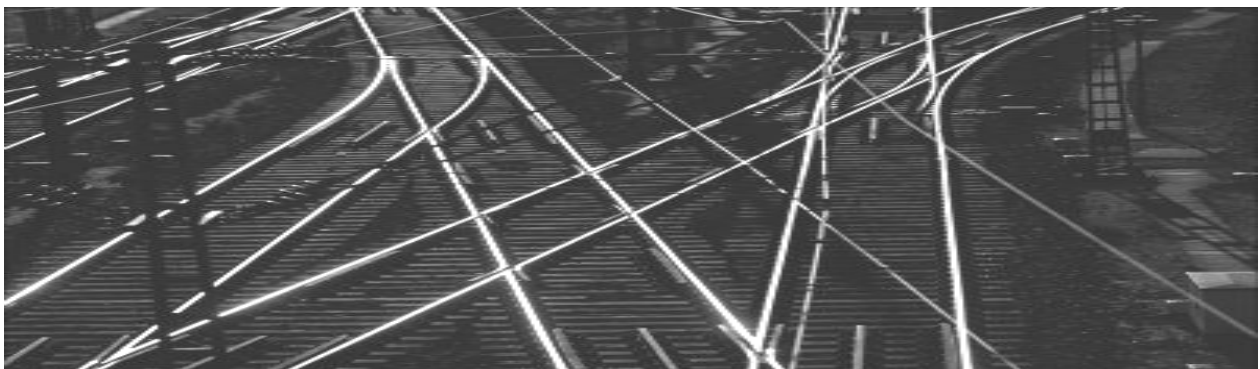




Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: 60 - 60uu2012-09/00205

Datum: 08.04.2014



Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb

Ereignisart:	Zugentgleisung
Datum:	24.07. u. 29.09.2012
Zeit:	11:38 u. 11:42 Uhr
Bahnhof:	Stuttgart Hbf
Gleis:	10
Kilometer:	0,600

Veröffentlicht durch:

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur,
Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes
Robert-Schuman-Platz 1
53175 Bonn

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
0	Einleitung 8
1	Zusammenfassung 8
1.1	Kurzbeschreibung des Ereignisses 8
1.2	Folgen 8
1.3	Ursachen 9
2	Vorbemerkungen 11
2.1	Organisatorischer Hinweis 11
2.2	Ziel der Eisenbahn-Unfalluntersuchung 11
2.3	Beteiligte und Mitwirkende 12
3	Ereignis 12
3.1	Hergang 12
3.2	Todesopfer, Verletzte und Sachschäden 13
3.3	Wetterbedingungen 14
4	Untersuchungsprotokoll 14
4.1	Zusammenfassung von Aussagen 14
4.2	Notfallmanagement 16
4.3	Untersuchung der Infrastruktur 18
4.3.1	Allgemeine Angaben zur Infrastruktur 18
4.3.2	Planerische Kriterien 18
4.3.3	Instandhaltung 26
4.4	Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik 30
4.5	Untersuchung der betrieblichen Handlungen 31
4.5.1	Fahrdienst auf den Betriebsstellen 31
4.5.2	Durchführung der Zugfahrten IC 2312 31
4.6	Untersuchung von Fahrzeugen 33
4.6.1	Fahrzeughistorie 34

4.6.2	Anforderungen an Puffer	35
4.6.3	Pufferinstandhaltung.....	38
4.6.4	Ergebnis der Pufferuntersuchungen	39
4.6.5	Ergebnis analytischer Untersuchungen	45
5	Auswertung und Schlussfolgerungen	47
5.1	Infrastruktur.....	47
5.2	Leit- und Sicherungstechnik	49
5.3	Betriebliche Handlungen.....	49
5.4	Fahrzeugtechnik	51
6	Bisher getroffene Maßnahmen	53
7	Sicherheitsempfehlungen	53

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1: Entgleister IC 2312 am 24.07.2012	10
Abb. 2: Entgleister IC 2312 am 29.09.2012	10
Abb. 3: Lageplan Stuttgart Hbf mit skizzierter Darstellung der Ausfahrzugstraße	12
Abb. 4: S-Bogen mit Zwischengerade nach der Entgleisung	27
Abb. 5: Weiche DKW 227	29
Abb. 6: Auszug aus Richtlinie 418.2139 A02	31
Abb. 7: Zugbildung der Zug- und Versuchsfahrt	33
Abb. 8: Drehzapfenabstände und Länge über Puffer von WRmz- und Avmz-Wagen	34
Abb. 9: Auszug Zeichnung Fwp 000.06.004.02, Zeichnungsstand J	38
Abb. 10: Zuordnung der Puffer, Entgleisung 24.07.2012	39
Abb. 11: Zuordnung der Puffer, Entgleisung 29.09.2012	42
Abb. 12: Zuordnung der Puffer, Entgleisung 09.10.2012	43
Abb. 13: ertragbare Grenzlast in Abhängigkeit der Kontaktpunktlage	45
Abb. 14: rechnerische Auslenkungen und zugehörige Kräfte	46
Abb. 15: Pufferüberdeckungen zwischen Avmz- und WRmz-Wagen	47
Abb. 16: Entgleisungsbereich zwischen W 218 und DKW 227	48
Abb. 17: Geschwindigkeitsprofile von Fahrten aus Gleis 10 zwischen 24.07.- 09.10.2012 ...	50
Abb. 18: Prinzipskizze	52

Abkürzungsverzeichnis

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
Betra	Betriebs- und Bauanweisung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BZ	Betriebszentrale
BPol	Bundespolizei
BÜ	Bahnübergang
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBL	Eisenbahnbetriebsleiter
EBO	Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung
EBV	Eisenbahnbetriebsleiterverordnung
EF	Eisenbahnfahrzeugführer
EFR	Elektronische-Fahrten-Registrierung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ELTB	Eisenbahnspezifische Liste technischer Baubestimmungen
ERA	Europäische Eisenbahn Agentur
ESO	Eisenbahnsignalordnung
ESTW	Elektronisches Stellwerk
EUB	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes
EUV	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
ZF	Zugfunk
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Rail(way)
NE	Nichtbundeseigene Eisenbahn
Nmg	Notfallmanager
ÖZF	Örtlich zuständiger Fahrdienstleiter
Ril	Richtlinie

SB	Sicherheitsbehörde
SMS	Sicherheitsmanagementsystem
TEN	Transeuropäisches Eisenbahnnetz
VV BAU	Verwaltungsvorschrift über die Bauaufsicht im Ingenieurbau, Oberbau und Hochbau
VV IST	Verwaltungsvorschrift für die Verfahrensweise bei der Inbetriebnahme struktureller Teilsysteme des transeuropäischen Eisenbahnsystems für den Bereich ortsfester Anlagen

0 Einleitung

Der Untersuchungsbericht bezieht sich auf die Zugentgleisungen der IC 2312 am 24.07.2012 sowie am 29.09.2012. Beide Entgleisungen ereigneten sich nahezu zur gleichen Uhrzeit bei der Ausfahrt aus Gleis 10 des Stuttgarter Hauptbahnhofs. Des Weiteren beinhaltet der Bericht auch Erkenntnisse aus der Entgleisung einer Versuchsfahrt aus Gleis 10 in Stuttgart Hbf am 09.10.2012.

Ausführungen, die sich speziell auf eine der oben genannten Entgleisungen beziehen, sind im Text besonders hervorgehoben.

1 Zusammenfassung

1.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses

Am 24.07.2012 gegen 11:38 Uhr und am 29.09.2012 gegen 11:42 Uhr entgleisen bei der Ausfahrt aus Gleis 10 die IC 2312 in km 0,600. Die Fahrstraße der Züge führt jeweils über die Weichen 211, 218, 227, 228, 230 und 212. Beide IC verkehren mit insgesamt 11 Reisezugwagen, inklusive Steuerwagen (Bauart 296.1) und Bordrestaurantwagen (Gattung WRmz, Bauart 134.5) sowie einem schiebenden Triebfahrzeug der Baureihe 101. Am 24.07.2012 lief der Bordrestaurantwagen an 11. Stelle (letzter Wagen) und am 29.09.2012 an 9. Stelle des Wagenverbandes.

1.2 Folgen

Entgleisung am 24.07.2012

Es entgleisen das schiebende Triebfahrzeug 91 80 6 101 058-6 mit allen Achsen sowie die beiden davor laufenden Wagen 61 80 889 0 519-4 und 51 80 849 0 014-2 mit beiden Drehgestellen. Außerdem werden der Oberbau sowie signaltechnische Anlagen im Entgleisungsbereich erheblich beschädigt.

Entgleisung am 29.09.2012

Bei der Entgleisung wurden 8 Personen verletzt. Es entgleisen das schiebende Triebfahrzeug 91 80 6 101 037-0 mit allen Achsen sowie die Wagen 61 80 189 5 413-0 und 61 80 199 1 185-7 mit beiden Drehgestellen. Der an 9. Position laufende Wagen 61 80 889 0 510-3 entgleist mit dem nachlaufenden Drehgestell. Durch die Entgleisung werden ein Oberleitungsmast und die elektrotechnischen Anlagen teilweise stark beschädigt bzw. zerstört. Der Oberbau und die signaltechnischen Anlagen, insbesondere die Weiche 227, werden erheblich beschädigt.

1.3 Ursachen

Anhand der im Zuge der Ermittlung gewonnenen Erkenntnisse ist davon auszugehen, dass die Entgleisungen primärursächlich auf ein Versagen von Puffern an den im Zugverband laufenden WRmz - Wagen und / oder von unmittelbar benachbarten Wagen zurückzuführen sind, wobei die Federkennlinien der Puffer außerhalb der festgelegten Bereiche lagen und die zugelassenen Anfahrdruckkräfte zu hoch waren, sowie infrastrukturseitige Einflüsse, der ausgereizten örtlichen Trassierung, begünstigend wirkten.

Entgleisung am 24.07.2012

Die nachgewiesene deutliche Überschreitung der zulässigen Anfahrzugkraft (Druckkraft) von 150 kN (entspricht 1,8 kA auf der Zugkraft/Bremsanzeige im Steuerwagen) lieferte einen weiteren Entgleisungsbeitrag bei der Ausfahrt aus Gleis 10. Aufgrund eines Weichenfehlers in der Weiche 227 (b-d) hätte die Zugfahrt formal erst nach Einrichtung einer Langsamfahrstelle von 20 km/h ausfahren dürfen.



Abb. 1: Entgleister IC 2312 am 24.07.2012



Abb. 2: Entgleister IC 2312 am 29.09.2012

2 Vorbemerkungen

2.1 Organisatorischer Hinweis

Mit der Richtlinie 2004/49/EG zur Eisenbahnsicherheit in der Gemeinschaft (Eisenbahnsicherheitsrichtlinie) wurden die Mitgliedstaaten der europäischen Union verpflichtet, unabhängige Untersuchungsstellen für die Untersuchung bestimmter gefährlicher Ereignisse einzurichten.

Diese Richtlinie wurde mit dem 5. Gesetz zur Änderung eisenbahnrechtlicher Vorschriften vom 16. April 2007 umgesetzt und die Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes (EUB) eingerichtet. Die weitere Umsetzung der Sicherheitsrichtlinie erfolgte durch die Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung (EUV) vom 05.07.2007.

Die Leitung der Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes (EUB) liegt beim Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Zur Durchführung der Untersuchungen greift die Leitung der EUB auf die Untersuchungszentrale beim Eisenbahn-Bundesamt - die fachlich ausschließlich und unmittelbar dem Leiter der EUB untersteht - zurück.

Näheres hierzu ist im Internet unter >> www.eisenbahn-unfalluntersuchung.de << eingestellt.

2.2 Ziel der Eisenbahn-Unfalluntersuchung

Ziel und Zweck der Untersuchungen ist es, die Ursachen von gefährlichen Ereignissen aufzuklären und hieraus Hinweise zur Verbesserung der Sicherheit abzuleiten. Untersuchungen der EUB dienen nicht dazu, ein Verschulden festzustellen oder Fragen der Haftung oder sonstiger zivilrechtlicher Ansprüche zu klären und werden unabhängig von jeder gerichtlichen Untersuchung durchgeführt.

Die Untersuchung umfasst die Sammlung und Auswertung von Informationen, die Erarbeitung von Schlussfolgerungen einschließlich der Feststellung der Ursachen und gegebenenfalls die Abgabe von Sicherheitsempfehlungen. Die Vorschläge der Untersuchungsstelle zur Vermeidung von Unfällen und Verbesserung der Sicherheit im Eisenbahnverkehr werden der Sicherheitsbehörde und, soweit erforderlich, anderen Stellen und Behörden oder anderen Mitgliedstaaten der EU in Form von Sicherheitsempfehlungen mitgeteilt.

2.3 Beteiligte und Mitwirkende

An dem Ereignis waren folgende Eisenbahnunternehmen beteiligt:

- DB Netz AG (Eisenbahninfrastrukturunternehmen)
- DB Fernverkehr AG (Eisenbahnverkehrsunternehmen)

Im Rahmen der Sachverhaltsermittlung und Ursachenerforschung wurden folgende externe Stellen einbezogen:

- Deutsche Bahn AG; Sicherheit; Zentrale Auswertestelle Nürnberg (ZAS).
- DB Systemtechnik GmbH
- AXTONE GmbH

3 Ereignis

3.1 Hergang

Entgleisung am 24.07.2012

IC 2312 fährt um 11:36:45 Uhr laut EFR des führenden Steuerwagens 61 80 80-91 127-3 aus Gleis 10 auf Hauptsignal (Asig N 531) in Richtung Stuttgart Zuffenhausen aus. Das Signalbild zeigt „Hp2“. Die eingestellte Fahrstraße führt über die Weichen 211, 218, 227, 228, 230 und 212.

