

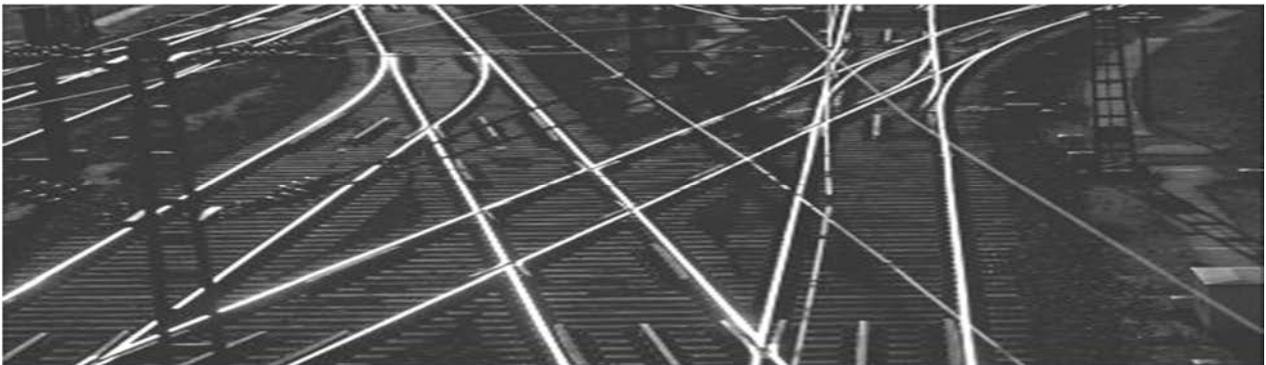


Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: BEU-uu2020-04/007-3323

Stand: 07.03.2025 Version 1.0

Erstveröffentlichung: 10.03.2025



Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb

Ereignisart:	Zugentgleisung
Datum:	15.04.2020
Zeit:	21:03 Uhr
Betriebsstelle:	Bahnhof Berlin-Lichtenberg (S-Bahn)
Gleis:	692
Weiche:	61W350 c/d

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.....	1
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.....	6
3.3	Äußere Bedingungen	7
3.4	Todesopfer, Verletzte und Sachschäden.....	7
4	Untersuchungsprotokoll	9
4.1	Zusammenfassung von Aussagen und Stellungnahmen.....	9
4.2	Notfallmanagement	9
4.3	Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur	11
4.3.1	Feststellungen zur Fahrbahn an der Unfallstelle	13
4.3.2	Feststellungen zum Unterhaltungszustand der DKW 61W350.....	13
4.4	Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik	16

4.4.1	Weichenantrieb Switchguard ELS 710	18
4.4.2	Überwachungsstörungen und Auffahrmeldungen für die DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn)	19
4.4.3	Untersuchung des Weichenantriebs an der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn)	20
4.5	Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers.....	25
4.6	Untersuchung der betrieblichen Abläufe der EVU.....	30
4.7	Untersuchung von Fahrzeugen	32
4.8	Mehrkörpersimulation der Interaktion Fahrzeug – Fahrbahn – Weichenantrieb	33
5	Auswertung	38
5.1	Ereignisrekonstruktion	38
5.2	Bewertung und Schlussfolgerung.....	38
5.2.1	Einflüsse aus der Fahrbahn	39
5.2.2	Einflüsse aus der Leit- und Sicherungstechnik	40
5.2.3	Einflüsse aus den betrieblichen Handlungen des EIU	41
6	Bisher getroffene Maßnahmen	43
7	Sicherheitsempfehlungen	43

