

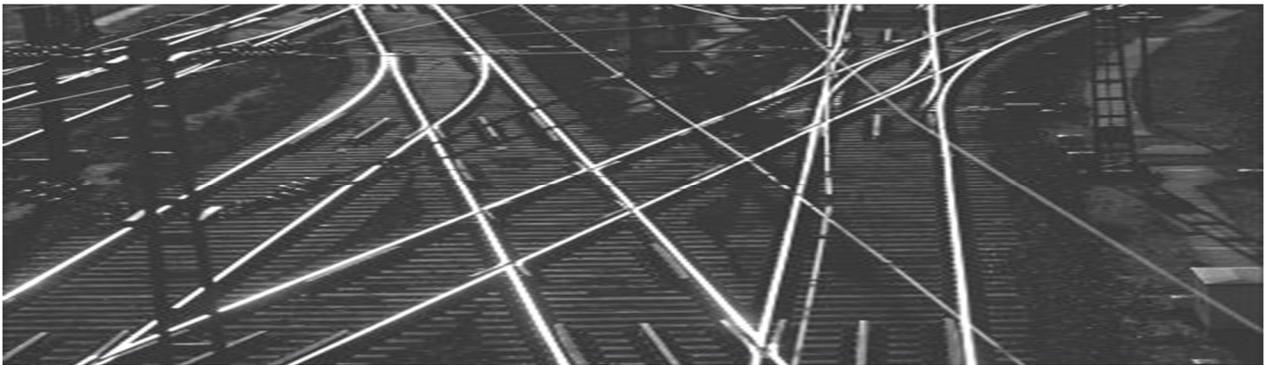


Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: BEU-uu2019-11/002-3323

Stand: 23.06.2022 Version: 1.0

Erstveröffentlichung: 27.06.2022



Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb

Ereignisart:	Zugentgleisung
Datum:	22.11.2019
Zeit:	16:10 Uhr
Betriebsstelle:	Bf München Hbf
Gleis:	5
Weiche:	W 101

Veröffentlicht durch:

Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung

Heinemannstraße 6

53175 Bonn

Inhaltsverzeichnis

I.	Änderungsverzeichnis:.....	I
II.	Abkürzungsverzeichnis:	II
1	Vorbemerkungen.....	1
1.1	Organisatorischer Hinweis	1
1.2	Ziel der Eisenbahnunfalluntersuchung.....	1
2	Untersuchung	2
2.1	Kurzbeschreibung des Ereignisses.....	2
2.2	Folgen	3
2.3	Untersuchungsergebnisse	3
2.3.1	Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur	3
2.3.2	Untersuchung von Fahrzeugen	4
2.3.3	Antriebskräfte und Beschleunigung Tfz	6
2.3.4	Bewertung und Schlussfolgerung.....	6
3	Bisher getroffene Maßnahmen.....	9

I. Änderungsverzeichnis:

Änderung	Stand

II. Abkürzungsverzeichnis:

BEU	Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung
Bf	Bahnhof
EU	Europäische Union
EUV	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
Ril	Richtlinie
Tfz	Triebfahrzeug
TRI	Train Rental International GbR
W	Weiche
WU	Wagentechnische Untersuchung

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 (EU) 2016/798 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Eisenbahnsicherheit in der Gemeinschaft (Eisenbahnsicherheitsrichtlinie) wurden die Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) verpflichtet, unabhängige Untersuchungsstellen für die Untersuchung bestimmter gefährlicher Ereignisse einzurichten.

Diese Richtlinie wurde mit dem Gesetz zur Neuordnung der Eisenbahnunfalluntersuchung vom 27. Juni 2017 und der Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung vom 05.07.2007, die durch Artikel 1 der Verordnung vom 26.11.2019 geändert worden ist, umgesetzt. Die BEU ist eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr.

Gemäß § 6 Abs. 2 des Bundeseisenbahnverkehrsverwaltungsgesetzes wurde der Sitz und Aufbau der BEU im „Organisationserlass zur Errichtung der Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur festgelegt und die BEU zum 14.07.2017 errichtet.

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.

Alle während der Untersuchung gewonnenen maßgeblichen Erkenntnisse wurden zur möglichen Verbesserung der Eisenbahnsicherheit mit den beteiligten Eisenbahnen und der Sicherheitsbehörde geteilt. Im Folgenden sind diese in der für den Einzelfall angemessenen Form gem. der Artikel 20 Abs. 3 und 24 Abs. 1 RL (EU) 2016/798 zusammengestellt. Sicherheitsempfehlungen wurden nicht ausgesprochen.

