

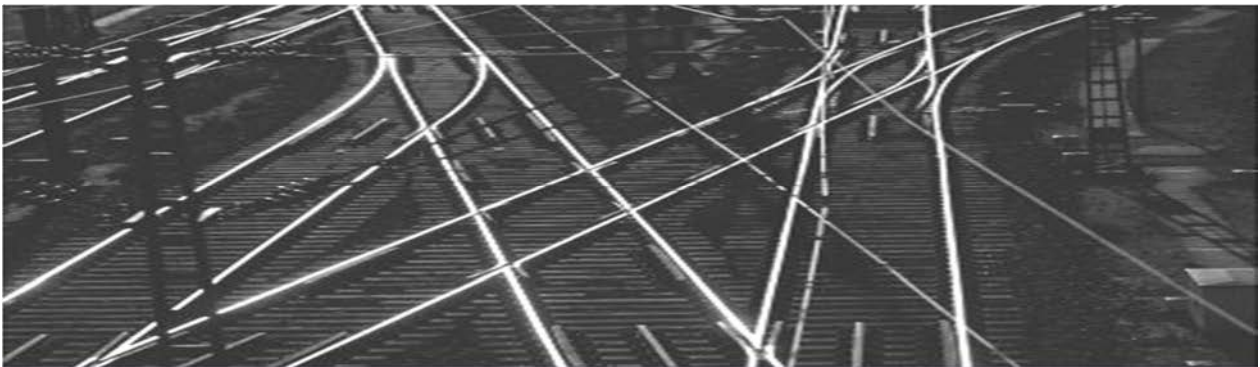


Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: 60uu2015-10/009-3323

Stand: 30.06.2023 Version: 1.0

Erstveröffentlichung: 04.07.2023



Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb

Ereignisart:	Zugentgleisung
Datum:	23.10.2015
Zeit:	02:37 Uhr
Betriebsstelle:	Bf Hamm (Westf) Rbf
Gleis:	109 / 452
Weiche:	135

Veröffentlicht durch:

Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung

Heinemannstraße 6

53175 Bonn

Inhaltsverzeichnis

I.	Änderungsverzeichnis:.....	II
II.	Abbildungsverzeichnis:	III
III.	Tabellenverzeichnis:	III
IV.	Abkürzungsverzeichnis:	V
1	Vorbemerkungen.....	1
1.1	Organisatorischer Hinweis	1
1.2	Ziel der Eisenbahnunfalluntersuchung.....	2
2	Zusammenfassung	3
2.1	Kurzbeschreibung des Ereignisses.....	3
2.2	Folgen	3
2.3	Ursachen.....	3
2.4	Sicherheitsempfehlungen	3
3	Allgemeine Angaben.....	4
3.1	Lage und Beschreibung des Ereignisortes.....	4
3.2	Beteiligte und Mitwirkende.....	5
3.3	Äußere Bedingungen	6
3.4	Todesopfer, Verletzte und Sachschäden.....	6
4	Untersuchungsprotokoll	8
4.1	Zusammenfassung von Aussagen und Stellungnahmen.....	8
4.2	Notfallmanagement	8
4.3	Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur	9
4.3.1	Inspektion gemäß Ril 821 (Oberbau inspizieren)	10
4.3.2	Untersuchung der Weiche 110 (EKW 54-190-1:9)	10
4.3.3	Untersuchung der Weiche 135 (EW 54-190-1:9)	11

4.3.4	Auswertung der Messfahrten	12
4.4	Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik	16
4.5	Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers.....	16
4.6	Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU	17
4.7	Untersuchung von Fahrzeugen	20
4.8	Simulation der Zugfahrt mit SIMPACK	24
4.8.1	Allgemeine Angaben zur Simulation	25
4.8.2	Ergebnis der Simulation	26
5	Auswertung	29
5.1	Ereignisrekonstruktion	29
5.2	Bewertung und Schlussfolgerung.....	29
6	Bisher getroffene Maßnahmen	31
7	Sicherheitsempfehlungen	31

I. Änderungsverzeichnis:

Änderung	Stand

II. Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Lageplan	4
Abbildung 2: Gleislageskizze	5
Abbildung 3: Entgleister Wagen 23 54 4366 043-8	7
Abbildung 4: Überpufferter Wagen 23 54 4366 286-3	7
Abbildung 5: Endpositionen der entgleisten drei Wagen	9
Abbildung 6: Auszug aus dem MKS-Messschrieb vom 24.10.2015	12
Abbildung 7: Fahrwege des DGS 75828 und des Messzuges vom 03.11.2015.....	13
Abbildung 8: Messschrieb vom 03.11.2015	14
Abbildung 9: Optisch sichtbare Auffälligkeiten zwischen Weiche 110 und Weiche 135	15
Abbildung 10: Wagenliste DGS 75828	17
Abbildung 11: Grafische Darstellung der EFR-Daten	18
Abbildung 12: Verformter Pufferteller am Wagen 23 54 4366 259-0	21
Abbildung 13: Beschädigung an der Überfahrbrücke am Wagen 23 54 4366 259-0	21
Abbildung 14: Beschädigte Bodenbleche am Wagen 23 54 4366 286-3	22
Abbildung 15: Abgerissener Tragfederblock und beschädigte Überfahrbrücke am Wagen 23 54 4366 043-8.....	23
Abbildung 16: Phasen der Überpufferung	28

III. Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Übersicht der äußeren Bedingungen	6
Tabelle 2: Übersicht der Personenschäden	6
Tabelle 3: Übersicht der geschätzten Schadenshöhe	7
Tabelle 4: Auszug aus der Regelinspektion der EKW 110 vom 14.07.2015	11
Tabelle 5: Auffälligkeiten bei der Inspektion der EW 135 am 15.07.2015	12

Tabelle 6: Technische Daten der entgleisten Wagen..... 20

IV. Abkürzungsverzeichnis:

Abzw	Abzweigstelle
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
BEU	Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung
BEVVG	Bundeseisenbahnverkehrsverwaltungsgesetz
Bf	Bahnhof
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
DSK	Datenspeicherkassette
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EFR	Elektronische Fahrtenregistrierung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
EKW	Einfache Kreuzungsweiche
Esig	Einfahrsignal
EU	Europäische Union
EUB	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes
EUV	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
EW	Einfache Weiche
GSM-R	Global System for Mobile Communications-Rail
HL	Hauptluftleitung
LH	Längshöhe
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
Ril	Richtlinie
SMS	Sicherheitsmanagementsystem
SR	Störgröße/Reaktion
Tf	Triebfahrzeugführer
Tfz	Triebfahrzeug

Vsig	Vorsignal
VzG	Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten

1 Vorbemerkungen

Das Kapitel Vorbemerkungen befasst sich mit allgemeinen Informationen zur Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung (BEU). Dabei wird die gesetzliche Grundlage genannt und die Aufbauorganisation kurz umrissen.

1.1 Organisatorischer Hinweis

Mit der Richtlinie 2004/49/EG, bzw. der nachfolgenden Richtlinie (EU) 2016/798, des Europäischen Parlaments und des Rates, über Eisenbahnsicherheit (Eisenbahnsicherheitsrichtlinie), wurden die Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) erstmals verpflichtet, unabhängige Untersuchungsstellen für die Untersuchung bestimmter gefährlicher Ereignisse einzurichten.

Die Richtlinie wurde mit dem 5. Gesetz zur Änderung eisenbahnrechtlicher Vorschriften vom 16.04.2007 umgesetzt und die Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes (EUB) eingerichtet.

Mit dem Gesetz zur Neuordnung der Eisenbahnunfalluntersuchung vom 27.06.2017 wurden u. a. die rechtlichen Grundlagen zur Errichtung der Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung (BEU) geschaffen. Hierdurch wurde das Allgemeine Eisenbahngesetz (AEG) und das Bundeseisenbahnverkehrsverwaltungsgesetz (BEVVG) geändert, wobei Zuständigkeiten und Kompetenzen auf die neue Behörde, die BEU, übertragen wurden. Mit Errichtung der BEU wurde die EUB, bestehend aus der Leitung der EUB im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und der Untersuchungszentrale der EUB im Eisenbahn-Bundesamt (EBA), aufgelöst. Mit dem Organisationserlass des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur zur Errichtung der Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung vom 14.07.2017 wurde die BEU als selbstständige Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des BMVI zur Erfüllung der Aufgaben nach § 7 BEVVG errichtet. Die Aufgaben zur Untersuchung bestimmter gefährlicher Ereignisse im Eisenbahnbetrieb gingen dabei nahtlos von der EUB auf die BEU über.

Da das gefährliche Ereignis vor der Errichtung der BEU eintrat, wurden bestimmte Untersuchungshandlungen noch durch die EUB vorgenommen, auf die im Bericht entsprechend verwiesen wird. Alle während der Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse wurden kontinuierlich mit den betroffenen Eisenbahnen und der Sicherheitsbehörde geteilt und einzelfallbezogene Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

Näheres hierzu ist im Internet unter www.beu.bund.de eingestellt.

1.2 Ziel der Eisenbahnunfalluntersuchung

Ziel und Zweck der Untersuchungen ist es, die Ursachen von gefährlichen Ereignissen aufzuklären und hieraus Hinweise zur Verbesserung der Sicherheit abzuleiten. Untersuchungen der BEU 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 Zusammenfassung

Das Kapitel befasst sich mit einer kurzen Darstellung des Ereignisherganges, den Folgen und den Primärursachen. Abschließend werden eventuell erteilte Sicherheitsempfehlungen aufgeführt.

2.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses

Am 23.10.2015 gegen 02:37 Uhr entgleiste der Güterzug DGS 75828 auf der Fahrt von Rheinhausen Pbf nach Pirna Gbf im Bahnhof (Bf) Hamm (Westf) Rbf in der Weiche 135 mit den an 9., 10. und 11. Stelle laufenden Wagen.

