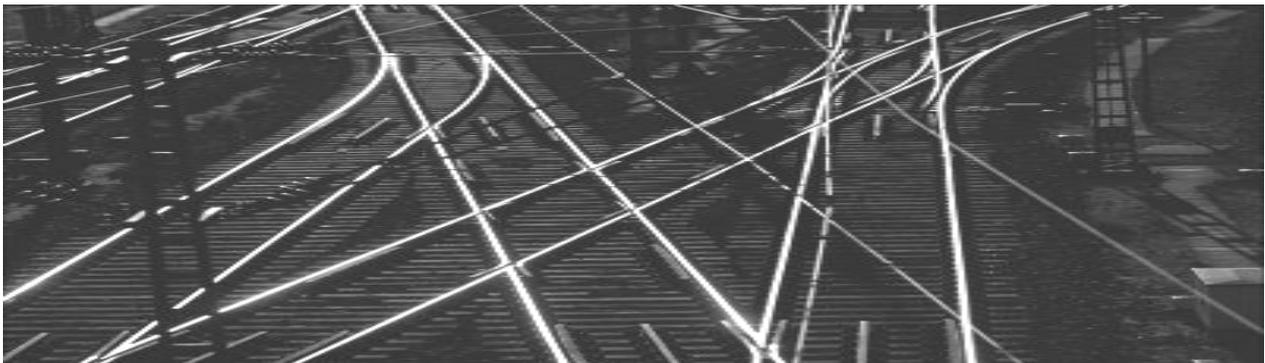




Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: BEU-uu2018-02/004-3323

Stand: 26.09.2019 Version: 1.0



Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb

Ereignisart:	Zugentgleisung
Datum:	13.02.2018
Zeit:	19:15 Uhr
Bahnhof:	Duisburg-Wedau
Gleis:	24
Kilometer:	7,922

Veröffentlicht durch:

Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung

Heinemannstraße 6

53175 Bonn

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1 Zusammenfassung	7
1.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses	7
1.2 Folgen.....	7
1.3 Ursachen	7
2 Vorbemerkungen.....	7
2.1 Organisatorischer Hinweis	7
2.2 Ziel der Eisenbahn-Unfalluntersuchung	8
2.3 Beteiligte und Mitwirkende	8
3 Ereignis.....	8
3.1 Hergang	8
3.2 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden	10
3.3 Wetterbedingungen.....	10
4 Untersuchungsprotokoll.....	10
4.1 Zusammenfassung von Aussagen	10
4.2 Notfallmanagement.....	11
4.3 Untersuchung der Infrastruktur	11
4.3.1 Inspektionen.....	13
4.3.2 Bericht vom 13.03.2017 zur Schlammstellensanierung.....	17
4.3.3 Gleislagemessung mit dem Messsystem Krabbe am 14.02.2018	18
4.4 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik.....	21
4.5 Untersuchung der betrieblichen Handlungen	21
4.6 Untersuchung von Fahrzeugen	21
4.7 Interpretation der Unfallspuren.....	23
5 Auswertung und Schlussfolgerungen.....	23
6 Bisher getroffene Maßnahmen.....	26

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1: Vorderer Radsatz des entgleisten Wagens	9
Abb. 2: Hinterer Radsatz des entgleisten Wagens	9
Abb. 3: Lageplan	10
Abb. 4: Gleislagefehler kurz vor Entgleisungsstelle, Blick in Fahrtrichtung des Zuges	12
Abb. 5: Gleislagefehler und erste Entgleisungsspuren in Fahrtrichtung nach links.....	12
Abb. 6: Überschreitungsprotokolle 2016 – 2017 (Auszüge).....	15
Abb. 7: Messschrieb vom 20.04.2017	16
Abb. 8: periodische Gleislagefehler mit Entgleisungsstelle (rote Pfeile)	18
Abb. 9: Protokoll der Messung vom 14.02.2018	19
Abb. 10: Graphik der Messung vom 14.02.2018	20
Abb. 11: Entgleister Güterwagen der Gattung Hbillns	22

Abkürzungsverzeichnis

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
ALV	Anlagenverantwortlicher
Asig	Ausfahrsignal
BEU	Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BPol	Bundespolizei
BÜ	Bahnübergang
BZ	Bezirkszentrale
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBL	Eisenbahnbetriebsleiter
EBO	Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ERA	Europäische Eisenbahn Agentur
ESO	Eisenbahnsignalordnung
ESTW - UZ	Elektronisches Stellwerk - Unterzentrale
EUV	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
Fdl	Fahrdienstleiter
Hg	Höchstgeschwindigkeit
HL	Hauptluftleitung
NE	Nichtbundeseigene Eisenbahn
Nmg	Notfallmanager
ÖzF	Örtlich zuständiger Fahrdienstleiter
Ril	Richtlinie
SB	Sicherheitsbehörde
SMS	Sicherheitsmanagementsystem
Tf	Triebfahrzeugführer

Untersuchungsbericht

Zugentgleisung, 13.02.2018, Duisburg-Wedau

Tfz	Triebfahrzeug
VzG	Verzeichnis örtlich zulässiger Geschwindigkeiten

1 Zusammenfassung

1.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses

Am 13.02.2018 gegen 19:15 Uhr entgleiste bei der Durchfahrt des Güterzuges EZ 68115 des Eisenbahnverkehrsunternehmens (EVU) DB Cargo AG durch Gleis 24 im Bf Duisburg-Wedau der an letzter Stelle laufende Wagen mit beiden Achsen.

1.2 Folgen

Personenschäden sind nicht zu beklagen. Der an letzter Stelle laufende, entgleiste Güterwagen wurde stark, der an vorletzter Stelle laufende Güterwagen leicht beschädigt. Am Oberbau entstanden auf einer Länge von etwa 4 km erhebliche Schäden. Weiter wurde ein Pkw durch umherfliegende Betonteile am Bahnübergang beschädigt.

1.3 Ursachen

Ursächlich für die Entgleisung waren periodische und nahezu phasengleiche Gleislagefehler in der Längshöhe, die die Fahrzeuge individuell zu Schwingungen anregten. Bei Übereinstimmung der Anregungsfrequenz mit der Hubeigenfrequenz eines Fahrzeuges können die vertikalen Kräfte durch auftretende Resonanzen so groß werden, dass der Kontakt zwischen Rad und Schiene verloren geht, und der Radsatz entgleist.

2 Vorbemerkungen

2.1 Organisatorischer Hinweis

Mit der Richtlinie 2016/798/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 Gesetz zur Neuordnung der Eisenbahnunfalluntersuchung vom 27.06.2017 umgesetzt. Die Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung ist eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Die weitere Umsetzung der Sicherheitsrichtlinie erfolgte durch die Eisenbahnunfalluntersuchungsverordnung (EUV) vom 05.07.2007.

Die Anforderungen an den Aufbau, die Gliederung und die Untersuchungsdurchführung wurden mit dem Organisationserlass zur Einrichtung der Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung (BEU) gemäß § 6 Bundeseisenbahnverkehrsverwaltungsgesetz (BEVVG) des

Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur vom 14.07.2017 untersetzt und verfeinert.

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 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.