2 Untersuchung

Das Kapitel enthält eine Kurzbeschreibung des Ereignisses und informiert über die eingetretenen Folgen und Untersuchungsergebnisse.

2.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses

Am 22.11.2019 gegen 16:10 Uhr entgleiste der Personenzug DPE 79497 auf der Fahrt von München Hbf nach Kufstein bei der Fahrt aus dem Bahnhof (Bf) München Hbf auf der Weiche (W) 101 mit dem nachlaufenden Drehgestell des vorletzten Wagens und den beiden Drehgestellen des letzten Wagens in Fahrtrichtung nach rechts. Der Ereignisort wird aus der folgenden Abbildung ersichtlich.

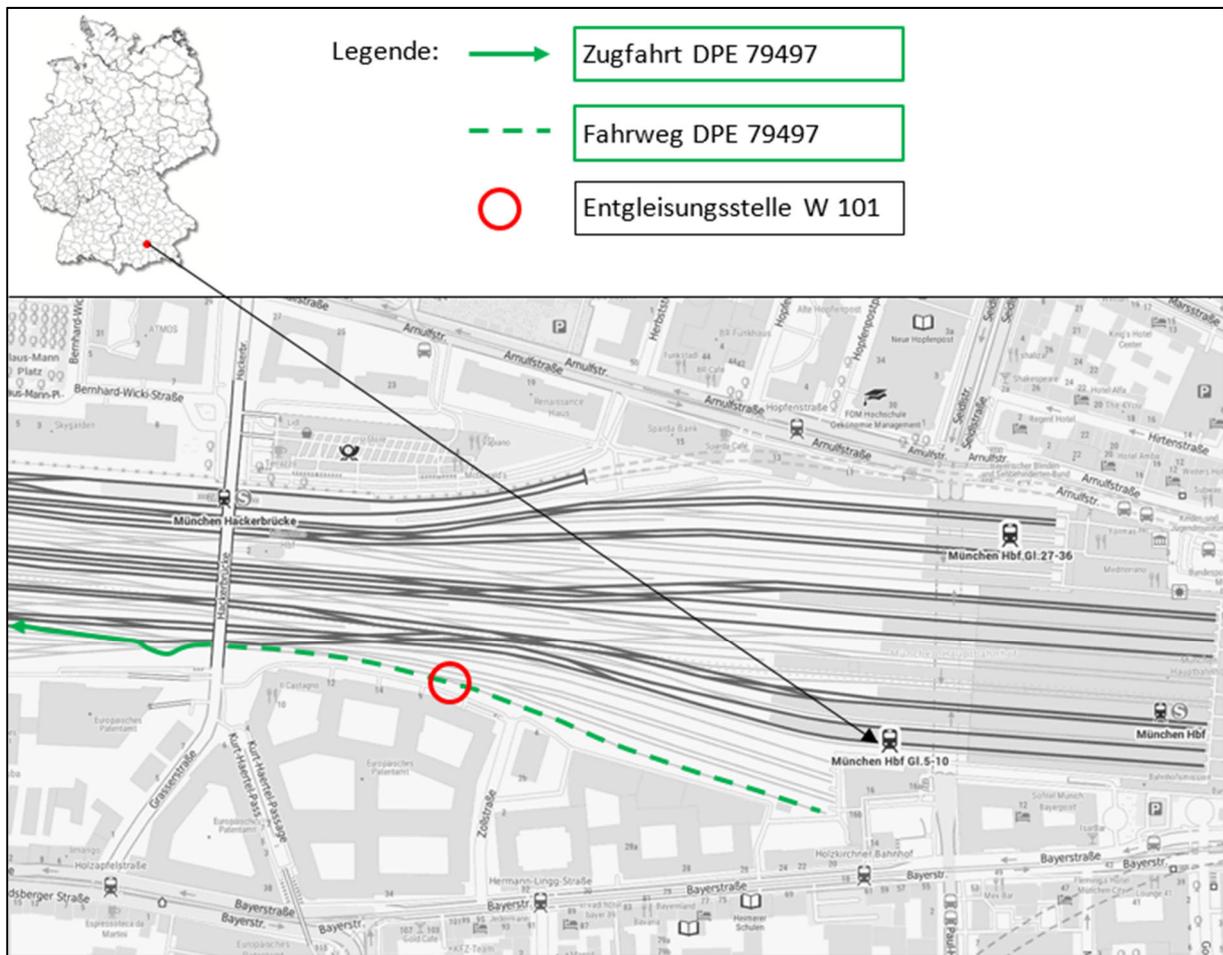


Abbildung 1: Lageplan¹

Die Zugfahrt wurde durch das Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) UEF Eisenbahnverkehrsgesellschaft mbH im Auftrag der TRI Train Rental GmbH (TRI) durchgeführt. TRI erbrachte die