2.2 Folgen

Personen wurden weder verletzt noch getötet. In Folge der Entgleisung entstanden Schäden am Oberbau und an den betroffenen Wagen in Höhe von ca. 150.000 Euro.

2.3 Ursachen

Ursächlich für die Entgleisung war eine Kombination verschiedener Faktoren, die durch die Infrastruktur, den Betrieb und die Fahrzeugtechnik beeinflusst wurden. Einzeln betrachtet waren diese Faktoren nicht unfallursächlich. Erst das Zusammenwirken eines Gleislagefehlers in Verbindung mit einer einsetzenden Zwangsbremmung führte zum Einwirken von Kräften auf die Fahrzeuge derart, dass sie überpufferten und auf der Weiche 135 entgleisten.

2.4 Sicherheitsempfehlungen

Es wurden keine Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

3.3 Äußere Bedingungen

Zum Zeitpunkt des Ereignisses herrschten folgende Bedingungen:

Lichtverhältnisse	Dunkelheit
Sicht	klar
Bedeckung	wolkenlos
Temperaturen	9°C
fallender Niederschlag	Nein
Niederschlagshäufigkeit	--
Untergrund / gefallener Niederschlag	trocken

Tabelle 1: Übersicht der äußeren Bedingungen

Feststellung zu den äußeren Bedingungen

Lfd. Nr. 1
Die äußeren Bedingungen, wie z. B. das Wetter, standen in keinem erkennbaren unmittelbarem Zusammenhang mit der Ereignisursache.

3.4 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden

Bei dem Ereignis traten folgend aufgeführte Personenschäden ein:

	Anzahl Tote	Anzahl schwer Verletzte	Anzahl leicht Verletzte
Reisende	-	-	-
Mitarbeiter	-	-	-
Benutzer von Bahnübergängen	-	-	-
Dritte	-	-	-
Summe	0	0	0

Tabelle 2: Übersicht der Personenschäden

Die geschätzte Höhe der Sachschäden in Euro setzt sich wie folgt zusammen:

	geschätzte Kosten in Euro
Fahrzeuge	30.000
Infrastruktur	120.000
Dritte	-
Gesamtschadenshöhe	150.000

Tabelle 3: Übersicht der geschätzten Schadenshöhe

Die nachfolgenden beiden Abbildungen 3 und 4 zeigen den Übergang zwischen den an 10. und 11. Stelle laufenden, entgleisten und überpufferten Wagen.



Abbildung 3: Entgleister Wagen 23 54 4366 043-8



Abbildung 4: Überpufferter Wagen 23 54 4366 286-3

4 Untersuchungsprotokoll

In diesem Kapitel werden die ermittelten Ergebnisse zu einzelnen in Zusammenhang mit dem Ereignis stehenden Teilbereichen des Eisenbahnwesens dargestellt. Daneben werden auch die entsprechenden Schnittstellen sowie das Sicherheitsmanagement (SMS) im betroffenen Bereich betrachtet. Die jeweilig relevanten Erkenntnisse werden fortlaufend aufgeführt.

4.1 Zusammenfassung von Aussagen und Stellungnahmen

Der folgende Abschnitt gibt die relevante Aussage und Stellungnahme des am Ereignis beteiligten Triebfahrzeugführers (Tf) zusammengefasst wieder. Diese wurde dem Arbeitgeber gegenüber abgegeben.

Der Tf gab an, dass er um 02:36 Uhr eine Zwangsbremmung ca. 800 m nach dem Einfahrsignal (Esig) des Bf Hamm Rbf erhalten habe. Das Signal habe die Signalstellung „Langsamfahrt 40 km/h“ und das Vorsignal (Vsig) „Langsamfahrt erwarten“ angezeigt. Die Geschwindigkeit seines Zuges habe zu diesem Zeitpunkt ca. 40 km/h betragen. Die Zwangsbremmung habe er bis zum Stillstand des Zuges unterstützt und anschließend mit dem Fahrdienstleiter (Fdl) Hamm Rbf Kontakt aufgenommen, um die Ursache der Zwangsbremmung zu klären. Der Fdl habe ihm geantwortet, dass die Weiche 135 eine falsche Stellung zeige und dies auf eine eventuelle Entgleisung hindeuten würde. Der Fdl habe ihm mitgeteilt, dass die Nachbargleise gesperrt seien. Dann habe der Tf seine Handynummer mit dem Fdl ausgetauscht und habe den Zug auf Auftrag des Fdl kontrolliert. Dabei sei ihm aufgefallen, dass mehrere Wagen und Achsen entgleist waren. Dies habe er sofort dem Fdl und anschließend der Disposition der ITL Eisenbahngesellschaft mbH gemeldet.

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 Konzernrichtlinie 123, das der DB Netz AG in der Richtlinie (Ril) 423 näher beschrieben und geregelt.

Feststellungen zum Notfallmanagement

Lfd. Nr. 2

Unregelmäßigkeiten oder Verzögerungen in Bezug auf das Einleiten von Rettungsmaßnahmen wurden der EUB im Rahmen der Unfalluntersuchung nicht bekannt. Personen waren nicht zu retten.

4.3 Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur

Der Güterzug DGS 75828 befuhr bei der Einfahrt in den Bf Hamm (Westf) Rbf zunächst den rechten Zweig der Weiche 104, danach die einfache Kreuzungsweiche (EKW) 105 im geraden Strang, und anschließend die EKW 110 nach rechts. Ab hier ging der Güterzug in das Gleis 452 über. Im weiteren Fahrtverlauf näherte sich der Güterzug der Weiche 135, deren linken Strang er stumpf befahren sollte. Bei dem Befahren dieser Weiche entgleisten die an 9., 10. und 11. Stelle laufenden Wagen des DGS 75828. In der folgenden Abbildung ist die Endposition der entgleisten Wagen im Bereich der Weiche 135 dargestellt. Für die Ermittlung der Entgleisungsursache war damit der Gleisabschnitt zwischen den Weichen 110 und 135 relevant.

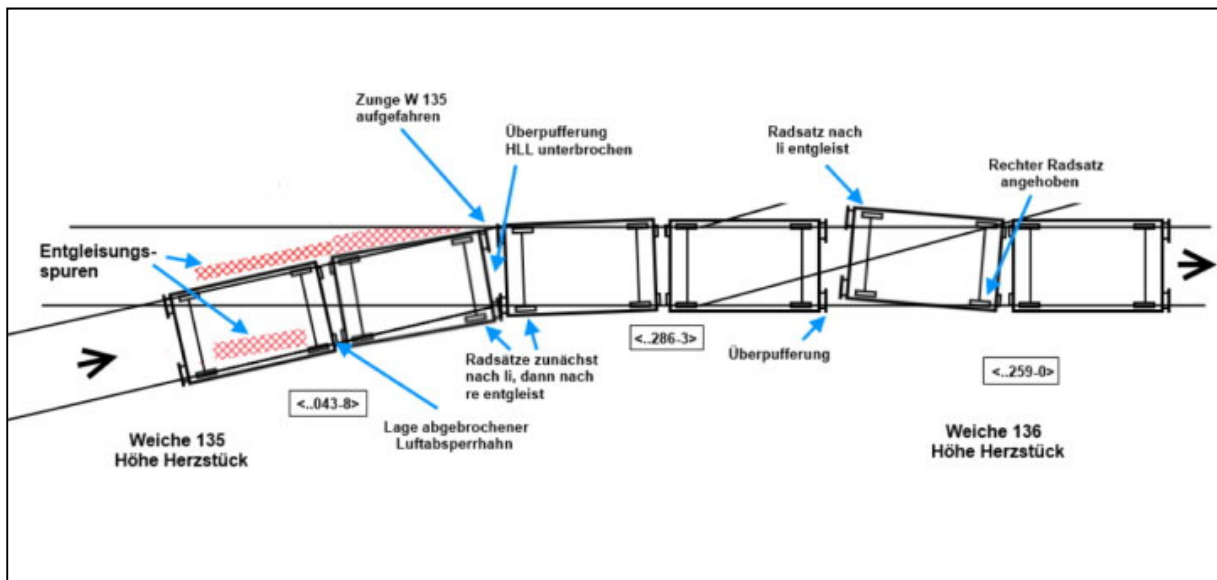


Abbildung 5: Endpositionen der entgleisten drei Wagen³

³ Quelle: simtes KG, Simulationsrechnungen zur Zugentgleisung in Hamm vom 23.10.2015, Bielefeld, 2022

4.3.1 Inspektion gemäß Ril 821 (Oberbau inspizieren)

Angefordert wurden durch die EUB die jeweils letzten drei Inspektionsniederschriften der Gleisbegehungen nach Ril 821.2003, der Gleisbefahrungen nach Ril 821.2004 und der Prüfungen der Gleisgeometrie mit Gleismessfahrzeugen nach Ril 821.2001, die vor dem Ereignis durchgeführt worden waren. Hierzu sollten seitens des EIU unter anderem die Instandhaltungsaufträge, Befundlisten und Prüfprotokolle mit Überschreitungsprotokollen vorgelegt werden.

Die Inspektionsunterlagen für die Prüfung der Gleisgeometrie mit Gleismessfahrzeugen konnten nicht vorgelegt werden. Als Grund gab die DB-Netz AG an, dass diese Messfahrten nicht regelkonform durchgeführt worden seien, denn es sei die Vermessung falscher, also für die Unfalluntersuchung irrelevanter, Streckenabschnitte erfolgt. Es erfolgte hier also keine wirksame Kontrolle der Qualität der Gleislage. Inspektionen im Sinne der Ril 821 wurden demnach nicht oder nur sehr unzureichend durchgeführt.

Ebenso wurden die Inspektionsunterlagen der Gleisbefahrungen durch das EIU nicht vorgelegt.