2.3 Beteiligte und Mitwirkende

Am Ereignis waren folgenden Stellen beteiligt und wurden in die Sachverhaltsermittlung und Ursachenerforschung einbezogen:

- DB Netz AG als Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU)
- DB Cargo AG als Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)

3 Ereignis

3.1 Hergang

Am 13.02.2018 befuhr der aus fünf Güterwagen und einem Triebfahrzeug (Tfz) bestehende Güterzug EZ 68115 auf der Fahrt von Neuss Gbf nach Gremberg Gn (Gremberg Nord Bezirk I) gegen 19:15 Uhr das Gleis 24 des Bf Duisburg-Wedau. Etwa im km 7,922 entgleiste der an letzter Stelle des Zuges laufende Güterwagen kurz vor dem Ausfahrtsignal (Asig) N 24 nach links.



Abb. 1: Vorderer Radsatz des entgleisten Wagens

Mit dem entgleisten Wagen setzte der Zug seine Fahrt zunächst bis zum Bahnübergang (BÜ) „Am Diepebrock“ im km 11,85 fort. Dort prallte der entgleiste Güterwagen gegen den BÜ-Belag, fuhr diagonal über den BÜ nach rechts und fuhr auf der rechten Seite des Gleises im entgleisten Zustand weiter. Dabei kam es zur Trennung der Hauptluftleitung (HL) und zur Zwangsbremmung des Zuges. Die Zugspitze kam daraufhin etwa auf Höhe des km 12,25 zum Stillstand.



Abb. 2: Hinterer Radsatz des entgleisten Wagens

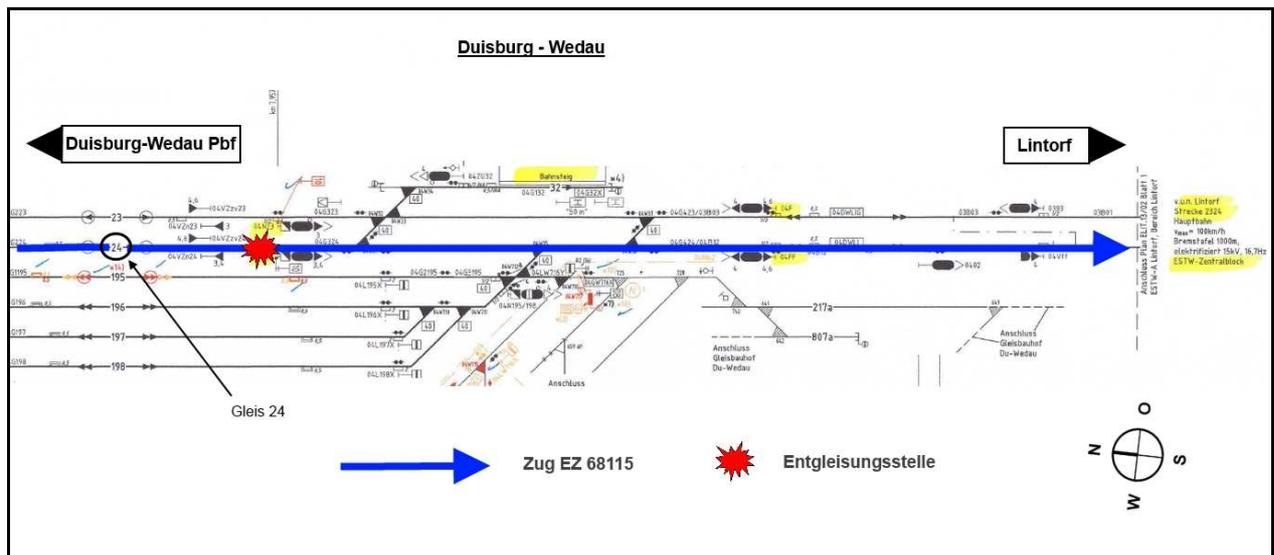


Abb. 3: Lageplan

Quelle: IVL-Plan DB Netz AG bearbeitet durch BEU

3.2 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden

Personenschäden sind nicht zu beklagen. Die geschätzte Höhe der Sachschäden setzt sich wie folgt zusammen:

- | | | |
|-------------------------------|-----|-------------|
| • Schienenfahrzeug | ca. | 10.000 € |
| • Gleisanlage | ca. | 2.500.000 € |
| • Leit- und Sicherungstechnik | ca. | 80.000 € |
| • Schäden am Pkw | ca. | 3.000 € |

3.3 Wetterbedingungen

Zum Zeitpunkt des Ereignisses war es trocken und leicht bewölkt, bei Temperaturen um den Gefrierpunkt.

4 Untersuchungsprotokoll

4.1 Zusammenfassung von Aussagen

Der Fachbeauftragte Fahrbahn von DB Netz AG gab in einem Vermerk zur Entgleisung an, dass es aufgrund starker Längshöhen- und Verwindungsfehler, die ihre Ursache in problematischen Untergrundverhältnissen hätten, zu der Entgleisung des Güterwagens gekommen sei. Die problematischen Untergrundverhältnisse seien hinreichend bekannt gewesen und seien in einem geotechnischen Gutachten näher beschrieben. In diesem Gutachten sei die Behebung der schlechten Untergrundverhältnisse als äußerst umfangreich und anspruchs-

voll beschrieben worden. Um die Verbesserung der Untergrundverhältnisse und die daraus resultierenden Maßnahmen umsetzen zu können, sei dieser Gleisabschnitt ins Oberbauprogramm 2023 aufgenommen worden.

Der ständige Stellvertreter des Eisenbahnbetriebsleiters West der DB Netz AG und die BEU kamen übereinstimmend zu der Auffassung, dass die stark ausgeprägten, periodischen Längshöhenfehler Ursache der Entgleisung waren. Vor diesem Hintergrund konnte auf die Einholung zusätzlicher Stellungnahmen und Aussagen weiterer Beteiligter, z.B. dem Triebfahrzeugführer (Tf) oder dem Fahrdienstleiter (Fdl) verzichtet werden, da hiervon kein weitergehender Erkenntnisgewinn zu erwarten war.

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) 423 näher beschrieben und geregelt.

4.3 Untersuchung der Infrastruktur

Bei der Strecke 2324 (Duisburg-Wedau – Niederlahnstein) handelt es sich um eine elektrifizierte, zweigleisige Hauptbahn, die im Streckenabschnitt von Duisburg-Wedau bis km 11,9 mit einer Höchstgeschwindigkeit (Hg) von 100 km/h befahren werden darf. Ab km 11,9 bis zum Abzweig Tiefenbroich beträgt die Hg 120 km/h und im weiteren Streckenverlauf bis zur Regionalbereichsgrenze in km 104,850 beträgt sie 140 km/h.

Das Gleis 24 im Bahnhof Duisburg-Wedau ist ein durchgehendes Hauptgleis der Strecke 2324. Im Bereich vor und an der Entgleisungsstelle in km 7,922 verläuft Gleis 24 in einem Rechtsbogen mit einem Radius von 964 m. Nach dem Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten (VzG) darf hier mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h gefahren werden.



Abb. 4: Gleislagefehler kurz vor Entgleisungsstelle, Blick in Fahrtrichtung des Zuges

Bei der Vorortuntersuchung durch die BEU wurden augenscheinlich Gleislagefehler im Bereich der Unfallstelle festgestellt. Aus diesem Grund wurden die Protokolle der letzten Inspektionen in die Ursachenermittlung einbezogen.