I. Änderungsverzeichnis:

Änderung	Stand

II. Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Lageplan	5
Abbildung 2: Gleislageskizze	6
Abbildung 3: Entgleister Zug und Schäden an der Infrastruktur	8
Abbildung 4: Luftaufnahme von der Unfallstelle	8
Abbildung 5: Auszug Lageplan DKW 61W350 im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn)	11
Abbildung 6: DKW 61W350 im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn)in Fahrtrichtung des Zuges	11
Abbildung 7: Geöffneter Weichenantrieb Switchguard ELS 710 nach dem Unfall.....	17
Abbildung 8: Schematische Schnittdarstellung des Weichenantriebs	19
Abbildung 9 Auszug aus DIN EN 50125-3 Effektivwerte für Beschleunigungen	20
Abbildung 10: Wirkrichtungen der einwirkenden Beschleunigungen gemäß DIN EN 50125-3	21
Abbildung 11: Werte für Stöße in vertikaler Richtung gemäß DIN EN 50125-3	21
Abbildung 12: Versuchsanordnung in Bf Diedersdorf.....	23
Abbildung 13: Grafische und tabellarische Darstellung des Fahrtverlaufs des Zuges S 7562630	
Abbildung 14:Fahrzeugkonfiguration BR 481/482 (Viertelzug)	32
Abbildung 15: Vertikale Bewegungen an der Weichenzunge im Strang d	34
Abbildung 16: Kräfte an der Stellstange	35
Abbildung 17: Kräfte an Prüferstangen und -schiebern	36

III. Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Übersicht der äußeren Bedingungen	7
Tabelle 2: Übersicht der Personenschäden	7
Tabelle 3: Übersicht der geschätzten Schadenshöhe	8
Tabelle 4: Meldekette im Rahmen des Notfallmanagements	10

Tabelle 5: ESTW-Meldungen der DKW 61W350CD 27

Tabelle 6: Auffahrmeldungen mit Zeitraum seit der letzten Umstellung..... 29

Tabelle 7: Technische Daten des Triebwagens 32

IV. Abkürzungsverzeichnis:

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
ASB	Arbeits- und Störungsbuch
AWU	Aufgefahrene Weiche umstellen
Bebu	Betriebsstellenbuch
BEU	Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung
BEVVG	Bundeseisenbahnverkehrsverwaltungsgesetz
Bf	Bahnhof
Bft	Bahnhofsteil
BR	Baureihe
DB	Deutsche Bahn
DKW	Doppelte Kreuzungsweiche
DIN EN	Deutsches Institut für Normung Europäische Norm
EFR	Elektronische Fahrtenregistrierung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ESTW	Elektronisches Stellwerk
EU	Europäische Union
EUV	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
ELS	External Locking System
EVZS	Für die Entstörungsveranlassung zuständige Stelle
Fdl	Fahrdienstleiter
Ril	Richtlinie
SMS	Sicherheitsmanagementsystem
UZ	Unterzentrale (ESTW)
VzG	Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten
ZBS	Zugbeeinflussungssystem für die S-Bahn Berlin

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 (BEVVG) 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.

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 15.04.2020 gegen 21:03 Uhr entgleiste der Zug S 75626 auf der Fahrt von Berlin-Wartenberg nach Berlin Ostbahnhof im Bahnhof (Bf) Berlin-Lichtenberg bei der Ausfahrt aus Gleis 692 auf Fahrtstellung des Ausfahrsignals 1178 in der doppelten Kreuzungsweiche (DKW) 61W350 c/d, mit allen vier Radsätzen des letzten Wagens.

2.2 Folgen

Es wurden keine Personen getötet oder verletzt. An den Fahrzeugen und an der Infrastruktur entstanden Sachschäden in geschätzter Höhe von ca. 636.000 Euro.

2.3 Ursachen

Infolge von Fahrbahnmängeln in der DKW 61W350 c/d kam es zum unbeabsichtigten Eintrag von Kräften in den Weichenantrieb. Im Zusammenwirken mit zu einer gegenüber dem Regelwerk deutlich überschrittenen Zungenrestspannungskraft führten diese zu einer schrittweisen Auflösung der inneren Verriegelung des Weichenantriebs. Die Entstehung und Konsolidierung der Fahrbahnmängel wurden begünstigt durch den Rückbau des Fernbahngleises und die einhergehende Abbindung eines Strangs der DKW 61W350 und durch die Befahrung der DKW fast ausschließlich in der Relation c nach a (s. Abbildung 6) durch beschleunigende und im Wesentlichen gleich konfigurierte S-Bahn-Fahrzeuge.