¹ Quelle: Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG [2022], bearbeitet durch BEU

Verkehrsleistung im Rahmen eines Subunternehmerverhältnisses für die Bayerische Oberlandbahn GmbH, die im Auftrag der Bayerischen Eisenbahngesellschaft unter dem Markennamen „Meridian“ Verkehrsleistungen u. a. auf der Relation München Hbf – Kufstein durchführte.

2.2 Folgen

Bei der Entgleisung wurde eine Person leicht verletzt. An der Infrastruktur entstand erheblicher Sachschaden in Höhe von ca. 2,5 Millionen Euro. Die beiden letzten Wagen wiesen starke Beschädigungen auf. Am Triebfahrzeug entstanden leichte Schäden im Bereich der Puffer.

2.3 Untersuchungsergebnisse

Die ersten Entgleisungsspuren waren in der stumpf befahrenen W 101 erkennbar. Auf der Schienenfahrfläche der äußeren Zwischenschiene (Bogenaußenseite) des Zweiggleises der W 101 war eine Spur der Spurkranzkuppe eines Rades erkennbar. Auf der Schienenfahrfläche lief ein aufgeklettertes Rad bedingt durch einwirkende Querkräfte von der Schieneninnenseite quer über den Schienenkopf zur Schienenaußenseite und verließ den Schienenkopf im Bereich des Wanderschutzes der anliegenden Zunge.

2.3.1 Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur

Bedingt durch den Neubau der Bahnsteige 5 bis 9 im Jahre 2018 wurde die Führung des Gleises 5 und die Lage der W 101 an die neue Gegebenheit angepasst. Bei der Neuplanung des Gleises 5 und der W 101 wurde die Fahrdynamik/Linienführung geprüft und freigegeben. Die Planung entsprach der Richtlinie (Ril) 800 „Netzinfrastruktur Technik entwerfen“ und im Speziellen der Ril 800.0110 „Linienführung“ sowie der DIN EN 13803 „Bahnanwendungen – Oberbau – Trassierungsparameter – Spurweiten 1.435 mm und größer“. Die Ril der DB Netz AG und die DIN EN-Norm erfüllen die Forderungen der technischen Spezifikationen für die Interoperabilität des Teilsystems „Infrastruktur“ des Bahnsystems der Europäischen Union.

Die DIN EN 13803 definiert die Untergrenze für die Länge eines geraden Zwischengleises zwischen zwei Kreisbögen entgegengesetzter Richtung. Bei Gleisbögenradien von $r=190$ m fordert die Norm für Gleise, die von Reisezugwagen befahren werden, eine Mindestlänge des geraden Zwischengleises von 6,00 m.

Als Referenzfahrzeug wird in der Norm der Reisezugwagen EUROFIMA verwendet. Die betroffenen Wagen entsprachen mit ihrer Länge von 26.400 mm und einem Drehzapfenabstand von 19.000 mm dem Referenzfahrzeug.

Die Gleisverbindung zwischen Gleis 5 und der W 101 wurde durch einen linken Kreisbogen mit einem Radius von $r=300$ m mit einer 9,77 m langen Zwischengeraden zu dem rechten Weichenbogen des Zweiggleises der W 101 mit einem Radius von $r=190$ m trassiert. Diese geplante Ausführung entsprach somit den geltenden Regelwerken. Eine Überhöhung der Gleise war an dieser Stelle nicht vorgesehen. Nach der Vermessung des Gleises 5 und der W 101 am 23.11.2019 mit dem Messkleinwagen „Krabbe“ war keine Überhöhung sowie keine unzulässige Spurweite messbar.