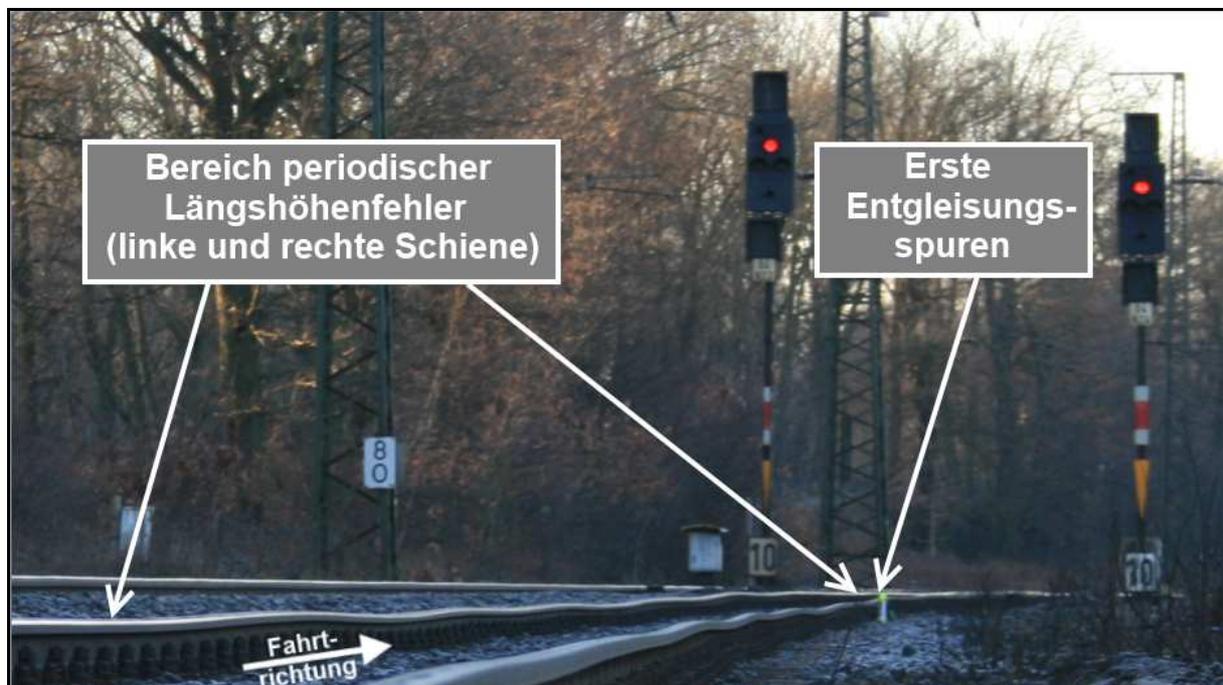


Abb. 5: Gleislagefehler und erste Entgleisungsspuren in Fahrtrichtung nach links

4.3.1 Inspektionen

Eine Inspektion dient der Feststellung des Istzustandes und der Beurteilung des Abnutzungsvorrates. Es wird zwischen Regelinspektion und zusätzlicher Inspektion unterschieden. Eine Regelinspektion ist eine planmäßige, innerhalb festgelegter Zeitabstände wiederkehrende Inspektion mit vorgegebenem Inhalt. Zusätzliche Inspektionen werden erforderlich, wenn durch Schwachstellen, Bauzustände, Auswirkungen ungewöhnlicher Witterungseinflüsse oder erhöhte Beanspruchung des Oberbaus eine Überwachung durch die Regelinspektion nicht ausreicht. Durchzuführende Inspektionen des Oberbaus werden in der Richtlinie (Ril) 821 „Oberbau inspizieren“ geregelt.

4.3.1.1 Gleisbegehung und Gleisbefahrung gemäß Ril 821

Auf dieser Strecke sind Gleisbegehungen gemäß Ril 821.2003 alle 6 Monate von einem Teamleiter Fahrbahn im Wechsel mit einem Meister Fahrbahn oder Fahrbahnmechaniker durchzuführen. Der Anlagenverantwortliche (Alv) hat das Gleis mindestens alle 24 Monate zu begehen.

Gleisbefahrungen gemäß Ril 821.2004 sind alle 4 Monate vom Alv durchzuführen.

Nach den vorgelegten Nachweisen erfolgte die Durchführung der Inspektionen Gleisbegehung und Gleisbefahrung regelkonform. Mängel wurden im Bereich der späteren Entgleisungsstelle nicht dokumentiert.

4.3.1.2 Gleisgeometriemessung gemäß Ril 821

Nach Ril 821.2001 Tabelle 1 beträgt der Regelinspektionsabstand für die Prüfung der Gleisgeometrie mit Gleismessfahrzeugen bei Streckenabschnitten mit einer Hg bis 160 km/h 6 Monate und bei einer Hg bis 120 km/h 12 Monate. Die vorgegebenen Inspektionsintervalle wurden im Bereich der Entgleisungsstelle grundsätzlich eingehalten.

Anzumerken ist, dass die turnusmäßigen jährlichen Regelinspektionen bis April 2017 trotz geringerer Geschwindigkeit von max. 100 km/h auch von Duisburg-Wedau bis km 11,9 halbjährlich, jeweils im April und Oktober, ausgeführt wurden. Ob dies aus nicht zu beanstandenden logistischen Gründen, oder aufgrund der hohen Belastung und der bekannten Untergrundproblematik geschah, ist nicht bekannt. Ab April 2017 sollten die Inspektionen dann jährlich im April durchgeführt werden. Diese Entscheidung steht einerseits formell im Ein-

klang mit den Vorgaben der Ril 821.2001 zum Regelinspektionsabstand der Hauptgleise bei $80 \text{ km/h} < Hg \leq 120 \text{ km/h}$. Andererseits sind nach Ril 821.1000 Kapitel 3 Abs. 3 bei bekannten Schwachstellen sowie Auswirkungen außergewöhnlicher Witterungsverhältnisse (z.B. Hochwasserereignisse) zusätzliche Inspektionen erforderlich, wenn diese nicht ausreichend durch die Regelinspektionen überwacht werden können. Dass Gleis 24 durchaus Schwachstellen aufwies, musste den Verantwortlichen aufgrund des Berichtes zur Schlammstellen-sanierung vom März 2017 und der durchgeführten Inspektionen bekannt sein.

Die letzten drei Inspektionsergebnisse der Gleisgeometriemessungen vom 27.06.2016, 20.10.2016 und 20.04.2017 wurden von der BEU ausgewertet. Hierbei fiel zunächst auf, dass die Frist der im April 2016 turnusmäßig durchzuführenden Inspektion um 2 Monate überschritten war, was nach einer Begründung durch den ALV auch zulässig wäre.

Eine entsprechende Begründung liegt der BEU allerdings nicht vor.

Weiter wurde bei der Gesamtbetrachtung der vorgelegten drei Messprotokolle des Streckenabschnittes etwa von km 5,2 bis km 9,7 (vgl. Abb. 6) deutlich, dass hier permanent eine erhebliche Zahl von Gleislagefehlern bei der Verwindung (ORE-Vw) sowie der Längshöhe (LH) dokumentiert wurden.