2.4 Sicherheitsempfehlungen

Es wurden keine Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

3 Allgemeine Angaben

Das Kapitel beinhaltet allgemeine Angaben zur Beschreibung des Ereignisortes und der relevanten Bahnanlagen. Des Weiteren werden die an der Unfalluntersuchung beteiligten und mitwirkenden Stellen, die äußeren Bedingungen, die Anzahl der ggf. bei dem Ereignis verletzten und getöteten Personen sowie Art und Höhe der Folgeschäden benannt.

3.1 Lage und Beschreibung des Ereignisortes

Die Zugentgleisung ereignete sich auf der zweigleisigen S-Bahn-Strecke Berlin Ostbahnhof (S-Bahn), W 41 – Strausberg (S-Bahn), die im Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten (VzG) unter der Streckennummer 6006 geführt wurde. Die Entgleisungsstelle befand sich im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn). Die benachbarten Betriebsstellen des Bf Berlin-Lichtenberg waren der Bahnhofsteil (Bft) Berlin Nöldnerplatz und der Haltepunkt Berlin-Friedrichsfelde Ost. Im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) wurden die durchgehenden Hauptgleise der VzG-Strecke 6006 mit den Gleisnummern 691 und 692 bezeichnet. An der Entgleisungsstelle betrug die maximal zulässige Geschwindigkeit laut VzG 80 km/h. Der relevante Streckenabschnitt war für einen Bremsweg von 400 m ausgelegt. Der Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) war mit dem Zugfunksystem Global System for Mobile Communications Rail ausgestattet. Die Energieversorgung für die S-Bahn-Züge erfolgte über das Stromschienensystem der S-Bahn Berlin GmbH. Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht über den Ereignisort.



Abbildung 1: Lageplan¹

Im Bf Berlin-Lichtenberg wurden weitere Gleisanlagen der S-Bahn Berlin GmbH sowie Gleise für Fernbahnzüge betrieben, welche gemäß dem VzG den Streckennummern 6072 (Berlin-Lichtenberg – Ahrensfelde), 6078 (Berlin Wriezener Bahnhof – Küstrin-Kietz) und 6139 (Berlin Ostkreuz – Berlin-Lichtenberg) zugeordnet waren. Diese Gleisanlagen hatten keine Relevanz für das Ereignis und wurden daher im Rahmen der Untersuchung nicht näher betrachtet.

Der Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) war laut „Betriebsstellenbuch für den Steuerbereich der UZ Strausberg (BSTV)“ (Bebu) dem gleichnamigen Steuerbereich zugeordnet, der sich von km 4,050 bis km 7,448 (Streckengleis 1) bzw. km 7,392 (Streckengleis 2) erstreckte. Die betrieblichen Handlungen erfolgten durch den zuständigen Fahrdienstleiter (Fdl) von einem Bedienplatz in der Betriebszentrale der S-Bahn Berlin GmbH in Berlin Halensee. Der Steuerbereich war mit dem Zugbeeinflussungssystem für die S-Bahn Berlin (ZBS) ausgerüstet. Alle Strecken- und Bahnhofsgleise wurden auf der Bereichsübersicht und den Lupen dargestellt. Die Freimeldung der Gleise und Weichen erfolgte mittels Achszählkreisen.

Die im Zusammenhang mit der Zugfahrt S 75626 relevanten örtlichen Verhältnisse im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) sind in der folgenden Gleislageskizze dargestellt.

¹ Quelle: Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG [2024], bearbeitet durch BEU

