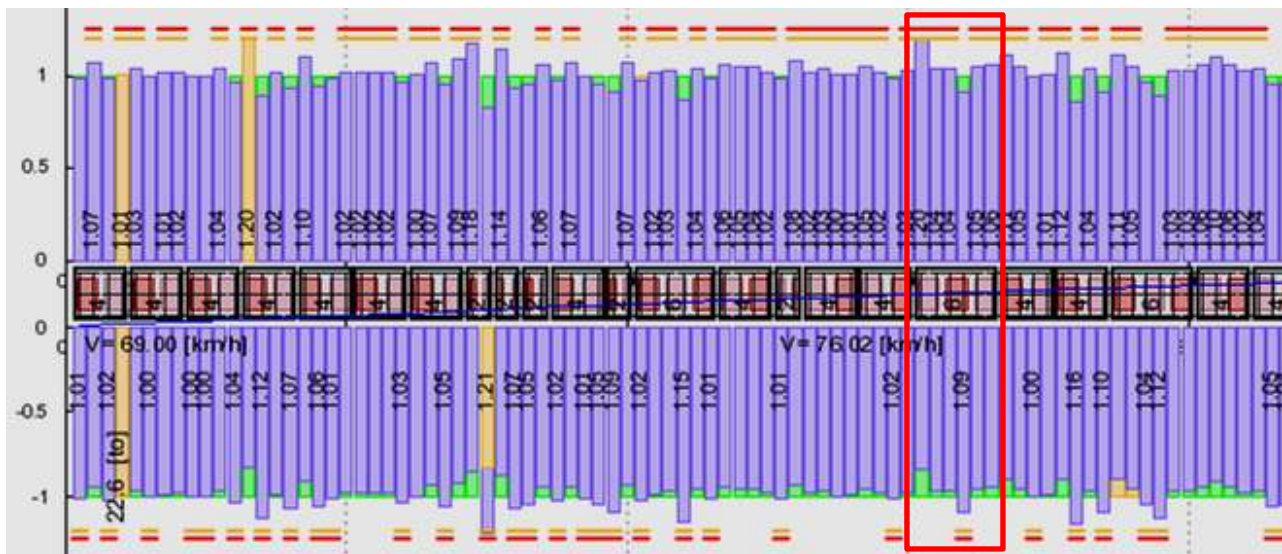


Abbildung 54 Auszug Auswertung des Zuglauf-Checkpoints – dynamische Lastverteilung (Quelle IM)

Verhältnis der dynamische Radlasten	linkes Rad		rechtes Rad
Radsatz 1	1	:	1,20
Radsatz 2	1	:	1,04
Radsatz 3	1	:	1,04
Radsatz 4	1,09	:	1
Radsatz 5	1	:	1,05
Radsatz 6	1	:	1,06

Abbildung 55 Dynamische Lastverteilung des 17. Wagens (Quelle IM)

Die Bestimmungen des RIV-BT wurden sowohl beim Verhältnis der Drehgestelllasten, als auch beim Verhältnis der Radlasten jedes Radsatzes (links/rechts in Fahrtrichtung des Güterzuges) eingehalten.

Die Verhältnisse der dynamischen Radlasten sind auf die Lasten der einzelnen Radsätze zu beziehen.

Zitat DU (ECM) im Zuge des Informationsaustausches vom 8. August 2013 (auszugsweise):

Für jeden Radsatz ist die Lastverteilung links / rechts und erster/ zweiter Radsatz je Drehgestell, für alle drei Drehgestelle des entgleisten Wagens innerhalb der Toleranzen.

Aber, ... aufgrund der Wirkung der Drehpfanne und der seitlichen Gleitstücke ist die Höherbelastung des einen bogeninneren Rades von Radsatz 1 gegenüber den anderen drei Rädern des entgleisten Drehgestells so nicht erklärbar.

Mit dieser Lastverteilung im Drehgestell, Abbildung 55, ist die Radentlastung des ersten, entgleisten bogenäußeren Rades verbunden. Die Radlasten am ersten und zweiten Radsatz des vorlaufenden entgleisten Drehgestells sind

Radsatz 1 des entgleisten Drehgestells

Radlast links, Entgleisungsseite Q= 3,66 t

Radlast rechts, Bogeninnen Q= 4,40 t

Radsatz 2 des entgleisten Drehgestells

Radlast links, Entgleisungsseite Q= 3,95 t

Radlast rechts, Bogeninnen Q= 4,11 t

Diese im geraden, ebenen Gleis von IM gemessenen Werte haben eine Abweichung vom Sollzustand / Fehler im Wagen oder insbesondere im Drehgestell 1 als Ursache.

So kann z. B. ein

- verformter Drehgestellrahmen,*
- verklemmtes Drehgestell gegenüber dem Wagenkasten (Freigängigkeit)*
- Toleranzüberschreitungen der Drehgestellgeometrie aus der Fertigung*
- gebrochene, oder übermäßig gesetzte, oder falsche Federn mechanisch blockierte oder falsch montierte Federn,*
- geometrischer Fehler der Radsatzführungen,*
- ungleicher Raddurchmesser,*
- oder „was man noch nicht weiß“*

der Grund für die geringere Radlast im Radsatz 1, linkes Rad sein und kann so eine in der Gleisverwindung im Weichenbereich möglicherweise noch größere Radentlastung des ersten, bogenaußen rollenden und entgleisten Rades bewirken und so die Sicherheit gegen Entgleisen reduzieren.

Sicherheitschecks und Untersuchungen am entgleisten Fahrzeug:

Die durchgeführten Sicherheitschecks (1 bis 4) durch einen österreichischen Fahrzeuginstandhalter im Auftrag des RU zeigten bis auf die durch die Entgleisung verursachten Schäden, einen regelwerkskonformen Zustand. Die Detailergebnisse der Sicherheitschecks liegen der SUB vor.

Durch Techniker des IM wurde beim verschubmäßigen Ausfahren des Wagens aus der Werkhalle, eine augenscheinliche Untersuchung des Gelenks auf Beweglichkeit und Leichtgängigkeit (mittels Kamera und am Wagen angebrachtem Zeiger mit cm Raster) durchgeführt. Dabei wurden keine Regelwidrigkeiten festgestellt.

Die vom IM angebotene weiterführende Untersuchung des entgleisten Wagens zur Ursache wurden auf Grund fehlender Zweckmäßigkeit und Methodik des Versuches vom RU und VK nicht wahrgenommen.

Regelwerke für Gelenkwagen

Der entgleiste 17. Wagen weist als Interoperabilitätskennzeichnung die Anschrift RIV auf. Das bedeutet, dass der Wagen die Vorschriften der Technischen Einheit im Eisenbahnwesen und die UIC-Merkblätter sowie der mitgeltenden ORE/ERRI Reporte einhalten muss.

Wagen, die diese Bestimmungen nicht einhalten, sind nach einer nationalen Zulassung mit anderen RU/IM zu vereinbaren (Kennzeichen: Die Anschrift RIV fehlt und zusätzlich ist ein Vereinbarungsraaster am Fahrzeug gemäß RIV Blatt 1 angebracht).

Zitat „RIV, Kapitel 2.2, Punkt 21 Grundsätzliche Bestimmungen“ (auszugsweise):

21.1 Die im Rahmen des vorliegenden Übereinkommens der EVU verkehrenden Fahrzeuge müssen vor ihrem Einsatz von den zuständigen Stellen gemäß den geltenden Regeln zugelassen sein.

Das Zeichen RIV bedeutet darüber hinaus, dass diese Fahrzeuge den Vorschriften der Technischen Einheit im Eisenbahnwesen (TE) und des UIC-Kodex entsprechen.

*Zitat „UIC 432 Güterwagen – Fahrgeschwindigkeiten – Einzuhaltende technische Bedingungen“
(auszugsweise) – Punkt 3.6.2.5 Bestimmungen für Gelenkwagen*

Gelenkwagen mit drei zweiachsigen Drehgestellen sind grundsätzlich analog wie die Wagen mit zwei zweiachsigen Drehgestellen zu betrachten bzw. zu beurteilen.