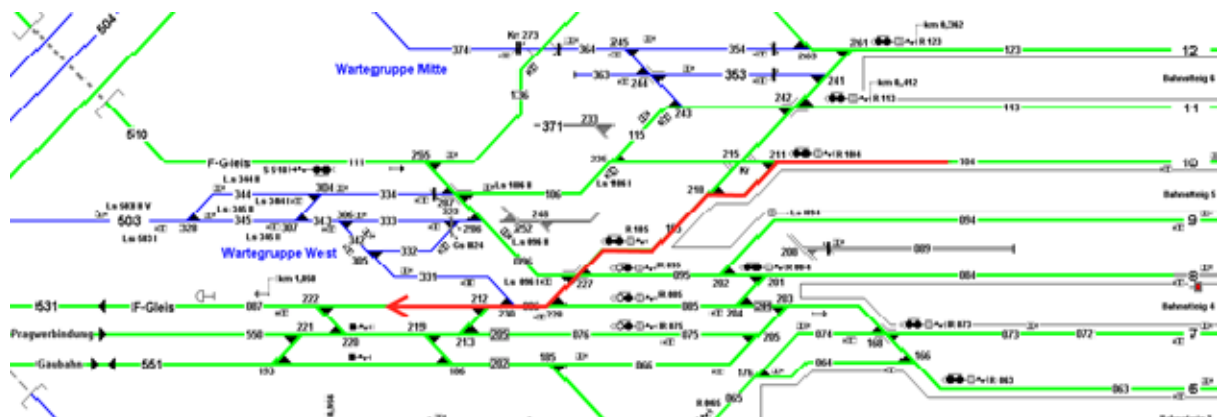


Abb. 3: Lageplan Stuttgart Hbf mit skizzierter Darstellung der Ausfahrzugstraße

Der Zug wird kontinuierlich vom Stillstand im Gleis 10 am Bahnsteig 5 bis auf 29 km/h beschleunigt. Dabei legt der führende Steuerwagen eine Fahrstrecke von 545 m zurück. Anschließend fällt die Geschwindigkeit bei einer durchfahrenen Strecke von 50 m bis auf 0 km/h ab. Das führende Fahrzeug kommt nach 595 m um 11:39:03 Uhr zum Stehen. Zug 2312 entgleist zuerst mit den Wagen 51 80 84-90 014-2 (Bimdz, 268.5) und Wagen 61 80

88-90 519-4 (WRmz 134.5) im Bereich des rechtens Radlenkers der Weiche 227. In Folge der Entgleisung beider Radsätze des voraus laufenden Drehgestells des WRmz sowie der Radsätze des nach laufenden Drehgestells des Bimdz entgleisen auch die Radsätze der weiteren Drehgestelle der betroffenen Wagen. Außerdem entgleist das am Schluss des Zugverbandes schiebende Triebfahrzeug 91 80 6 101 058-6 mit allen Radsätzen. Der in Fahrtrichtung des Zuges rechte vordere Puffer des WRmz wird nach der Entgleisung abgeknickt vorgefunden. Der in Fahrtrichtung des Zuges hintere rechte Puffer des Bimdz weist starke Beschädigungen auf.

Entgleisung am 29.09.2012

IC 2312 fährt um 11:41:06 Uhr laut EFR des führenden Steuerwagens 61 80 80-91 150-5 aus Gleis 10 auf Hauptsignal (Asig N 531) in Richtung Stuttgart Zuffenhausen aus. Das Signalbild zeigt „Hp2“. Die eingestellte Fahrstraße führt über die Weichen 211, 218, 227, 228, 230 und 212. Der Zug wird vom Stillstand im Gleis 10 am Bahnsteig 5 auf 23 km/h bei einer durchfahrenen Strecke von 120 m beschleunigt. Anschließend ist in der EFR eine nahezu kontinuierliche Fahrt von 130 m bei leicht fallender Geschwindigkeit bis auf 14 km/h registriert. Danach beschleunigt das führende Fahrzeug bei gleichmäßig ansteigender Geschwindigkeit bis auf 40km/h in km 0,565. Der führende Steuerwagen kommt um 11:42:55 Uhr bei einer durchfahrenen Strecke von 670 m zum Stehen.

3.2 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden

Am 24.07.2012 werden keine Personen verletzt. Bei dem Ereignis am 29.09.2012 werden 8 Personen leicht verletzt.

Die Sachschäden setzen sich wie folgt zusammen:

	24.07.2012	29.09.2012
Triebfahrzeuge	20.000 €	143.000 €
Reisezugwagen	180.000 €	446.000 €
Bauliche Anlagen	130.000 €	915.000 €
Signal-/ Fernmeldeanlagen	30.000 €	137.000 €
Maschinen-/ Elektroanlagen	10.000 €	100.000 €

3.3 Wetterbedingungen

Entgleisung am 24.07.2012

Trocken, klar sonnig und warm bei einer Temperatur von > 25°C.

Entgleisung am 29.09.2012

Keine Bewölkung; trocken und klare Sicht.

4 Untersuchungsprotokoll

4.1 Zusammenfassung von Aussagen

Im Folgenden sind Aussagen zu den Entgleisungen auszugsweise dargestellt.

Entgleisung am 24.07.2012

Mitarbeiter DB Netz AG Bereich Fahrbahn

Der Mitarbeiter gab an, dass er am 24.07.2012 von seinem Vorgesetzten den Auftrag erhalten habe, die Gleislage am Gleis 10/11 in Stuttgart Hbf zu prüfen. Gegen 11:25 Uhr sei er dort angekommen und hätte seine Tätigkeit an der Weiche 218 begonnen. Er habe am Weichenanfang der Weiche 218 einen Längshöhenfehler auf einer Länge von 10 bis 15 Schwellen und einer Einsenkung von 3 bis 4 Millimeter augenscheinlich festgestellt. Die anschließende Prüfung der gegenseitigen Höhenlage mit einer Wasserwaage habe keine Gleisverwindung ergeben. Weiterhin gab der Mitarbeiter an, dass zwei weitere Arbeiter einer Gleisbaufirma hingekommen seien. Diese hätten einen weiteren Längshöhenfehler an der Weiche 227 c/d von ca. 2 Millimeter augenscheinlich festgestellt. Zur Durchführung der Messungen sei aus Unfallverhütungsgründen eine sog. UV-Sperrung erforderlich gewesen. Deshalb habe er Kontakt mit dem Fahrdienstleiter Stuttgart Hbf aufgenommen. Dieser habe ihm mitgeteilt, dass nach Ausfahrt eines in Gleis 10 stehenden Zuges eine Sperrung möglich sei. Aufgrund der Messungen im Bereich der Weiche 218 mit einer Wasserwaage und den augenscheinlichen Feststellungen an der Weiche 227 sei er davon ausgegangen, dass die geringeren Abweichungen von ca. 2 Millimeter noch im „grünen Bereich“ seien. Folglich habe er keine Einwände gegen eine Befahrung der Weiche 227 gehabt.

2 Mitarbeiter einer Baufirma

Die Angaben der beiden Mitarbeiter entsprechen inhaltlich den Aussagen des DB Netz Mitarbeiters Bereich Fahrbahn.

Fahrdienstleiter Stuttgart Hbf - Stellbereich Mitte -

Der zuständige Fahrdienstleiter gab an, dass er gegen 11:37 Uhr durch einen Mitarbeiter der Dienststelle Fahrbahn Stuttgart über Mobiltelefon angerufen worden sei. Inhalt des Gespräches sei ein Antrag auf Sperrung der Weichen 227 und 228 aus „UV Gründen“ gewesen. Weiterhin sei ihm mitgeteilt worden, dass dort Nachmessungen aufgrund einer Messzugfahrt durchgeführt werden müssten. Wegen der anstehenden Abfahrt des IC 2312 aus Gleis 10 und einer Einfahrt eines ICE aus München habe er dem Mitarbeiter Fahrbahn mitgeteilt, dass die Sperrungen nach der Ausfahrt des IC 2312 und der Einfahrt des ICE vorgenommen würden. Die Ausfahrt des IC 2312 sei gegen 11:38 Uhr auf Hp 2 am Signal R 104 erfolgt.

Bezirksleiter Betrieb

Der Bezirksleiter Betrieb gab an, dass er sich zum Zeitpunkt des Ereignisses zur Betriebskontrolle im Stellwerksraum aufgehalten habe. Er habe persönlich die eingestellte Fahrstraße und die ordnungsgemäße Signalstellung auf der Stelltafel wahrgenommen. Zum Ereigniszeitpunkt seien keine Hilfshandlungen seitens des zuständigen Fahrdienstleiters vorgenommen worden. Zwischen 11:16 Uhr (FHT für 19087 – Fahrstraßenwechsel) und 12:49 Uhr (FHT 39921 – Fahrstraßenwechsel) seien keine zählpflichtigen Handlungen erfolgt. Die Weichen 227, 228 und 230 seien alle im Verschluss gewesen, hätten jedoch alle Auffahrmeldung angezeigt.

Triebfahrzeugführer des IC 2312

Der Triebfahrzeugführer gab an, dass der IC 2312 an diesem Tag von Stuttgart Hbf nach Dortmund fahren sollte. Die Übernahme des Zuges sei ohne besondere Vorkommnisse erfolgt. Die Ausfahrt des IC sei auf Hp 2 mit 40 km/h signalisiert worden. Unter Bedienung des Hilfsfahralters habe er bei der Ausfahrt die Vorgänge am Zug beobachtet. Nach kurzer Fahrt, während der er an seinem Führerpult Platz nahm, erfolgte eine Notbremsung des Zuges. Er sei zwischen 30 und 40 km/h gefahren. Nach dem Stillstand des Zuges habe er sofort Verbindung mit dem Fahrdienstleiter aufgenommen. Der Fahrdienstleiter habe ihm mitgeteilt, dass sein Zug entgleist sei. Dies habe ihm der Zugführer in einem anschließenden Gespräch bestätigt. Die Hilfsmaßnahmen seien umgehend durch den Fahrdienstleiter eingeleitet worden.

Entgleisung am 29.09.2012

Fahrdienstleiter Stuttgart Hbf - Stellbereich Mitte -

Der zuständige Fahrdienstleiter gab an, dass IC 2312 gegen 11:15 Uhr nach Ausfahrt des IC 1268 im Gleis 10 bereitgestellt worden sei. Nach der Fertigmeldung habe er die Ausfahrt aus Gleis 10 (Hp2 am Zsig R 104 und Zsig R 105 – Kennlicht) nach vorheriger Eingabe in den Nummernstellpult gestellt. Der Zug sei um 11:37 Uhr planmäßig abgefahren. Während der Ausfahrt des Zuges sei der Störwecker ertönt. Er habe auf der Stelltafel mehrere rot belegte Weichen im Fahrweg wahrgenommen die alle gleichzeitig „Auffahrmeldung“ anzeigten. Er habe umgehend einen Nothaltauftrag an IC 2312 abgesetzt. Der Triebfahrzeugführer des IC habe sich gemeldet und mitgeteilt, dass er bereits angehalten habe.

Triebfahrzeugführer des IC 2312

Der Triebfahrzeugführer gab an, dass er Zug 2312 gegen 11:32 Uhr im Bahnhof Stuttgart Hbf im Gleis 10 übernommen hätte. Etwaige Unregelmäßigkeiten am Steuerwagen oder dem Triebfahrzeug seien weder aufgetreten, noch ihm von dem Vorbereitungsdienst mitgeteilt worden. Er sei auf Signal „Hp2“ ausgefahren und er habe die Geschwindigkeit von 40 km/h nicht überschritten. Außerdem habe er die nach Regelwerk 418.2139A2 vorgegebene Druckkraftbegrenzung eingehalten. Dies sei ihm im Steuerwagen auf einer entsprechenden Anzeige (kN/kA) ordnungsgemäß angezeigt worden. Er bestätigte, dass die Aufschaltung der Druckkraft im Steuerwagen über die manuelle Bedienung des Fahrschalters durch ihn erfolgt sei und dass die Zugkraftanzeige den Wert von 1,8 kA nicht überschritten hätte. Der Hauptschalter hätte nach ca. 700 m Fahrt plötzlich ausgelöst und der Druck der Hauptluftleitung sei abgefallen. Danach sei die Sprachausgabe „Notbremse“ ertönt. Der Zug sei noch einige Sekunden bis zur Notbremsung bei fallender Geschwindigkeit gerollt.

4.2 Notfallmanagement

Nach § 4 Abs. 3 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) haben die Eisenbahnen die Verpflichtung, an Maßnahmen des Brandschutzes und der technischen Hilfeleistung mitzuwirken. In einer Vereinbarung zwischen den Innenministerien der Länder und der DB AG hat man sich auf eine Verfahrensweise verständigt. Für die DB Netz AG gelten die entsprechenden Brand- und Katastrophenschutzgesetze der Länder. Das Notfallmanagement der DB AG ist in der Richtlinie (Ril) 123 näher beschrieben und geregelt.

Entgleisung am 24.07.2012

Das Ereignis wurde durch die Betriebsüberwachung Stuttgart Hbf um 11:41 Uhr der Notfallleitstelle Karlsruhe gemeldet. Der Notfallmanager wurde durch die Notfallleitstelle um 11:42 Uhr verständigt. Der zum Unfallzeitpunkt auf dem Stellwerk anwesende Betriebsbezirksleiter übernahm unmittelbar nach dem Ereignis zusätzlich Aufgaben des Notfallmanagements vor Ort. Eine ereignisbedingte Erdung der Oberleitung wurde im Rahmen des Notfallmanagements nicht durchgeführt. Um 12:09 Uhr wurde die Bundespolizei verständigt. Die Evakuierung des entgleisten IC 2312 wurde um 12:21 Uhr abgeschlossen.

Sperrzeitenübersicht:

Bahnhof	von Datum / Uhrzeit	bis Datum / Uhrzeit	Gleis
Stuttgart Hbf	24.07. / 11:40 Uhr	25.07. / 5:05 Uhr	10
Stuttgart Hbf	24.07. / 11:40 Uhr	28.07. / 8:10 Uhr	8 und 9

Entgleisung am 29.09.2012

Das Ereignis wurde durch die Betriebsüberwachung Stuttgart Hbf um 11:41 Uhr der Notfallleitstelle Karlsruhe gemeldet. Die Meldung an die Rettungsdienste erfolgte um 11:42 Uhr. Der Notfallmanager wurde durch die Notfallleitstelle um 11:43 Uhr verständigt. Der Notfallmanager traf um 12:07 Uhr an der Unfallstelle ein. Um 12:17 Uhr wurde die gesamte Oberleitung für den Bereich Stuttgart Hbf ausgeschaltet. Um 12:28 Uhr wurde die Schaltgruppe 402 durch den Notfallmanager sowie um 12:40 Uhr die Schaltgruppe 438 und um 12:55 Uhr die Schaltgruppe 38 durch den elektrotechnischen Fachdienst geerdet. Die Evakuierung des entgleisten IC 2312 wurde umgehend eingeleitet.