Die W 101 der Bauform EW 54-190-1:7.5 r B wurde im Jahr 2018 eingebaut. Der Oberbau der W 101 wurde nach der Entgleisung durch den Anlagenverantwortlichen Fahrbahn der DB Netz AG am 22.11.2019 und 26.11.2019 geprüft. Ein Schienenschaden oder Schienenbruch wurde nicht festgestellt. Es lagen keine Höhen- sowie Seitenabnutzungen der Schiene vor. Eine quantitative Angabe des Reibungskoeffizienten der Schienenkopfflanke war nicht möglich.

Die tatsächliche Trassierung vor Ort wurde nach erfolgter Instandsetzung der Infrastruktur vermessen. Dabei wurde festgestellt, dass eine 6,92 m lange Zwischengerade zwischen linken und rechten Gleisbogen vorhanden war.

2.3.2 Untersuchung von Fahrzeugen

Der Personenzug DPE 79497 war aus dem führenden Steuerwagen der Bauart Bnrzdf 483.1 mit der Fahrzeugnummer 50 80 80-35 190-3 sowie sechs weiteren Personenwagen unterschiedlicher Gattungen des Wagenhalters TRI gebildet. Die von der Zugentgleisung betroffenen Fahrzeuge waren ein Wagen der Gattung Bnrz 450.3 mit der Fahrzeugnummer 50 80 22-35 819-8, der an sechster Stelle im Wagenzug lief, sowie ein Wagen der Gattung Bduu 497.2 mit der Fahrzeugnummer 50 80 84-33 282-6 als siebtes Fahrzeug des Wagenzuges. Das arbeitende elektrische Triebfahrzeug (Tfz) Siemens EuroSprinter ES 64 U2 mit der Fahrzeugnummer 91 80 6182 526-4 lief am Schluss des Zuges. Für die Zugfahrt DPE 79497 lag ein gültiger Fahrplan vor. Die Fahrzeuge durften die Infrastruktur ohne Einschränkungen befahren.

Bei der letzten Instandhaltungsstufe IS 520 am 21.04.2019 wurden an den Wagen Nr. 6 und Nr. 7 die Radprofile mit einem digitalen Spurkranzmessgerät vermessen. Hierbei lagen alle Messwerte innerhalb der zulässigen Toleranz. Die Spurkranzschmierung im führenden Steuerwagen des Zuges war eingeschaltet. Hinweise auf eine Fehlfunktion lagen nicht vor.

Am 18.01.2020 wurden an den entgleisten Wagen Nr. 6 und Nr. 7 die Drehgestelle untersucht, hierbei wurde festgestellt, dass die Drehzapfen und Drehpfannen sowie die seitlichen Gleitstücke geschmiert und unbeschädigt waren. Es waren keine Mängel erkennbar, die die Drehbewegung zwischen den Fahrzeugkästen und den Drehgestellen hätten beeinträchtigen können.

Nach der Zugentgleisung wurden die Puffer des Wagens Nr. 6 und Nr. 7 auf ihre Dämpfungskraft, Dämpfcharakteristik und den allgemeinen Zustand geprüft. Die Prüfung ergab, dass die Werte des Wagens Nr. 6 alle innerhalb der zulässigen Toleranz lagen.

Beim Puffer „1L“ (Fahrtrichtung vorne links) des Wagens Nr. 7 lag die benötigte Kraft zum Eindrücken des Puffers oberhalb des zulässigen Kraftbereiches. Die Prüfung des Puffers „4R“ in Fahrtrichtung hinten rechts ergab eine zu geringe Vorspannkraft. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Anordnung der geprüften Puffer im Zugverband.