Vorgelegt wurden der EUB die letzten zwei Inspektionsniederschriften der Gleisbegehungen, die am 15.04.2015 und am 21.10.2015 durchgeführt wurden. Befundungswürdige Mängel waren in beiden Niederschriften nicht dokumentiert.

Auch die Weichenprüfblätter, in denen die Inspektionsergebnisse der Weichen nach Ril 821.2005 dokumentiert werden, forderte die EUB an. Für die Unfalluntersuchung rücken insbesondere die Weichen 110 und 135 in den Fokus. Die Weiche 110 lag unmittelbar vor der Entgleisungsstelle, und im Bereich der Weiche 135 waren erste Entgleisungsspuren sichtbar. Die Ergebnisse hierzu werden in Abschnitt 4.3.2 weiter erläutert.

4.3.2 Untersuchung der Weiche 110 (EKW 54-190-1:9)

Bei der Weiche 110 handelte es sich um eine EKW. Sie besaß das Schienenprofil S 54 und wies einen Zweiggleisradius von 190 m mit einer Weichenneigung von 1:9 auf. Für die Bewertung der EKW lag keine Messung nach der Entgleisung vor, deshalb wurde die letzte Regelinspektion vom 14.07.2015 bewertet. Im Laufweg des Güterzuges ist die Richtung c - a innerhalb der EKW zu betrachten. Für die Richtung c - a wurden insgesamt sechs Überschreitungen des Beurteilungsmaßstabes SR (Störgröße/Reaktion) bei Spur- und Leitweite dokumentiert. Eine Überschreitung von SR 100 (Schwellenwert für technisch/wirtschaftlichen Abnutzungsvorrat)

macht eine Instandsetzung spätestens bis zur nächsten Regelinspektion erforderlich. Erst bei Überschreitung des SR Lim ist eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit zu erwarten. Die in der nachfolgenden Tabelle 4 dokumentierten Messwerte an den Messpunkten waren auffällig.

Messpunkt	Soll (mm)	Ist (mm)	SR 100	SR Lim
s2c	1435	1445,5	1443	1446
s3c	1439	1450,3	1449	1453
s7c	1435	1441,6	1441	1443
ldc	1394	1397,3	1397	1398
lda	1394	1397,2	1397	1398
s4c-s3c	-----	10,9	<10	<11

Tabelle 4: Auszug aus der Regelinspektion der EKW 110 vom 14.07.2015⁴

Bereits einzeln aufgetretene SR 100 Überschreitungen stellten gemäß Regelwerk des EIU einen Mangel innerhalb der Weiche dar, der allerdings nicht als unmittelbar betriebsgefährdend einzustufen war. Über eine Instandsetzung der Mängel lagen keine Nachweise seitens des EIU vor. Deshalb ist es möglich, dass sich die Bedingungen zum Zeitpunkt der Entgleisung verändert hatten.

4.3.3 Untersuchung der Weiche 135 (EW 54-190-1:9)

Bei der Weiche 135 handelte es sich um eine nach links abzweigende, einfache Weiche (EW) mit dem Schienenprofil S 54. Sie verfügte ebenfalls über einen Zweiggleisradius von 190 m und eine Weichenneigung von 1:9. Auch für die Bewertung dieser Weiche lag aufgrund der Entgleisungsschäden keine Messung nach der Entgleisung vor. Deshalb wurde die letzte Regelinspektion vom 15.07.2015 bewertet. Im Laufweg des Zuges war das Zweiggleis innerhalb der EW zu betrachten. Für das Zweiggleis wurden insgesamt sieben SR 100 Überschreitungen bei dem Parameter Spurweite dokumentiert. Tabelle 5 stellt nachfolgend die auffälligen Messwerte dar:

⁴ Quelle: Eigene Darstellung nach DB Netz AG

Messpunkt	Soll (mm)	Ist (mm)	SR 100	SR Lim
s10z	1435	1447,1	1447	1452
s9z	1435	1448,1	1447	1452
s8z	1435	1449,0	1447	1452
s7z	1435	1449,5	1447	1452
s4z	1435	1447,5	1447	1452
s3z	1435	1450,0	1447	1452
s2z	1435	1451,4	1447	1452

Tabelle 5: Auffälligkeiten bei der Inspektion der EW 135 am 15.07.2015⁵

Durch die Spurerweiterung, die vermutlich aus dem seitlichen Verschleiß am Schienenkopf bei der Befahrung im engen Bogen resultierte, änderte sich der Anlaufwinkel zwischen Rad und Schiene, was das Aufklettern eines Rades begünstigen konnte. Es wurden allerdings keine Aufkletterspuren bei der Untersuchung durch die EUB festgestellt. Die festgestellten Mängel waren ebenfalls nicht als unmittelbar betriebsgefährdend einzustufen.

4.3.4 Auswertung der Messfahrten

Die erste Messung der Gleislage nach der Entgleisung wurde am 24.10.2015 mit einer Stopfmaschine durchgeführt. Der in der nachfolgenden Abbildung dargestellte Auszug des 4-Kanal Messschriebs zeigt das Messergebnis der Längshöhe zwischen den Weichen 110 und 136.

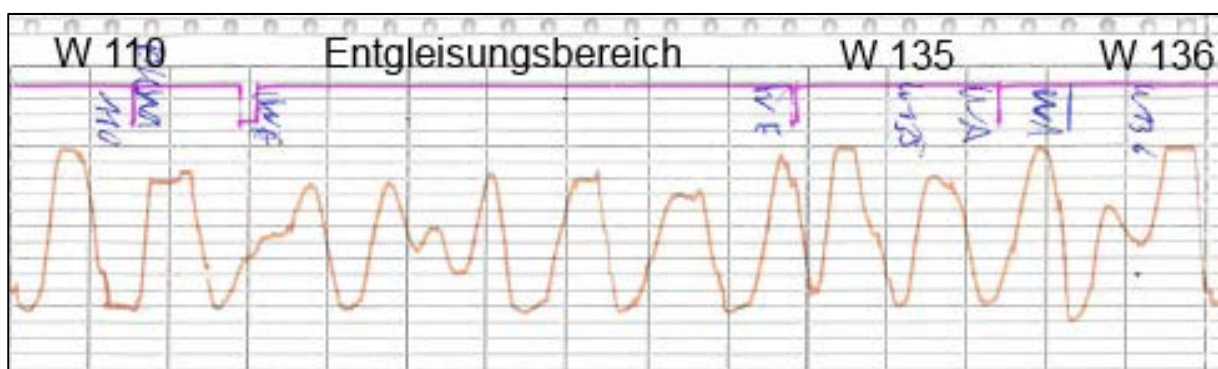


Abbildung 6: Auszug aus dem MKS-Messschrieb vom 24.10.2015⁶

⁵ Quelle: Eigene Darstellung nach DB Netz AG

⁶ Quelle: DB Netz AG, bearbeitet durch BEU

Eine weitere nach der Entgleisung durchgeführte Messung der Gleislage mit einem Messzug RAILab des EIU erfolgte am 03.11.2015. Nach den von der DB Netz AG vorgelegten Instandsetzungsnachweisen waren zu diesem Zeitpunkt noch keine Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt worden. Diese sollen in Form von Handstopfarbeiten erstmalig am 01.12.2015 erfolgt sein.

Der Fahrweg des Messzuges vom 03.11.2015 unterschied sich von dem des entgleisten Güterzuges dahingehend, dass er den Bf Hamm (Westf.) Rbf aus Richtung Abzw Selmig auf der Strecke 2911-1 befuhr. Der entgleiste Güterzug hatte den Bf dagegen aus Richtung Bf Pelkum auf der Strecke 2250-1 befahren. Erst ab dem Herzstück der EKW 110 in km 146,96 waren beide Fahrwege identisch. Dies ist in Abbildung 7 erkennbar. Der für die Beurteilung der Gleislage entscheidende Streckenabschnitt zwischen der Weiche 110 und Weiche 135 wurde damit von der Messung erfasst.

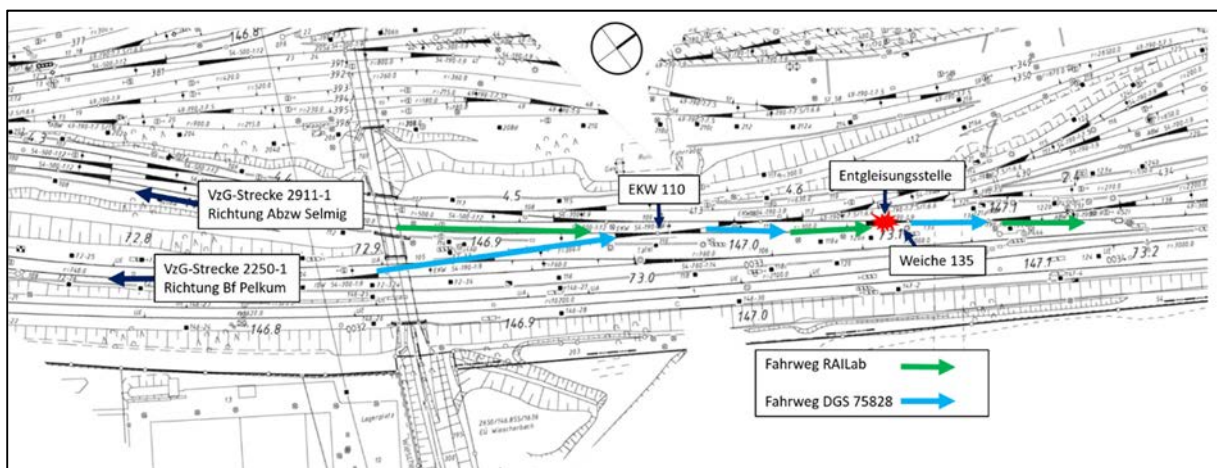


Abbildung 7: Fahrwege des DGS 75828 und des Messzuges vom 03.11.2015⁷

Der Bereich des Messschriebes vom 03.11.2015, der vom Messzug vermessen aber vom Güterzug DGS 75828 nicht befahren wurde, ist in der nachfolgenden Abbildung zur besseren Übersicht grau unterlegt.