3.6.2.5.1 - Gelenkwagen mit drei zweiachsigen Drehgestellen

Die Wagen müssen:

- die Vorschriften der Punkte 2.1 - Seite 4 bis 2.4 - Seite 5 erfüllen,
- ausgerüstet sein:
 - entweder mit den unter Punkt 3.6.2.1 bzw. 3.6.2.2 - Seite 10 angeführten Y-Drehgestellbauarten,
 - oder mit deren Varianten, sofern die Änderungen die Grenzwerte unter Punkt 3.6.2.4 - Seite 11 einhalten oder keinen Einfluss auf das dynamische Fahrverhalten haben,
- die unter Punkt 3.6.2.3 - Seite 11 angeführten Grenzwerte für jeden Wagenkasten abgesehen vom Eigengewicht des Wagens einhalten. Stattdessen muss die Radsatzlast des leeren Wagens mindestens 4 t betragen,
- die unter Punkt 3.6.2.4 angeführten Grenzwerte einhalten,
- die unter Punkt 3.6.2.5.2 definierten Gelenke enthalten.

3.6.2.5.2 - Gelenkbauarten

Eine der folgenden Gelenkbauarten muss verwendet werden.

Gelenk Typ Talbot

Prinzipskizzen:

- zum Gelenk, siehe Punkt F.1 - Seite 24,
- zur seitlichen Abstützung Fahrzeugrahmen, siehe Punkt F.2 - Seite 25.

Gelenk Type UIC Standard

Das Merkblatt UIC 530-2 legt keine bestimmten Bedingungen für den Begriff Gelenkwagen fest. Eine Bogenstellung der Fahrzeugteile wird nicht berücksichtigt.

Zitat UIC 530-2 – Punkt 4.3.4.3 – Wagenkastenverwindung und Radkräfte (auszugsweise):

Drehzapfenabstand $2a^*$ in mm	Radkraft Q_0 in kN	Verwindungssteifigkeit c_t^* in 10^{10} kNmm ² /rad
$5\ 000 \leq 2a^* \leq 10\ 000$	17,5 bis 35	} $0,2 \leq c_t^* \leq 25$
$11\ 000 \leq 2a^* \leq 15\ 000$	20 bis 37,5	
$16\ 000 \leq 2a^* \leq 19\ 300$	25 bis 40	

Der Drehzapfenabstand $2a^* = 10580$ mm des betroffenen Wagens ist in der vorstehenden Tabelle nicht angeführt (Bereich $10000 < 2a^* < 11000$).

Das Merkblatt UIC 577 legt keine bestimmten Bedingungen für den Begriff Gelenkwagen fest.

Zitat „UIC 572 – Aus mehreren ständig gekuppelten Elementen zusammengesetzte Wageneinheiten und Gelenkwagen“ (auszugsweise):

3 – Besondere technische Bedingungen

3.3- Gelenkwagen

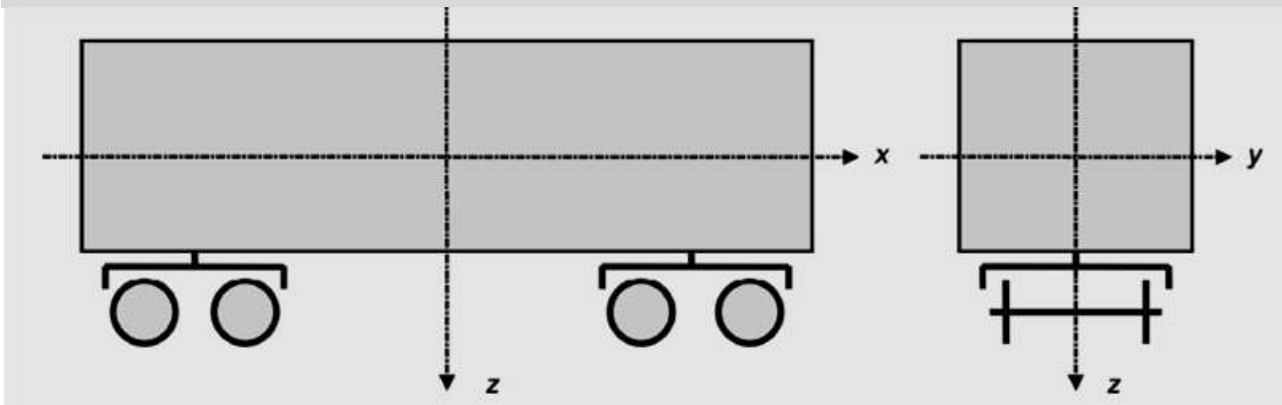
Die von den Mittelgelenken einzuhaltenden Vorschriften:

- Übertragung der horizontalen und senkrechten Kräfte nach UIC-Merkblatt 577;
- **Sicherstellen der im Betrieb geforderten Bewegungsfreiheiten um die X-, Y- und Z-Achsen;**
- Einhaltung der Laufgüte gemäß UIC-Merkblatt 432

.....

Koordinatensystem des Fahrzeuges:

Zitat EN 14363, Anhang D, Bild D.1 „Koordinatensystem des Fahrzeuges“ (auszugsweise):



Zitat Wikipedia „Fahrdynamik“ (auszugsweise):

Als räumliche Bewegung von Körpern werden die drei rotatorischen Bewegungen um die drei Hauptachsen folgendermaßen bezeichnet:

- Gieren (um die Hochachse), z
- Nicken (um die Querachse) und y
- Wanken (auch Rollen genannt, um die Längsachse) x

Die beiden Fahrzeughälften sind mit einem sich über dem mittleren Drehgestell befindlichen Mittengelenk Bauart Talbot verbunden. Dadurch ist eine Bewegung der beiden Fahrzeughälften um die Hochachse (gieren) und um die Querachse (nicken) möglich. Zusätzlich befinden sich über den gefederten seitlichen Kastenabstützungen des mittleren Drehgestells Reibplatten, die die seitlichen vertikalen Kräfte des A-Teiles auf den am Drehgestell aufliegenden B-Teil übertragen. Die Funktion der Reibplatten gestattet nur eine Bewegung der beiden Fahrzeughälften zueinander um die Hochachse.

Eine Wankbewegung zwischen den beiden Fahrzeughälften ist auf Grund der Konstruktion nicht möglich.

Zitat DU (ECM) im Zuge des Informationsaustausches vom 8. August 2013 (auszugsweise):

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die beiden Wagenhälften sehr torsionsweich sind und so die „fehlende“ Relativwankbewegung von untergeordneter Bedeutung ist. Weiter ist es jedoch so, dass verladene, steife Container die Torsionssteifigkeit in „Richtung hart“ beeinflussen. Dies gilt in ähnlicher Weise für alle langen Wagen.

So wurden mit dem längsten, dem 104' Gelenkcontainertragwagen entsprechende Versuche von der UIC durchgeführt, die die Sicherheit gegen Entgleisen anhand der Y/Q-Werte nachwiesen. Die Gelenkwagen hatten bei unterschiedlichen Versuchsbedingungen wie: leer, teilbeladen, beladen und bei unterschiedlichen Überhöhungsfehlbeträgen und bei Fliehkraftüberschuss die gleichen Y/Q-Verhältnisse wie unter gleichen Bedingungen gemessene unterschiedlichste Bauarten von 4-achsigen Wagen.

Einhaltung der Entgleisungssicherheit:

Vom DU (ECM) wurde zur Entgleisungssicherheit nachstehendes Dokument über den VK an die SUB übermittelt:

Zitat Schreiben DU (ECM) (auszugsweise):

...für die Gelenkwagen der Gattung Sggrs(s) 80' xxxxxx ist kein spezieller Nachweis bezüglich Entgleisungssicherheit oder Befahren im Gleisbogen erforderlich, da die Wagen als entgleisungssicher gelten und gemäß den Bedingungen der UIC 530-2 und UIC 432 von Fahrversuchen befreit sind. Im Einzelnen gilt gemäß **UIC 432**

- 3.6.2.3 Merkmale Wagen:

	Radsatzlast	Drehzapfen abstand 2a*	Schwerpunkt höhe bel.	Torsions- härte ct*	Eigen gewicht (Radsatzlast)
	[t]	[m]	[mm]	[10 ¹⁰ kN/mm ² /rad]	[t]
	max.	min - max	max.	min.	min.
SOLL	22,5	6,5 - 20	2380	0,5	16 (4)
IST	22,5	10.58	2040	2,4	28 (4,7)

- 3.6.2.5.1 (sowie 3.6.2.1, 3.6.2.2 und 3.6.2.4)

Die Wagen sind mit Drehgestellen Y25 Lss ausgerüstet

- 3.6.2.5.2 Die Wagen haben ein Gelenk der Bauart Talbot

*und gemäß **UIC 530-2** gilt:*

- 2.1.3 Die Wagen entsprechen der Anlage C

- 4.1.1 Drehzapfenabstand ist erfüllt (siehe Tabelle oben)

- 4.1.3 Anlage E.3 ist erfüllt

Drehzapfenabstand 10.58 m

Überhang 2,77 m

- 4.2 Bedingungen zur Befreiung von Versuchen sind erfüllt:

Eigengewicht >16 t: IST 28 t (bzw. Radsatzlast soll min. 4 t, ist 4,7 t)

Quotient G/LüP >1,0 t/m: IST 1,05 t/m

- Anlage G 1.1 Die Vorgaben in den Punkten 2 und 3 werden eingehalten, der Wagen ist somit sicher gegen Entgleisen und daher von Schiebeversuchen befreit.