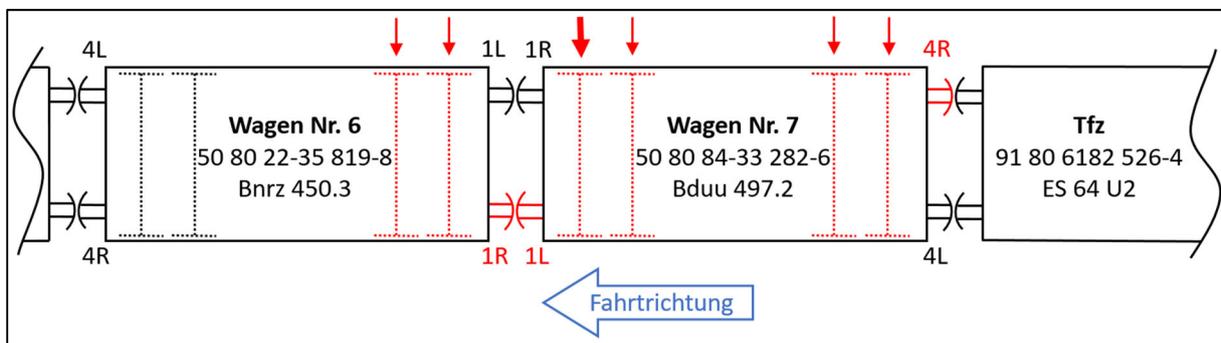


Abbildung 2: Anordnung der Puffer der Wagen Nr. 6 und Nr. 7

Noch am Ereignisort wurde festgestellt, dass beim Puffer „1R“ des Wagens Nr. 6 sowie beim Puffer „1L“ des Wagens Nr. 7 die Puffertellermitten nicht geschmiert waren. Es hatten sich hier bereits stark ausgeprägte, tiefe horizontale Riefen gebildet, die auf große Reibungskräfte hinwiesen, die auf die Pufferteller eingewirkt hatten. Die folgende Abbildung zeigt die beiden Pufferteller des Puffers „1R“ des Wagens Nr. 6 sowie des Puffers „1L“ des Wagens Nr. 7.



Abbildung 3: Pufferteller Puffer „1R“ Wagen Nr. 6 (links) und Puffer „1L“ Wagen Nr. 7 (rechts)

Entsprechend dem Wagenhalterhandbuch der TRI waren Instandhaltungen der Stufen IS 510 oder IS 520 bei Reisezugwagen nach einer Laufleistung von 54.000 km oder spätestens nach 270 Tagen durchzuführen. Beide Instandhaltungsstufen beinhalteten das Schmieren der Pufferteller sowie der Pufferhülsen und -stößel. Die letzte Instandhaltung, bei der eine Schmierung der Puffer erfolgte, wurde an den Wagen Nr. 6 und Nr. 7 am 23.04.2019 ausgeführt. Die durchgeführten Instandhaltungen befanden sich innerhalb des Regelintervalls.

Nach Angabe des Wagenhalters TRI wurde zur Schmierung der Puffer der umweltgerechte Haftschmierstoff CEPLATTYN ECO 300 verwendet.

Die letzte wagentechnische Untersuchung (WU) der Fahrzeuge wurde am 19.11.2019 um 10:30 Uhr durch einen Wagenmeister der DB Regio AG im Bf München Hbf in der Vorstellgruppe Nord im Gleis 509 durchgeführt. Die WU erfolgte unter anderem entsprechend der Ril 900.8300 A01 Nr. 9 „Sichtprüfung der Stoßeinrichtung durchführen“. Hiernach musste die Prüfungen der Stoßeinrichtung im Rahmen der WU nur im einsehbaren Bereich durchgeführt werden. Der Wagenmeister stellte an den Puffern, Radsätzen und Drehgestellen keine Mängel fest und bescheinigt die Fahrzeuge betriebsfähig.

2.3.3 Antriebskräfte und Beschleunigung Tfz

Der Auswertung der elektronischen Fahrtenregistrierung des Zuges DPE 79497 konnte entnommen werden, dass der Triebfahrzeugführer den Zug bis zur Entgleisungsstelle auf eine Geschwindigkeit von etwa 28 km/h beschleunigte. Anzeichen einer unzulässig hohen Kräfteinwirkung des Tfz auf den Zug waren nicht vorhanden.

2.3.4 Bewertung und Schlussfolgerung

Die ersten Entgleisungsspuren waren in der W 101 erkennbar. Auf der Schienenfahrfläche der äußeren Zwischenschiene (Bogenaußenseite) des Zweiggleises der W 101 war eine Laufspur

von der Spurkranzkuppe eines Rades erkennbar. Die gelbe Markierung auf dem Schienenkopf in der nachfolgenden Abbildung kennzeichnet den Bereich, in dem das Rad des Eisenbahnfahrzeuges an der Schienenkopfflanke aufgeklattert war. Auf der Schienenfahrfläche lief das aufgeklatterte Rad bedingt durch einwirkende Querkräfte von der Schieneninnenseite quer über den Schienenkopf zur Schienenaußenseite und verließ den Schienenkopf im Bereich des Wanderschutzes der anliegenden Zunge.