⁷ Quelle: DB Netz AG, bearbeitet durch BEU

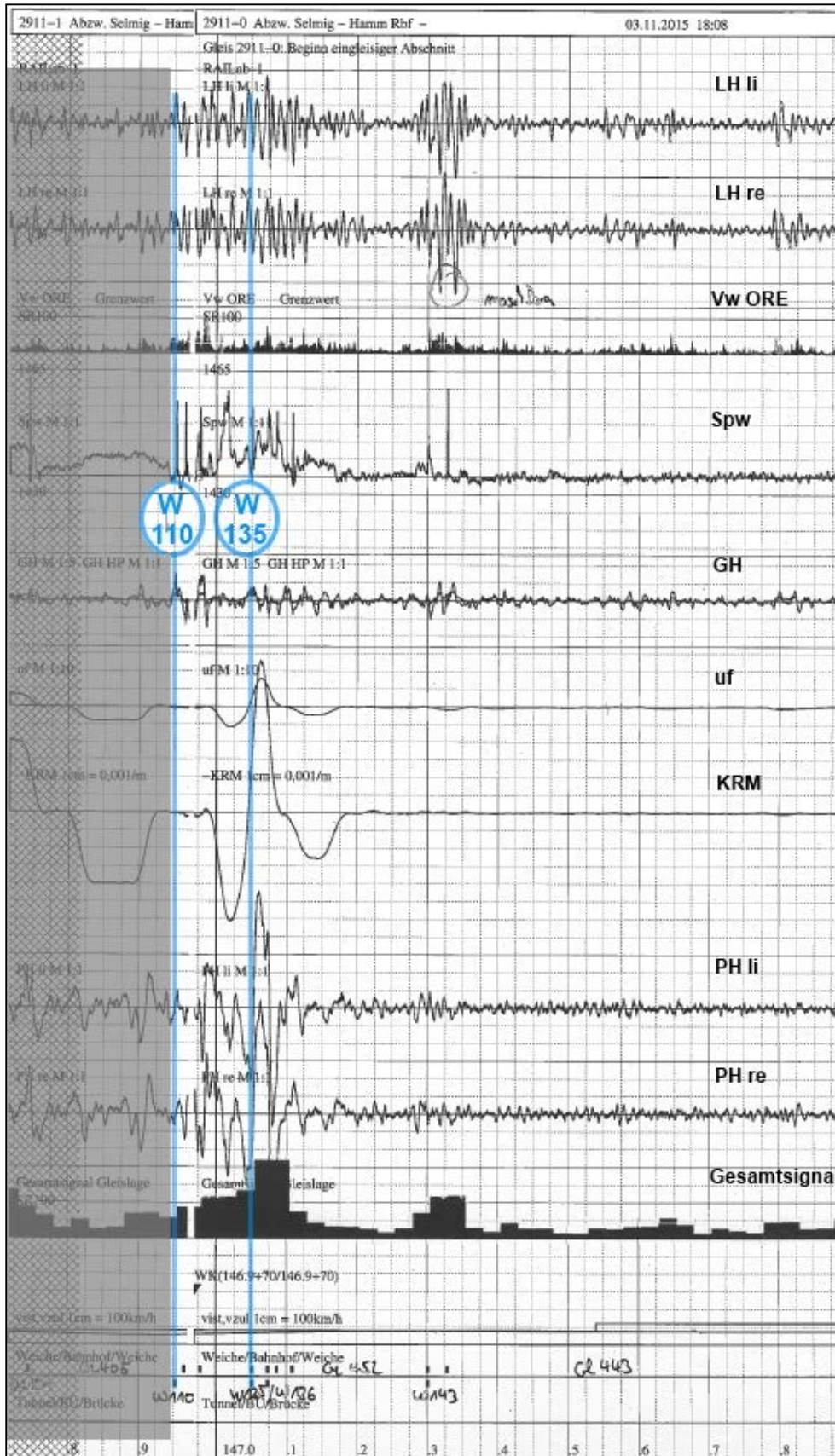


Abbildung 8: Messschrieb vom 03.11.2015⁸

⁸ Quelle: DB Netz AG

Der Messschrieb wies in diesem Gleisabschnitt neben einer SR 100 Überschreitung bei der Prüfgröße „ORE-Verwindung“ mehrere Überschreitungen bei der Prüfgröße „Pfeilhöhe“ auf. Diese Überschreitungen sind im Überschreitungsprotokoll dokumentiert. Weiter war im Messschrieb zu erkennen, dass bei dem „Gesamtsignal Einzelfehler“ im Bereich der Weiche 135 eine SR 100 Überschreitung vorlag.

Die auf dem Messschrieb erkennbaren Unregelmäßigkeiten bei der Längshöhe (LH) „LH li“ und „LH re“ zwischen den Weichen 110 und 135 waren bereits mit bloßem Auge zu sehen. Dies ist in Abbildung 9 dargestellt.

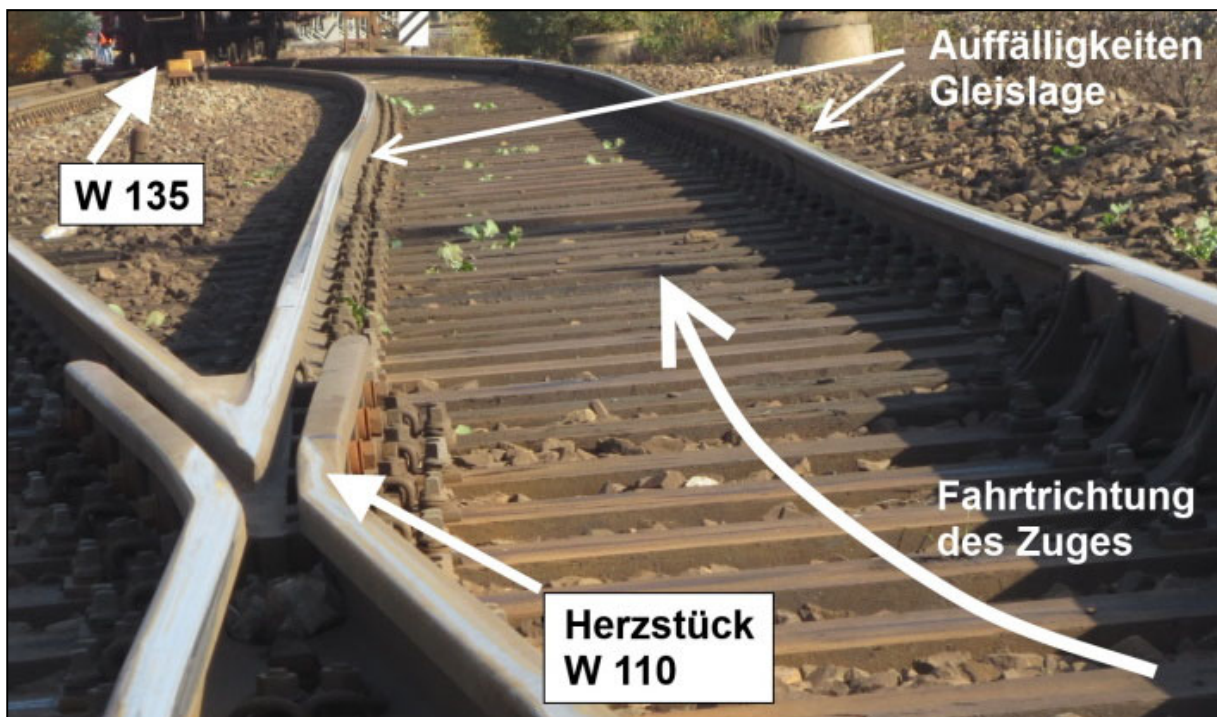


Abbildung 9: Optisch sichtbare Auffälligkeiten zwischen Weiche 110 und Weiche 135

Erste Entgleisungsspuren nach links waren kurz vor dem Herzstück der im Zweiggleis stumpf befahrenen Weiche 135 erkennbar.

Eine weitere Messung erfolgte einige Wochen nach der Entgleisung am 11.12.2015. Diese Messung diente jedoch nicht der Beurteilung der Gleislage, sondern sie hatte ausschließlich den Zweck, nach der Instandsetzung die vor dem Herzstück der Weiche 110 fehlende Gleisgeometrie für eine spätere Simulation mit SIMPACK zu ergänzen.

Feststellung zur bautechnischen Infrastruktur

Lfd. Nr. 3

Bei der Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur wurden SR 100 Überschreitungen festgestellt, die für sich alleine betrachtet zu keiner unmittelbaren Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit des Oberbaus führten. Diese Feststellungen aus den Gleismessungen machten jedoch eine Instandsetzung seitens des EIU innerhalb der Frist zur nächsten Rege-
linspektion erforderlich.

4.4 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik

Bei dem Stellwerk Hrw des Bf Hamm (Westf) Rbf handelte es sich um ein Spurplandrucktas-
tenstellwerk der Bauart SpDrS60 von Siemens mit Nummernstellpult. Es lagen keine Hinweise
vor, dass Mängel an der Stellwerks- oder Leit- und Sicherungstechnik Einfluss auf das Unfall-
ereignis hatten. Die PZB-Streckeneinrichtungen funktionierten ordnungsgemäß. Aus diesem
Grund wurde auf weitergehende Ermittlungen in diesem Bereich verzichtet.

Feststellung zur Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik

Lfd. Nr. 4

Unregelmäßigkeiten oder den Ereigniseintritt begünstigende Umstände aus der Leit- und
Sicherungstechnik wurden der EUB im Rahmen dieses Ereignisses nicht bekannt.

4.5 Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers

Die Zufahrt des Güterzuges DGS 75828 wurde vom Fdl Hamm (Westf) Hrw unter Bedienung
der Hauptsignale auf einer gesicherten Einfahrzugstraße zugelassen.