Ein expliziter Nachweis ist daher zur Zulassung nicht erforderlich.

Ein Nachweis für die Einhaltung des zulässigen c_t^* dieser Fahrzeugserie ist gemäß UIC 530-2 nicht erforderlich.

Zitat TSI CR Vehicle (auszugsweise):

4.2.3.4.2.1. Sicherheit gegen Entgleisen und Fahrstabilität

Um Sicherheit gegen Entgleisen und Fahrstabilität zu gewährleisten, müssen die Kräfte zwischen Rad und Schiene begrenzt werden. Insbesondere geht es dabei um die Gleisquerkräfte Y und die vertikal wirkenden Kräfte Q .

— Y/Q Kräfte

Um die Gefahr eines Aufkletterns des Spurkranzes auf die Schiene gering zu halten, darf der Quotient aus Querkraft Y und vertikaler Last Q eines Rades nicht über

$(Y/Q)_{lim} = 0,8$ für große Bögen mit $R \geq 250$ m

$(Y/Q)_{lim} = 1,2$ für kleine Bögen mit $R < 250$ m liegen.

Punkt 4.2.3.4.2.2. Sicherheit gegen Entgleisen beim Befahren von Gleisverwindungen

Güterwagen können Gleisverwindungen befahren, wenn der Quotient (Y/Q) den Grenzwert in Abschnitt 4.2.3.4.2.1 einhält für einen Gleisbogen mit Radius $R = 150$ m und für eine maßgebende Gleisverwindung von:

für die Längsbasis $1,3 \text{ m} \leq 2a^*$

— $g_{lim} = 7 \text{ ‰}$ für $2a^+ < 4$ m

— $g_{lim} = 20/2a^+ + 2$ für $2a^+ > 4$ m

— **$g_{lim} = 20/2a^+ + 2$ für $2a^* < 20$ m**

— $g_{lim} = 3 \text{ ‰}$ für $2a^* > 20$ m

Die Längsbasis $2a^*$ bezieht sich auf den Radsatzabstand bei zweiachsigen Wagen bzw. auf den Drehzapfenabstand bei Drehgestellgüterwagen. Die Längsbasis $2a^+$ stellt den Radsatzabstand innerhalb eines Drehgestells dar.

Daraus errechnet sich für den A-Teil eine maximale Gleisverwindung $g = 3,89 \text{ ‰}$.

Dieser Wert wurde durch den Fahrweg eingehalten (siehe Abbildung 35).

Zitat Gutachterliche Stellungnahme [1, Punkt 4.1.1.3 Fahrzeugprüfverwindung laut ORE B55/RP8 (auszugsweise):

Grundsätzlich handelt es sich bei den untersuchten Drehgestellen Y25 um standardisierte Drehgestelle, d.h. sie werden keiner Zulassungsprüfung unterzogen. Bei Erfüllung bestimmter Bedingungen für die Torsionssteifigkeiten c_t^ nach UIC 530 des Wagens wird nach UIC 432 vorausgesetzt, dass der Wagen Verwindungen die den Grenzverwindungen für das Gleis entsprechen mit ausreichender Entgleisungssicherheit befahren kann.*

Wesentlich ist, dass bei der Verwindungsprüfung des Fahrzeuges eine symmetrische Lastverteilung vorausgesetzt wird. Eine Veränderung der Torsionssteifigkeit des Wagens durch die Anbringung der Last wird nicht berücksichtigt. Durch die Containerlast werden die Torsionssteifigkeiten des Wagens jedoch ungünstig (steifer) verändert.

Die Fahrzeugprüfverwindung ist jene Prüfverwindung die ein Fahrzeug, mit einer auf 6 mm begrenzten Radanhebung des führenden Rades (Grenzwert 6 mm) im 150 m Bogen (nach ORE B55/RP8) bei der Verwindungsprüfung befahren muss. Die Fahrzeugprüfverwindung bei einem Drehzapfenabstand von 21 m, beträgt entsprechend ORE B55 2,7 ‰. (in der TSI und EN 14363 werden 3 ‰ Fahrzeugprüfverwindung gefordert).

Diese Fahrzeugprüfverwindung wurde entsprechend den Richtlinien und Regelungen des Fahrzeuges nach bisherigem Kenntnisstand für den konkreten entgleisten Güterwagen nicht durch eine Messung überprüft.

Ein Nachweis der unbeschränkten Befahrbarkeit von Gleisverwindungen, wie sie durch TSI HS Infra nicht ausgeschlossen werden, liegt der SUB nicht vor.

Zitat VK im Zuge des Stellungnahmeverfahrens (auszugsweise):

Für die Wagen der Bauart „Sggrss“ liegt der Bericht der Fahrtechnischen Prüfung vom 5. Juni 2005 vor. Hier wurde der Grenzwert der Sicherheit gegen Entgleisen $Y/Q = 0,8$ in allen Bogenklassen bis 1500 m vom führenden Drehgestell als auch vom Mittendrehgestell mit Werten von bis zu 1,03 überschritten. Aufgrund dieser Überschreitungen waren für die Zulassung in Deutschland weitere Berechnungen notwendig. Grundsatzuntersuchungen zum Y/Q -Grenzwert wurden daraufhin durch die UIC durchgeführt. Versuche mit fünf unterschiedlichen Wagenbauarten, darunter der „Sggrss“. Alle fünf Wagenbauarten wiesen Überschreitungen des Grenzwertes Y/Q in den kleinen Bogenklassen am ersten und zweiten Drehgestell auf. Da keine auffälligen Radanhebungen gemessen wurden, wurde eine Einschränkung der Fahrsicherheit durch die hohen Y/Q -Werte bei diesen Fahrzeugen ausgeschlossen.

Die „Common Experts Group Y/Q “ der UIC bestand aus Mitgliedern der Study Group 2 (SG 2) – Freight Technology und Study Group 3 (SG 3) – Vehicle /Infrastructure interaction. Der Report „ Y/Q limit value: Study into the suitability of a Y/Q limit value of 0,8 for empty wagons“ wurde im Januar 2008 veröffentlicht. Im Ergebnis der Untersuchung wurde festgestellt, dass bei der Einführung des Grenzwertes $Y/Q = 0,8$ durch die ERRI C138 in den 80er Jahren, drei wesentliche Abweichungen zur heutigen Auswertung nach UIC 518 bzw. EN 14363 bestehen:

- a. Die Radienklasse nach ERRI C138 war 300 – 500 m (UIC 518: 250 – 400 m),*
- b. Die Standardabweichung in der statistischen Auswertung lag bei 97,5% (UIC 518: 99,85%),*
- c. Der Vertrauensbereich der statistischen Auswertung betrug 95%, entsprechend dem Faktor $k = 2$ (UIC 518: $k=3$).*

Die Analyse der Daten der fahrtechnischen Untersuchung mit den fünf Versuchsfahrzeugen nach der alten Methode des ERRI C138 führte zu dem Ergebnis, dass die Y/Q -Werte sich um bis zu 24 % reduzierten (von $Y/Q = 1,0$ zu $Y/Q = 0,8$). Diese Auswertmethode floss in die Überarbeitung der UIC 518 ein und kann bei Überschreitung des Wertes Sicherheit gegen Entgleisen $Y/Q = 0,8$ angewandt werden.

Die Fahrzeuge der Bauart „Sggrss“ als Referenzfahrzeug erfüllen damit das Kriterium Sicherheit gegen Entgleisen.

7.12. Befundaufnahme 12. und 20. Wagen Gattung „Sggrss“

Im Zugverband waren außer dem entgleisten 17. Wagen zwei bauartähnliche Wagen der Gattung „Sggrss“ als 12. und als 20. Wagen eingereiht.