Sperrzeitenübersicht:

Bahnhof	von Datum / Uhrzeit	bis Datum / Uhrzeit	Gleis
Stuttgart Hbf	29.09. / 11:41 Uhr	29.09. / 12:12 Uhr	7 bis 16
Stuttgart Hbf	29.09. / 12:02 Uhr	29.09. / 17:02 Uhr	1 bis 4
Stuttgart Hbf	29.09. / 12:02 Uhr	30.09. / 16:03 Uhr	5
Stuttgart Hbf	29.09. / 12:02 Uhr	01.10. / 4:04 Uhr	6

Stuttgart Hbf	29.09. / 12:02 Uhr	01.10. / 12:50 Uhr	7
Stuttgart Hbf	29.09. / 12:02 Uhr	09.10. / 9:00 Uhr	8 bis 11

4.3 Untersuchung der Infrastruktur

4.3.1 Allgemeine Angaben zur Infrastruktur

Es handelt sich um die zweigleisige, elektrifizierte Hauptbahn Strecke 4800 von Stuttgart Hbf nach Bretten. Die Strecke ist mit PZB ausgerüstet. Die betroffene Ausfahrzugstraße aus Gleis 10 darf mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $v_{\max} = 40 \text{ km/h}$ befahren werden. Die Strecke ist mit Zugfunk (ZF) der Betriebsart GSM-R ausgerüstet. Ab km 0,780 sind Längsneignungsverhältnisse von $13,5 \text{ ‰}$ im Bf Stuttgart Hbf vorhanden.

4.3.2 Planerische Kriterien

Bei der Strecke 4800 handelt es sich um eine konventionelle Strecke (TEN-Kategorie VII) des transeuropäischen Eisenbahnsystems.

Das Projekt „Stuttgart 21“ bedingt zahlreiche Bauzwischenzustände, in denen Gleise umgebaut und Weichen geändert werden müssen. In diesem Zusammenhang wurde auch die Ausfahrzugstraße aus Gleis 10 gebaut. Die Ausfahrten der IC 2312 aus Gleis 10 erfolgten jeweils über die Weiche 211 (ABW 54-300-1:9) – Weiche 218 (EW 54-190-1:7,5) – Zwischengerade 6 m – Weiche 227 (DKW bzw. ABW 54-190-1:7,5) – Weiche 228 (IBW 54-190-1:9). Bezüglich der in der Ausfahrzugstraße vorhandenen maximalen Längsneigungen und Mindestbogenhalbmessern wurden insbesondere folgende Anforderungen aus der zugehörigen technischen Spezifikation Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ für das konventionelle transeuropäische Eisenbahnsystem vom 26.04.2011 identifiziert:

Längsneigung

„...“

4.2.4.3 Maximale Längsneigungen

...

- 7) Für umgerüstete Strecken werden keine Werte vorgeschrieben, da die Steigungen und Gefälle durch den ursprünglichen Bau der betreffenden Strecke bestimmt werden.

...

4.2.4.4 Mindestbogenhalbmesser

Alle TSI-Streckenklassen

...

- 4) S-Kurven (außer solchen in Rangierbahnhöfen, in denen die Wagen einzeln rangiert werden) mit Halbmessern zwischen 150 m und 300 m sind gemäß EN 13803-2:2006 Abschnitt 8.4 zu planen, um ein Verkeilen der Puffer zu verhindern.
- 5) Der Bogenhalbmesser der kleinsten Kurve eines Streckenabschnitts ist im Infrastrukturregister zu veröffentlichen.

Die in Abschnitt 8.4 EN 13803-2:2006 ermittelten Anforderungen an die Mindestlänge von Zwischengeraden zur Vermeidung von Überpufferungen in Gegenbögen bei Geschwindigkeiten von weniger als 60 km/h basieren auf Untersuchungen – ohne Berücksichtigung von Längsdruckkräften zwischen den Fahrzeugen - bei denen die verwendeten Fahrzeuge insbesondere folgende Fahrzeugkennwerte aufwiesen:

- | | |
|---|-------|
| • Drehzapfenabstand | 12 m |
| • Abstand Drehzapfen und Länge über Puffer | 3 m |
| • Verschiebung innerhalb des Fahrzeugs | 5 mm |
| • Radsatzspiel bei einer Spurweite von 1470 mm | 30 mm |
| • minimale theoretische Verschiebung der Pufferteller | 25 mm |

In der zugehörigen Tabelle 5 sind die empfohlenen Werte sowie Mindestgrenzwerte (Länge einer Zwischengerade) für die entsprechenden äquivalenten Radien (R_{id}) angegeben. Bei verwendeten Radien von jeweils 190 m ergibt sich ein äquivalenter Radius von 95 m. Für diesen Radius beträgt der empfohlene Wert 7 m und der Mindestgrenzwert 3,2 m. Gemäß einer zugehörigen Fußnote sollte bei langen Reisezugwagen der empfohlene Wert als Mindestgrenzwert erachtet werden.

Darüber hinaus wird ausgeführt, dass insbesondere für einen uneingeschränkten Betrieb einschließlich langer Reisezugwagen, über die Vorgaben hinaus, weitere detaillierte theoretische Untersuchungen oder Versuche vor Ort erforderlich werden können.

Insgesamt ist noch anzumerken, dass sich die TSI „Infrastruktur“ des konventionellen wie auch des Hochgeschwindigkeitsbahnsystem in der Revision befinden und beide TSI in eine für beide Bahnsysteme geltende TSI „Infrastruktur“ überführt werden sollen. Der Entwurf

wurde im Januar 2014 im Regelungsausschuss verabschiedet und befindet sich im weiteren Gesetzgebungsverfahren.

Unabhängig hiervon sind in dem konsolidierten „TSI-Entwurf“ Anforderungen an die Ausgestaltung von Geraden zwischen Gegenbögen mit Radien von 150 - 300m enthalten, um Überpufferungen zu vermeiden. Die Mindestlänge von Zwischengeraden bei der Trassierung von Gegenbögen kann künftig Tabellen entnommen werden, die auf der Grundlage von Referenzfahrzeugen (Reisezugwagen und Güterwagen) erstellt wurden. Der Reisezugwagen weist hierbei folgende Fahrzeugkennwerte auf:

- | | |
|---|-----------|
| • Drehzapfenabstände | 19 m |
| • Abstand Drehzapfen und Länge über Puffer | 3,7 m |
| • Breite Puffer | 0,635 m |
| • Querspiel | ± 0,600 m |
| • Querverschiebung benachbarter Fahrzeugenden | 0,395 m |

Bei der Trassierung eines Gegenbogens mit Radien von jeweils 190 m ergibt sich für die Mindestlänge der Zwischengeraden ein Wert von 6 m. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass es aufgrund von örtlichen Gegebenheiten notwendig sein kann eine längere Zwischen-gerade anzuordnen, spezielle Betriebsverfahren anzuwenden oder breitere Puffer vorzusehen um eine Überpufferung von Bestandsfahrzeugen zu vermeiden, welche, die oben genannten Voraussetzungen nicht erfüllen.

Da Planungen, Prüfungen sowie Genehmigungen des Bauvorhabens bereits vor 2011 und damit vor dem Beschluss der Europäischen Kommission zur Inkraftsetzung der TSI „Infrastruktur“ des konventionellen Teilsystems vom 24.04.2011 und folglich vor einer notwendigen nationalen Umsetzung über die Transeuropäische-Eisenbahn-Interoperabilitätsverordnung erfolgten, entfaltet diese TSI keine Wirkung und es fanden die nationalen Vorschriften Anwendung. National finden sich die Anforderungen an den Bau, den Betrieb sowie die Benutzung von Bahnanlagen in der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO). Hier-nach müssen Bahnanlagen allgemein so beschaffen sein, dass sie den Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen. Diese Anforderungen an Bahnanlagen gelten als erfüllt, sofern die Vorschriften der EBO eingehalten werden und soweit keine ausdrücklichen Vorschriften enthalten sind, die Bahnanlagen den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. In der EBO sind im zweiten Abschnitt „Bahnanlagen“ u. a. Anforderungen an Längsneigung und Gleisbogen enthalten. Folgende Anforderungen gelten hierbei bei Hauptbahnen:

» ...

§ 6 Gleisbogen. (1) Der Bogenradius in durchgehenden Hauptgleisen soll bei Neubauten nicht weniger als

300 m ...

betragen.

...

§ 7 Gleisneigung. (1) Die Längsneigung auf freier Strecke soll bei Neubauten

12,5 v. T. ...

nicht überschreiten.

(2) Die Längsneigung von Bahnhofsgleisen, ausgenommen Rangiergleise und solche Bahnhofsgleisen, in denen Güterzüge durch Schwerkraft aufgelöst oder gebildet werden, soll bei Neubauten 2,5 v. T. nicht überschreiten.

“
...

Darüber hinaus hält das EIU - im Sinne von anerkannten Regeln der Technik - weitere Richtlinien hinsichtlich der Anforderungen an die Linienführung vor. Hierbei wurden insbesondere Richtlinie 800.0110 (Netzinfrastuktur Technik entwerfen - Linienführung) sowie Richtlinie 800.0120 (Netzinfrastuktur Technik entwerfen – Auswahl der Weichen, Kreuzungen und Hemmschuhauswurfvorrichtungen) identifiziert. Da die Entgleisungen zwischen den Weichen 218 und 227 erfolgten wurden im Folgenden, die in den Richtlinien enthaltenen Anforderungen an die Längen von Gleisbögen, Geraden sowie die verwendeten Weichen zusammengestellt und auszugsweise dargestellt.

Auszüge aus Ril 800.0110:

...

4 Grundsätze

(1) Für die Festlegung der Parameter der Linienführung wird zwischen Ermessensbereich und Genehmigungsbereich unterschieden.

Ermessensbereich	Höchst- bzw. Mindestwert
	Regelwert
	Ermessengrenze
Genehmigungsbereich	Zustimmungswert
	EBO-Grenze

Tabelle 1: Ermessens- und Genehmigungsbereich für die Parameter der Linienführung

(2) Regelwerte sollen angewendet werden. Höchst- bzw. Mindestwerte sollen nicht über- bzw. unterschritten werden. Die Ausschöpfung von Ermessensgrenzen unterliegt der Wirtschaftlichkeit (z. B. Vermeidung von Sprungkosten).

(3) Werte im Genehmigungsbereich sollen vermieden werden. Wird in begründeten Fällen davon abgewichen, ist die Zustimmung der Zentrale der DB Netz AG (im weiteren Zentrale genannt) immer erforderlich.

...

(5) Weichen, Kreuzungen, Kreuzungsweichen und Schienenauszüge (im Weiteren Weichen genannt) sind so anzuordnen, dass sich eine fahrdynamisch günstige Linienführung der durchgehenden Hauptgleise ergibt. Weichen in Bogen sollten vermieden werden.

...

6 Gleisbogen und Gerade

...

(2) In durchgehenden Hauptgleisen sollen Gleisbogen und Geraden mit der Regellänge angeordnet werden. Wird mit Übergangsbogen trassiert, kann hiervon abgewichen werden.

Die Regel- und Mindestlänge von Gleisbogen (l_b) und Geraden (l_g) ist nach Tabelle 3 zu ermitteln.

Kann ein Gleisbogen nicht mit der entsprechenden Mindestlänge (min l_b) geplant werden, soll er durch einen Scheitelpunktbogen gemäß Abschnitt 6 (5) ersetzt werden.

Mindestwert		
bei	$v \leq 70 \text{ km/h}$:	min l_b bzw. $l_g \geq 0,10 v$ [m]
	...	
Regelwert		
		reg l_b bzw. $l_g \geq 0,40 v$ [m]

Tabelle 3: Planungswerte für die Längen von Gleisbogen und Geraden

...

9 Krümmungswechsel ohne Übergangsbogen

...

(2) Bestehende unvermittelte Krümmungswechsel in durchgehenden Hauptgleisen können beibehalten werden.

Beim Umbau einer bestehenden Anlage oder bei Neubau sind nur in Ausnahmefällen unvermittelte Krümmungswechsel zulässig, wenn dadurch eine wesentliche Kostensenkung ermöglicht wird (Nachweis erforderlich).

Unvermittelte Krümmungswechsel dürfen bis zu den Vergleichsradien (r_w) nach Tabelle 10 angeordnet werden. Allerdings soll die Krümmungsdifferenz durch die Anordnung geeigneter Zwischengeraden oder Zwischenbogen klein gehalten werden. Der Regelwert der Länge des Zwischenelementes ist nach Tabelle 3 anzustreben, der Mindestwert soll angestrebt werden.

In Nebengleisen sollen unvermittelte Krümmungswechsel geplant werden.

(3) der Vergleichsradius (r_w) ist:

...

- bei Gegenbogen : $r_w = r_1 \times r_2 \div (r_1 + r_2)$ [m]

Ist der Abstand zweier aufeinander folgender unvermittelter Krümmungswechsel kürzer als min l_g bzw. min l_b nach Tabelle 3, so gelten diese als ein Krümmungswechsel.

...

(4) Für Gegenbogen mit Vergleichsradien ≤ 111 m ist eine Zwischengerade bzw. ein Zwi-

schenbogen mit folgender Länge zu planen:

min l_g bzw. min $l_b \geq 6\text{m}$ bei $r_w \leq 111\text{ m}$

min l_g bzw. min $l_b \geq 8\text{m}$ bei $r_w < 90\text{ m}$

...