Feststellung zur Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers

Lfd. Nr. 5

Das Handeln der am Ereignis beteiligten Mitarbeiter im Bahnbetrieb hatte keinen ursächli-
chen Einfluss auf die Entstehung des Unfalls.

4.6 Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU

Die wagentechnische Untersuchung des Güterzuges DGS 75828 erfolgte am 22.10.2015 im Bf Rheinhausen. Im Anschluss wurde eine Wagenliste erstellt, die in der nachfolgenden Abbildung auszugsweise dargestellt ist. Die Durchführung der vollen Bremsprobe wurde um 23:45 Uhr dokumentiert.

Für Zug: 75828 am: 23.10.15 von: 1424 nach: Bf Hamm

Nr	Wagennummer					Gat-tung	Achsen		LüP m	Gewichte (t)		Brems-gewicht		Versand-Bahnhof	Best.-Bahnhof
	1+2	3+4	5-8	9-11	12		bel.	leer		Ladung	Gesamt	P	G		
1	2780	4363	731	5	L		4	31		38	38		1424	Bf Hamm	
2	2780	4363	729	1	L		4	31		38	37				
3	2780	4363	741	4	L		4	31		39	39				
4	2780	4363	740	6	L		4	31		39	39				
5	2780	4363	733	1	L		4	31		39	39				
6	2780	4363	742	2	L		4	31		38	37				
7	2780	4363	740	2	L		4	31		39	39				
8	2354	4366	047	7	L		4	23,5		25	28				
9	2354	4366	289	0	L		4	23,5		26	28				
10	2354	4366	276	3	L		4	23,5		25	28				
11	2354	4366	043	8	L		4	23,5		25	28				
12	2354	4366	310	1	L		4	23,5		25	27				
13	2354	4366	069	3	L		4	23,5		25	28				
14	2354	4366	277	1	L		4	23,5		25	28				
15	2354	4366	274	2	L		4	23,5		25	27				
16	2354	4366	001	4	L		4	23,5		25	27				
17	2354	4366	304	4	L		4	23,5		25	28				
18	2354	4366	134	6	L		4	23,5		25	27				
19	2354	4366	357	2	L		4	23,5		25	28				
20	2354	4366	147	7	L		4	23,5		25	28				
21	2354	4366	064	4	L		4	23,5		25	28				
22	2354	4366	130	3	L		4	23,5		26	27				
23	2354	4366	274	4	L		4	23,5		25	28				
24	2354	4366	267	1	L		4	23,5		25	28		1424	Bf Hamm	
25															
26															
27															
28															
29															
30															
Summen:								96	17		692	764			

Zug führt Gefahrgut: Ja / Nein Nein (*Nicht Zutreffendes streichen)

WU durchgeführt (Datum, Uhrzeit): 22.10.15 51.22 Bremsberechnung (wenn erforderlich): _____

Volle Bremsprobe durchgeführt (Datum, Uhrzeit): _____ Bremsgewicht P abzüglich ... % Abschlag: 6,71

Gefahrgutkontrolle durchgeführt (Datum, Uhrzeit): _____ Bremsgewicht G abzüglich % Abschlag: _____

Wagenliste erstellt (Datum, Uhrzeit): 22.10.15 51.22 Anrechenbares Wagenzugbremsgewicht: _____

Name, Datum, Unterschrift: [Redacted] 22.10.15 [Redacted]

Bemerkungen/Hinweise: Volle Bsp durchgeführt 23.10.15

Abbildung 10: Wagenliste DGS 75828

Anhand der Wagenliste ist ersichtlich, dass der Zug aus 24 Wagen mit insgesamt 96 Achsen und einer Gesamtlänge von 617 m bestand. Das Gesamtgewicht der Wagen betrug 697 t. Die Wagen waren nicht beladen und befanden sich gemäß den im EVU angewandten Regelwerken (VDV-Schrift 757/DB-Ril 915) in der Bremsstellung P.

Zur Rekonstruktion des Fahrtverlaufs wurden die registrierten Fahrdaten der Elektronischen Fahrtenregistrierung (EFR) des führenden Triebfahrzeugs (Tfz) ausgewertet. Das PZB-Fahrzeuggerät war eingeschaltet. Die Rohdaten waren vollständig und fehlerfrei aufgezeichnet.

Als Zugdaten waren 70 Brems Hundertstel und die Bremsart 4 eingestellt. Die abgebildeten Uhrzeiten sind systemintern und geben die Zeit der Datenspeicherkassette (DSK) wieder, die von der tatsächlichen Uhrzeit nur geringfügig abwich. Für die Auswertung wurde der aufgezeichnete Weg normiert, d. h. die Wegdarstellung wurde der Streckenkilometrierung angepasst. Als Bezugspunkt wurde die 1.000 Hz Beeinflussung auf Höhe des Vsig c 109 in km 71,752 gewählt. Abbildung 11 zeigt grafisch das Ergebnis der EFR-Datenauswertung durch die EUB.

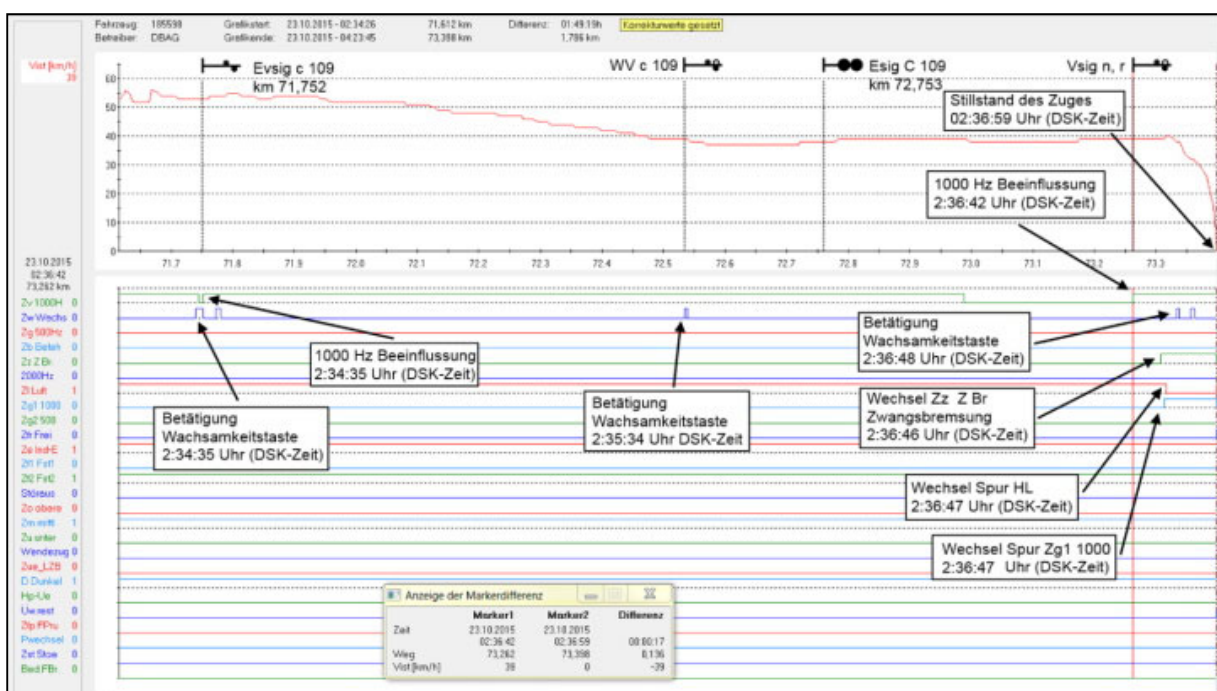


Abbildung 11: Grafische Darstellung der EFR-Daten

Der Zug näherte sich dem Bf Hamm (Westf) Rbf mit einer Geschwindigkeit von ca. 55 km/h. Auf Höhe des Vsig c 109 in km 71,752 wurde um 02:34:35 Uhr bei einer Geschwindigkeit von 53 km/h eine 1.000 Hz-Beeinflussung registriert, die aus dem Signalbegriff „Langsamfahrt erwarten“ am Vsig c 109 resultierte. Der Tf quittierte dies mit Bedienung der Taste „Wachsam“. Im weiteren Verlauf der Fahrt reduzierte der Tf nun die Geschwindigkeit seines Zuges. Da der

Vorsignalwiederholer WV c 109 „Langsamfahrt erwarten“ anzeigte, sich der Signalbegriff des Esig C 109 im km 72,753 also nicht verändert hatte, bediente der Tf bei einer Geschwindigkeit von 39 km/h erneut die Taste „Wachsam“. Der Zug setzte seine Fahrt in den Bf Hamm (Westf) Rbf fort und passierte das Esig C 109, das sich auf Höhe des km 72,753 befand, mit einer Geschwindigkeit von 38 km/h. Um 02:36:16 Uhr endete nach einer Strecke von ca. 1.240 m die 1.000 Hz-Beeinflussung. Gegen 02:36:42 Uhr wurde auf Höhe des im Fahrtverlauf folgenden Vsig Vn,r erneut eine Beeinflussung „1.000 Hz“ registriert. Grund für diese Beeinflussung kann sein, dass dieses Vsig „Halt erwarten“ anzeigte. Eine Bedienung der Taste „Wachsam“ wurde in den EFR-Daten nicht registriert. Dies führte nun zu einer PZB-Zwangsbremung in deren Folge der Druck in der Hauptluftleitung (HL) sank und die Bremsen des Zuges wirksam wurden. Dass der Tf sechs Sekunden nach der 1.000 Hz Beeinflussung zwei Mal die Taste „Wachsam“ bediente, hatte keinen Einfluss mehr auf den weiteren Ablauf. Der Zug wurde durch die Zwangsbremung stark abgebremst und kam etwa 135 m hinter dem Vsig Vn,r um 02:36:59 Uhr zum Stillstand.