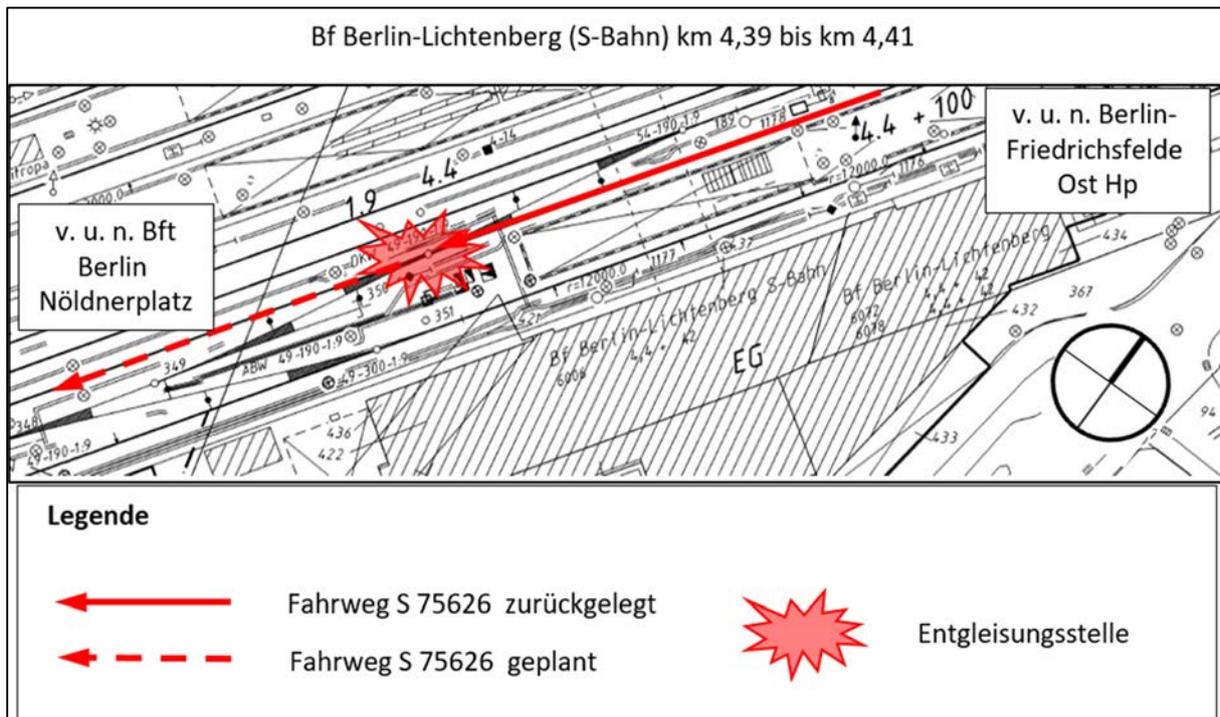


Abbildung 2: Gleislageskizze²

3.2 Beteiligte und Mitwirkende

Am Ereignis waren folgende Stellen beteiligt:

- Deutsche Bahn (DB) Netz AG als Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU), seit 01.01.2024 „DB InfraGO AG“
- S-Bahn Berlin GmbH als Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)

Für das EIU lag eine Sicherheitsgenehmigung des Eisenbahn-Bundesamts gemäß § 7c AEG, ausgestellt am 13.09.2016, mit Gültigkeit bis zum 19.10.2021 vor.

Das EVU verfügte nicht über eine gültige Sicherheitsbescheinigung. Da die S-Bahn Berlin GmbH nicht das übergeordnete Netz befährt, ist das EVU von der Verpflichtung, im Besitz einer Sicherheitsbescheinigung zu sein, gemäß AEG § 7a 1. (2) ausgenommen.

Im Rahmen der Sachverhaltsermittlung und Ursachenerforschung wurden neben den o. g. Beteiligten folgende weitere Stellen einbezogen:

- Bundespolizeiinspektion Berlin Ostbahnhof
- DB Systemtechnik GmbH (Gutachten über die Zungenvorrichtung)

² Quelle DB Netz AG IVL-Plan, bearbeitet durch BEU

- simtes KG – Simulation technischer Systeme (Mehrkörpersimulation Interaktion Fahrzeug – Fahrbahn – Weichenantrieb)
- Siemens Mobility GmbH (Hersteller des Weichenantriebs)

3.3 Äußere Bedingungen

Zum Zeitpunkt des Ereignisses herrschten folgende Bedingungen:

Lichtverhältnisse	Dunkelheit
Sicht	klar
Bedeckung	wolkenlos
Temperaturen	5°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	-	-	-

Tabelle 2: Übersicht der Personenschäden

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

	geschätzte Kosten in Euro
Fahrzeuge	300.000
Infrastruktur	336.000
Dritte	-
Gesamtschadenshöhe	636.000

Tabelle 3: Übersicht der geschätzten Schadenshöhe



Abbildung 3: Entgleister Zug und Schäden an der Infrastruktur³



Abbildung 4: Luftaufnahme von der Unfallstelle⁴

³ Quelle: Bundespolizei

⁴ Quelle: Bundespolizei, bearbeitet durch BEU

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 BEU vorliegende Aussagen oder Stellungnahmen am Ereignis beteiligter Personen sind in die Ermittlungen mit eingeflossen. Auf einen gesonderten Abdruck wird an dieser Stelle verzichtet.