Laut den vorliegenden Zugpapieren wies der zwölfte Wagen eine Gesamtmasse von 90 t und der 20. Wagen eine Gesamtmasse von 83 t auf.

Laut Zuglauf-Checkpoint wurden folgende Verhältnisse der Drehgestellfahrmassen dynamisch gemessen:

Drehgestellfahrmassen	12. Wagen Gattung „Sggrss“	20. Wagen Gattung „Sggrss“
Vorlaufendes Drehgestell	ca. 38 t	ca. 37 t
Mittleres Drehgestell	ca. 34 t	ca. 31 t
Nachlaufendes Drehgestell	ca. 17 t	ca. 15 t

Abbildung 56 Dynamische Lastverteilung des 12. und 20. Wagens (Quelle IM)

Bezüglich der Laufrichtung des jeweiligen A-Teils (vor- oder nachlaufend) liegen der SUB keine Angaben vor.

7.13. Analyse der Entgleisung

Unausgeglichene Seitenbeschleunigung:

Das vorlaufende Drehgestell (A-Teil) erfährt beim Befahren des stark gekrümmten Zweiges der Innenbogenweiche (Weiche 51, Bereich der Entgleisungsstelle km 38,350) folgende unausgeglichene Seitenbeschleunigung „a“:

$$a = v^2/r - D \times g/b$$

Daten: $v = 45 \text{ km/h} = 12,5 \text{ m/s}$

$r = 429,8 \text{ m}$ (Bogenhalbmesser)

$D = 93 \text{ mm}$ (Gleisüberhöhung)

$b = 1,5 \text{ m}$ (Laufkreisabstand)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (Erdbeschleunigung)

$$a = -0,25 \text{ m/s}^2$$

Auf Grund der zum Zeitpunkt der Entgleisung des Drehgestells I gefahrenen Geschwindigkeit, des Krümmungshalbmessers und der vorhandenen Überhöhung in der Rampe betrug die unausgeglichene Seitenbeschleunigung $-0,25 \text{ m/s}^2$.

Spießgang:

Bei langsamen Fahrten in Gleisbögen mit großen Überhöhungen kommt der vorlaufende Radsatz in einen Spießgang (läuft an der Außenschiene an).

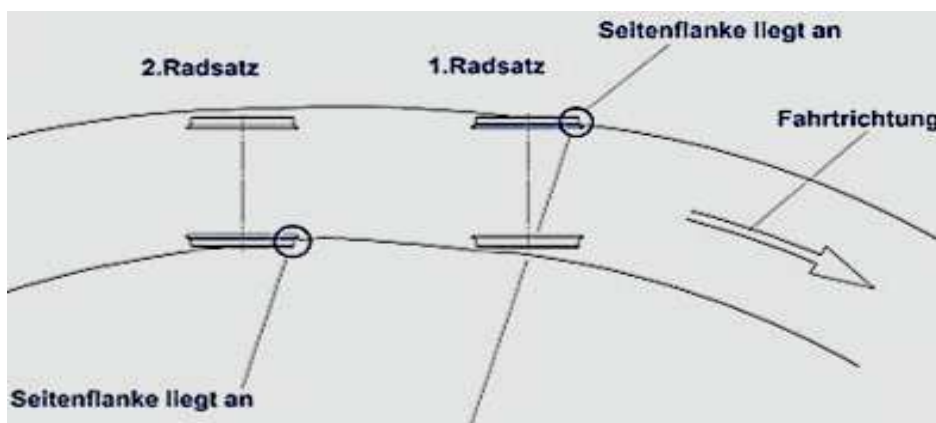


Abbildung 57 Schematische Darstellung „Spießgang“ – (Quelle Internet – M. Koch - Gotha 2011)

Wankstellung des Wagens in der Überhöhung:

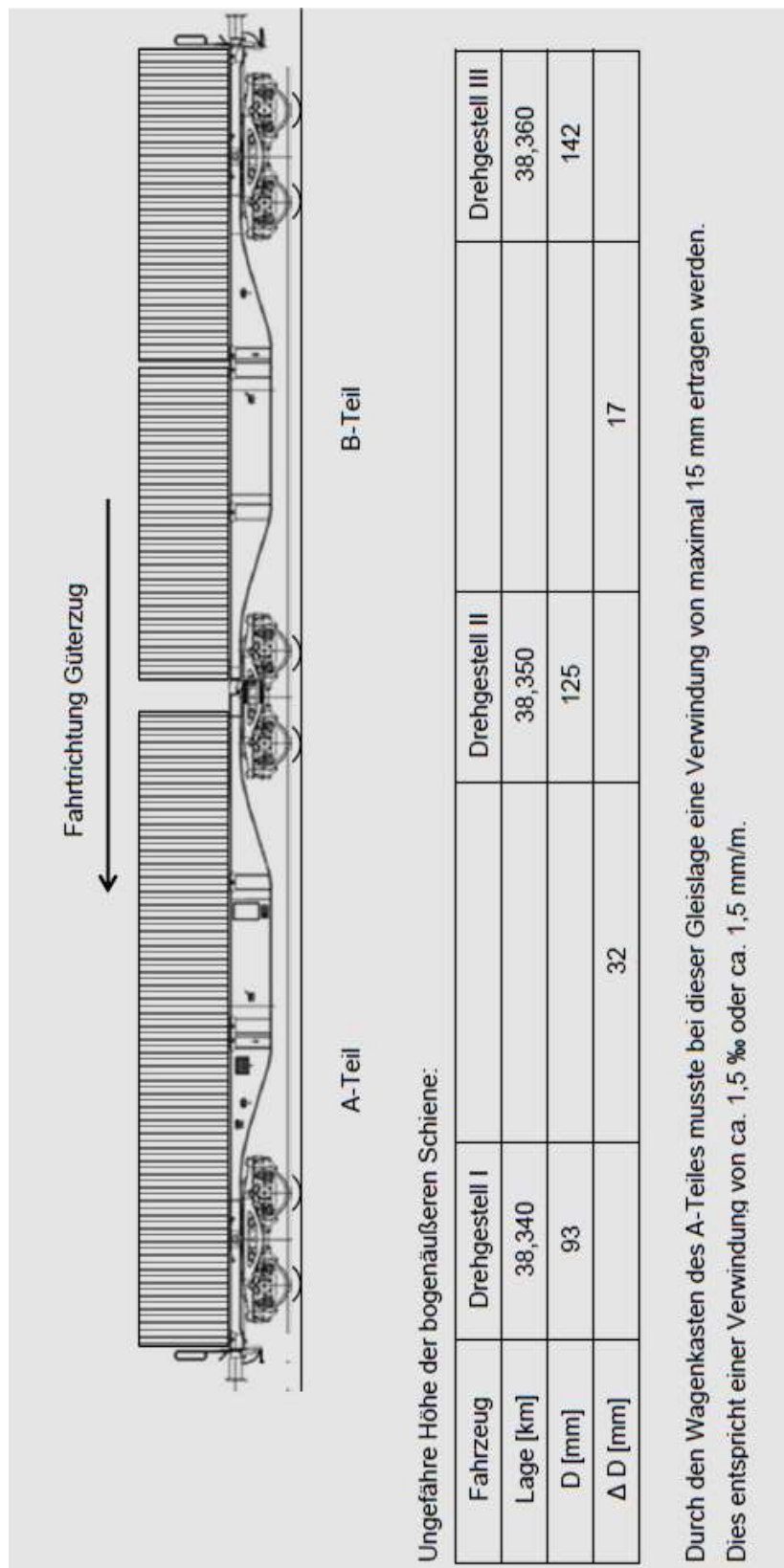


Abbildung 58 Wankstellung des Wagens in der Überhöhung (Quelle SUB)

Statische Radentlastung:

Zusätzlich zu der am Zuglauf-Checkpoint (im ebenen Gleis) gemessenen Radentlastung des in Fahrtrichtung linken Rades des vorlaufenden Radsatzes von ca. 9 % (1,0 : 1,2) wirkt eine zusätzliche Radentlastung auf Grund der Gleisüberhöhung im Bereich der Entgleisungsstelle.