Feststellung zur Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU

Lfd. Nr. 6

Die Auswertung der EFR-Daten des DGS 75828 offenbarte keine Erkenntnisse, die als ereignisursächlich einzustufen wären. Die Zwangsbremung, ausgelöst durch die unterlassene Bedienung der Taste „Wachsam“ am Vsig Vn,r, ist als Rückfallebene für derartige Betriebs-situationen gedacht, um gefährliche Ereignisse im Eisenbahnbetrieb zu verhindern.

4.7 Untersuchung von Fahrzeugen

Der Güterzug DGS 75828 war aus einem Tfz der Baureihe 185 mit der Fahrzeugnummer 91 80 6 185 598-0 und aus 24 leeren Autotransportwagen gebildet. Bei den ersten sieben Wagen handelte es sich um Fahrzeuge der Gattung Laaers 1092 (Bremsbauart Oerlikon-Chamilles), bei den nachfolgenden 17 Wagen um Fahrzeuge der Gattung Laaeks 911 (Bremsbauart Dako). Der Güterzug DGS 75828 besaß eine Gesamtlänge von 636 m, verfügte über 100 Achsen und hatte eine Masse von 781 t. Für die Zugfahrt waren 65 Mindestbremsleistung erforderlich bei 97 vorhandenen Bremsleistung. Entgleist waren die an 9., 10. und 11 Stelle laufenden Wagen der Gattung Laaeks 911.

Aus der folgenden Tabelle lassen sich die technischen Daten der entgleisten Fahrzeuge entnehmen.

Wagennummer	2354 4366 259-0 (9. Wagen)	23 54 4366 286-3 (10. Wagen)	23 54 4366 043-8 (11. Wagen)
Halter	Skoda Auto a.s., Tschechien		
Gattungszeichen	Laaeks 911		
Eigengewicht	25.000 kg		
Länge (LüP)	23,5 m		
Wagenhöhe über SO	3.993 mm		
Anzahl der Radsätze	4		
Radsatzabstand	6,6 m je A- und B-Wagen 4,8 m zwischen den Einheitshälften		
Lastgrenzen	A,B,C: 15,0 t		
Max. zul. Fahrzeuggeschwindigkeit	100 km/h		
Bremsbauart	Dako		

Tabelle 6: Technische Daten der entgleisten Wagen

Die drei entgleisten Wagen 23 54 4366 259-0, 23 54 4366 286-3 und 23 54 4366 043-8 wurden im Februar 2016 von der EUB mit Unterstützung der Fahrzeugfabrik F. Kiffe GmbH & Co KG in der zugehörigen Werkstatt in Hamm mit folgenden Ergebnissen untersucht.

Wagen 23 54 4366 259-0

Bei diesem Wagen waren an den Laufflächen des hinteren Radsatzes Schäden festzustellen. Beide Pufferteller, zwei Achshalter und die Überfahrbrücke der hinteren Einheitshälfte wiesen zum Teil starke Verformungen auf. Die aufgeführten Schäden wurden als nicht ereignisursächlich, sondern als Folge der Entgleisung angesehen. In den nachfolgenden zwei Abbildungen sind die beschriebenen Beschädigungen des Wagens erkennbar.



Abbildung 12: Verformter Pufferteller am Wagen 23 54 4366 259-0⁹



Abbildung 13: Beschädigung an der Überfahrbrücke am Wagen 23 54 4366 259-0¹⁰

⁹ Quelle: Fahrzeugfabrik F. Kiffe GmbH & Co KG

¹⁰Quelle: Fahrzeugfabrik F. Kiffe GmbH & Co KG

Wagen 23 54 4366 286-3

Bei diesem Wagen waren ebenfalls Schäden an den Laufflächen des hinteren Radsatzes vorhanden. Vier Pufferteller, zwei Überfahrbrücken, die Stirnseite der vorderen Einheitshälfte sowie Kopfstück- und Längsträger wiesen zum Teil starke Verformungen auf. Das Fußbodenblech und ein Zughaken waren verbogen. Ein Trittrost und eine Überfahrbrücke fehlten, eine Trittstütze wies Verformungen auf. Die oben beschriebenen Schäden werden als Folge der Entgleisung angenommen und sind in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.



Abbildung 14: Beschädigte Bodenbleche am Wagen 23 54 4366 286-3¹¹

¹¹ Quelle: Fahrzeugfabrik F. Kiffe GmbH & Co KG

Wagen 23 54 4366 043-8

Dieser Wagen war mit dem ersten Radsatz seiner vorderen Einheitshälfte nach rechts entgleist und mit dem vorlaufenden Wagen überpuffert. An den Laufflächen des ersten Radsatzes der vorderen Einheitshälfte waren Beschädigungen vorhanden. Ein Tragfederblock, Teile der HL, der vordere Luftabsperrrhahn mitsamt der Bremskupplung und dem Bremskupplungshalter sowie eine Bremsfangschlinge waren abgerissen. Zwei Überfahrbrücken, Pufferteller, ein Zughaken und eine Zughakenführung wiesen Verformungen auf. Ein Kupplergriff und ein Trittrost fehlten. Ein weiterer Kupplergriff und eine weitere Trittstütze war stark verbogen. Weiter wiesen ein Bremsdreieck, Achshalter und eine Schraubenkupplung Schäden auf. Die aufgeführten Schäden waren Folge der Entgleisung und nicht ereignisursächlich. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen abgerissenen Tragfederblock des Wagens 23 54 4366 043-8.

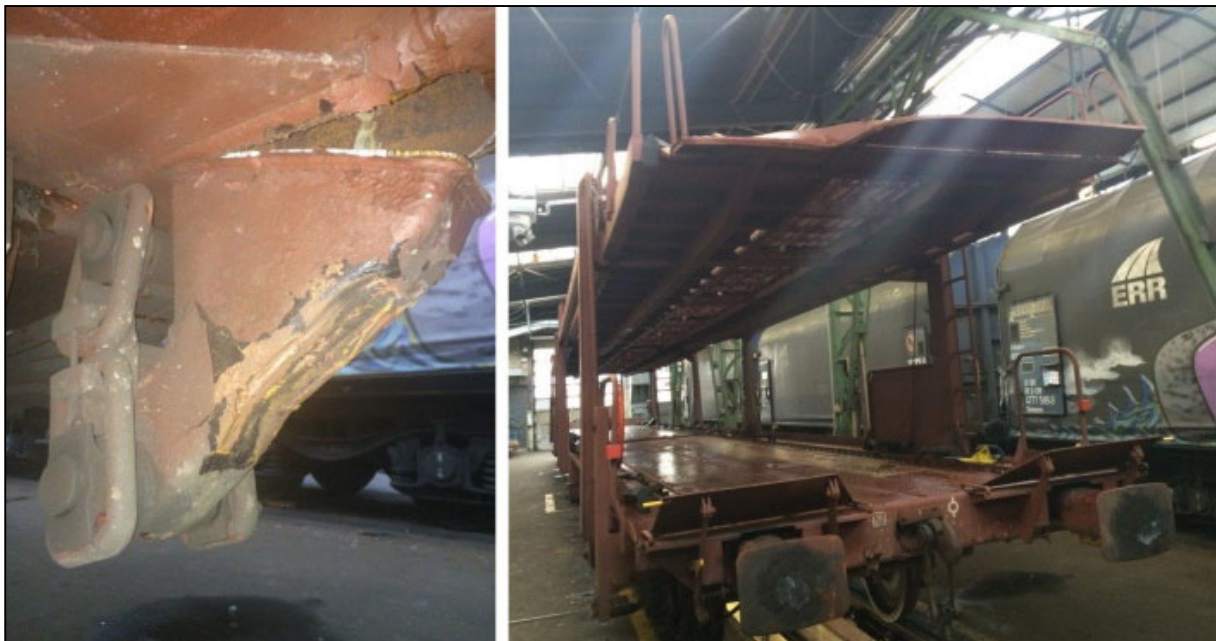


Abbildung 15: Abgerissener Tragfederblock und beschädigte Überfahrbrücke am Wagen 23 54 4366 043-8¹²

¹² Quelle: Fahrzeugfabrik F. Kiffe GmbH & Co KG

Feststellung zur Untersuchung der Fahrzeuge

Lfd. Nr. 7

An allen drei entgleisten Wagen wurden zum Teil erhebliche entgleisungsbedingte Schäden festgestellt. Diese hatten zur Folge, dass die Fahrzeuge für die Überführung als Rangierfahrt zunächst notdürftig hergerichtet werden mussten. Schäden, die als ursächlich für die Entgleisung eingestuft werden konnten, waren weder bei der ersten Inaugenscheinnahme der Wagen kurz nach dem Ereignis, noch bei der eingehenden Untersuchung im Februar 2016 feststellbar.

4.8 Simulation der Zugfahrt mit SIMPACK

Die Untersuchung des Oberbaus, der Fahrzeuge, der Leit- und Sicherungstechnik sowie der betrieblichen Handlungen zeigten auf, dass in keinem dieser Bereiche Mängel vorhanden waren, die alleine für sich betrachtet als unfallursächlich einzustufen waren. In der Annahme, dass eine Kombination von Mängeln und Faktoren aus diesen Bereichen zur Entgleisung des Zuges geführt haben, entschloss sich die EUB, eine Simulation durch die Firma simtes KG durchführen zu lassen. Das Ziel war es, mittels der Simulation genauere Erkenntnisse zur Unfallursache zu ermitteln. Hierzu stellte die EUB dem mit der Ausführung der Simulation beauftragten Unternehmen simtes KG alle erforderlichen und soweit vorliegenden Daten und Informationen zur Verfügung. Bei der Simulation handelte es sich um eine Mehrkörpersimulation mit der Bezeichnung SIMPACK, welche die Längs-, Quer- und Vertikaldynamik inklusive der Berücksichtigung der Rad-Schiene-Kontaktmechanik beinhaltete. Zum Zwecke dieser Simulation wurde ein Modell bestehend aus dem Tzf und 24 zweiteiligen Autotransportwagen erstellt und die Simulationen des Bremsvorgangs unter Berücksichtigung aller relevanten Einflüsse (Gleislage, Trassierung, Fahrzeugeigenschaften) durchgeführt. Nach Abschluss der Simulation wurden der EUB die Ergebnisse in Form eines schriftlichen Berichts mit dem Titel „Simulationsrechnungen zur Zugentgleisung in Hamm vom 23.10.2015“ übermittelt. Die folgenden beiden Unterkapitel geben, ohne dass es gesondert gekennzeichnet ist, die Ergebnisse dieses Simulationsberichts wieder.