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. Nach § 4 Abs. 3 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 Ril 423 näher beschrieben und geregelt.

Die Entgleisung ereignete sich unmittelbar nach der Ausfahrt im Bf Berlin-Lichtenberg (S Bahn). Nach Erkennen des Ereignisses durch den Triebfahrzeugführer wurde umgehend der zuständige Fdl informiert, der das Gleis 692 unverzüglich sperrte. Die Notfallleitstelle leitete die vorgesehenen Maßnahmen ein. Der Notfallmanager war unmittelbar nach dem Ereignis an der Unfallstelle. Personen mussten nicht gerettet werden. Im Rahmen der Untersuchung des entgleisten Zuges wurde durch die BEU in Absprache mit der Bundespolizei vorerst der gesamte Zugverband sowie die DKW 61W350 c/d in amtliche Verwahrung genommen.

Die Zeiten der Verständigung der zuständigen Stellen durch die Notfallleitstelle und den Netzkoordinator sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Verständigung durch Notfalleitstelle	
Netzkoordinator	21:05 Uhr
Notfallmanager	21:05Uhr
Rettungsleitstelle	---
Bundespolizei	21:10 Uhr
Feuerwehr	21:21 Uhr
Verständigung durch Netzkoordinator	
Netzleitzentrale	21:10 Uhr
Betriebszentrale	21:10 Uhr
EVU	21:30 Uhr
BEU-Bereitschaft	21:17 Uhr
Eisenbahnbetriebsleiter (EBL)	21:10 Uhr

Tabelle 4: Meldekette im Rahmen des Notfallmanagements

Feststellungen zum Notfallmanagement

Lfd. Nr. 2
Unregelmäßigkeiten oder Verzögerungen in Bezug auf das Einleiten von Rettungsmaßnahmen sowie der vorgegebenen Meldekette wurden der BEU im Rahmen der Unfalluntersuchung nicht bekannt.

4.3 Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur

Die Entgleisung ereignete sich in der DKW 61W350 der Bauform DKW 49-190-1:9 (H) mit innen liegenden Zungen. Sie war im Rahmen der Maßnahmen zum Umbau des Bf Berlin Ostkreuz im Jahre 2003 anstelle einer einfachen Weiche eingebaut worden. Über den Strang d stellte sie eine Verbindung von den S-Bahngleisen zu den Fernbahngleisen im Bf Berlin-Lichtenberg her. Wie in der folgenden Lageskizze ersichtlich, wurde nach Abschluss der Arbeiten im Bf Berlin Ostkreuz die Fernbahnanbindung wieder gekappt.

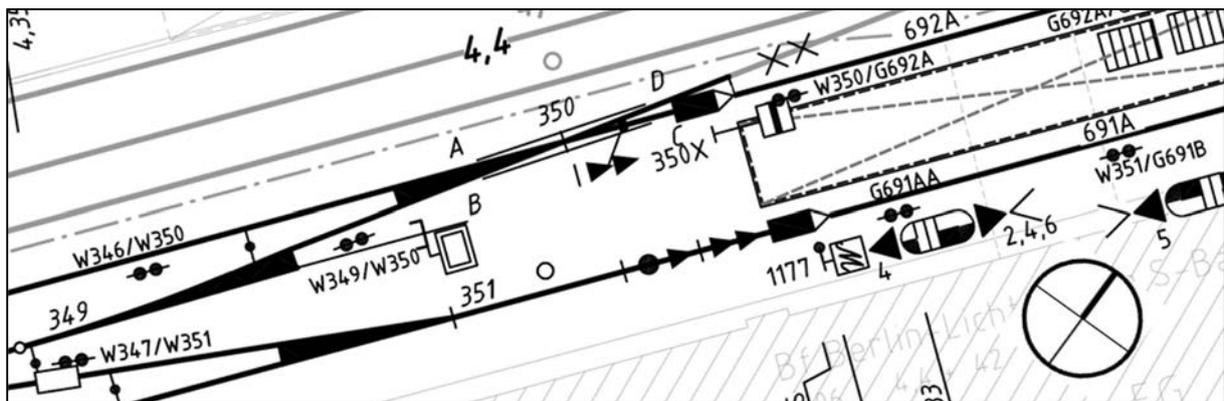


Abbildung 5: Auszug Lageplan DKW 61W350 im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn)⁵

Die folgende Abbildung gibt die Situation in der Örtlichkeit wieder.