V [km/h]	Ermessensgrenze r_w [m]	
	für Gleis	für Weichen
		Zustimmungswerte r_w [m] für Gleise
25	175/85*	150/75*
30	175/125*	150/100*
40	220	178
...

Tabelle 10: Planungswerte für den Vergleichsradius

Zwischenwerte sind geradlinig zu interpolieren....

* Zweiter Wert gilt nur für Gegenbogen nach Abschnitt 9 (3).

10 Längsneigung und Neigungswechsel

(1) Die Längsneigung (s) auf der freien Strecke soll folgende Werte nicht überschreiten:

- bei Hauptbahnen $12,5\text{ ‰}$
- bei Nebenbahnen und S-Bahnen $40,0\text{ ‰}$

...

(2) Die Längsneigung der Abschnitte von Bahnhofsgleisen, in denen Züge zum Halten kommen oder Fahrzeuge abgestellt werden können, soll bei Neubauten $2,5\text{ ‰}$ nicht überschreiten.

...

Auszüge aus Ril 800.0120:

...

2 Weichen und Kreuzungen wählen

(1) In den Hauptgleisen sollen Einfache Weichen (EW) der Grundform entsprechend der in der Ril 413.0301 vorgegebenen Zweiggleisgeschwindigkeit verwendet werden (Anhang 01).

Die für die einzelnen Weichengrundformen zugelassenen Geschwindigkeiten für Stamm- und Zweiggleis sind in Anhang 01 und Anhang 02 festgelegt.

...

Für Fahrwege mit $v = 40 \text{ km/h}$ sollen Einfache Weichen mit Zweiggleisradius $r_0 = 300 \text{ m}$ verwendet werden.

...

(3) In Nebengleisen sollen Einfache Weichen und Kreuzungsweichen mit Zweiggleisradien $r_0 < 300 \text{ m}$ sowie Kreuzungen (Kr) der Grundform verwendet werden (Anhang 01)

Bei Kreuzungsweichen dürfen die Endneigungen gegenüber der Grundform wie folgt geändert werden:

- Bei den Grundformen mit $r_0 = 190 \text{ m}$ können die Einfachen geraden Herzstücke auf einer oder beiden Seiten durch Bogenherzstücke mit Radius $r_0 = 190 \text{ m}$ ersetzt werden, wodurch Endneigungen 1:7,5 und steiler entstehen.

...

Den vorliegenden Unterlagen, ist zu entnehmen, dass für die Umgestaltung des Bahnknotens Stuttgart und Trassierung der Ausfahrtzugstraße aus Gleis 10 interne Prüfungen erfolgten. So erfolgte die Trassierungsprüfung vom 05.11.2008 in fahrdynamischer und oberbau-technischer Hinsicht ohne Einwände und die gleisgeometrische Prüfung wurde am 11.05.2009 mit Auflagen erteilt. Zur Ausführung wurden die Unterlagen durch den Bauvorlageberechtigten am 21.01.2011 freigegeben und der umgebaute Gleisabschnitt gemäß vorliegender „Anzeige der Nutzung“ am 07.02.2011 fertig gestellt sowie ab 06:00 Uhr genutzt worden.

Feststellung:

Bei der Ausfahrzugstraße aus Gleis 10 handelt es sich um ein durchgehendes Hauptgleis gemäß § 4 Abs. 11 EBO.

Die im Zuge der gleisgeometrischen Prüfung vom 11.05.2009 erteilten Auflagen wurden durch die DB Netz AG nicht vorgelegt, diesbezüglich jedoch ausgeführt, dass die Auflagen nicht die Weichen 211, 218, 227 oder 228 sondern die Weichen 78, 79 und 323 betreffen würden. Eine eigene objektive Überprüfung konnte nicht erfolgen. Unabhängig der Fragestellung, ob es sich bei der erstellten Ausfahrzugstraße um einen Neubau, Bauzustand, eine wesentliche Änderung/Erneuerung oder einen späteren Umbauzustand handelt, fällt bei der Trassierung auf, dass in diversen Punkten von den Regelwerten/ Soll-Vorgaben abgewichen wurde. Dies trifft insbesondere auf die Punkte

- Gleisbogenradius
- Längsneigung
- Länge von (Zwischen-) Geraden
- Einbau von Kreuzungsweichen (Endneigung 1:7,5, d.h. mit gebogenen Herzstücken) im Hauptgleis mit $r_0 < 300$ m

zu.

4.3.3 Instandhaltung

Im Zuge der Untersuchungen wurden Instandhaltungsunterlagen und Nachweise für den Bereich der Ausfahrzugstraße aus Gleis 10 angefordert, auf die auszugsweise im Folgenden einzugehen ist. Anzumerken ist, dass trotz mehrfacher Anforderungen, die zu den Übersichtsschrieben zugehörigen Überschreitungsprotokolle nicht eingingen.

4.3.3.1 Unterlagen vor dem 24.07.2012

- Gleislagemessung (Messschrieb RAILab I vom 20.03.2012)
- Weichenprüfblatt Nr. 12.41 für die doppelte Kreuzungsweiche Nr. 227 vom 13.12.2011 und 27.06.2012

Feststellung:

Bei der Durchsicht des Messschriebs, der ca. 4 Monate vor der Entgleisung erstellt wurde, sind im Bereich zwischen den Weichen 211 und 228 mindestens zwei SR 100 Überschreitungen in der Längshöhe sowie mindestens 3 SR 100 Überschreitungen in der Verwindung aufgezeichnet.

In der Prüfgröße Pfeilhöhe sind mehrere deutliche SR im Überschreitungen (> 21 mm) aufgezeichnet, mit einem Spitzenwert > 60 mm. Gemäß der internen Vorgabe der Ril 821.2001 Abs. 5 (4) für den Geschwindigkeitsbereich $v < 80$ km/h ist zul. v in Abhängigkeit vom Maß der Überschreitung – ca. 3-fache Überschreitung – und der örtlichen Verhältnisse auf höchstens 60 km/h zu begrenzen.

Auch wurde der einzuhaltende Überhöhungsfehlbetrag (uf) von 110 mm (gemäß Tab. 6 von Ril 800.0110) nicht eingehalten und Werte von ca. 175 mm aus dem Messschrieb ermittelt.

Insgesamt zeigen alle aufgezeichneten Prüfgrößen Ausschläge auf, die im Gesamtsignal Gleislage eine deutliche SR 100-Überschreitung aufzeigen, die den Wert um mehr als das doppelte übersteigt. Aufgrund des Gesamtsignals Gleislage sind gemäß Richtlinie keine korrektiven Maßnahmen einzuleiten.



Abb. 4: S-Bogen mit Zwischengerade nach der Entgleisung

Es ist davon auszugehen, dass sich Mitarbeiter der DB Netz AG gemäß den Aussagen vom 24.07.2012 zur Überprüfung der Fehlerentwicklung oder –beseitigung aus diesem Grund im Gleisbereich aufgehalten haben könnten.

Die Durchsicht der vorliegenden Weichenprüfblätter ergab, dass zur Inspektion innerhalb der zulässigen Inspektionsfristen falsche Prüfblätter verwendet wurden. Weichen des Typs DKW

54-190-1:9+1:7,5-Wittec sind für vorgegebene Geschwindigkeiten bis 40 km/h mit dem digitalen Prüfblatt Nr. 12.9 zu inspizieren. Tatsächlich wurden beide Weicheninspektionen jedoch mit dem digitalen Prüfblatt 12.41 für eine DKW des Typs 49-190-1.9 und 1:6,6/5,635l durchgeführt, hierbei keine Überschreitungen dokumentiert und das Inspektionsergebnis ohne weitere zu veranlassende Maßnahmen in der Inspektionsdatenbank der DB Netz AG abgelegt.

Da die Inspektionen jedoch nicht mit dem dafür vorgesehenen Prüfblatt durchgeführt wurden, mussten die Ergebnisse neu bewertet werden und wurden händisch in das zu verwendende Prüfblatt 12.9 übertragen. Hierbei wurde festgestellt, dass

- bei der Inspektion am 13.12.2011 im Messpunkt hd des Gleises b-d eine Herzstückkrielenweite von 48,0 mm gemessen wurde und somit der SR Lim Wert von 48,0 mm erreicht, aber nicht überschritten war. Es handelt sich somit nach Lesart der Ril 821.2005 um eine SR 100 Überschreitung. Ein derartiger Mangel ist entweder noch während der Inspektion zu beseitigen oder vom Anlagenverantwortlichen zu bewerten und spätestens bis zur nächsten Regelinspektion instand zu setzen. Nachweise hierfür liegen nicht vor,
- bei der Inspektion am 27.06.2012 im Messpunkt hd des Gleises b-d eine Herzstückkrielenweite von 48,1 mm gemessen wurde und somit der SR Lim Wert von 48,0 mm überschritten war. Bei einem derartigen Mangel sieht die Ril 821.2005 vor, diesen noch während der Inspektion zu beseitigen oder sofern nicht möglich, die sofortige Einrichtung einer Langsamfahrstelle (La) durch den Inspizierenden.



Abb. 5: Weiche DKW 227

Sofern der Mangel nicht nachweislich beseitigt wird, ist für eine SR Lim Überschreitung der Rillenweite im Herzstück gemäß Ril 821.2005 Abs. 7 (7) eine La 0,7 x zul. v einzurichten. Eine noch weitere Verschärfung sieht die Ril 821.2005 für den Geschwindigkeitsbereich zul. $v \leq 40$ km/h vor. Hier wäre die Geschwindigkeit auf max. $v \leq 20$ km/h bis zur Mängelbeseitigung festzusetzen gewesen.

Unterschiede bei den Herzstückkrillen (Ril 821.2005 Tabelle 6):

Der Unterschied liegt darin, dass bei einfachen und mehrfachen Herzstücken das Sollmaß h_d bei 44 mm liegt und bei einfachen Herzstücken mit konstruktiver Spurerweiterung bei 50 mm liegt. Von diesen Sollmaßen ausgehend, verschieben sich die zulässigen Abweichungen der Rillenweite gemäß Tabelle 6 bei SR 100 um ± 2 mm und bei SR Lim um $+4 / -3$ mm.

Das Prüfblatt 12.41 für eine DKW des Typs 49-190-1.9 u. 1:6,6/5,635I berücksichtigt ein Sollmaß der Herzstückkrillenweite h von 50 mm wogegen das Prüfblatt 12.9 für eine DKW des Typs DKW 54-190-:1-9 + 1:7,5-Wittec ein Sollmaß der Herzstückkrillenweite h von 44 mm

berücksichtigt. Aufgrund der Differenz von 6 mm zwischen den beiden Sollmaßen kam es bei der Anwendung der unterschiedlichen Prüfblätter zur SR Lim Überschreitung.

4.3.3.2 Unterlagen nach dem 24.07.2012 und vor dem 29.09.2012:

- Gleislagemessung (Messschrieb Gleismesstriebzug vom 30.07.2012)

Feststellung:

Bei der Durchsicht des Messschriebs sind im Bereich zwischen den Weichen 211 und 228 keine offensichtlichen SR 100 Überschreitungen der einzelnen Prüfgrößen mit Ausnahme der Pfeilhöhe erkennbar gewesen. Auch hier wurden in der Pfeilhöhe SR Lim Überschreitungen > 25 mm festgestellt.

Auch wurde der einzuhaltende Überhöhungsfehlbetrag (uf) von 110 mm (gemäß Tab. 6 von Ril 800.0110) nicht eingehalten und Werte von ca. 310 mm aus dem Messschrieb ermittelt.

Insgesamt zeigen alle aufgezeichneten Prüfgrößen Ausschläge auf, die im Gesamtsignal Gleislage insbesondere im Bereich zwischen den Weichen 218 und 227 eine deutliche SR 100-Überschreitung aufzeigen.

4.4 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik

Es handelt sich um ein Druckastenstellwerk der Bauart Sp Dr L60. Die signaltechnische Einrichtung verfügt über zwei getrennte Stelltafeln:

- für den Personenbahnhof einschl. Güterbahnhof und S-Bahn Tunnelbereich bis einschl. Bf Schwabstraße mit 4 zugeordneten Nummernstellpulten (NStP) für Fdl,
- Abstellbahnhof ausgenommen Bezirk 8 mit 3 zugeordneten NStP für Fdl und Weichenwärter.

Im Stellwerk sind außerdem folgende Arbeitsplätze für den

- Disponenten der Betriebsüberwachung mit einem Eingabegerät für LeiBit,
- Fahrdienstleiter II mit Eingabegerät LeiBit und TV-Informationsanlage,
- Zentrale Lautsprecheransage (Mitarbeiter DB Station&Service),
- Bediener (Mitarbeiter DB Station&Service) der Fahrgastinformationsanlage (FIA)

eingerrichtet.

4.5 Untersuchung der betrieblichen Handlungen

4.5.1 Fahrdienst auf den Betriebsstellen

Die Ausfahrt der Züge 2312 am 24.07.2012 und am 29.09.2012 erfolgte jeweils auf Hp 2 (40km/h) am R 104 in Verbindung mit dem Kennlicht R 105. In den betrieblichen Unterlagen für die Fahrdienstleitung des Hauptbahnhofes Stuttgart waren keine einschränkenden Maßnahmen zur Betriebsdurchführung, die im Zusammenhang mit den beiden Entgleisungen stehen, vorgegeben. Die Auswertung des Arbeits- und Störungsbuches ergab keine unfallursächlichen Rückschlüsse. Zählpflichtige Handlungen wurden weder am 24.07.2012 noch am 29.09.2012 bezüglich der durchgeführten Zugfahrten vorgenommen. Signaltechnische Einschränkungen im Nachweis der vorübergehenden Änderungen für das Bedienpersonal des Stellwerkes waren nicht vorgenommen worden.