27.06.2016		20.10.2016		20.04.2017							
2324-1 DU-Wedau - Neuwied		2324-1 DU-Wedau - Oberhausen - Treisido		2324-1 Duisburg-Wedau - Neuwied							
km	LH l/re Dreipunkt > SR100 [mm]	GH Hochpass > SR100 [mm]	ORE-Vw > SR100	km	LH l/re Dreipunkt > SR100 [mm]	GH Hochpass > SR100 [mm]	ORE-Vw > SR100	km	LH l/re Dreipunkt > SR100 [mm]	GH Hochpass > SR100 [mm]	ORE-Vw > SR100
5,162 + 000	16		102	5,160 + 000	14		102	5,215 + 000	15		113
5,167 + 000	16			5,162 + 000				5,639 + 000	15		
5,149 + 000			105	5,165 + 000	16			5,639 + 000	17		
5,176 + 000	18			5,188 + 000	19			6,738 + 000			
5,176 + 000				5,187 + 000	20			6,965 + 000	15		
5,205 + 000	22			5,200 + 000	21			6,965 + 000	16		
5,205 + 000				5,200 + 000	23			6,966 + 000			
5,219 + 000	16			5,220 + 000				6,966 + 000	15		
5,467 + 000			101	5,226 + 000	15			7,118 + 000			106
5,468 + 000			111	5,225 + 000	16			7,351 + 000	18		
5,689 + 000	14			5,453 + 000				7,351 + 000	14		
5,694 + 000	16			5,679 + 000	14			7,592 + 000			104
7,020 + 000	16			5,679 + 000	17			7,661 + 000			105
7,178 + 000	15			6,800 + 000	16			8,226 + 000	15		
7,353 + 000	16		104	7,006 + 000	16			8,226 + 000	16		
7,966 + 000	14			7,006 + 000	15			8,223 + 000			111
7,983 + 000	14			7,138 + 000				8,424 + 000	16		
8,232 + 000	14			7,138 + 000	16			8,424 + 000			
8,235 + 000	14			7,159 + 000	16			8,424 + 000	14		
8,420 + 000	14		112	7,352 + 000	16			8,424 + 000	14		
8,425 + 000	14			7,353 + 000	16			8,424 + 000			
8,566 + 000	14			8,227 + 000	15			9,648 + 000	21		105
9,646 + 000	15			8,232 + 000	14			9,648 + 000			
10,356 + 000	14			8,235 + 000	15			14,253 + 000	14		107
11,289 + 000			102	8,420 + 000	14			14,251 + 000			105
				8,420 + 000	17			14,606 + 000	15		
				9,647 + 000	15						
				9,648 + 000							

Beurteilungsmaßstäbe Lärnhöhe (LH) bei einer örtlich zulässigen Geschwindigkeit gem. VzG von 100 km/h: SR 100 → 13mm; SRlim → 17mm

Abb. 6: Überschreitungsprotokolle 2016 – 2017 (Auszüge)

Quelle: DB Netz AG, bearbeitet durch BEU

Mehrfach wiesen die Überschreitungsprotokolle SR_{100} - und SR_{lim} -Gleislagefehler auf. Ebenfalls war erkennbar, dass die Instandsetzung von SR_{100} -Überschreitungen nicht immer konsequent bis zur nächsten Regelinspektion erfolgte, wie es die Ril 821 fordert. So konnten sich SR_{100} -Überschreitungen zu SR_{lim} -Überschreitungen entwickeln. Dies war beispielsweise bei einer SR_{100} -Überschreitung im km 7,35 der Fall, die am 27.06.2016 erstmalig, und am 20.10.2016 in stärkerer Ausprägung erneut dokumentiert wurde. Bei der Messfahrt am 20.04.2017 hatte sich der Gleislagefehler an dieser Stelle schließlich zu einer SR_{lim} -Überschreitung erweitert. Auf vergleichbare Weise entwickelte sich im km 9,64 eine weitere SR_{lim} -Überschreitung. Dieses Vorgehen verstößt gegen die Vorgaben der Ril 821.

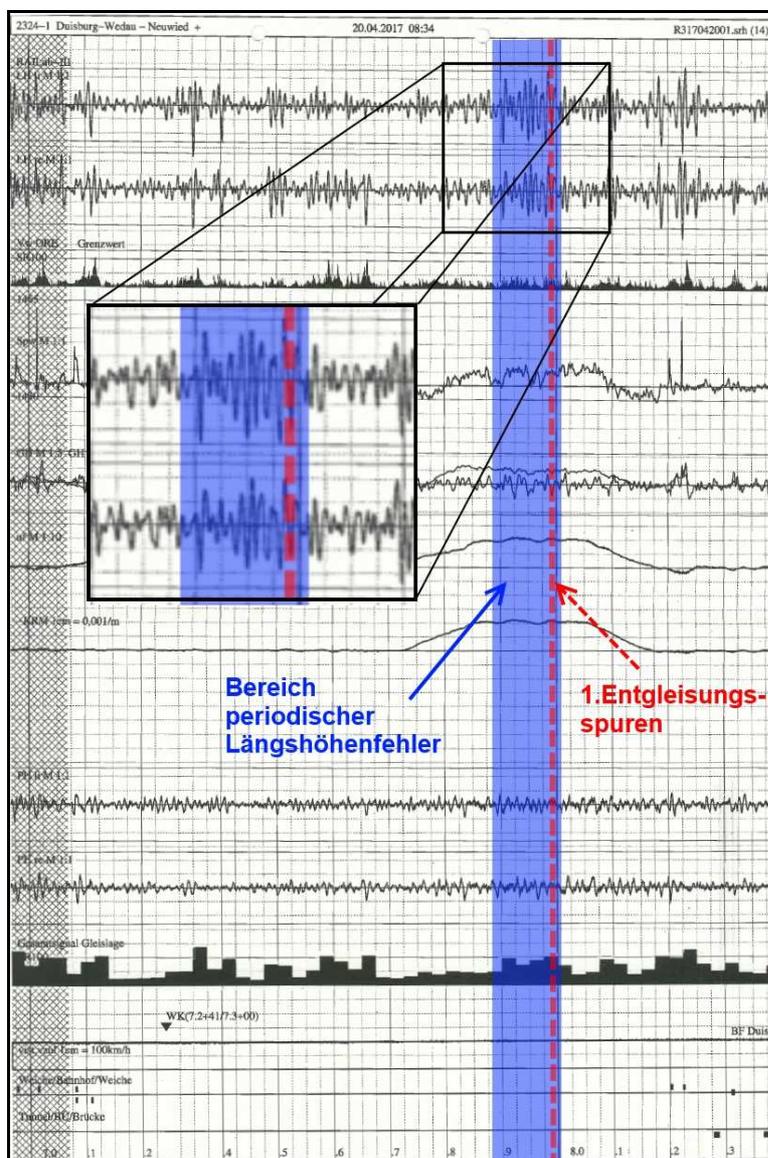


Abb. 7: Messschrieb vom 20.04.2017

Quelle: DB Netz AG, bearbeitet durch BEU

Auf dem Messschieb vom 20.04.2017 (Abb. 7) wurden im Bereich der späteren Entgleisungsstelle von km 7,87 bis km 8,00 keine Überschreitungen von SR_{100} und SR_{lim} dokumentiert. Dennoch waren in diesem Abschnitt periodische Längshöhenfehler erkennbar. Dass genau in diesem Bereich die Tragfähigkeit des Untergrundes und des Unterbaus nicht mehr ausreichend war, und dass dieser Bereich somit eine Schwachstelle darstellte, geht aus einem Bericht zur Schlammstellensanierung vom März 2017 hervor.