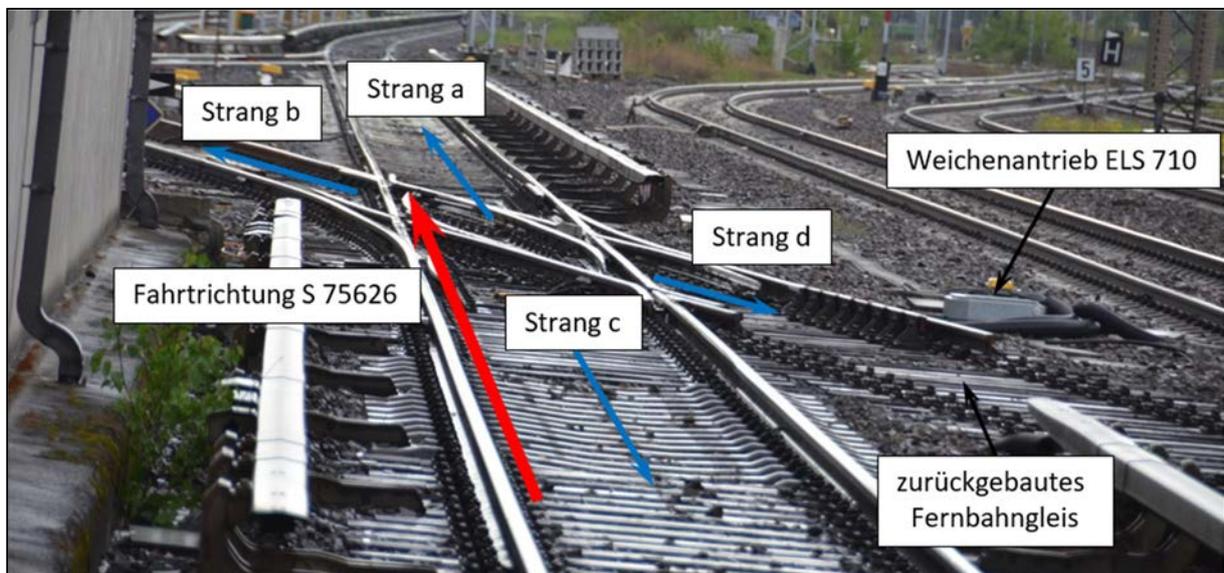


Abbildung 6: DKW 61W350 im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) in Fahrtrichtung des Zuges⁶

⁵ Quelle: Sicherungstechnischer Lageplan ESTW-UZ Strausberg

⁶ Quelle Bundespolizei, bearbeitet durch BEU

Der Verständlichkeit halber werden doppelt vorhandene Bauteile im Folgenden zusätzlich mit den Angaben rechts und links bezeichnet. Die Formulierung bezieht sich immer auf die Fahrtrichtung aus Strang c nach Strang a, welche in der Abbildung 6 dargestellt ist.

Am 23. Januar 2019 war eine Schraubenlochanierung mit Hilfe des Traversenverfahrens der schweizerischen Firma Rhomberg Sersa AG, Gleisbau- und Schienenschweißunternehmung durchgeführt worden. Diese betraf bei der DKW 61W350 im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) den Bereich der linken und rechten Schienen bis zum Doppelherzstück im meistbefahrenen Strang c. Das Verfahren war als Regelverfahren bei der DB AG eingeführt. Gemäß dem Bautagebuch wurde bei den Arbeiten der für die Verarbeitung der Vergussmasse zulässige Bereich der Schientemperatur von 0 °C bis 25 °C laut den Hinweisen zur Einführung als Regelverfahren nicht eingehalten. Die Verarbeitung erfolgte laut Bautagebuch bei einer Lufttemperatur von -4 °C und einer Schientemperatur von -5 °C. Wegen der von den Mitarbeitern der Firma Rhomberg Sersa AG vorgebrachten Bedenken bezüglich der Temperaturen erfolgte die Ausführung der Sanierungsarbeiten aufgrund einer mündlichen Zustimmung durch die DB Netz AG.