4.5.2 Durchführung der Zugfahrten IC 2312

Bei der Durchführung der Zugfahrt aus der Ausfahrtzugstraße 10 müssen Triebfahrzeugführer neben anderen Bestimmungen auch Anforderungen zur Begrenzung von Druckkräften im Zugverband gemäß Ril 418.2139A02 einhalten. Bei der Fahrt über Weichen im abzweigenden Strang, die nur mit einer zulässigen Geschwindigkeit ≤ 40 km/h befahren werden dürfen, darf bei Fahrt mit Steuerwagen voraus eine Druckkraft von 150 kN (entspricht 1,8 kA auf der Zugkraft/Bremsanzeige im Steuerwagen) nicht überschritten werden.



Abb. 6: Auszug aus Richtlinie 418.2139 A02

Quelle: DB Fernverkehr AG

Zugfahrt am 24.07.2013

Die Zulassung zur Abfahrt des IC 2312 erfolgt durch das auf Fahrt gestellte Ausfahrtsignal R 104 in Verbindung mit dem Abfahrauftrag (Zp 9). Die Abfahrt des Zuges erfolgt um 11:36 Uhr. IC 2312 wird als geschobene Zugfahrt aus Gleis 10 durchgeführt. Die nach EFR

registrierte Höchstgeschwindigkeit des führenden Steuerwagens von der Anfahrt bis zur Entgleisung betrug $v_{\max} = 29 \text{ km/h}$.

IC 2312 wurde auf den ersten 335 m aus dem Stillstand auf 20 km/h beschleunigt. Anschließend fiel die registrierte Geschwindigkeit bei einer durchfahrenen Strecke von weiteren 100 m minimal auf 17 km/h ab. Danach stieg die Geschwindigkeit des führenden Fahrzeuges kontinuierlich auf 29 km/h bis ca. km 0,920 an. Im Anschluss reduzierte sich die Geschwindigkeit von 29 km/h bis zum Stillstand. Während der Beschleunigungsphase mit einer nachträglich errechneten Druckkraft von ca. 240 kN befand sich der hintere Zugteil im Bereich der Weichen 211, 218 und 227. Die Zugspitze des IC kam nach einem Bremsweg von ca. 50 m nach ca. 595 m durchfahrener Strecke zum Halten.

Feststellung:

Die in Richtlinie 418.2139 A02 vorgegebene und einzuhaltende Druckkraft von 150 kN (entspricht 1,8 kA auf der Zugkraft/Bremskraftanzeige im Steuerwagen) zur Begrenzung der Druckkräfte wurde um bis zu ca. 60 % überschritten.

Zugfahrt am 29.09.2013

Die Zulassung zur Abfahrt des IC 2312 erfolgte durch das auf Fahrt gestellte Ausfahrtsignal R 104 in Verbindung mit dem Abfahrauftrag (Zp 9). Die Abfahrt des Zuges erfolgte um 11:41 Uhr. IC 2312 wurde als geschobene Zugfahrt aus Gleis 10 durchgeführt. Die nach EFR registrierte Höchstgeschwindigkeit des führenden Steuerwagens betrug in km 0,570 $v_{\max} = 40 \text{ km/h}$. Das Geschwindigkeitsprofil zeigte, dass innerhalb der ersten 130 m nach Anfahrt des Zuges das führende Fahrzeug eine Geschwindigkeit von 22 km/h erreichte. Im Anschluss fiel die Geschwindigkeitskurve bis auf 14 km/h bei einer durchfahrenen Strecke von ca. 150 m ab. Zug 2312 durchfuhr den anschließenden S-Bogen Bereich der Weichen 211, 218, 227 mit gleichmäßig steigender Geschwindigkeit bis auf 38 km/h. Die rechnerische Prüfung der Druckkräfte ergab hierbei eine Druckkraft von 150 - 170 kN. Ca. 570 m nach Anfahrt des IC in km 0,895 fiel die Geschwindigkeit des führenden Fahrzeuges von ca. 38 km/h innerhalb von 100 m auf 0 km/h ab. Der Zug legte nach Anfahrt einen Weg von 670 m zurück.

Feststellung:

Die in Richtlinie 418.2139 A02 vorgegebene und einzuhaltende Druckkraft von 150 kN (entspricht 1,8 kA auf der Zugkraft/Bremskraftanzeige im Steuerwagen) zur Begrenzung der Druckkräfte wurde eingehalten, da die ermittelte Überschreitung von bis zu ca. 13 % auch

einer unterstellten rechnerischen Unsicherheit – bei der Rückrechnung aus dem Geschwindigkeitsverlauf auf den Druckkraftverlauf - zugeschrieben werden kann.

4.6 Untersuchung von Fahrzeugen

Die entgleisten Züge und die entgleiste Versuchsfahrt waren jeweils aus 11 Wagen - inklusive des voraus laufenden Steuerwagens - und einem schiebenden Triebfahrzeug der BR 101 gebildet.

Bei allen Entgleisungen war jeweils der längste im Wagenverband vorhandene Wagen, Gattung WRmz, Bauart 134.5 (Speisewagen) beteiligt sowie unmittelbar davor bzw. dahinterlaufende Wagen und Triebfahrzeuge. Bei der ersten Entgleisung war der WRmz-Wagen an 11. Stelle unmittelbar vor dem Triebfahrzeug eingestellt, bei den weiteren Entgleisungen lief der Wagen an der 9. Stelle. Der WRmz-Wagen wurde aufgrund einer Störung der bordseitigen Energieversorgung am 24.07.2012 am Ende des Wagenparks eingereiht und stand Reisen den nicht zur Verfügung.

Den beiden folgenden Abbildungen sind die jeweiligen Zugbildungen, die entgleisten Fahrzeuge sowie charakteristische Fahrzeuglängen zu entnehmen.

Zugbildung 24.07.2012:

BR 101 91 80 6 101 058-6 ← entgleist →	WRmz 134.5 61 80 88-90 519-4 ← entgleist →	Bimdz 268.5 51 80 84-90 014-2 ← entgleist	Apmz 125.3 61 80 18-90 360-8 ---	Avmz 108.7 61 80 19-91 736-7 ---	B 61 80 21-94 661-0 ---
Fahrtrichtung →					
Bpmbz 294.6 61 80 29-94 673-7 ---	Bpmz 294.4 61 80 20-94 423-6 ---	B 61 80 20-95 424-8 ---	Bpmz 295.5 61 80 20-91 554-1 ---	Bpmz 291.2 61 80 20-95 444-1 ---	Bpmdzf 61 80 80-91 127-3 ---
Fahrtrichtung →					

Zugbildung 29.09.2012:

BR 101 91 80 6 101 037-0 ← entgleist →	Apmz 125.4 61 80 18-95 413-0 ← entgleist →	Avmz 108.1 61 80 19-91 185-7 ← entgleist →	WRmz 134.5 61 80 88-90 510-3 DG2 ← entgleist	Bvmsz 186.9 61 80 21-90 922-0 ---	Bpmbz 295.6 61 80 29-94 617-4 ---
Fahrtrichtung →					

Bpmmdz 285.2 (295.2) 61 80 84-95 209-1 ---	Bpmz 294.4 61 80 20-94 488-9 ---	Bpmz 294.4 61 80 20-95 450-8 ---	Bimdz 268.4 51 80 84-95 808-2 ---	Bpmz 295.4 61 80 20-95 621-4 ---	Bpmbdzf 296.1 61 80 80-91 150-5 ---
Fahrtrichtung →					

Zugbildung 09.10.2012:

BR 101 91 80 6 101 044-6 --	Apmz 125.5 61 80 18-90 535-5 entgleist →	Avmz 108.1 61 80 19-91 115-4 ← entgleist →	WRmz 134.5 61 80 88-90 521-0 DG2 ← entgleist	Bvmsz 186.9 61 80 21-90 912-1 ---	Bpmbz 295.8 61 80 29-94 855-0 ---
Fahrtrichtung →					
Bpmdz 295.2 61 80 84-95 205-9 ---	Bpmz 294.4 61 80 20-95 429-3 ---	Bpmz 295.5 61 80 20-91 554-1 ---	Bimdz 268.4 51 80 84-95 807-4 ---	Bpmz 294.4 61 80 20-95 452-4 ---	Bpmbdzf 296.1 61 80 80-91 127-3 ---
Fahrtrichtung →					

Abb. 7: Zugbildung der Zug- und Versuchsfahrt

Quelle: DB Fernverkehr AG bearbeitet durch EUB

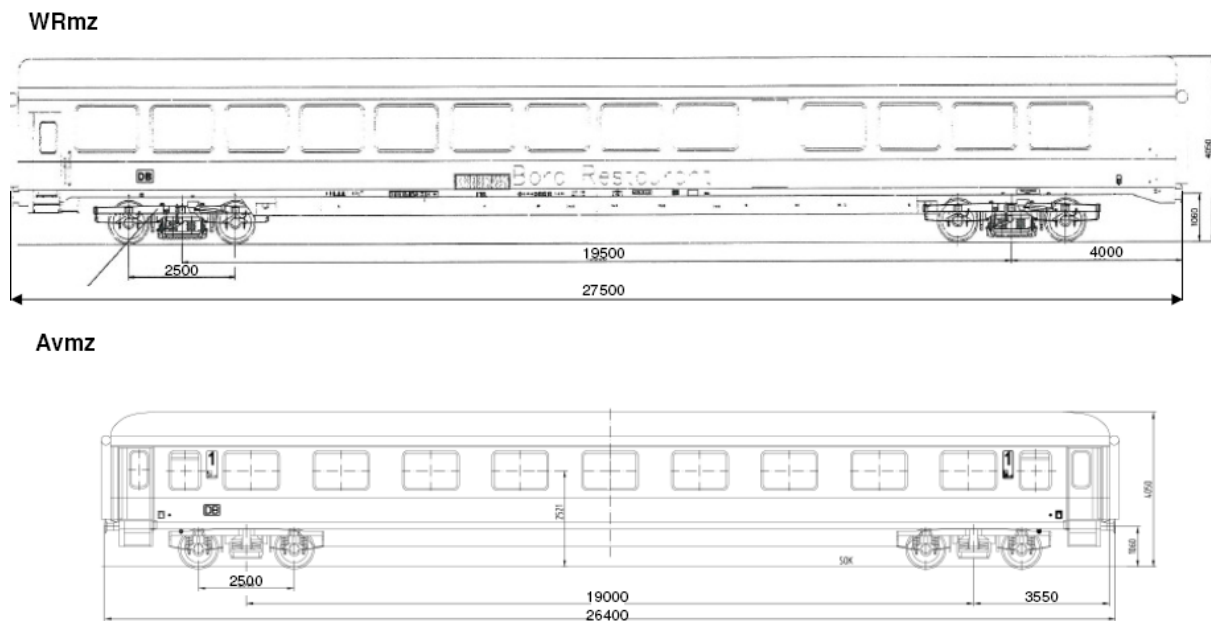


Abb. 8: Drehzapfenabstände und Länge über Puffer von WRMz- und AvMZ-Wagen

Quelle: DB Fernverkehr AG bearbeitet durch EUB

4.6.1 Fahrzeughistorie

Reisezugwagen WRMz 134.5 (Bauart 3) haben gegenüber Reisezugwagen AvMZ (Bauart 1) einen 0,5 m längeren Drehzapfenabstand und sind 1,10 m länger (Länge über Puffer (LüP)). Die Fahrzeuglängen sowie die verbauten Puffer sind bei der Untersuchung der Entgleisungen, die schließlich in einem S-Bogen mit Radien von 190 m und einer Zwischengeraden von 6 m erfolgten von besonderer Bedeutung.

Alle entgleisten Fahrzeuge wurden in einer Werkstatt untersucht, wobei keine grundsätzlichen entgleisungsursächlichen Erkenntnisse gewonnen werden konnten und die festgestellten Schäden mit Ausnahme der Pufferteller in Folge der Entgleisung entstanden. Im Zuge der Ermittlungen lag der besondere Focus auf den Reisezugwagen Wrmz 134.5.

Der heutige Speisewagen der Bauart WRMz 134.5 wurde ursprünglich als Bauart 135 von O & K, Berlin geliefert und durch die damalige Deutsche Bundesbahn bis 1973 abgenommen.

Im Jahre 1998 wurden die Wagen der Bauart 135 (Betreiber und Besitzer: DB Reise & Touristik AG) von der Firma Officine Ferroviarie Veronesi SpA (OFV), aus Verona zum Restaurantwagen WRMz 133.1 umgebaut.

Die Abnahmen der Fahrzeuge erfolgten durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA). Das Prototypfahrzeug trägt die EBA-Identifizierungsnummer EBA 96 G 07 A 001. Anhand der zugehö-

rigen technischen Dokumentation waren als Stoßeinrichtungsbauart Hülsenpuffer 320 KN mit Ringfeder vorzusehen. Darüber hinaus legte die DB Fernverkehr AG mit Schreiben Ze. P.FBE / P.FBE (1) Gu vom 10.05.2013 eine Zeichnung Fwp 000.06.004.02 Hülsenpuffer mit Reibungsfeder vor und erklärte, dass zum Zeitpunkt des Umbaus von Bauart 135 Gattung WRmz in Bauart 133.1 Gattung WRmz gültig gewesen sei. Diese Puffer seien auch derzeit noch in den heutigen im Umlauf befindlichen Fahrzeugen verbaut. Einem Hinweis auf der Zeichnung Fwp 000.06.004.02 zufolge, müssen die Hülsenpuffer den Bestimmungen des „UIC-Merkblattes 528 VE, 7. Ausgabe 11.91“ entsprechen.

Im Jahr 2001 erfolgte an den Fahrzeugen eine Erweiterung der Energieversorgungsanlage. Der vom EBA vorliegende Abnahmebescheid enthält als Anlage die technische Dokumentation zur Abnahme nach § 32 Abs. 1 Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO), Teil B sowie herstellerbezogene und fahrzeugbezogene Anweisungen. Das zuerst abgenommene Schienenfahrzeug trägt die EBA-Identifikationsnummer 01 G11 A 001. In der technischen Dokumentation ist als kleinster befahrbarer Gleisbogenhalbmesser 150 m (ohne Neigung des Wagenkastens) angegeben, wobei diese Gleishalbboogen für Puffer grundsätzliche keine Schwierigkeit darstellen, da sie mehr in der Mitte belastet werden.