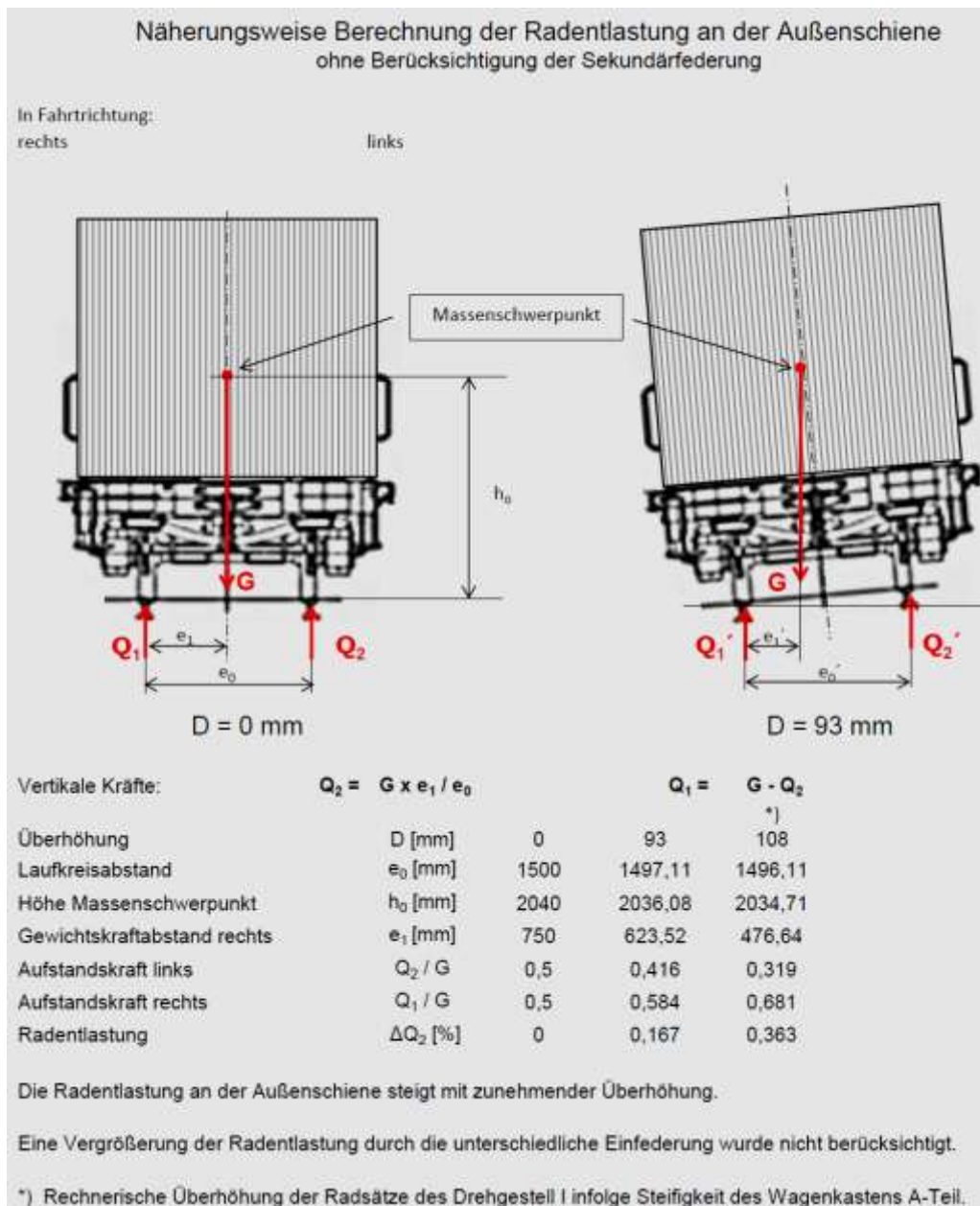


Abbildung 59 Statische Radentlastung in der Überhöhung (Quelle SUB)

Die Radentlastung des linken Rades des in Fahrtrichtung vorlaufenden Radsatzes beträgt ohne Berücksichtigung der seitlichen Kastenabstützung zwischen 25,7 und 45,3 %. Durch die gefederte seitliche Kastenabstützung wird die Radentlastung noch gesteigert.

7.14. Sicherheitsempfehlungen aus Untersuchungsbericht

Anlässlich der Entgleisung eines Güterzuges am 16. August 2008 an derselben Stelle und einer ähnliche Fahrzeuggattung wurden mit dem Untersuchungsbericht BMVIT-795.106-II/BAV/UUB/SCH/2008 folgende Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

Bezüglich der von der Behörde getroffenen, eingeleiteten oder geplanten Maßnahmen liegen der SUB nebenstehende Antworten vor (Maßnahmenliste zu Sicherheitsempfehlungen Version 1.3/09- BMVIT-IV/SCH5 vom 26. August 2013):

Sicherheitsempfehlungen:	Maßnahmenliste zu Sicherheitsempfehlungen:
<i>Sicherstellung eines ausreichenden Schmierzustandes der Fahrkante</i>	<i>Die infrastrukturseitige Schmierung der Schienenflanken ist keine sicherheitsrelevante Maßnahme und dient zur Verringerung der seitlichen Schienenabnutzung in Bereichen mit engen Bogenradien.</i>
<i>Überprüfung der Grenzwerte für die zulässige Rampenneigung oder Verwindung bei Rampen in Weichen gegenüber Rampen in Übergangsbögen.</i>	<i>Die vom IM für den Bau und die Instandhaltung verwendeten gültigen Vorschriften erfüllen die europäischen gesetzlichen Bestimmungen über zulässige Gleisgeometrien und zulässige Abweichungen. Werden diese Vorschriften angezweifelt, so wird damit die internationale Normung in Frage gestellt. Differenzen zwischen den Grenzwerten der Gleislage und den Zulassungswerten der Fahrzeuge sind in den internationalen Gremien auszudiskutieren</i>
<i>Die Grenzverwindungen in der Gleislage sind auch für „lange“ Wagen anzupassen.</i>	
<i>Untersuchung des lauftechnischen Verhaltens von „langen“ Containertragwagen in den beim IM zugelassenen Gleisgrenzverwindungen mit einer Risikoabschätzung nach EN 50126 und Beschäftigung mit dieser Materie im Rahmen des „CEN/TC256“ bzw. im Rahmen der aktuell anstehenden Revision der „TSI CR Vehicle“.</i>	<i>In Bearbeitung</i>

Sicherheitsempfehlungen (Fortsetzung):	Maßnahmenliste zu Sicherheitsempfehlungen (Fortsetzung):
<p><i>Definition in den Verfahrensanweisungen für die Freigabe eines Gleises welche Normen und Richtlinien eingehalten werden müssen.</i></p> <p><i>Definition der Maßnahmen die bei Nichteinhaltung der Grenzwerte gemäß OV gesetzt werden müssen, bevor ein Gleis freigegeben wird. Aufnahme der im Rahmenvertrag gegebenen Formulierung: „Beseitigung aller Mängel vor Freigabe des Gleises“.</i></p>	<p><i>Die für die Freigabe eines Gleises gültigen Normen und Richtlinien (wie z.B. Instandhaltungsplan DB IS 2 Teil 1) sind den Freigabeberechtigten bekannt (Schulung, Dokumentenlenkung). Die ZOV 54 (Abnahme von Oberbauarbeiten) definiert Qualitätsansprüche für die Abnahme von Oberbauarbeiten und ist daher nicht sicherheitsrelevant.</i></p>
<p><i>Bei der Angabe der Grenzwerte der Verwindung der Gleislage ist eine zusätzliche Einsenkung unter Last bzw. die damit gegebene Messunsicherheit des Messverfahrens zu berücksichtigen, wenn das Messverfahren für die Verwindung unter geringer Last (< 10t) durchgeführt wird.</i></p>	<p><i>Im Instandhaltungsplan DB IS 2 Teil 1 (Instandhaltungsplan Oberbauanlagen) sind sowohl für die Messung unter Belastung (Messwagen) als auch für die händische Messung (ohne Belastung) Grenzwerte für die Verwindung enthalten.</i></p>
<p><i>Überprüfung, ob durch eine Neusituierung der EK km 38,273 eine Verbesserung der Linienführung zu erreichen wäre.</i></p>	<p><i>Wir möchten auf die Stellungnahme im Stellungnahmeverfahren zum vorläufigen Untersuchungsbericht hinweisen. In der Stellungnahme wird bekanntgegeben, dass eine Neusituierung aus konstruktiven Gründen nicht möglich ist. Weiters wird auf die Stellungnahmen im Stellungnahmenverfahren zum vorläufigen Untersuchungsbericht des BMVIT Abteilung IV/SCH2, Fachgebiet Sicherung schienengleicher Eisenbahnkreuzungen hingewiesen, welche von Seiten des IM vollinhaltlich unterstützt wird.</i></p>

8. Schlussfolgerungen

Diese Entgleisung ist die zweite Entgleisung auf derselben Innenbogenweiche an derselben Stelle mit derselben Fahrzeuggattung, ähnlicher Zugkonfiguration und ähnlicher Betriebssituation.