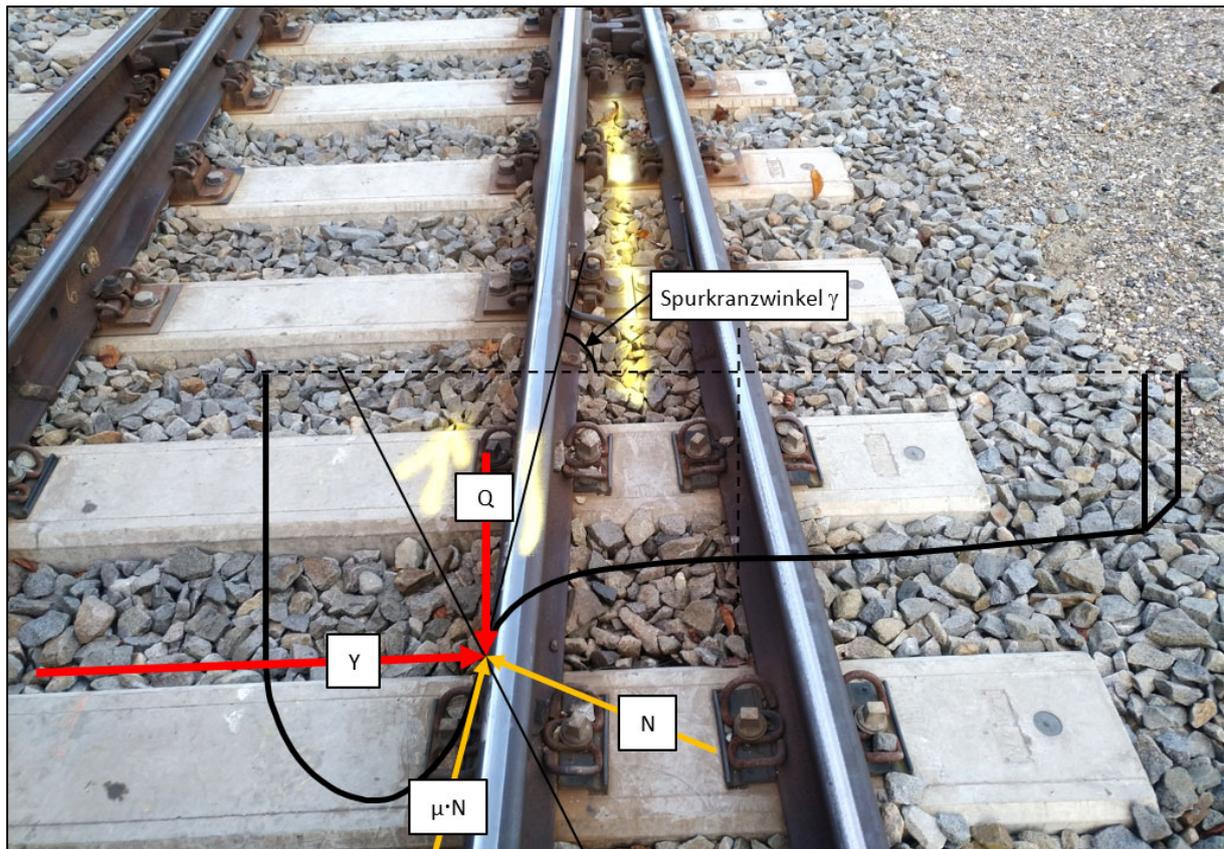


Abbildung 4: Erste Entgleisungsspuren mit Systemskizze der Rad-Schiene-Kontaktgeometrie

Das Rad eines Eisenbahnfahrzeuges klettert auf, wenn im Gleisbogen die am Kontaktpunkt zwischen Spurkranz bzw. Hohlkehle und Schienenkopfflanke wirkende und aus Reibung und Normalkraft (N) entstandene Kraftkomponente ($\mu \cdot N$), als abhebende Kraft größer ist, als die vertikal nach unten wirkende Kraftkomponente (Q). Einflussfaktoren auf die abhebende Kraft ($\mu \cdot N$) sind, neben der Horizontal- (Y) und Vertikalkraft (Q), der Spurkranzwinkel (γ) der Kontaktfläche zwischen Rad und Schiene sowie der Reibfaktor (μ).

Die tatsächliche Ausführung der Zwischengerade zwischen dem linken und dem rechten Gleisbogen war mit 6,92 m kürzer als im Trassierungsplan angegeben, entsprach aber nach wie vor den Mindestvorgaben der Ril 820.0110 sowie der DIN EN 13803. Die Gleisgeometrie ist somit nicht als entgleisungsursächlich anzusehen.