Weiterhin wurden die Fahrzeuge mit einem Fahrgastinformationssystem ausgerüstet, das durch das EBA ebenfalls abgenommen wurde. Der Abnahmebescheid enthält ebenfalls die oben aufgeführten Anlagen. Das zuerst abgenommene Fahrzeug trägt die EBA-Identifizierungsnummer 01 J 23 N 001.

4.6.2 Anforderungen an Puffer

Im Zuge der Untersuchung wurden an die Puffer insbesondere die Anforderungen von UIC-Kodex 527-1 VE, 2. Ausgabe, Januar 1981 und 528 VE, 7. Ausgabe, Januar 1991 gestellt. Die Anforderungen an Puffer sind heute in DIN EN 15551, der jeweils aktuellen Fassung formuliert.

4.6.2.1 UIC 527

Anforderungen aus UIC 527-1 VE „Reisezug-, Gepäck- und Güterwagen, Abmessungen der Pufferteller, Linienführung der S-Bögen“, 2. Ausgabe, Januar 1981:

Im Kapitel 1 „Abmessungen der Pufferteller“ sowie der zugehörigen Anlage 1 sind die Puffertellergrenzwerte enthalten.

Nach außen sind die Pufferteller durch die jeweils festgelegte konstruktive Begrenzungslinie des Fahrzeuges begrenzt. Nach unten dürfen die Puffer vom Puffermittelpunkt aus ein verti-

kales Maß von 250 mm nicht überschreiten. Zur Gewährleistung des Kupplerraums muss bei Reisezugwagen von der Fahrzeugmittellinie aus ein Raum mit einer waagrechten Breite von 540 mm freigehalten werden. Hieraus ergibt sich eine nach innen, ausgehend vom Puffermittelpunkt, maximale Breite des Puffertellers von 335 mm. Bei Fahrzeugen mit Übergangsbrücken ist der innere, obere Puffertellerbereich darüber hinaus entsprechend auszusparen. Darüber hinaus ist empfohlen, lange Wagen (länger als 25 m) mit Puffern auszurüsten, deren Teller eine Mindestbreite von 635 mm besitzen.

In Kapitel 2 „Linienführung der S-Bögen“ ist insbesondere auf die Anlage 3 verwiesen, in der die Berechnungsformeln zur Ermittlung von Radien und Zwischengeraden enthalten sind, die ein Fahrzeug mit Puffertellern gemäß Kapitel 1 ohne besondere Vorkommnisse durchlaufen können soll.

In Kapitel 3 „Erläuterungen zur Erarbeitung der Formeln in Anlage 2 und Anlage 3“ ist das Ziel, das mit den Berechnungsformeln erreicht werden soll sowie die Grundvoraussetzungen beschrieben. Ziel war es zum einen eine Berechnungsmethode zur Ermittlung der Puffertellerbreite zu erstellen, mit der gewährleistet ist, dass die Pufferüberdeckung zweier beliebiger Fahrzeuge auf einem gegebenen Gleisabschnitt nicht geringer ist, als die Pufferüberdeckung zweier sog. Basisfahrzeuge unter gleichen Bedingungen. Hieran anschließend wurden Regeln für die Linienführung von S-Bögen erstellt, mit denen in Abhängigkeit von Spurweite und Gleisbogenhalbmesser die Länge der erforderlichen Zwischengeraden unter Berücksichtigung der Puffertellerabmessungen ermittelt werden können.

Zur Anwendung der Anlagen 2 und 3 gelten folgende Grundvoraussetzungen:

Oberbau:

- reiner S-Bogen mit Gleishalbmesser 190 m ohne Zwischengerade und Spurweite von 1458 mm
- S-Bogen mit Gleishalbmesser von 150 m sowie Zwischengerade von 6 m und Spurweite 1470 mm

Fahrzeug:

- waagrechte Mindestüberdeckung von 25 mm bei zwei sich berührenden Tellern beim Befahren der unter Oberbau festgelegten Gleisgeometrie.

Diese Bedingungen ermöglichten die Modulation des sog. Basisfahrzeuges.

Feststellung:

Die Pufferteller der WRmz-Wagen haben eine Breite von 660 mm, die des Avmz-Wagens eine Breite von 600 mm. Avmz-Wagen unterschreiten die empfohlene Mindestbreite um 35 mm. Gemäß Anlage 2 wurden die Mindestpuffertellerbreiten zu 658 mm für den WRmz-Wagen und 591 mm für den Avmz-Wagen ermittelt. Die Fahrzeuge erfüllten die Anforderungen, die jedoch – wie bereits ausgeführt - unter den für Fahrzeuge länger 25 m empfohlenen Werten liegen.

Im entgleisungsrelevanten Gleisbereich sind jedoch Weichen verbaut, es findet keine reine Bogenfahrt statt und die im Rahmen der Versuchsfahrten vom 09.10.2012 ermittelten waagerechten Mindestüberdeckungen hatten einen Wert von 25 mm nicht erreicht.

4.6.2.2 UIC 528

Anforderungen aus UIC 528 VE „Stoßeinrichtungen für Reisezugwagen“, 7. Ausgabe, Januar 1991:

Dieser UIC-Kodex gliedert sich in insgesamt fünf Kapitel. Kapitel 0 „Allgemeines“ ist das Ziel des Kodexes zu entnehmen. Durch Einhaltung insbesondere der in Kapitel 3 „Federkennlinien“ dargestellten Anforderungen, die nach statischen und dynamischen Merkmalen untergliedert sind,

- sollen Reisezugwagen gegen Auflaufstöße von mindestens 10 km/h geschützt werden
- ein entgleisungssicheres und nicht komfortminderndes Fahren durch S-Bögen von Gleishalbmessern von 150 m mit 6 m Zwischengerade ohne besondere Vorkehrungen ermöglicht sowie
- ein erstes Kuppeln in Gleisbögen mit Mindesthalbmessern von 250 m ermöglicht werden.

Kapitel 1 „Abmessungen, Anbaumaße und Merkmale“ referenziert hinsichtlich der Pufferteller auf UIC-Kodex 527-1. Im Kapitel 2 „Mechanische Eigenschaften“ sind die vom Puffer zu ertragenden Kräfte in Höhe sowie Angriffspunkten dargestellt. Von besonderem Interesse ist hierbei die zu ertragende außermittig (200 mm waagrecht, 50 mm senkrecht zu Puffertellermittelpunkt) einzuleitende Längsdruckkraft in Höhe von größer 300 kN am Pufferteller. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass in Kapitel 4 „Kennzeichnung“ die Art und Weise der Pufferkennzeichnung beschrieben ist.

Wie den unter Kapitel 4.6.5 „Ergebnis analytischer Untersuchungen“ dargestellten Untersuchungen zu entnehmen ist, wurden für WRmz-Pufferteller - mittels der Finiten Element Methode (FEM) - die ertragbaren Grenzlaster in Abhängigkeit der Kontaktpunktlage ermittelt. Hierbei zeigte sich, dass unter Berücksichtigung des zum Einsatz kommenden Puffertellerwerkstoffs S355 J2+N beim Kontaktpunkt (210 mm waagrecht zum Puffertellermittelpunkt) der Pufferteller eine Grenzlast von 200 kN ertragen kann.

Im Rahmen der Pufferuntersuchung wurde festgestellt, dass es sich bei den Puffern um alte Konstruktionen handelt, die vor Einführung des UIC-Kodex 528 VE, 7. Ausgabe 1.1.91 hergestellt wurden. Offensichtlich wurde im Zuge von Zeichnungsanpassungen mit Zeichnungsstand J oder früher - ohne Überarbeitung der Zeichnung selbst - der UIC-Kodex redaktionell angepasst.

ZEICHNUNG DARF NUR IM CAD-SYSTEM GEÄNDERT WERDEN

Vorname: BZA Minder/W
 Pers: den 11.05.1992
 per JH, tel: 46 5000

Proj: Fwp 000.06.004.02
 Anzahl: 11 12
 Datum: 12.01.07.93

Info das Telefonat: 1:2
 Material: 1:2
 Blatt: 1

Halsenpuffer entspricht den Bestimmungen des UIC-Merkblattes 528 VE, 7. Ausgabe 11.91

Zulassungsprüfung der Feder nach UIC-Merkblatt 827-2. V 81

Handhabung und Wartung: E 195.000.005

Kontrolle der Bauteile nach E 195.000.004

Halsenpuffer mit Reibungsfeder
 C111.16600 B 007
 Ident.-Nr.: 011919102
 Blatt: 01

Zeichnungs-Nummer: 011919102
 Blatt: 01

Anschrift: RINGFEDER
 13116 S&B, G
 UIC: C 1316.545.2

Anschrift: 13116 S&B, G
 UIC: C 1316.545.2

Abb. 9: Auszug Zeichnung Fwp 000.06.004.02, Zeichnungsstand J

Somit sind die Puffer nicht zur Aufnahme einer außermittigen Längsdruckkraft $F_2 \geq 300 \text{ kN}$ gemäß Kapitel 2 von UIC 528 VE, 7. Ausgabe geeignet, sondern wurden nach den Vorgaben nach UIC 528, 6. Ausgabe vom 1.1.68 konstruiert. Eine grundsätzliche Umrüstpflcht auf aktualisierte Normen besteht nicht. Auch Güterwagen mit Rundpuffern sind weiterhin zulässig und heute noch anzutreffen.

4.6.3 Pufferinstandhaltung

Die Pufferinstandhaltung ist im Instandhaltungshandbuch 903 12 „Instandhaltungsbuch Speisewagen der Bauart 134.5“ geregelt und wurde mit Inkraftsetzungsschreiben vom 08.12.2012 zum 01.04.2011 in Kraft gesetzt. Im Verzeichnis der Instandhaltungsmaßnahmen sind unter den laufenden Nr. 20-23 Instandhaltungsmaßnahmen an den Puffern vorzunehmen. Die laufenden Nr. 20 „Pufferstand einstellen“ und Nr. 23 „Puffer an Reisezugwagen tauschen“ stellen Außerplanarbeiten (AUP) dar und sind mit Arbeitsanweisungen untersetzt. Im Zuge der Instandhaltungsstufen 510 und 520 (im Wechsel alle 60.000 km oder 70 Tage)

und 710 (1.200.000 oder 6+1+1 Jahr) sind unter den laufenden Nr. 21 die Puffer an Reisezugwagen zu prüfen und schmieren sowie Nr. 22 die Pufferstände an Reisezugwagen mit stahlgefederten Drehgestellen zu messen. Die Federn selbst unterliegen hierbei bei einem funktionierenden Puffer keiner Überprüfung. Für diese Tätigkeiten sind ebenfalls Arbeitsanweisungen erstellt.

Feststellung:

Die Federn halten Belastungen nahezu unbegrenzt stand, da diese nur bis zum Aufsetzen der Pufferhülse zusammengedrückt (bei Ringfedern gedehnt) werden und weiterreichende Belastungen über die Pufferhülsen abgetragen werden. Anders verhält es sich jedoch bei den Puffertellern, wenn diese mit regelmäßig wechselnden „zu hohen Kräften“ beaufschlagt werden.

4.6.4 Ergebnis der Pufferuntersuchungen

Insgesamt standen zur Untersuchung insgesamt 20 Puffer zur Verfügung. Hiervon stammten 3 Puffer von beteiligten Triebfahrzeugen, die bei der Untersuchung eine untergeordnete Rolle spielten.

An den 17 verbliebenen Wagenpuffern wurden u. a. die Federkennlinien aufgenommen. Dies war mit Ausnahme eines defekten Puffers möglich. Auffällig hierbei war, dass die zulässige Druckkraft (50-150 kN) bei einem Hub von 60 mm an 14 Puffern überschritten wurde und lediglich bei einem Puffer innerhalb der zulässigen Toleranz lag. Der Spitzenwert von 237 kN wurde an Puffer eines Bimdz-Wagens aufgenommen, der am 24.07.2012 entgleiste.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind im folgendem tabellarisch aufbereitet.

Entgleisung am 24.07.2012

Die Untersuchung der mit den Nr. 1-8 - gemäß folgender Abbildung – nummerierten Puffer erfolgte auf Veranlassung der DB Fernverkehr AB im Werk in Eberswalde.



Abb. 10: Zuordnung der Puffer, Entgleisung 24.07.2012

Untersuchungsbericht

Zugentgleisung, 24.07. u. 29.09.2012, Stuttgart Hbf

Puffer Nr / Untersuchung	1	2	3	4	5	6	7	8
Verformung Grundplatte [mm]	n.i.O.	0	0	0	1,0	1,5	k.A.	k.A.
Verformungen am Pufferteller (Außen/Innenseite)	außen	-	innen	innen	-	außen	-	-
Verschleiß Pufferteller [mm] Grenzmaß 9	ne	3,0	ne	1,5	1,0	ne	3,0	3,0
Schmierzustand Pufferteller	n.i.O.	n.i.O.	n.i.O.	n.i.O.	n.i.O.	n.i.O.	n.i.O.	n.i.O.
Horizontale Verriefungen		x	x			x	x	x
letzte Aufarbeitung gemäß Kennschild, Eberswalde	2007	2009	2005	2005	ne	2011	k.A.	k.A.
Statische Federkennlinie gemäß UIC 528 Vorspannkraft [kN] 7,5-20 Druckkraft bei Hub 25 mm 10-40 Druckkraft bei Hub 60 mm 50-150 Druckkraft bei Hub 105 mm 300-1000	11,57 43 237 ne	12,15 37 200 420	5,21 20 110 480	8,1 26 163 450	12,73 27 174 k. A.	13,31 37 188 400	-	-
Längsspiel	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Schäden an Federn	innerer Federring	-	-	-	-	-	-	-
Verdrehspiel [mm] Soll: kleiner 5 mm	5,0	4,0	5,0	4,0	3,0	5,0	0,0	0,0
Verschleiß Hülse [mm] oben 199,5-201 unten 191,5-193 226-226,5	200,1 193,4 -	200,0 192,5 -	200,2 192,0 -	200,2 193,2 -	200,1 192,1 -	200,2 193,5 -	- - 226,1	- - 226,5

Untersuchungsbericht

Zugentgleisung, 24.07. u. 29.09.2012, Stuttgart Hbf

Verschleiß Passfeder [mm]								
oben/innen 24,85-25,00	24,9	24,0	25,1	25,0	25,1	24,7	-	-
unten/außen 24,85-25,00	ne	ne	24,7	ne	25,1	25,3	-	-
24,87-25,00	-	-	-	-	-	-	24,9	25,0
Verschleiß Pufferstößel oben [mm]								
188-191	190,0	190,3	190,2	190,7	190,0	190,5	-	-
227-228	-	-	-	-	-	-	227,4	227,5

verwendete Abkürzungen:

ne.: nicht ermittelbar
i.O.: in Ordnung
n.i.O.: nicht in Ordnung
k.A.: keine Angabe

Feststellung:

Bei dem gebrochenen Federring des Puffers 1 handelt es sich nach hiesiger Einschätzung um einen Außenring. Dieser führt in Abhängigkeit von der Lage im Puffersystem zu einer Versteifung, wie auch besonders im Bereich kleiner Hübe zu einer Erschlaffung des Feder-systems. Der Kennlinienverlauf dieses ansonsten zu steifen Puffers entspricht ab dem 25 mm Punkt nahezu einer Geraden, das heißt, dass der gebrochene Ring sich beim Zusammendrücken nicht frisst oder verkantet. Ob der Ring vor oder nach dem Unfall gebrochen ist lässt sich nicht feststellen.