Betriebliche Situation:

Infolge planmäßiger Bauarbeiten waren das Gleis 1 und das Gleis 3 des IM-Bf für Zugfahrten gesperrt. Die Durchfahrt des Güterzuges erfolgte daher auf Gleis 5, da auf Gleis 2 und Gleis 4 Zugfahrten in der Gegenrichtung erfolgten. Für den nach dem IM-Bf gelegenen Streckenabschnitt war für den Güterzug auf Grund seines Zugweichtes eine Durchfahrtsicherung ab dem Einfahrsignal des IM-Bf erforderlich. Zu diesem Zweck wurde der Güterzug am Einfahrsignal des IM-Bf angehalten.

Die Sicherungsanlage des IM-Bf zeigte nach dem Vorfall einen ordnungsgemäßen Zustand, es wurden keine zählwerkspflichtigen Handlungen gesetzt.

Zugbildung:

Im Zugverband waren außer dem entgleisten 17. Wagen der Gattung „Sggrs“ zwei bauartähnliche Wagen der Gattung „Sggrss“ als 12. und als 20. Wagen eingereiht. Diese passierten die Entgleisungsstelle ohne Vorkommnisse. Laut den vorliegenden Zugpapieren wies der 12. Wagen eine Gesamtmasse von 90 t und der 20. Wagen eine Gesamtmasse von 83 t auf (ähnlich dem entgleisten 17. Wagen). Laut Zuglauf-Checkpoint waren die dynamisch gemessenen Verhältnisse der Drehgestellfahrmassen umgekehrt (12. u. 20. Wagen hinten leicht). Bezüglich der Laufrichtung des jeweiligen A-Teils dieser Wagen (vor- oder nachlaufend) liegen der SUB keine Angaben vor.

Bei der näherungsweisen Berechnung der längsdynamischen Kräfte im Zugverband im Bereich der Entgleisungsstelle ergab sich ein Kräftegleichgewicht mit geringen quasistatischen Kräften $< 3,1 \text{ kN}$.

Tfz:

Die zulässigen Geschwindigkeiten wurden eingehalten.

Fahrkantenschmierung:

Im Fahrweg des Güterzuges ist der SUB in einer Entfernung von 100 km vor der Entgleisungsstelle keine ortsfeste Schienenflankenschmiereinrichtung bekannt. Eine Dokumentation des Schmierzustandes der Schienenflanke gemäß EN 14427 im Bereich der Entgleisungsstelle liegt der SUB nicht vor.

Das Tfz ist mit einer wegabhängig gesteuerten Spurkranzschmierung ausgerüstet. Durch den Halt vor dem Einfahrsignal „Y“ des IM-Bf erfolgte der erste Sprühstoß nach der Entgleisungsstelle.

Eine Festlegung welche Menge an Schmiermittel pro km bzw. nach Art der Sprühstoßsteuerung erforderlich ist, sind den Regelwerken für die Zulassungsbedingungen am Netz des IM nicht zu entnehmen.

Fahrweg:

Durch die der Entgleisungsstelle folgende Eisenbahnkreuzung und der Beibehaltung der VzG – Geschwindigkeit ergaben sich für die Gleisgeometrie Zwangspunkte.

Bei der Instandhaltung im Jahr 2008 wurden die vorhandenen Planungswerte von $D_0 = 150$ mm für die Weiche 52 und $D_0 = 128$ mm für die Weiche 51 laut Bogenverzeichnis des IM regelwerkskonform beibehalten (Für Neubau, Umrüstung und Erneuerung von HL-Strecken ist gemäß OV des IM als größte zulässige Überhöhung $D_0 = 100$ mm in Weichenbereichen festgelegt).

Die Gleisparameter (Radius und Überhöhung) liegen im unkritischen Bereich 1 gemäß ORE B55/RP8 - Figur 7.

Die maximalen Planungswerte für die unvermittelten Änderungen des Überhöhungsfehlbetrags bei Zweiggleisen gemäß TSI HS Infra wurden unter Ausnutzung der Toleranz bei der Weiche 51 eingehalten.

Bei der gegenständlichen Rampe wurden die außergewöhnlichen Grenzwerte der Änderung der Überhöhung mit der Zeit dD/dt gemäß EN 13803-1 bei der zulässigen Geschwindigkeit eingehalten. Bei der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit wurde der normale Grenzwert eingehalten.

Das Gleis 3 und das Gleis 5 im IM-Bf waren alle zwei Jahre durch händische Messung mit Messlehre oder Messung mit elektronischem Handmesswagen zu überprüfen. Daher konnten keine Messschriebe bezüglich der Gleislage für die Fahrt von Gleis 1 über die Weichen 52 und 51 nach Gleis 5 vorgelegt werden.

Bei der händischen Messung im unbelasteten Zustand wurden die SES für die Spurweite und die 5-m-Verwindung eingehalten (Messung vom 23. September 2013).

Im Messbereich der Entgleisungsstelle lag zum Messzeitpunkt keine Überschreitung einer Eingriffsschwelle oder Soforteingriffsschwelle vor (Messung vom 3. Oktober 2012 mit Handmessgerät).

Die Weicheninspektionsblätter der Weiche 51 vom 19. April 2010, 7. April 2011 und 2. April 2012 liegen der SUB vor und zeigen regelwerkskonforme Abmessungen (es wurden keine Eingriffsschwellen oder Soforteingriffsschwellen überschritten).

Vorgereichter 16. Wagen der Gattung „Sgjs“:

Es wurden keine unfallkausalen Mängel festgestellt

Entgleister 17. Wagen der Gattung „Sggrs“:

Die Revisionsfrist war an diesem Wagen eingehalten.

Auf Grund der zum Zeitpunkt der Entgleisung des Drehgestells I ,gefahrenen Geschwindigkeit, des Krümmungshalbmessers und der vorhandenen Überhöhung in der Rampe betrug die unausgeglichene Seitenbeschleunigung $-0,25 \text{ m/s}^2$.

Die Beschädigung an der Stirn- und an der Lauffläche des vorlaufenden Radsatzes erfolgte vermutlich beim Wiedereingleisen. Die Beschädigungen an den Radsätzen 1 und 2, am vorlaufenden Drehgestell und am darüberliegenden Fahrzeugrahmen sind auf die Fahrt im entgleisten Zustand zurückzuführen. Die Beschädigung der Zugeinrichtung ist auf die seitliche Überpufferung des entgleisten 17. Wagens mit dem vorgereichten 16. Wagen zurückzuführen.

Der entgleiste 17. Wagen war mit einem 40' Container Type „FCSU“ mit 12,229 t am A-Teil (vorlaufene Wagenhälfte) und zwei 20' Container Type „DRYU“ mit 23,078 t und Type „CARU“ mit 19,200 t am B-Teil (nachlaufene Wagenhälfte) beladen.

Als Ladegut waren 55 t Gefahrgut SULFAMINSÄURE, Gefahrennummer 80 UNNr 2967, KI 8.0, Vpgr III, Gefahrenzettel 8 angegeben.

Bei der dynamischen Radlastverwiegung an einem Zuglauf-Checkpoint des IM wurde beim vorlaufenden Radsatz 1 ein Verhältnis von 1:1,20 gemessen (linkes/rechtes Rad). Der Grenzwert beträgt 1:1,25.

Bei der durch das RU veranlassten Verwiegung wurden die zulässigen Lastgrenzen eingehalten.

Die Verteilung der Massen erfolgte auf	Drehgestell I	16120 kg
	Drehgestell II	32920 kg
	Drehgestell III	35240 kg

Das Verhältnis der Drehgestelllasten 3:1 wurde eingehalten. Diese Bestimmung wurde ursprünglich für Wagen mit zwei Drehgestellen bzw. Einzelradsätzen festgelegt.

Der A-Teil ist über dem mittleren Drehgestell mit einem Gelenk der Bauart Talbot gemäß UIC 432, Anlage F, Abbildungen F.1 und F.2 mit dem B-Teil des Fahrzeuges verbunden.