4.3.2 Bericht vom 13.03.2017 zur Schlammstellensanierung

Im Rahmen der Unwetterereignisse Elvira (30.05.2016) und Friederike (09.06.2016) waren die Gleisanlagen im Bereich des Bf Duisburg-Wedau großflächig überschwemmt. Im SAP-Auftrag Nr. 119442515 ist die Situation wie folgt beschrieben:

„Durch den Starkregen und die überlaufenden Wassermassen im angrenzenden Sumpfgebiet ist die seitliche Entwässerung zugelaufen und daraufhin der Gleisbereich auf 500m überschwemmt worden.

Das Schotterbett ist zugesezt und verschlammt.

Auf 2 x 30m muss die gesamte Bettung erneuert und im gesamten Bereich durchgestopft werden.“

Spätestens nach diesen Ereignissen war bekannt, dass im Bereich der Strecke 2324 etwa von km 7,700 bis km 8,000 zwischen Duisburg-Wedau und Lintorf Stauwasser bzw. stehendes Wasser im seitlichen Bahngraben und Schlammstellen auftraten. Auch um festzustellen, ob das Fundament des Fahrleitungsmastes 7/23 hierdurch beschädigt werden kann, beauftragte die DB Netz AG das IBES Baugrundinstitut GmbH im Juni 2016 mit der Durchführung einer geotechnischen Untersuchung der Bettungs- und Untergrundverhältnisse in diesem Gleisabschnitt. Der Bericht vom 13.03.2017, der zu dieser Untersuchung verfasst wurde, kam im Wesentlichen zu folgenden Ergebnissen:

Weil die Landschaft um den Bf Duisburg-Wedau stark von Seen geprägt ist, hat dies u.a. zur Folge, dass der Abstand von der Schienenoberkante zum Grundwasserspiegel oft nur wenige Dezimeter beträgt.

Technische Entwässerungssysteme sind im zu untersuchenden Gleisabschnitt nicht vorhanden, wodurch mehrfach auftretende Wasseransammlungen im Oberbau und Untergrund

entstanden. Durch Schotterabrieb und Betriebsschmutz war das Schotterbett stark verschmutzt und verschlammte, so dass anfallendes Oberflächenwassers nicht mehr versickern konnte. Durch in der Folge entstehende Schlammstellen verschlechtert sich die Gleislage erheblich, was einen erhöhten Instandhaltungsaufwand nach sich zieht.

Aus geotechnischer Sicht muss anhand der Untersuchungsergebnisse in der Gesamtbeurteilung davon ausgegangen werden, dass Unterbau und Untergrund im untersuchten Streckenabschnitt nicht mehr ausreichend tragfähig sind.

Um wieder eine ausreichende Tragfähigkeit des Gleisabschnittes herzustellen, wird für eine nachhaltige Sanierung die Anwendung des Rüttelstopfverfahrens empfohlen. Dieses Verfahren muss von einer Fachfirma ausgeführt werden. Darüber hinaus erfolgte der Hinweis, als weitere Sanierungsmöglichkeit im Rahmen eines Vollaustausches, frostunempfindliche und wasserdurchlässige Kiese einzubauen.

Diese erforderlichen Sanierungsmaßnahmen waren bis zum Zeitpunkt der Entgleisung weder geplant noch umgesetzt. Es erfolgte lediglich eine Aufnahme in das Oberbauprogramm für das Jahr 2023.

4.3.3 Gleislagemessung mit dem Messsystem Krabbe am 14.02.2018

Am 14.02.2018, einen Tag nach dem Ereignis, wurde der Bereich der Entgleisungsstelle zunächst augenscheinlich untersucht (siehe Abb. 8).



Abb. 8: periodische Gleislagefehler mit Entgleisungsstelle (rote Pfeile)

Untersuchungsbericht

Zugentgleisung, 13.02.2018, Duisburg-Wedau

Hierbei wurden vor den ersten Entgleisungsspuren, die ab km 7,922 zu erkennen waren, kombiniert auftretende Gleislagefehler festgestellt. Um konkrete Messergebnisse über diese Gleislagefehler zu erhalten, erfolgte am gleichen Tag die Vermessung des Gleisabschnittes mit dem Oberbaumessgerät „Krabbe“.

Einzelfehler													
Name :		Entgleisung Str.2324											
Bemerkung :													
Toleranzen :		SR100				Datum, Zeit:				14/2/2018, 10:23,			
KM von bis:		7,700000 - 7,969500				Stellung :				Vorwärts			
Beschreibung Anwender :													
GB 1.part: noname [GB2 80 < V < 120 km/h]													
km	Querrichtung				Senkrechte Richtung							Ereignisse	
	Richtung		Spurweite		Gesamtsverwindung			Höhe					
	PH-li	PH-re	Spw	S/m	GH	1,80	6,00	12,00	LH-li	LH-re	CS		
Beurteilungsmaßstäbe 1			0 0										
Beurteilungsmaßstäbe 13	13		-5 27	4	11	6,3	19,3	33,6	13	13	60,0		
Beurteilungsmaßstäbe 17	17		-5 30	5	11	10,8	29,0	38,0	17	17	0,0		
7,839250												Mast 7/23	
7,853									1+14,8/2			51.3814533 6.8132224	
7,887									1+14,2/2			51.3810656 6.8133361	
7,893									2-16,2/2			51.3810656 6.8133361	
7,893										1-13,6/2		51.3810656 6.8133361	
7,898									0+13,4/2	0+13,3/2		51.3809798 6.8133501	
7,903750												Mast 7/25	
7,907									1+14,0/2	1+13,5/2		51.3809165 6.8133506	
7,912										2-16,4/2		51.3809165 6.8133506	
7,912									2-15,4/2			51.3809165 6.8133506	
7,915000												vw	
7,918										0+13,5/2		51.3808242 6.8133745	
7,918									0+13,3/2			51.3808242 6.8133745	
7,922750												1endgleisung	
7,924									0-13,3/2			51.3808242 6.8133745	
7,928750												schienenbefestigung	
7,929										1+15,2/2		51.3807306 6.8133835	
7,929									1+18,9/3			51.3807306 6.8133835	
7,954750												04 n24	
Evaluated by DB Netz AG, Germany (KRAB_82) (1)						180214102352.krx			Krab SN:173		Druckdatum:15.02.2018		

Abb. 9: Protokoll der Messung vom 14.02.2018

Quelle: DB Netz AG, bearbeitet durch BEU

Die Messergebnisse sind im Messprotokoll in der Abb. 9 dokumentiert und sie zeigen, dass vom km 7,853 bis zum km 7,929 beidseitig SR₁₀₀-Überschreitungen vorhanden waren. In der graphischen Darstellung (Abb. 10) ist gut erkennbar, dass es sich um rechts- und linksseitig nahezu phasengleiche Längshöhenfehler handelte, die sich mit Wellenlängen von etwa 6 bis 9 m periodisch wiederholen. Der Zug hatte insgesamt sieben SR₁₀₀-Überschreitungen auf der linken, und fünf SR₁₀₀-Überschreitungen auf der rechten Seite überfahren, bevor er etwa in km 7,922 entgleiste.