Die Umbaumaßnahmen im Bf Berlin Ostkreuz wurden im Herbst 2019 abgeschlossen. Im Oktober 2019 wurde deshalb das Gleis für die Anbindung zur Fernbahn im Rahmen der Betriebs- und Bauanweisung Nr. S 10 1090 19 zurückgebaut und dessen Verbindung zum ehemaligen Strang d der DKW 61W350 gekappt. Die Fahrrelationen aus den Strängen a und b in Richtung des ehemaligen Stranges d wurden durch fest eingebaute mechanische Verschlusseinrichtungen an den Weichenzungen unterbunden. Die DKW 61W350 im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) wurde mit allen festen und beweglichen Teilen in der Fahrbahn belassen und mit der Funktionalität einer einfachen Weiche weiter betrieben. Die bahnsteigseitige rechte Zunge im Strang d verblieb in der Fahrbahn, obwohl sie für die Nutzung als einfache Weiche keinerlei Relevanz besaß. Dieses massenschwere Teil war mit nur geringen Einschränkungen frei beweglich und über die Prüferstangen direkt mit dem Prüferschieber am Weichenantrieb verbunden. Über die Kuppelstange und die abliegende Zunge des Weichenstrangs c wurde eine indirekte Verbindung zum Stellschieber des Weichenantriebs hergestellt. Die DKW wurde seit dem Umbau fast ausschließlich in der Relation von Strang c nach Strang a befahren.

Täglich verkehrten über die DKW über 200 S-Bahn-Züge der Baureihe (BR) 481/482. Diese als Viertel-, Halb- oder Ganzzug konfigurierten Einheiten überfuhren die DKW fast alle, wie auch

der Zug S 75626, in der Relation von c nach a. Die Fahrzeuge befanden sich beim Befahren sämtlich in der Beschleunigungsphase nach dem Betriebshalt im Bf. Betriebsveranlasste Umstellvorgänge der DKW 61W350 c/d von der Rechts- in die Linkslage und umgekehrt erfolgten daher im laufenden Betrieb nur sehr selten.

4.3.1 Feststellungen zur Fahrbahn an der Unfallstelle

Die DKW 61W350 c/d befand sich bei Eintreffen der BEU nicht in Endlage. An der linken Weichenzunge des Strangs c waren Anschlag- und Schleifspuren vorhanden. Die linke Backenschiene wies Schleifspuren auf. Kleineisen waren beschädigt. Am Radlenker auf der des rechten Doppelherzstücks war eine deutliche Verformung, wahrscheinlich vom Anschlag eines Radsatzes, zu erkennen. Einige Schwellen wiesen Überfahrspuren auf. Die genannten Beschädigungen an der DKW 61W350 wurden als Folgen der Entgleisung identifiziert und als Ereignisursache ausgeschlossen. Die Weiche 61W349 im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) einschließlich der Stromschiene wurde infolge des Ereignisses vollständig zerstört.