Die beiden Fahrzeughälften sind mit einem sich über dem mittleren Drehgestell befindlichen Mittengelenk verbunden. Dadurch ist eine Bewegung der beiden Fahrzeughälften um die Hochachse (gieren) und um die Querachse (nicken) möglich. Zusätzlich befinden sich über den gefederten seitlichen Kastenabstützungen des mittleren Drehgestells Reibplatten, die die seitlichen vertikalen Kräfte des A-Teiles auf den am Drehgestell aufliegenden B-Teil übertragen. Die Funktion der Reibplatten gestattet nur eine Bewegung der beiden Fahrzeughälften zueinander um die Hochachse und die Querachse.

Eine Wankbewegung (um die X-Achse) zwischen den beiden Fahrzeughälften wie in UIC 572, Punkt 3.3 gefordert (Sicherstellen der im Betrieb geforderten Bewegungsfreiheiten um die X-, Y- und Z-Achsen) ist auf Grund der Konstruktion nicht möglich. Seitens des ECM wird darauf hingewiesen, dass die beiden Wagenhälften sehr torsionsweich sind und dadurch die „fehlende“ Relativwankbewegung von untergeordneter Bedeutung ist.

Laut ECM ist gemäß UIC 432 ein Nachweis für die Einhaltung des zulässigen c_t^* dieser Fahrzeugserie gemäß UIC 530-2 nicht erforderlich.

Ein Nachweis der unbeschränkten Befahrbarkeit von Gleisverwindungen, wie sie durch TSI HS Infra nicht ausgeschlossen werden, liegt der SUB nicht vor.

Die gemäß TSI CR Vehicle, Punkt 4.2.3.4.2.2. Sicherheit gegen Entgleisen beim Befahren von Gleisverwindungen ($g_{\text{lim}} = 20/2a^* + 2$ für $2a^* < 20$ m) für den A-Teil errechnete maximale Gleisverwindung im Bereich der Entgleisungsstelle $g = 3,89$ ‰ wurde durch den Fahrweg eingehalten.

Zur genaueren Beurteilung des Einflusses des Fahrzeuges liegen der SUB keine Dokumentationen vor.

Die vom IM angebotene weiterführende Untersuchung des entgleisten Wagens zur Ursache wurde auf Grund fehlender Zweckmäßigkeit und Methodik des Versuches vom RU und VK nicht wahrgenommen.

Hergang der Entgleisung:

Das vorlaufende Drehgestell (A-Teil) erfährt beim Befahren des stark gekrümmten Zweiges der Innenbogenweiche (Weiche 51, Bereich der Entgleisungsstelle km 38,350) eine unausgeglichene Seitenbeschleunigung $a = -0,25$ m/s².

Bei langsamen Fahrten in Gleisbögen mit großen Überhöhungen läuft der vorlaufende Radsatz an der Außenschiene an (ähnlich einer Spießgangstellung).

Zusätzlich zu der am Zuglauf-Checkpoint (im ebenen Gleis) gemessenen Radentlastung des in Fahrtrichtung linken Rades des vorlaufenden Radsatzes von ca. 9 % (1,0 : 1,2) wirkt eine zusätzliche Radentlastung auf Grund der Gleisüberhöhung im Bereich der Entgleisungsstelle. Die Radentlastung des linken Rades des in Fahrtrichtung vorlaufenden Radsatzes beträgt ohne Berücksichtigung der seitlichen Kastenabstützung zwischen 25,7 und 45,3 %. Durch die gefederte seitliche Kastenabstützung wird die Radentlastung noch gesteigert.

9. Maßnahmen des IM

Im IM-Bf wurde das Gleis 5 bis auf weiteres für Fahrten von Güterzügen gesperrt.

10. Sonstige, nicht unfallkausale Unregelmäßigkeiten und Besonderheiten

Die Regelwerke für die Bremsberechnung enthalten keine Berücksichtigung der Zuglänge. Der Korrekturfaktor für die Zuglänge > 500 m, Kappa-Wert für „P“-gebremste Züge gemäß UIC 544-1, Punkt 9.2 wurde nicht angewendet. Im gegenständlichen Fall hätte das ermittelte Bremsgewicht oder die errechneten Bremshundertstel mit einem Faktor von $\kappa=0,925$ gemäß UIC 544-1, Anlage K2 multipliziert werden müssen.

11. Ursache

Eine eindeutige Ursache für die Entgleisung konnte nicht ermittelt werden.

Das Zusammenwirken mehrerer Faktoren wie Gleisgeometrie, ertragbare Verwindung und Beladezustand des Wagens und daraus resultierender Radentlastung sowie des Schmierzustandes der Fahrkante war für die Entgleisung ausschlaggebend.

12. Berücksichtigte Stellungnahmen

Siehe Beilage.

13. Sicherheitsempfehlungen

Laufende Jahres-nummer	Sicherheitsempfehlung (unfallkausal)	ergeht an
A-2013/068	Überprüfung, ob durch eine Reduktion der Überhöhungen und damit verbundene Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf Gleis 1 die Gefahr des Entgleisens von Güterwagen, der betreffenden Gattung in ungünstigem Beladezustand, reduziert. Anmerkung: Dadurch reduziert sich in den anschließenden Weichenbereichen von Gleis 1, Gleis 3 und Gleis 5 die maximale Überhöhung von 150 mm auf ca. 75 mm.	NSA IM

Punkt	Sicherheitsempfehlung (unfallkausal)	ergeht an
A-2013/069	<p>Sicherstellung eines ausreichenden Schmierzustandes der Fahrkante.</p> <p>Anmerkung: Siehe EN 14363, Anhang A. Wenn dies auf Grund der Betriebssituation durch Fahrzeuge mit Spurkranzschmiereinrichtungen nicht ausreichend erfolgen kann, muss der ausreichende Schmierfilm der Fahrkante durch den Einsatz einer ortsfesten Schienenflankenschmiereinrichtung oder den Einsatz eines Schmierwagens sichergestellt werden (Bereits 2010 ausgesprochen).</p>	NSA IM
A-2013/070	<p>Präzisierung des Anforderungskatalogs an Triebfahrzeuge für die Zulassung im Netz des IM bezüglich Spurkranzschmierungen im Sinne der EN 15427.</p> <p>Anmerkung: Gründung eine Arbeitsgruppe zur Erstellung der Bedingungen für die Fahrkantenschmierung. Erstellung eines Bestandskatasters der ortsfesten Schienenflankenschmiereinrichtungen.</p>	IM
A-2013/071	<p>Überprüfung, ob bei Fehlen der gemäß UIC 472 geforderte Bewegungsfreiheit, die Relativ-Wankbewegung (Z-Achse) der beiden Fahrzeugteile durch die gemäß UIC 530-2 definierte Verwindesteifigkeit c_t^* (ursprünglich für Wagen mit zwei Drehgestellen bzw. Radsätzen) ausreichend ist.</p> <p>Anmerkung: UIC 472, Punkt 3.3 für Gelenkwagen geforderte Sicherstellung der im Betrieb geforderten Bewegungsfreiheit um die X-, Y- und Z-Achsen.</p>	NSA
A-2013/072	<p>Überprüfung der Zulassung „Sggrs“, dabei sollte sichergestellt sein, dass die beiden Fahrzeugteile bei Bogenstellung und Verhältnis der Drehgestellfahrmasse 1:3 des „Sggrs“ die Bestimmungen für die Entgleisungssicherheit, auf Gleisabschnitten die laut TSI xx Infra nicht ausgeschlossen sind, einhalten</p> <p>Anmerkung: Seitens der ERA ist geplant, im Rahmen der Task Force „Technical Network“ solche und ähnliche technische Fragen zu behandeln.</p>	betroffene NSA
A-2013/073	<p>Überprüfung, ob das Verhältnis der Drehgestellfahrmasse 1:3 gemäß Punkt 3.3 des Beladetarifs für Gelenkwagen in allen Beladefällen zulässig ist.</p> <p>Begründung: Diese Bestimmung wurde ursprünglich für Wagen mit zwei Drehgestellen (Radsätzen) festgelegt.</p>	NSA RU

Punkt	Sicherheitsempfehlung (unfallkausal)	ergeht an
A-2013/074	Überprüfung, ob durch eine Neusituierung der EK km 38,273 eine Verbesserung der Linienführung zu erreichen wäre. Anmerkung: Bereits 2010 ausgesprochen.	NSA IM

Punkt	Sicherheitsempfehlung (nicht unfallkausal)	ergeht an
A-2013/075	Sicherstellung, dass der Korrekturkoeffizient κ (Faktor „kappa“ gemäß Merkblatt UIC 544-1, Anlage K2), bei der Ermittlung der Brems Hundertstel für Güterzüge mit Längen > 500 m angewendet wird. Anmerkung: Bereits 2008, 2009 und 2010 ausgesprochen.	IM RU

Wien, 26. November 2013

Bundesanstalt für Verkehr
Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes

Der gegenständliche Untersuchungsbericht gemäß § 15 UUG 2005 wurde vom Leiter der Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes nach Abschluss des Stellungnahmeverfahrens gemäß § 14 UUG 2005 genehmigt.