Die angewandten Trassierungsparameter mit gegenläufigen Gleisbogenradien in Kombination mit kurzen Zwischengeraden führten zu hohen Kräfteinwirkungen innerhalb kurzer Zeit- / Wegintervalle. Durch das Befahren des Gleisbogens im Zweiggleis der W 101 kam es zusätzlich zu einer entgleisungsbegünstigenden Verschiebung des Berührungspunktes zwischen Spurkranzflanke und Schienenkopfflanke.

Im Rahmen einer Versuchsfahrt wurde der Fahrtverlauf im Bereich der Entgleisungsstelle mit baugleichen Fahrzeugen durch die am Ereignis Beteiligten nachgestellt. Dabei wurden Videoaufzeichnungen im Bereich zweier miteinander gekuppelten Wagen bei der Ausfahrt aus dem Gleis 5 des Bf München Hbf nach Instandsetzung der Infrastruktur angefertigt.

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen im linken Bereich jeweils eine Seitenansicht auf die in Fahrtrichtung linken Puffer, der rechte Bereich eine Draufsicht auf die in Fahrtrichtung rechten Puffer. Die folgende Abbildung zeigt die Fahrzeugposition, in der sich die Pufferteller an der Stelle der ersten Entgleisungsspuren befindet.



Abbildung 5: Ansicht der Wagenenden während der Versuchsfahrt – Position 1²

In der nachfolgenden Abbildung befinden sich die Fahrzeuge an der Stelle, an der es zum Aufklettern des führenden Radsatzes des nachlaufenden Wagens kam.



Abbildung 6: Ansicht der Wagenenden während der Versuchsfahrt – Position 2²

² Quelle: TRI, Videoaufnahme Versuchsfahrt München Hbf Gleis 5 vom 04.12.2020, bearbeitet durch BEU

Die Auswertung der Videoaufzeichnungen der Versuchsfahrt zeigte, dass es aufgrund der Wagen- und Gleisgeometrie zu einer Bewegung des vorderen Teils des nachlaufenden Wagens hin zur Bogenaußenseite kam. In dem Moment, als die Radsätze der Gleisgeometrie folgten, änderte sich die Bewegung wieder in die Gegenrichtung.

Die Betrachtung der einzelnen Faktoren auf die Kräfteverhältnisse im Kontaktbereich zwischen Rad und Schiene ergab, dass sich mehrere Einflussgrößen im Grenzbereich befanden. Die unzureichende Schmierung der Pufferteller und Pufferhülsen, insbesondere an dem sich in Fahrtrichtung links befindlichen Pufferpaar zwischen den Wagen Nr. 6 und Nr. 7, führte im Betrieb der ständig miteinander gekuppelten Fahrzeuge zu einer erhöhten Reibung der Kontaktflächen sowie zur Riefenbildung im Bereich der Pufferteller. Die Riefenbildung führte zusätzlich zur Erhöhung der Reibung zwischen den Kontaktflächen.

Beim Befahren des Bogens im Zweiggleis der W 101 wirkten die Druckkräfte des Tfz auf der in Fahrtrichtung linken Pufferverbindung zwischen den Wagen Nr. 6 und Nr. 7. Da ein kontinuierliches Gleiten der Pufferteller verhindert wurde, setzte die Querbewegung impulsartig ein, nachdem die ansteigende Querkraft (Y) die entgegenwirkende Kraft in der Pufferverbindung überwunden hatte.

Die genannten Faktoren hatten in Kombination zur Folge, dass die abhebende Kraft ($\mu \cdot N$) größer wurde als die vertikal nach unten wirkende Kraftkomponente (Q). Dies führte im vorliegenden Fall zum Aufklettern des Spurkranzes an der Bogenaußenseite und zur Entgleisung des führenden Radsatzes des Wagens Nr. 7. Im weiteren Fahrtverlauf resultierte hieraus die Entgleisung des nachlaufenden Drehgestells des Wagens Nr. 6 sowie aller Achsen des Wagens Nr. 7.

3 Bisher getroffene Maßnahmen

Der Wagenhalter TRI setzte in Folge des Ereignisses einen anderen Haftschmierstoff zur Schmierung der Puffer ein. Die Zeitintervalle zur Schmierung der Puffer wurden auf 14 Tage herabgesetzt. Zusätzlich gab TRI eine Weisung heraus, das Gleis 5 im Bf München Hbf nicht mehr mit den betroffenen Fahrzeugen zu befahren.