4.8.1 Allgemeine Angaben zur Simulation¹³

Zunächst wurden die aus der Zwangsbremmung resultierenden Längsdruckkräfte im Zug mittels der Simulation beurteilt. Hierzu wurde ein Modell eines Güterzuges mit den Parametern der des Güterzuges DGS 75828 erstellt. Die Simulation zeigte, dass sehr hohe Längsdruckkräfte im Zug auftraten, wenn Güterzüge aus einer niedrigen Fahrgeschwindigkeit durch eine Zwangs- oder Schnellbremmung verzögert werden. Ebenfalls wurde deutlich, dass eine Überhöhung der Längsdruckkräfte im Bereich der Kuppelstellen der Wagen 7 bis 11 bei Überfahrt der Weiche 135 auftraten.

Ein Grund hierfür war die zeitliche Verzögerung des Bremssignals durch die HL. Je länger ein Zug ist, desto größer ist die zeitliche Verzögerung mit der das Bremmsignal nachlaufende Zugteile erreicht. Des Weiteren ist der Reibwert, bei den in dem Güterzug verwendeten Graugusssohlen, bei einer niedrigen Geschwindigkeit größer als bei einer höheren Geschwindigkeit. Das bedeutet, je geringer die Fahrgeschwindigkeit ist, umso höher ist der Reibwert der Bremssohle und umso höher ist die Bremskraft eines einzelnen Wagens. Dieser Effekt tritt besonders kurz vor dem Stillstand des Fahrzeuges auf.

Diese beiden Faktoren führten dazu, dass die vorderen Wagen früher und stärker abgebremmt wurden als die hinteren Wagen. Dadurch liefen die Wagen des hinteren Zugteils weniger gebremmt auf die vorlaufenden Wagen auf. Die Folge waren sehr hohe Längsdruckkräfte im Zugverband. Änderungen einzelner Parameter, beispielsweise der Bremsstellung des Tfz, führten zu teilweise geringeren Längsdruckkräften innerhalb der Simulation.

Die Simulation zeigte, dass die aus der Zwangsbremmung resultierenden hohen Längsdruckkräfte auf die Wagen 9, 10 und 11 genau zu dem Zeitpunkt einwirkten, als sie den Bereich der Weiche 135 befuhren. Trassierungsbedingt durchfuhren diese Wagen dabei eine Kombination von Bogen und Gegenbogen. So wirkten die Längsdruckkräfte zwangsläufig ungleichmäßig auf die Puffer der Fahrzeuge, wobei die rechten Puffer (Bogeninnenseite) während der Weichendurchfahrt erheblich stärker belastet wurden als die linken Puffer (Bogenaußenseite). Zeitweise wurden die Puffer nur einseitig belastet.

¹³ Quelle: simtes KG (Hrsg.), Simulationsrechnungen zur Zugentgleisung in Hamm vom 23.10.2015, Bielefeld, 2022

Für Güterwagen mit einachsigen Fahrwerken werden nach dem UIC Merkblatt 530.2 sowie der EN 15839 zu ertragende Längsdruckkräfte von mindestens 200 kN gefordert. Untersuchungen der DB Versuchsanstalt Minden haben gezeigt, dass Kriterien für die Entgleisung aus dem Schiebeversuch im S-Bogen nach UIC 530-2 auch auf Schnellbremsungen mit entsprechender Dynamik angewandt werden können¹⁴. Das Ergebnis der Untersuchungen ist, dass eine kurzzeitige Überschreitung der ertragbaren Längsdruckkraft nicht zu einer Entgleisung führt, sondern die Längsdruckkraft mindestens über einen Weg von 10 m wirken muss, damit es zu einer Entgleisung kommt. Aus den Versuchsergebnissen ist ersichtlich, dass leere Güterwagen bzw. Einheiten mit einachsigen Fahrwerken dabei eine geringste ertragbare Längsdruckkraft von ca. 150 kN aufweisen. Im Rahmen der Simulation wurde deutlich, dass auf die rechten Puffer an der Kuppelstelle zwischen Wagen 9 und Wagen 10 auf einer Strecke von etwa 15 m eine Längsdruckkraft von etwa 150 kN wirkte. Die maximale Längsdruckkraft mit einem Wert von 250 kN trat bei der Simulationsrechnung rechtsseitig zwischen den Einzelwagen von Wagen 9 auf.

Weiterhin konnte mit der Simulation gezeigt werden, dass es in dem Streckenbereich, in dem die hohen Längsdruckkräfte wirken, zu hohen Radentlastungen bis hin zum vollständigen Radabheben am Wagen 8 kommt. Hohe Entgleisungskoeffizienten und Radentlastungen kommen bei der Simulation nur dann vor, wenn auch die Gleislage mit in dem Simulationsmodell berücksichtigt wird.

4.8.2 Ergebnis der Simulation¹⁵

Wenn sich hohe Längsdruckkräfte bei einer S-Bogen-förmigen Trassierung mit einer gleichzeitig ungünstigen Gleisanregung überlagern kann es zu großen Querkräften und Radlastschwankungen an den Rädern kommen. Folge kann eine Entgleisung und anschließend eine Überpufferung eines oder mehrerer Wagen sein. Begünstigt wird dieser Effekt durch eine Trassierung von Bogen und Gegenbogen mit engen Radien, wie sie zum Beispiel in Weichenverbindungen

¹⁴ Quelle: D. Bing: „Entgleisungsdetektion im Schienengüterverkehr – Analyse der Einflüsse auf die Zuglängsdynamik“, Dissertation, TU Berlin, Berlin, 2014 zitiert nach simtes KG (Hrsg.), Simulationsrechnungen zur Zugentgleisung in Hamm vom 23.10.2015, Bielefeld, 2022

¹⁵ Quelle: simtes KG (Hrsg.), Simulationsrechnungen zur Zugentgleisung in Hamm vom 23.10.2015, Bielefeld, 2022

vorhanden ist. Im Bereich der Unfallstelle war eine Weiche des Typs EW 54-190-1:9 verbaut. Der Bogenradius vor der Weiche betrug 300 m.

Bei einer geraden Trassierung verteilen sich die Längsdruckkräfte gleichmäßig auf beide Puffer des Fahrzeuges und wirken in Längsrichtung. Im Bogenbereich hingegen, insbesondere bei der Kombination gegenläufiger Bögen, können Längsdruckkräfte einseitig auf den Puffer eines Fahrzeugs wirken. Dies kann zu einer Überpufferung führen, wenn die Längsdruckkraft groß genug ist und über eine lange Distanz einseitig auf das Fahrzeug einwirkt. Insbesondere in Bögen wirkt zusätzlich eine Kraftkomponente in Querrichtung zwischen den Puffern zweier Wagen überlagert mit einer Anregung aus der Gleislage bzw. dem Oberbau.

Die Simulation zeigte, dass diese Faktoren bei der Fahrt der Wagen 9, 10 und 11 über Weiche 135 kombiniert auftraten. Dies führte zu einem Verlust des Rad-Schiene Kontaktes und hohen Querkräften an den bogenäußeren Rädern. Hierbei wurde der Grenzwert des Entgleisungskoeffizienten von 1,2 (DIN EN 14363-2019) wahrscheinlich überschritten. Eine Auswertung des Pufferkontaktpunktes hat ergeben, dass eine Entgleisung des Wagen 9 aufgrund des Szenarios möglich ist.

Unfallhergang

Vermutlich hat die von Wagen 10 ausgehende Längsdruckkraft, die im Bereich der Weiche 135 einseitig auf den rechten Puffer des Wagens 9 wirkte, diesen in einem Rechtsbogen nach außen gedrückt. In Folge dessen kam es zur Entgleisung des letzten Radsatzes von Wagen 9 nach links in Fahrtrichtung gesehen. Dadurch ist es möglich, dass zwischen dem rechten vorderen Puffer des Wagen 10 und dem rechten hinteren Puffer des Wagen 9 eine Überpufferung stattgefunden hat. Wahrscheinlich hat der Puffer des Wagen 10 den Puffer von Wagen 9 dabei rechtsseitig passiert. Lichtbildaufnahmen des rechten hinteren Puffertellers von Wagen 9 weisen starke Verformungen auf und stützen die Vermutung.

Die folgende schematische Darstellung zeigt den wahrscheinlichen Ablauf der Überpufferung zwischen den Wagen 9 und 10 während der Zwangsbremmung im Bereich der Weiche W135.