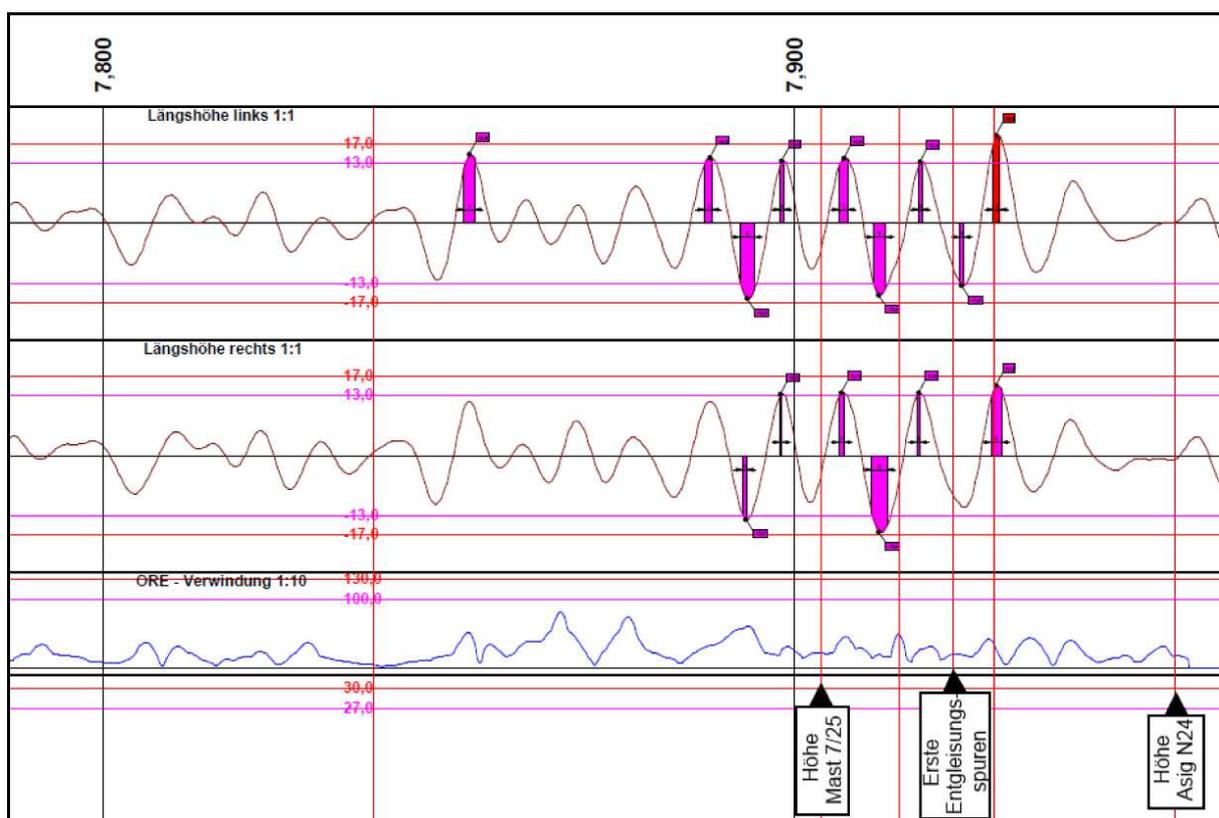


Abb. 10: Graphik der Messung vom 14.02.2018

Quelle: DB Netz AG, bearbeitet durch BEU

Anzumerken ist, dass das Messsystem Krabbe über ein geringes Eigengewicht verfügt und somit die Gleislage im unbelasteten Zustand widerspiegelt. Es ist deshalb davon auszugehen, dass sich die Gleislagefehler bei der Messung mit einem Gleismessfahrzeug unter Belastung noch ausprägen, und weitere SR_{100} - und SR_{lim} -Überschreitungen protokolliert werden.

Bemerkenswert ist, dass die mit dem Messsystem Krabbe am 14.02.2018 vom km 7,700 bis km 7,969 aufgezeichneten SR_{100} - und SR_{lim} -Überschreitungen bei der vorherigen Regelin-spektion am 20.04.2017 mit einem Gleismessfahrzeug der DB Netz AG nicht dokumentiert wurden. Auf dem entsprechenden Messschrieb sind im Bereich von km 7,9 bis km 8,0 zwar periodische Gleislagefehler sichtbar, die aber den Beurteilungsmaßstab SR_{100} nicht überschreiten. Offenbar hatte sich die Gleislage in diesem Gleisbereich innerhalb von 10 Monaten zwischen beiden Messungen wesentlich verschlechtert. Die Ursache für diese Entwicklung ist in der Verschlammung des Gleisschotters und der eingeschränkten Stabilität des Unterbaus durch den hohen Grundwasserstand sowie der fehlenden Entwässerung des Bahnkörpers zu sehen.

4.4 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik

Der Bf Duisburg-Wedau wird mit elektronischer Stellwerkstechnik als ESTW-UZ (elektronisches Stellwerk - Unterzentrale) Duisburg-Wedau von der Bezirkszentrale (BZ) Duisburg aus ferngesteuert. Hinweise, dass Mängel in der Stellwerks- bzw. Leit- und Sicherungstechnik Einfluss auf das Unfallereignis hatten, liegen nicht vor. Aus diesem Grund wurde auf eine weitergehende Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik verzichtet.

4.5 Untersuchung der betrieblichen Handlungen

Der Tf befuhr mit seinem Zug EZ 68115 gegen 19:14 Uhr das Gleis 24 des Bahnhofteils (Bft) Duisburg-Wedau in Richtung Lintorf. Bei der Ein- bzw. Durchfahrt durch den Bf hielt der Tf die gemäß dem VzG zulässige Geschwindigkeit von 100 km/h ein. Im Bereich der Entgleisungsstelle im km 7,922, die er gegen 19:15 Uhr passierte, verfügte der Zug über eine Geschwindigkeit von etwa 90 km/h. Hinweise in den aufgezeichneten EFR-Daten, dass der letzte Wagen des Zuges an dieser Stelle entgleiste, sind nicht vorhanden. Im weiteren Fahrtverlauf setzte der Zug die Fahrt mit dem entgleisten Wagen fort. Gegen 19:19 Uhr – kurz hinter dem BÜ „Am Diepebrock“ im km 11,85 – ist in den EFR-Daten neben einem Wechsel auf der Spur HL auch der Beginn eines rapiden Geschwindigkeitsabfalls registriert. Grund hierfür ist sehr wahrscheinlich die Trennung der HL zwischen dem letzten und vorletzten Wagen in Folge der auftretenden Kräfte bei dem Aufprall des entgleisten Güterwagens auf den BÜ. Nach Auswertung der Fahrdaten legte der Zug danach noch eine Strecke von ca. 290 m zurück, bevor er etwa in km 12,25 zum Stillstand kam. Hinweise, dass betriebliches Fehlverhalten des Tf Einfluss auf das Ereignis hatte, liegen nicht vor. Aus diesem Grund wurde auf weitergehende Untersuchungen seiner betrieblichen Handlungen verzichtet.