Beilage: Stellungnahmen

Beilage - Stellungnahmen

Zitat Stellungnahme 1 (auszugsweise):

Bei dem Güterzug handelt es sich um einen Ganzzug von Hamburg nach Wien und daher ist ein Verweis auf den Beladetarif nicht korrekt. Richtigerweise müsste auf die UIC-Verladerichtlinien verwiesen werden.

Anmerkung SUB:

Berücksichtigt

Die Formulierung auf Seite 82 – „Weiterführende Untersuchungen wie sie das IM vorgeschlagen hat, wurden vom VK und RU als nicht zielführend gesehen.“ – sollte durch jene auf Seite 64 – „Die vom IM angebotene, weiterführende Untersuchung des entgleisten Wagens zur Ursache wurde auf Grund fehlender Zweckmäßigkeit und Methodik des Versuches vom RU und VK nicht wahrgenommen.“ – ersetzt werden.

Anmerkung SUB:

Berücksichtigt

Zitat Stellungnahme 2 (auszugsweise):

Zu Punkt 7.6 Befundaufnahme Regelwerke wird angemerkt, dass der zweite Teil „Zitat TSI“ auf Seite 30 „4.2.9.2 Soforteingriffsschwelle für die Gleisverwindung“ aus der TSI CR Inf (nicht TSI HS Inf) stammt.

Anmerkung SUB:

Berücksichtigt

Die Sicherheitsempfehlung 13.1 sollte dahingehend umformuliert werden, da eine Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auch ohne Anpassung der Überhöhungen möglich ist, wie beispielsweise „Überprüfung, ob durch eine Reduktion der Überhöhungen und damit verbundene Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf Gleis 1...“.

Inwieweit hier Anpassungen der Überhöhungen möglich und zielführend sind (auch hinsichtlich des Ausmaßes) liegt aus ho. Sicht im Verantwortungsbereich des Infrastrukturbetreibers. In diesem Zusammenhang sollte alternativ auch die Notwendigkeit des Gleises 5 generell bzw. für den Güterverkehr (siehe auch Punkt 9) überprüft werden

Anmerkung SUB:

Berücksichtigt

Das vorlaufende (offenbar entgleisungskasale) Drehgestell des Gelenkbehälterwagens soll sich in Spießgangstellung befunden haben. Dies wäre zwar bei Fahrzeugen mit Starrahmen unter den gegebenen Gleisbedingungen naheliegend, bei Drehgestellen mit 1800mm Radsatzabstand ist dies jedoch unwahrscheinlich oder sogar unmöglich, zumal „Spießgang“ ein Anlaufen des hinteren Radsatzes desselben Drehgestells an der Innenschiene bedingen würde, was nirgendwo behauptet wird und auch, solange das Drehgestell frei beweglich ist, kaum möglich ist. Es wird daher angeregt, statt „Spießgangstellung“ vom Außenanlauf des führenden Radsatzes zu sprechen.

Anmerkung SUB:

Berücksichtigt

Zitat Stellungnahme 3 (auszugsweise):

Für die Wagen der Bauart „Sggrss“ liegt der Bericht der Fahrtechnischen Prüfung vom 5. Juni 2005 vor. Hier wurde der Grenzwert der Sicherheit gegen Entgleisen $Y/Q = 0,8$ in allen Bogenklassen bis 1500 m vom führenden Drehgestell als auch vom Mittendrehgestell mit Werten von bis zu 1,03 überschritten. Aufgrund dieser Überschreitungen waren für die Zulassung in Deutschland weitere Berechnungen notwendig. Grundsatzuntersuchungen zum Y/Q -Grenzwert wurden daraufhin durch die UIC durchgeführt. Versuche mit fünf unterschiedlichen Wagenbauarten, darunter der „Sggrss“. Alle fünf Wagenbauarten wiesen Überschreitungen des Grenzwertes Y/Q in den kleinen Bogenklassen am ersten und zweiten Drehgestell auf. Da keine auffälligen Radanhebungen gemessen wurden, wurde eine Einschränkung der Fahrsicherheit durch die hohen Y/Q -Werte bei diesen Fahrzeugen ausgeschlossen.

Die „Common Experts Group Y/Q “ der UIC bestand aus Mitgliedern der Study Group 2 (SG 2) – Freight Technology und Study Group 3 (SG 3) – Vehicle /Infrastructure interaction. Der Report „ Y/Q limit value: Study into the suitability of a Y/Q limit value of 0,8 for empty wagons“ wurde im Januar 2008 veröffentlicht. Im Ergebnis der Untersuchung wurde festgestellt, dass bei der Einführung des Grenzwertes $Y/Q = 0,8$ durch die ERRI C138 in den 80er Jahren, drei wesentliche Abweichungen zur heutigen Auswertung nach UIC 518 bzw. EN 14363 bestehen:

- a. Die Radienklasse nach ERRI C138 war 300 – 500 m (UIC 518: 250 – 400 m),*
- b. Die Standardabweichung in der statistischen Auswertung lag bei 97,5% (UIC 518: 99,85%),*
- c. Der Vertrauensbereich der statistischen Auswertung betrug 95%, entsprechend dem Faktor $k = 2$ (UIC 518: $k=3$).*

Die Analyse der Daten der fahrtechnischen Untersuchung mit den fünf Versuchsfahrzeugen nach der alten Methode des ERRI C138 führte zu dem Ergebnis, das die Y/Q -Werte sich um bis zu 24 % reduzierten (von $Y/Q = 1,0$ zu $Y/Q = 0,8$). Diese Auswertmethode floss in die Überarbeitung der UIC 518 ein und kann bei Überschreitung des Wertes Sicherheit gegen Entgleisen $Y/Q = 0,8$ angewandt werden.

Die Fahrzeuge der Bauart „Sggrss“ als Referenzfahrzeug erfüllen damit das Kriterium Sicherheit gegen Entgleisen. Wir bitten darum die Berechnungen nach der Methode des ERRI C138 und den sich darauf ergebenden Y/Q -Wert in einen neuen Berichtsentwurf aufzunehmen.

Anmerkung SUB:

Berücksichtigt

Die im Rahmen der Unfalluntersuchung betrachtete Wagengattung hat vor Inkrafttreten der TSI Infrastruktur ihre Zulassung erhalten. In Bezug auf die Entgleisungssicherheit der Wagengattung „Sggrs“ kann die TSI Infrastruktur somit keine Grundlage in Bezug auf die Fahrzeugzulassung bilden. Der Nachweis der Entgleisungssicherheit nach TSI Infrastruktur ist nicht zu erbringen.

Unabhängig von der Tatsache, dass wir der Auffassung sind, dass die Entgleisungssicherheit der in Rede stehenden Fahrzeuggattung gegeben ist, halten wir eine Sicherheitsempfehlung an die deutsche Aufsichtsbehörde für wenig zielführend, da die Fahrzeuge von verschiedenen VK europaweit zugelassen sind und bei fast allen RU zum Einsatz kommen. Eine Sicherheitsempfehlung macht aus Sicht des VK nur dann einen Sinn, wenn sie an alle nationalen Aufsichtsbehörden ergeht. Gleichzeitig können die im Bericht als fehlend genannten Faktoren wie unberücksichtigte Bogenstellung sowie eine Fahrzeugprüfverwindung nur auf internationaler Ebene weiterverfolgt werden.

In Anbetracht von bisher zwei stattgefundenen Ereignissen an gleicher Stelle halten wir eine derartige europaweite Sicherheitsempfehlung in Bezug auf das Fahrzeug für derzeit nicht gerechtfertigt.

Anmerkung SUB:

Berücksichtigt - Seitens der ERA ist geplant, im Rahmen der Task Force „Technical Network“ solche und ähnliche technische Fragen zu behandeln.

Stellungnahme 4:

Da keine für den Vorfall maßgeblichen Tatsachen und Schlussfolgerungen (gemäß § 14 Abs. 1 UUG 2005 in der Stellungnahme enthalten war, wurde diese nicht berücksichtigt.