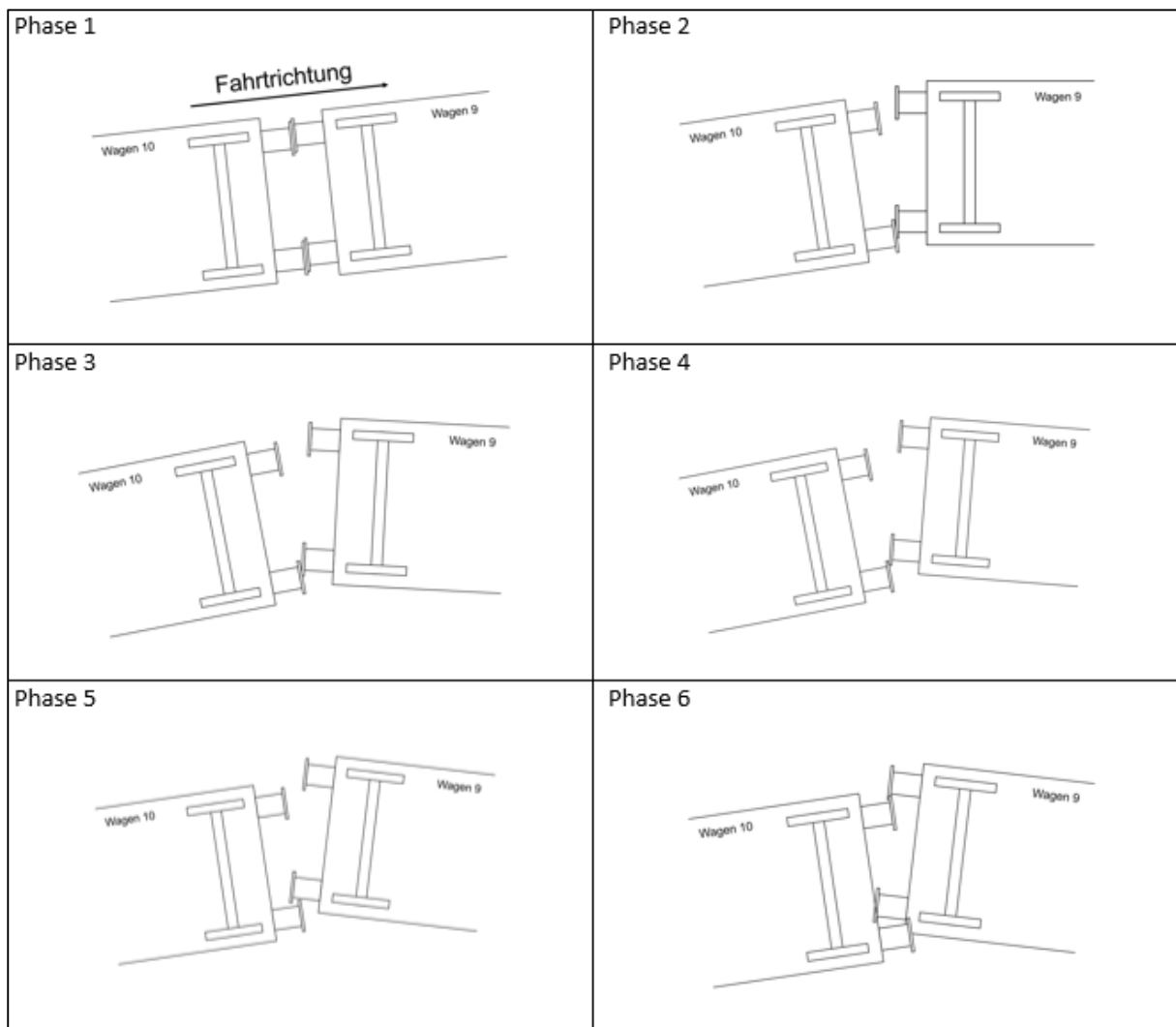


Abbildung 16: Phasen der Überpufferung¹⁶

Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich dieser Vorgang zwischen den Wagen 11 und 10 während der Zwangsbremung wiederholt hat.

Wenn alle Umstände die zur Entgleisung am 23.10.2015 des DGS 75828 im Hamm beigetragen haben in gleicher Form an derselben Stelle wieder auftreten würden, könnte es an dieser Stelle erneut zu einer Entgleisung kommen. Die Kombination des oberbautechnischen Zustands, der Trassierung, der betrieblichen Situation sowie der fahrzeugtechnischen Voraussetzungen erscheint so einzigartig, dass eine Ableitung von allgemeingültigen Regelungen zur Verbesserung der Eisenbahnsicherheit aus diesem Ereignis nicht angezeigt ist. Ein wichtiger Einflussparameter ist die Bremsstellung, die derzeit aus dem Zuggewicht bestimmt wird. Die Berücksichtigung der Zuglänge bei der Bestimmung der Bremsstellung könnte sich positiv auf

¹⁶ Quelle: simtes KG (Hrsg.), Simulationsrechnungen zur Zugentgleisung in Hamm vom 23.10.2015, Bielefeld, 2022

den Ereignisablauf auswirken, dies wäre aber Gegenstand möglicher zukünftiger Betrachtungen.

5 Auswertung

Das Kapitel 5 Auswertung befasst sich mit der Ereignisrekonstruktion. Anhand der oben genannten Feststellungen wird ein plausibler Ablauf des gefährlichen Ereignisses zusammengetragen. Relevante Erkenntnisse werden anschließend bewertet und führen ggf. zu entsprechenden Schlussfolgerungen.

5.1 Ereignisrekonstruktion

Der Güterzug DGS 75828 fuhr aus Richtung des Bf Pelkum kommend in den Bf Hamm (Westf.) Rbf ein. Nachdem der Zug verschiedene Weichenverbindungen, zuletzt die Weiche 135, passiert hatte, fuhr er in Richtung des Gleises 452. Als sich das Tzf auf Höhe des Vsig mit der Bezeichnung Vn,r befand, wurde bei dem Zug eine PZB-Zwangsbremung ausgelöst. Dabei entgleisten die an 9., 10. und 11. Stelle laufenden Wagen in der Weiche 135.

5.2 Bewertung und Schlussfolgerung

In diesem Bericht wurde unter den lfd. Nummern 1, 2, 4, 5, 6 und 7 festgestellt, dass weder Wetterbedingungen, Notfallmanagement, Leit- und Sicherungstechnik noch die betrieblichen Handlungen von EIU und dem EVU ITL Eisenbahngesellschaft mbH als unfallursächlich einzustufen waren.

Bei der Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur stellte die EUB im Gleisabschnitt zwischen den Weichen 110 und 135, aber auch in den Weichen selbst, eine Häufung von Mängeln fest. Einzelheiten hierzu enthält das Kapitel 4.3, Feststellung Nr. 3. Allerdings waren diese Mängel nicht so ausgeprägt, dass sie allein ursächlich für die Entgleisung sein konnten.

Bei der Untersuchung der betrieblichen Handlungen des EVU wurde mit lfd. Nr. 6 festgestellt, dass der Zug in Höhe des Vsig mit der Bezeichnung Vn,r eine PZB-Zwangsbremung erhielt. Zwangsbremungen sind situativ betrieblich beabsichtigt. Es soll beispielsweise verhindert werden, dass ein Tf, der ein Vsig mit den Signalbegriffen „Halt erwarten“ oder „Langsamfahrt erwarten“ übersieht, mit unverminderter Geschwindigkeit auf das dazugehörige Hauptsignal zufährt. Dies könnte zu einer Betriebsgefahr führen. Derartige Zwangsbremungen sind für die

Sicherheit des Eisenbahnbetriebes also unabdingbar. Die Signalstandorte sind dabei in Abhängigkeit von eisenbahnbetrieblichen Voraussetzungen festgelegt. Die Leit- und Sicherungstechnik arbeitete, wie unter lfd. Nummer 4 festgestellt, ordnungsgemäß.

Auch die drei an 9., 10. und 11. Stelle laufenden und entgleisten Fahrzeuge wurden untersucht. Die an diesen Fahrzeugen festgestellten Mängel waren als Folgen der Entgleisung einzustufen.

Damit waren alle untersuchten Bereiche einzeln betrachtet nicht entgleisungsursächlich. Die Annahme der EUB, dass möglicherweise das Zusammenwirken mehrerer Faktoren die Entgleisung auslöste, wurde im Rahmen einer bei der Firma simtes KG aus Bielefeld in Auftrag gegebenen Simulation mit SIMPACK überprüft. Im Ergebnis zeigte die durch die Firma simtes KG durchgeführte Simulation, dass *„in dem Zugverband erhebliche Längsdruckkräfte aufgrund der Zwangsbremmung auftraten. Die maximalen Längsdruckkräfte wirkten im Bereich der Wagen 9 bis 11, als diese die Kombination von Bogen und Gegenbogen der Weiche 135 überfuhren. Die Trassierung in Kombination mit den auftretenden Gleislagestörungen bewirkten eine horizontale und vertikale Anregung der Fahrzeuge und daraus resultierend eine Erhöhung der Radentlastung und der auf das Rad wirkenden Querkräfte. Die Kombination der Faktoren Gleislagestörungen, Längsdruckkräfte und Trassierung führte sehr wahrscheinlich zur Entgleisung und anschließenden Überpufferung der Fahrzeuge“*.¹⁷

Die durch die Firma simtes KG durchgeführte Simulation bestätigte weitestgehend die ursprüngliche Annahme der EUB, dass für die Entgleisung eine Kombination verschiedener Faktoren ursächlich war. Es lagen sich überlagernde Faktoren aus der Infrastruktur, dem Betrieb und der Fahrzeugtechnik vor, die als einzeln betrachtete Umstände nicht alleine ursächlich für die Entgleisung waren. Erst die Kombination des Gleislagefehlers in Verbindung mit einer einsetzenden Zwangsbremmung führte bei den eingesetzten Fahrzeugen zu einer übermäßigen Krafteinwirkung, sodass diese in der Weiche 135 entgleisten.

¹⁷ Quelle: simtes KG (Hrsg.), Simulationsrechnungen zur Zugentgleisung in Hamm vom 23.10.2015, Bielefeld, 2022

6 Bisher getroffene Maßnahmen

Der BEU / EUB wurden keine Maßnahmen bekannt, die infolge des Ereignisses durch die beteiligten Eisenbahnunternehmen oder durch die Sicherheitsbehörde getroffen wurden.

7 Sicherheitsempfehlungen

Es ergeht keine Sicherheitsempfehlung.