Der örtlich zuständige Fahrdienstleiter (ÖzF) ließ die Zugfahrt EZ 68115 mit Fahrtstellung des Esig B05 und Asig N 24 auf einer gesicherten Zugstraße durch Gleis 24 des Bf Duisburg-Wedau zu. Hinweise, dass betriebliches Fehlverhalten des ÖzF Einfluss auf das Ereignis hatte, liegen nicht vor. Aus diesem Grund wurde auf eine weitergehende Untersuchung seiner betrieblichen Handlungen verzichtet.

4.6 Untersuchung von Fahrzeugen

Der Güterzug EZ 68115 bestand aus zwei beladenen Güterwagen der Gattung Eaos-x, zwei unbeladenen Wagen der Gattung Habbii und einem unbeladenen Wagen der Gattung Hbbil-Ins. Der Zug wurde von einem Triebfahrzeug (Tfz) der Baureihe 155 gezogen. Insgesamt verfügte der Zug über eine Gesamtlänge von 111 m und einem Gesamtgewicht von 344 t.

Es waren 64 Mindestbremsleistung erforderlich. In der Bremsstellung G waren im Zug 81 Bremsleistung vorhanden.

Bei dem, an letzter Stelle laufenden, entgleisten Wagen 21 80 2459 686-6 handelt es sich um einen Güterwagen der Gattung Hbbilns. Das Fahrzeug war nicht beladen und besaß ein Eigengewicht von 16.360 kg. Der zweiachsigen Wagen hatte eine Länge über Puffer von 15,5 m und einen Radsatzabstand von 9,0 m.



Abb. 11: Entgleister Güterwagen der Gattung Hbbilns

Der Wagen war zuerst mit beiden Achsen nach links, und anschließend am BÜ „Am Diepbrock“ nach rechts entgleist. In diesem Zustand kam der Wagen schließlich zum Stillstand. Die Laufflächen der beiden Radsätze waren stark beschädigt. Großflächige Beton- und Steinmehlanhaftungen am Laufwerk und an der Fahrzeugunterseite zeugten von einer Fahrzeugbewegung im entgleisten Zustand über eine längere Wegstrecke. Auf der in Fahrtrichtung gesehen linken Seite waren die Tragfedern aus dem Radsatzlagergehäuse gesprungen. Alle vier Tragfedern schienen augenscheinlich in Ordnung zu sein und wiesen keine erkennbaren Brüche oder Verformungen auf. An den Laufwerken waren Radsatzhalter, Radsatzhaltersteg, Radsatzhaltergehäuse und Achsen u.a. durch Schotterflug und unkon-

trolliertes gegeneinanderschlagen verschiedener Bauteile, wie z.B. Radsatzhalter und Tragfeder, entgleisungsbedingt beschädigt. Das Feststellbremsrad auf der in Fahrtrichtung linken Seite war abgerissen und wurde auf dem durch die Entgleisung beschädigten Streckenabschnitt gefunden. Die Zugschlussscheiben (Zg2) waren nicht mehr aufgesteckt. Es wurden Zugschlussscheiben zwischen Duisburg-Wedau und Lintorf gefunden. Die Schraubenkupplung und der HL-Schlauch am Schluss des Zuges hingen nicht in der jeweiligen Aufhängevorrichtung.

Hinweise auf Vorschäden, die ursächlich Einfluss auf die Entgleisung hätten nehmen können, wurden nicht gefunden. Die bei der Fahrzeuguntersuchung festgestellten Beschädigungen wurden als Folgeschäden der Entgleisung eingestuft.

4.7 Interpretation der Unfallspuren

Erste Entgleisungsspuren im räumlichen Zusammenhang mit Gleislagefehlern in der Längshöhe im Bereich des km 7,922 belegen, dass der letzte Wagen des Zuges an dieser Stelle nach links entgleiste. Im weiteren Verlauf der Strecke waren erhebliche Beschädigungen am Oberbau sowie Schäden an Gleisschaltmitteln vorhanden, die durch den entgleisten Wagen verursacht worden waren. Hinter dem BÜ „Am Diepebrock“ waren Entgleisungsspuren auf der rechten Seite des Gleises erkennbar. Dies belegt, dass der zunächst nach links entgleiste Wagen beim Anprall an den BÜ-Straßenbelag nun überlief und nach rechts entgleiste. Dabei kam es dann auch zur Zwangsbremmung des Zuges.

5 Auswertung und Schlussfolgerungen

Die Ursache der Zugentgleisung am 13.02.2018 in Duisburg-Wedau ist zurückzuführen auf ausgeprägte, deutlich erkennbare, sich periodisch wiederholende Längshöhenfehler. Durch diese Gleislagefehler wurde der letzte Wagen in Eigenbewegungen versetzt, die das Fahrzeug letztendlich zur Entgleisung brachten.

Es waren weder fahrzeugtechnische oder sicherungstechnische Unzulänglichkeiten identifiziert worden, die den Unfall bewirkten oder begünstigten. Auch die betrieblichen Handlungen der an der Zugfahrt Beteiligten hatten keinen Einfluss auf die Entstehung des Unfalls.

Parallelfälle, bei denen relativ leichte und unbeladene Güterwagen mit Einzelachsen im Geschwindigkeitsbereich von 80 km/h bis 120 km/h in Abschnitten mit mehreren hintereinanderliegenden periodischen Gleislagefehlern in der Längshöhe entgleisten, sind von der BEU bzw. deren Vorgängerorganisation EUB mehrfach und abschließend untersucht worden. So z.B. wurden zur Ursachenermittlung einer Zugentgleisung in Lorch vom 09.06.2013 Simula-

tionsrechnungen durchgeführt. Weil die Voraussetzungen der Zugentgleisung in Lorch hinsichtlich der Gleislagefehler und der betroffenen Schienenfahrzeuge weitgehend identisch zu denen der Entgleisung in Duisburg-Wedau waren, sind die Ergebnisse der Simulation übertragbar. Ergebnis der Simulationsrechnungen war, dass phasengleiche, sich periodisch wiederholende Gleislagefehler in der Längshöhe, Fahrzeuge, die den betroffenen Bereich überfahren, individuell zu Schwingungen anregen. Bei Übereinstimmung der Anregungsfrequenz mit der Hubeigenfrequenz des Schienenfahrzeuges können die vertikalen Kräfte infolge der auftretenden Resonanz so groß werden, dass ein Rad derart stark entlastet wird, dass es abhebt und der Radsatz letztlich entgleist. Eine Sicherheitsempfehlung, die die EUB in ihren Untersuchungsbericht zur Zugentgleisung in Lorch aufnahm, setzte das EIU DB Netz AG am 29.04.2017 mit einer technischen Mitteilung (TM: 1-2017-10135 I.NPF 1) wie folgt um:

„...Werden innerhalb eines 50m langen Gleisabschnittes mindestens drei Einzelfehler mit SR_{100} -Überschreitungen der Längshöhe festgestellt und beträgt der Abstand zwischen dem ersten und dem letzten SR_{100} -Fehler mindestens 25 m, liegt eine SR_{lim} -Überschreitung vor. Dabei werden SR_{100} -Fehler der linken und rechten Schiene gezählt und aufaddiert. Infolge der SR_{lim} -Überschreitung ist die zulässige Fahrgeschwindigkeit im betroffenen Abschnitt unverzüglich auf 70 km/h zu reduzieren...“

Diese technische Mitteilung wäre im Falle der Zugentgleisung in Duisburg-Wedau jedoch wirkungslos geblieben. Grund hierfür ist, dass bei der letzten, vor der Entgleisung durchgeführten Regelinspektion nach Ril 821.2001 (Gleisgeometrieprüfung mit Gleismessfahrzeugen) im Bereich der späteren Entgleisungsstelle keine SR_{100} -Überschreitungen dokumentiert wurden. Damit war im Rahmen der Untersuchung schwerpunktmäßig zu klären, aus welchen Gründen sich die periodisch wiederholenden Gleislagefehler in der Längshöhe kurzfristig derart entwickelten, dass es zu der Entgleisung kommen konnte.