Entgleisung am 29.09.2012

Eine Untersuchung war nur an den mit 9-12 bezeichneten Puffern möglich. Nach mehrmaliger Rückfrage bei DB Fernverkehr AG nach dem Stand der Puffertelleruntersuchungen, teilte diese annähernd 8 Monate später mit Schreiben vom 23.04.2013 mit, dass die ins DB Fahrzeuginstandhaltungswerk nach Eberswalde übersandten Puffer dort nicht mehr auffindbar seien. Die vier zur Untersuchung zur Verfügung stehenden Puffer, wurden am noch in Stuttgart stehenden Apmz-Wagen abgebaut und zu der AXTONE GmbH verbracht. Weshalb die vier Puffer entgegen den Festlegungen mit der DB Fernverkehr AG nicht zur Untersuchung nach Eberswalde überführt wurden bleibt ebenfalls fraglich.



Abb. 11: Zuordnung der Puffer, Entgleisung 29.09.2012

Puffer Nr / Untersuchung	9 WE 1L	10 WE 2 R	11 WE 2L	12 WE 1 R
Verformung Grundplatte [mm]	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
Verformungen am Pufferteller (Außen/Innenseite)	i.O.	i.O.	innen	i.O.
Verschleiß Pufferteller [mm] Grenzmaß 9	2	3	2	2
Schmierzustand Pufferteller Horizontale Verriefungen	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
letzte Aufarbeitung gemäß Kennschild, Eberswalde	2009	2008	2010	2007
Statische Federkennlinie gemäß UIC 528 Druckkraft bei Hub 60 mm 50-150 [kN]	180	150	162	162
Längspiel	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Schäden an Federn	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Verdrehspiel [mm] Soll: kleiner 5mm	< 3	< 3	< 3	< 3
Verschleiß Hülse [mm] oben 199,5-201 unten 191,5-193 226-226,5	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
Verschleiß Passfeder	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.

[mm] oben/innen 24,85-25,00 unten/außen 24,85-25,00 24,87-25,00				
Verschleiß Pufferstößel oben [mm] 188-191 227-228	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.

verwendete Abkürzungen:

ne.: nicht ermittelbar

i.O.: in Ordnung

n.i.O.: nicht in Ordnung

k.A.: keine Angabe

Entgleisung am 09.10.2012

Die Untersuchung der Puffer erfolgte nach Beauftragung durch die EUB bei der AXTONE GmbH.



Abb. 12: Zuordnung der Puffer, Entgleisung 09.10.2012

Puffer Nr / Untersuchung	1	2	3	4	5	6	7	8
	Tfz	1R	4L	4R	1L	1R	n.z.	n.z.
Verformung Grundplatte [mm]	k.A.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	n.i.O.	i.O.
Verformungen am Pufferteller (Außen/Innenseite)	k.A.	Innen Außen	i.O.	Außen stark	i.O.	Innen stark	i.O.	außen
Verschleiß Pufferteller [mm] Grenzmaß 9	k.A.	3	2	3	3	7	3	k.A.
Schmierzustand Pufferteller Horizontale Verriefungen	k.A.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.

Untersuchungsbericht

Zugentgleisung, 24.07. u. 29.09.2012, Stuttgart Hbf

letzte Aufarbeitung gemäß Kennschild, Eberswalde	k.A.	2010	2009	2009	2009	2010	2012	2008
Statische Federkennlinie gemäß UIC 528 Druckkraft bei Hub 60 mm 50-150 kN	k.A.	158	164	190	160	160	180	n.e.
Längspiel	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Schäden an Federn	–	–	–	–	–	–	–	–
Verdrehspiel [mm] Soll: Kleiner 5 mm	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Verschleiß Hülse [mm] oben 199,5-201 unten 191,5-193 226-226,5	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
Verschleiß Passfeder [mm] oben/innen 24,85-25,00 unten/außen 24,85-25,00 24,87-25,00	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
Verschleiß Pufferstößel oben [mm] 188-191 227-228	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.

verwendete Abkürzungen:

ne.: nicht ermittelbar

i.O.: in Ordnung

n.i.O.: nicht in Ordnung

k.A.: keine Angabe

n.z.: nicht zuordenbar

4.6.5 Ergebnis analytischer Untersuchungen

Im Nachgang zu den Versuchsfahrten am 09.10.2012 wurden aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse weitergehende Untersuchungen durch DB Fernverkehr AG bei DB Systemtechnik GmbH beauftragt und durchgeführt.

Als maßgeblicher Entgleisungsbereich konnte der S-Bogen mit jeweils Radien von 190 m und dazwischen liegender Zwischengeraden von 6 m bestimmt werden. Die Entgleisungsgeschwindigkeit betrug ca. 33 km/h und die Schubkräfte lagen mit Ausnahme eines Wertes von ca. 189 kN unter 150 kN.

Nachdem es in der Zwischengerade zwischen den Weichen 218 und 227 zum Versagen des in Fahrtrichtung rechten, hinteren, äußeren Pufferbereichs des WRmz-Wagens und Überpufferung kam, entgleiste das letzte Drehgestell dieses WRmz-Wagens unmittelbar im Herzstückbereich der Weiche 227. Die Schubkräfte wurden in diesem Bereich aufgrund der geometrischen Verhältnisse nahezu ausschließlich über den rechten Puffer übertragen.

Zur Ermittlung der ertragbaren Lasten der an Wagen verbauten Puffer (Breite Pufferteller 660 mm, WRmz) wurden mit Hilfe der finiten Element Methode theoretische Untersuchungen angestellt und letztlich die ertragbaren Grenzlaster in Abhängigkeit der Kontaktpunktlage (vom Mittelpunkt horizontal nach außen) ermittelt. Hierbei ergaben sich folgende Werte:

Kontaktpunktlage [mm]	210	240	270	300
Grenzlast [kN]	200	145	110	90

Abb. 13: ertragbare Grenzlast in Abhängigkeit der Kontaktpunktlage

Quelle: DB Systemtechnik GmbH,... T.TVI 24, Minden 16.11.2012

Durch eine Mehrkörpersimulation mit SIM PACK wurden unter Zugrundlegung diverser Randbedingungen Simulationsmodelle erstellt und die Durchfahrt eines 2-Wagen-Zug mit Triebfahrzeug (BR 101 – Avmz-Wagen – Wrmz-Wagen) im Schiebebetrieb durch einen 190 m S-Bogen mit 6 m Zwischengerade simuliert. Hierbei wurden bei dem Modell bei der Simulation Längsdruckkräfte von 150 kN angenommen und die Kontaktpunkte (maximale Auslenkung) auf den Puffertellern an der Kuppelstelle zwischen Avmz und Wrmz-Wagen zu ca. 220 mm (Grenzlast ca. 175 kN) nach innen und ca. 260 mm (Grenzlast ca. 120 kN) nach außen ermittelt. Die Grenzlaster wurden aus dem Schaubild S. 6 der Präsentation „Hülspuffer des WRmz, Theoretische Untersuchungen mit FEM, Rechnerische Ermittlung der Grenzlast für den Pufferteller in Abhängigkeit der Kontaktpunktlage, Quelle DB Systemtechnik,... T.TVI 24, Minden, 16.11.2012 näherungsweise ermittelt.

In einem weiteren Modell wurden Simulationen mit Längsdruckkräften von 100 kN und 3-Wagen-Zügen ohne Triebfahrzeug bestehend aus Wagenkombinationen Avmz - Avmz - Avmz und Avmz – Wrmz – Avmz durchgeführt und zu den rechnerischen Auslenkungen auch die zugehörigen Kräfte in den Pufferkontaktpunkten ermittelt.

3-Wagenzug	max. Auslenkung [mm]	zugehörige Kraft [kN]
Avmz – Avmz - Avmz	266	90*
Avmz – Wrmz - Avmz	281	92*

* Wert aus Diagramm abgelesen

Abb. 14: rechnerische Auslenkungen und zugehörige Kräfte

Quelle: DB Systemtechnik GmbH, ... T.TVI 24 (1), Minden 17.12.2012

Die ertragbaren Grenzlaster wurden ebenfalls aus dem Schaubild S. 6 der Präsentation „Hülsenpuffer des WRmz, Theoretische Untersuchungen mit FEM, Rechnerische Ermittlung der Grenzlaster für den Pufferteller in Abhängigkeit der Kontaktpunktlage, Quelle DB Systemtechnik,... T.TVI 24, Minden, 16.11.2012 näherungsweise für die Auslenkungen 266 mm und 281 mm zu ca. 100 bzw. 115 kN ermittelt.

Feststellung:

Es ist festzustellen, dass bei einer Begrenzung der Längsdruckkräfte auf 100 kN die in den max. auftretenden Auslenkungen ermittelten Kräfte sowohl für die Wagenkombination Avmz - Avmz - Avmz wie auch Avmz – Wrmz – Avmz unter den ermittelten ertragbaren Grenzlaster liegen. Die sich hierbei ergebenden „Reserven“ von 9 bzw. 27%, sind jedoch vor dem Hintergrund, der den Modellen inhärenten Unsicherheiten kritisch zu würdigen. So ergaben sich schon bei der Ermittlung der Federkennlinien der verwendeten Puffer Abweichungen von den maximalen Federhärten (Druckkraft bei Hub 60 mm) von bis zu 58%. In diesem Zusammenhang sind auch die Versuchsfahrten mit zu berücksichtigen, bei denen es zur Entgleisung kam und die aus den DSK-Daten ermittelten - ebenfalls mit Unsicherheiten behafteten - Druckkräfte zum Zeitpunkt der Durchfahrt der Wagen 8-11 im maßgeblichen Weichenbereich in einer Bandbreite von 70-145 kN errechnet wurden.

5 Auswertung und Schlussfolgerungen

Die durchgeführte Untersuchung zeigte, dass die Entgleisungen primärursächlich durch ein Versagen von einzelnen Puffern ausgelöst wurden, die aus zu hohen Anfahrdruckkräften und / oder zu hohen Verspannkräften aufgrund zu steifer Puffer resultierten, wobei die sich aus örtlichen Trassierung ergebenden Kraftkomponenten und Krafteinleitungspunkte begünstigend wirkten.

5.1 Infrastruktur

Die sich aus der gewählten Trassierung und den eingesetzten Reisezugwagen beim Durchfahren des S-Bogens einstellenden geometrischen Verhältnisse sind der folgenden Abbildung zu entnehmen.



Abb. 15: Pufferüberdeckungen zwischen Avmz- und WRmz-Wagen

Quelle: DB Fernverkehr AG, bearbeitet durch EUB

Die Aufnahme entstand unmittelbar vor der Entgleisung der dritten Versuchsfahrt am 09.10.2012 und zeigt die in Fahrtrichtung linken Puffer des vorlaufenden WRmz-Wagens und des folgenden Avmz-Wagens im Bereich des Gegenbogen (W 218 – W 227). Kurz darauf führte das Versagen des rechten Puffertellers zur Überpufferung und Entgleisung. Die minimalen Puffertellerüberdeckungen lagen bei ca. 20 mm.

Die maximale Ausnutzung möglicher Trassierungselemente sowie deren Überlagerung bzw. Konzentration in einem örtlich eng begrenzten Bereich bedingte hinsichtlich der Gestaltung der Ausfahrzugstraße aus Gleis 10 bei den Parametern Gleis/Weichenradien, Längsneigung, Länge von (Zwischen-) Geraden und Einbau von steilen Kreuzungsweichen ein Abweichen von den Regelwerten/Soll-Vorgaben. Diese Abweichungen sind durch das interne Regelwerk grundsätzlich legitimiert und offensichtlich insbesondere wirtschaftlichen Erwägungen geschuldet.