Verlängerung des Regelinspektionsabstandes

Für Streckenabschnitte, die mit einer Hg von 100 km/h befahren werden dürfen, ist nach Ril 821.2001 Abschnitt 3 ein Regelinspektionsabstand für die Prüfung der Gleisgeometrie mit Gleismessfahrzeugen von 12 Monaten, in Ausnahmefällen von 16 Monaten, vorgesehen. Im Abschnitt von Duisburg-Wedau von km 5,5 bis km 11,9 ist eine Hg von 100 km/h ausgewiesen, so dass die Entscheidung, den Regelinspektionsabstand in diesem Bereich von 6 auf 12 Monate zu verlängern, formell zunächst nicht zu beanstanden ist. Sie ist allerdings fachlich unbegründet, weil im unmittelbar angrenzenden Streckenabschnitt alle 6 Monate ein

Gleismessfahrzeug zur Verfügung gestanden hätte. Darüber hinaus ist diese Entscheidung vor dem Hintergrund der bekannten mangelhaften Gleislage im Bereich Duisburg-Wedau nicht nachvollziehbar. Die in diesem Bereich gehäuft auftretenden SR_{100} und SR_{lim} -Überschreitungen stellten eine Ansammlung von Schwachstellen dar, deren Ursache insbesondere im Gleisabschnitt vor der Entgleisungsstelle vom km 7,700 bis km 8,000 im problematischen Unterbau des Gleises zu finden ist.

Permanente Gleislagefehler und Defizite bei der Instandsetzung

Bei der Gesamtbetrachtung der vorgelegten Messprotokolle des Streckenabschnittes etwa von km 5,2 bis km 9,7 ist auffallend, dass hier permanent eine erhebliche Zahl von Gleislagefehlern bei der Verwindung (ORE-Vw) sowie der Längshöhe (LH) dokumentiert wurden, die sich zum Teil über mehrere Inspektionsintervalle hinwegzogen.

Dies deutet zum einen auf eine wenig konsequente Instandsetzung der Mängel hin. Zum anderen ist diese Mängelhäufung ein Hinweis auf den allgemein schlechten Zustand der Gleisanlagen, deren Unterbau und ihrer Entwässerung. Diese Schwachstellen, die sich nicht nur in der allgemein schlechten Gleislage, sondern auch im Bericht zur geotechnischen Untersuchung vom 13.03.2017 widerspiegeln, mussten den Verantwortlichen bekannt und bewusst sein. Diese bekannten Schwachstellen des Oberbaus hätten für eine ausreichende Überwachung der Gleislage zusätzliche Inspektionen erforderlich gemacht. Warum sich der Anlagenverantwortliche dazu entschied, den halbjährlichen Inspektionstakt wieder auf jährlich hochzusetzen, ist unklar. Schon die halbjährliche Inspektion wies erhebliche Gleislagemängel auf, die unter Berücksichtigung des geologischen Gutachtens zum Unterbau eher eine weitere Verkürzung der Inspektionsfrist begründet hätte.

Durch die Heraufsetzung der Inspektionsfrist konnten im Bereich der Entgleisungsstelle periodische Längshöhenfehler entstehen, die letztlich die Entgleisung verursachten. Weiterhin ist anzumerken, dass auch bei der Instandsetzung des Gleises erhebliche Defizite vorgefunden wurden. Betrachtet man die Überschreitungsprotokolle der drei letzten Gleislagemessungen, so ist erkennbar, dass im Gleisabschnitt von km 5,1 – km 9,6 mit bis zu 20 SR_{100} bzw. SR_{lim} -Überschreitungen jeweils eine hohe Anzahl von Längshöhenfehlern dokumentiert wurde. An der Veränderung der Zahlen kann abgeleitet werden, dass Instandsetzungen durchgeführt wurden. Allerdings fehlen hierzu die konkreten Nachweise. Die relativ konstant hohe Anzahl der Überschreitungen über einen längeren Zeitraum zeigt, dass die Mängel nicht konsequent bzw. nicht nachhaltig instandgesetzt wurden.

Warum die periodischen Längshöhenfehler, die am 13.02.2018 zur Entgleisung führten, auch bei der Gleisbefahrung gemäß Ril 821.2004 am 30.01.2018 durch den Alv nicht festgestellt wurden, ist fachlich nicht begründbar. Es erscheint äußerst unwahrscheinlich, dass sich die Gleislage im Zeitraum von 15 Tagen so rapide verschlechtern konnte. Hier stellt sich grundsätzlich die Frage, auf welche Weise die Gleisbefahrung durchgeführt wurde.

Notwendigkeit von Sonderinspektionen

Die rapide Verschlechterung der Gleislage innerhalb von 10 Monaten zeigt auf, dass bei derartigen Schwachstellen am Oberbau Sonderinspektionen erforderlich sind. Durch die Verkürzung der Inspektionsabstände können negative Tendenzen bei der Entwicklung von Gleislagefehlern oder deren Entstehung zeitnah festgestellt werden, um unverzüglich Instandsetzungsmaßnahmen einleiten zu können. Die permanent schlechte Gleislage und die Hochwasserereignisse waren bereits Hinweise auf die Notwendigkeit von Sonderinspektionen. Spätestens aber nach Bekanntwerden des geotechnischen Berichtes, der u.a. auch auf die starke Frostempfindlichkeit des Gleisabschnittes hinweist, hätten zusätzliche Inspektionen veranlasst werden müssen. Aus welchem Grund genau das Gegenteil geschah, die Inspektionsabstände also verlängert wurden, ist fachlich nicht begründbar. So konnten sich in etwa 10 Monaten mehrere, hintereinanderliegende, periodische Längshöhenfehler mit einer Wellenlänge von ca. 6 – 9 m ausbilden, die ursächlich für die Entgleisung des Zuges waren.

6 Bisher getroffene Maßnahmen

Der Infrastrukturbetreiber leitete die folgend aufgeführten Maßnahmen ein.

Nach der Entgleisung wurde eine verbesserte Entwässerung im Entgleisungsbereich hergestellt, der Seitengraben reprofiliert sowie maschinelle Stopfarbeiten durchgeführt, was sich bisher positiv auf die Gleislage ausgewirkt hat.

Um die Untergrundverhältnisse des Gleises 24 im Bf Duisburg-Wedau verbessern zu können, wurde der betroffene Gleisabschnitt in das Oberbauprogramm 2023 aufgenommen.

Es wird geprüft, ob ein Gleisumbau vorgezogen werden kann.

Bis zu einem Gleisumbau sollen die Inspektionsintervalle auf vier Wochen verkürzt werden. Bei starken und langanhaltenden Regenereignissen soll eine tägliche Inspektion erfolgen.