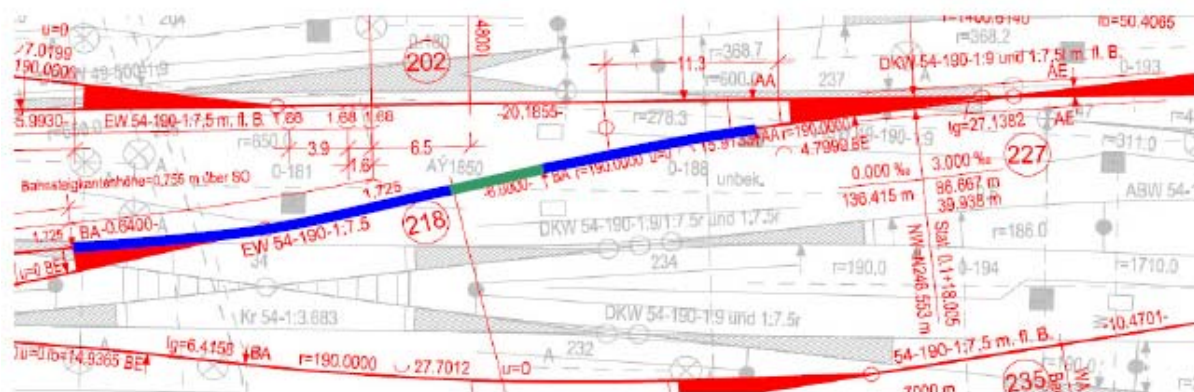


Abb. 16: Entgleisungsbereich zwischen W 218 und DKW 227

Quelle: Entnommen aus einer Präsentation des Referates 21 des EBA vom 02.05.2013

Festzuhalten ist, dass mit der Ausnutzung dieser Trassierungsbereiche grundsätzlich ein höherer Verschleiß und eine geringe Lagestabilität verbunden sind, letztlich höhere Kräfte im System auftreten und in Kauf zu nehmen sind. Durch Überlagerung bzw. Konzentration dieser Trassierungselemente in einem örtlich eng begrenzten Bereich verstärkt sich dieser Effekt. Wäre der S-Bogen mit einfachen Weichen mit geraden Herzstücken trassiert worden, hätte sich hierdurch die „Zwischengerade“ verlängert und sich die dynamischen Beanspruchungen in den Radlenkern verringert. Auch durch die Wahl generell größerer Radien oder längerer Zwischengeraden, wäre eine maßgebliche Beruhigung der Fahrzeuge beim Durchfahren des S-Bogens zu erzielen.

Durch eine konsequentere Trassierung mit Regelwerten und Sollvorgaben und damit einhergehend stärkerer Reglementierung von Abweichungen insbesondere deren Überlagerungen, ließe sich die Eisenbahnsicherheit erhöhen.

Wie die Auswertung der Messschriebe ergab wurden SR 100 und SR Lim Abweichungen aufgezeichnet, die in Abhängigkeit der Fehlerentwicklung bis zur nächsten Regelinspektion oder bei Überschreitung des Grenzwertes (setzt eine Überwachung der Fehlerentwicklung voraus) zu beseitigen sind. Wie dem Gesamtsignal Gleislage zu entnehmen war, zeigte dieses gesamthafte SR 100 Überschreitungen auf, die sich negativ hinsichtlich der Entgleisungssicherheit auswirken können. Mit der Inkaufnahme eines höheren Verschleißes sind grundsätzlich eine zügigere Verschlechterung der Gleislagestabilität und ein damit einhergehender größerer Instandhaltungsaufwand verbunden. Die Überprüfung der Instandhaltung ergab weiterhin, dass die Zugfahrt am 24.07.2012 aufgrund eines Weichenfehlers entweder nicht oder nur nach Einrichtung einer Langsamfahrstelle mit einer Geschwindigkeit von 20 km/h hätte ausfahren dürfen. Auch wenn der zulässige Wert lediglich um einen zehntel Millimeter überschritten wurde, wäre dies gemäß dem internen Regelwerk die formal richtige Vorgehensweise gewesen. Da sich bei den Entgleisungen am 29.09. und 09.10.2012 keine Hinweise auf einen Weichenfehler ergaben, ist grundsätzlich nicht davon auszugehen, dass dieser Weichenfehler einen signifikanten Entgleisungsbeitrag lieferte. Da gemäß Ril 821.2005 Absatz 3 (5) alle Inspektionsergebnisse jedoch unabhängig von der Abfolge vom Anlagenverantwortlichen zu bewerten sind, ist es nicht nachvollziehbar, warum bei zwei aufeinanderfolgenden Inspektionen mit dem falschen Prüfblatt inspiziert wurde und sich der Fehler hierbei nicht offenbarte.

5.2 Leit- und Sicherungstechnik

Störungen, Mängel sowie Fehler im Bereich der Leit- und Sicherungstechnik können für beide Ereignisse ausgeschlossen werden.

5.3 Betriebliche Handlungen

Betriebliche Fehlhandlungen der Fahrdienstleitung Stuttgart Hbf, im Zusammenhang mit den beiden Zugentgleisungen, können ausgeschlossen werden.

Nachdem am 04.07.2010 in Passau eine geschobene Rangiereinheit mit Reisezugwagen beim Befahren enger, hintereinander angeordneter Gleisradien von 190 m entgleiste, wurden die zulässigen Druckkräfte auf 150 kN festgesetzt. Im Zuge der internen Untersuchungen von DB Fernverkehr AG seien Druckkräfte von mindestens 191 kN ermittelt worden, die zu Beschädigungen der Pufferteller geführt hätten.

Die Auswertung der Geschwindigkeitsprofile der entgleisten Zugfahrten und Versuchsfahrt sowie weiterer zufällig ausgewählter Fahrten nach dem 24.07.2012 zeigte, dass alle Triebfahrzeugführer die zulässige Geschwindigkeit von 40 km/h - im bei der Anfahrt im maßgeblichen Entgleisungsbereich - nicht überschritten haben.

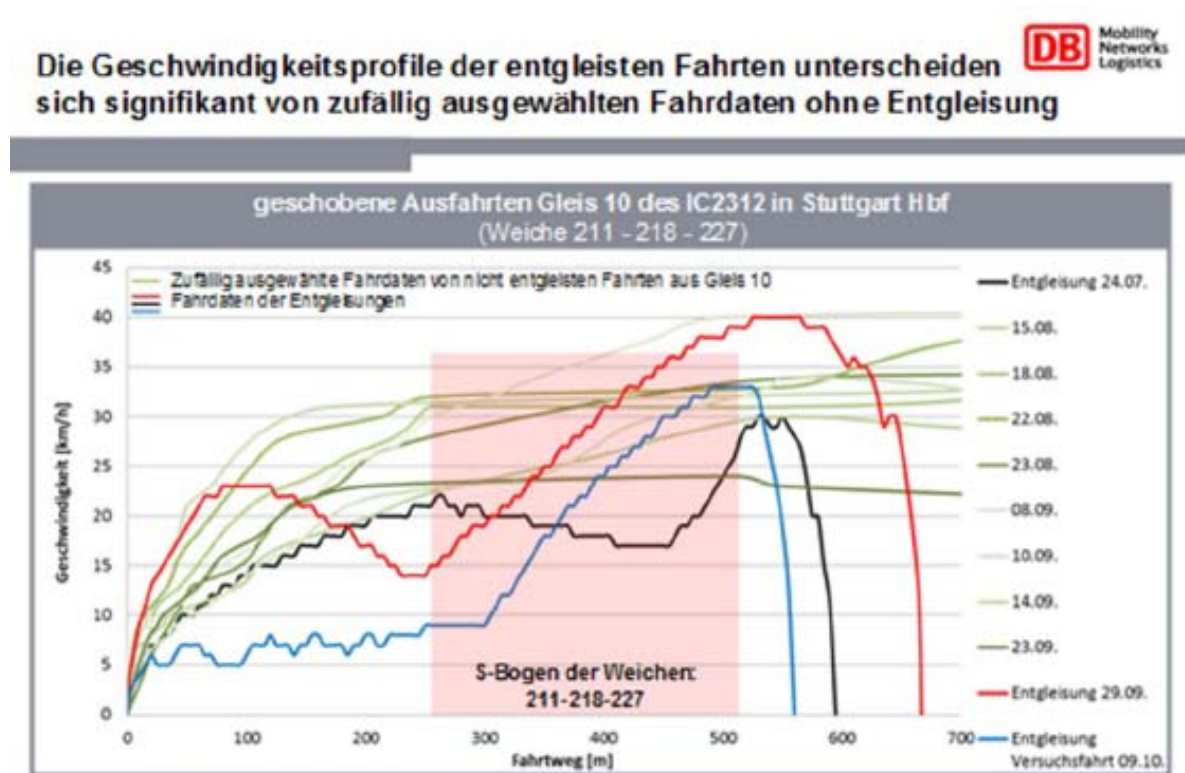


Abb. 17: Geschwindigkeitsprofile von Fahrten aus Gleis 10 zwischen 24.07.- 09.10.2012

Quelle: DB Fernverkehr AG

Mit Ausnahme bei der Zugfahrt am 24.07.2012 wurde die zulässige Druckkraft von 150 kN eingehalten. Die geringen Überschreitungen der Fahrten am 29.09 und 09.10.2012 lassen sich insbesondere durch mathematische Unsicherheiten bei der Rückrechnung der Geschwindigkeitsprofile auf die Druckkraftprofile erklären. Allgemein festzustellen ist, dass die Geschwindigkeits- und Druckkraftprofile aller entgleisten Fahrten im maßgeblichen Entgleisungsbereich signifikant steiler waren und in diesem Bereich die Fahrten stärker beschleunigt wurden. Bei den hingegen nicht entgleisten Zugfahrten wurden diese auf den ersten 250 m, das heißt vor dem maßgeblichen Entgleisungsbereich beschleunigt und unterlagen danach nur moderaten Geschwindigkeitsänderungen.

Im Nachgang zu den Entgleisungen in Stuttgart Hbf reduzierte DB Fernverkehr AG mit Weisung F-W 116/2012, Gültigkeit 05.12.2012 unter anderem die zulässige Druckkraft auf 100 kN.

5.4 Fahrzeugtechnik

Wie die Untersuchungen zeigten, handelt es bei den Puffern (Hülsenpuffer mit Reibungsfeder 15 kJ), um Puffer die unterschiedlichen Zeichnungsständen entsprachen. Die vorgefundene Puffertellerdicken variierten zwischen 20-24 mm. Es ist zu schließen, dass die Puffer gemäß den Anforderungen aus UIC 528, 6 Ausgabe vom 1.1.1968 konstruiert wurden und das Betriebsverfahren „Schiebebetrieb“ noch nicht zur Anwendung vorgesehen war und Wagen lediglich im Rangierdienst geschoben wurden. Wie in Kapitel 4.6.2.2 bereits ausgeführt müssen Puffer nicht automatisch an sich ändernde Normen angepasst werden. Ändern sich jedoch die Anforderungen bspw. durch Änderung der Betriebsverfahren oder besondere Linienführungen, sind Eisenbahnen und Halter verpflichtet zu prüfen, ob und inwieweit sich neue Risiken ergeben könnten, denen entsprechend zu begegnen wäre, zumal die untersuchten Puffer nicht zur Aufnahme einer außermittigen Kraft ≥ 300 kN gemäß UIC 528 VE, 7. Ausgabe vom 01.01.1991 konstruiert sind.

Wie die Pufferuntersuchungen zeigten, lagen weiterhin bei 14 von 16 untersuchten Puffern die zulässigen Federkennlinien bei einem definierten Hub von 60 mm über dem zulässigen Druckkraftbereich zwischen 50 - 150 kN.

Insbesondere beim Durchfahren der Ausfahrzugstraße aus Gleis 10 mit den maßgeblichen Trassierungselementen 190 S-Bogen mit dazwischen liegender 6 m Zwischengeraden kommt es zu hohen Auslenkungen der gegenüberliegenden Pufferkontaktpunkte. Diese Auslenkungen führen zu Verspannungen im System bestehend aus Federapparat und Puffern. Je enger die Wagen untereinander gekuppelt sind, desto höher wird die Verspannkraft im System. Lenkt man ein Federsystem, wie hier bestehend aus einer Kupplung mit Federapparat und vier Puffern, nahezu parallel (vorgegeben durch die Gleisgeometrie) aus, so werden die dabei auftretenden Verspannkraften von den Puffern (durch Einfedern) und vom Federapparat (durch Längen) aufgenommen. Diese Abhängigkeiten sind in der folgenden Abbildung prinzipiell dargestellt.



Die seitens DB Fernverkehr AG vorgelegten „Foliencharts“ zu den in Kapitel 4.6.4 ausgeführten analytischen Untersuchungen sind nach konservativer Abschätzung von der Vorgehensweise grundsätzlich richtig, können aufgrund fehlender Datendichte bspw. hinsichtlich angenommener Randbedingungen wie auch der Belastbarkeit bzw. Unsicherheit der Aussagen / ermittelten Werte nicht vollumfänglich nachvollzogen werden. Trotz mehrfacher Nachfragen konnten keine den Präsentationen zugrunde liegenden bzw. begleitenden „Fachgutachten“ übersandt werden. Es ist nicht auszuschließen, dass bei den Simulationen „ideale Bedin-

gungen“ unterstellt wurden und beispielsweise in Umlauf befindliche Pufferteller der Stärke 20 mm, zu hohe Puffersteifigkeiten wie auch zulässige Oberbauabweichungen nicht oder nicht wirklichkeitsnah in die Betrachtungen eingegangen sind.

6 Bisher getroffene Maßnahmen

Im Nachgang der Entgleisungen ist die Sicherheitsbehörde aufsichtsrechtlich tätig geworden und hat Anweisungen hinsichtlich der Nutzung von Gleis 10 erlassen. Gegen diese Anweisungen hat das betroffene Eisenbahninfrastrukturunternehmen zunächst Widerspruch eingelegt und nach dem diesem nicht entsprochen wurde, Klage beim Verwaltungsgericht Stuttgart erhoben.

7 Sicherheitsempfehlungen

Gemäß § 6 Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung (EUV) und Art. 25 Abs.2 der Richtlinie 2004/49/EG ergehen nachfolgende Sicherheitsempfehlungen:

lfd. Nr.	Sicherheitsempfehlung	betrifft Unternehmen
1	Überarbeitung und Konkretisierung der Ril 800.0110 und 800.0120 mit dem Ziel, Trassierungen außerhalb von Regelwerten und Sollvorgaben stärker zu reglementieren.	DB Netz AG
2	Weitergehende Untersuchungen zur generellen Überprüfung der uneingeschränkten Eignung der Pufferbauart an langen Reisezugwagen im Schiebebetrieb unter besonderer Berücksichtigung der auftretenden Verspannkräfte und aller möglichen Randparameter im Netz. Sollte dieser Nachweis nicht zu führen sein, wird empfohlen diese Pufferbauart an langen Reisezugwagen im Schiebebetrieb nicht mehr zum Einsatz zu bringen.	EVU