4.3.2 Feststellungen zum Unterhaltungszustand der DKW 61W350

Am einfachen Herzstück zwischen Strang c und d zeigten sich deutliche Abnutzungserscheinungen. Auf der Backenschiene war der Fahrspiegel gegenüber dem Randbereich um bis zu zwei Millimeter abgesenkt und wies einen Grat auf. Der Fahrspiegel der linken äußeren Weichenzunge war im Bereich des Doppelherzstücks wellenförmig. Am linken Doppelherzstück fehlten Platten und Zwischenlagen. Daraus ergab sich eine Hohlage in einer Größenordnung von mindestens drei bis vier Millimetern. Die Stützknaggen waren abgenutzt und hatten Grate an den Enden. Im Zustand der Endlage bestand ein Abstand von bis zu fünf Millimetern zwischen den Enden der Stützknaggen und dem Schienensteg. Außerdem wurde im Bereich des linken Doppelherzstücks an der Schweißverbindung der Zunge ein Rollkontaktermüdungsschaden festgestellt, der im Nachhinein als Fehler der Kategorie F1 bewertet wurde. Zum Ende des Monats Mai 2020 wurde deshalb ein Austausch der gesamten Zungenvorrichtung von der DB Netz AG als notwendig erachtet. Die ausgebaute Zungenvorrichtung wurde im Auftrag der BEU bei der Inspektionsstelle der DB Systemtechnik GmbH werkstofftechnisch untersucht. Die Untersuchung ergab jedoch keine unfallursächlichen Auffälligkeiten. Gemäß dem Bericht der Inspektionsstelle waren die nachgewiesenen Rollkontaktermüdungsschäden nicht als unfallursächlich zu bewerten und es

war noch ein ausreichender Abnutzungsvorrat vorhanden. Eine Verformung oder Verbiegung der Weichenzunge wurde im Rahmen der Untersuchung ebenfalls nicht festgestellt.

Anlässlich einer Nachuntersuchung durch die BEU am 07.07.2020 an der Unfallstelle wurde festgestellt, dass sich an der linken Zunge, des Strangs c, der neuen Zungenvorrichtung derselbe wellenförmige Fahrspiegel wiedereingestellt hatte wie im Altzustand und am linken Doppelherzstück immer noch Zwischenlagen und Platten fehlten und eine Hohllage von mehr als drei Millimetern vorhanden war. An den mit dem Traversenverfahren der Firma Rhomberg Sersa AG sanierten Holzschwellen war die Vergussmasse teilweise gerissen und die Rippenplatten hatten sich in das Schwellenmaterial eingegraben bzw. horizontal verschoben. Bei einzelnen Schwellenschrauben waren die Federringe augenscheinlich nicht mehr gespannt. Die kraftschlüssige Verspannung zwischen Schienen und Schwellen war also nicht mehr durchgehend vorhanden. Bei allen Zugfahrten waren am bahnsteigseitigen Weichenanfang deutliche Vertikalbewegungen des Gleisrostes und auf Höhe des Doppelherzstücks ebenso deutliche vertikale Relativbewegungen zwischen Schienen und Schwellen zu erkennen. Zudem wurden starke Bewegungen an der Spitze der abliegenden Weichenzunge des Strangs d wahrgenommen.

Der BEU lag der Messschrieb einer Messfahrt mit dem Miss-Gleismesstriebzug vom 20.05.2019 vor. Dieser zeigte für den Bereich der DKW 61W350 im Bf Berlin-Lichtenberg Lageabweichungen bei der Längshöhe und der Richtung, die jedoch den Bereich der Eingriffsschwellen gemäß der Ril 821.2001 – Prüfung der Gleisgeometrie mit Gleismessfahrzeugen – nicht erreichten. Des Weiteren lag der Messschrieb von einer Messfahrt am 08.11.2018 vor, die erhebliche Richtungsabweichungen auswies, die im Bereich der SR100-Werte gemäß Ril 821.2001 lagen. Auf Nachfrage teilte die DB Netz AG mit, dass diese Messfahrt über die Relation von Strang c nach Strang b geführt hätte und daraus die gemessenen Lageabweichungen resultieren würden. Die Prüfung des vorliegenden Weichenprüfprotokolls vom 20.02.2020 ergab keine Unregelmäßigkeiten. Nach dem Ereignis wurde eine unbelastete Messung mit dem System „Krabbe“ durchgeführt, bei der periodische Richtungsabweichungen einer Größenordnung unterhalb der Eingriffsschwellen nach der Ril 821.2001 gemessen wurden, die bereits vor der DKW 61W350 c/d begannen und sich in die DKW hinein fortsetzten. Die Periodenlänge entsprach dabei annähernd den Drehzapfenabständen der Fahrzeuge der BR 481/482. Auch die Gleislageabweichungen der

Längshöhe und der gegenseitigen Höhenlage erreichten nicht den Bereich der Eingriffsschwellen gemäß Ril 821.2001.

Feststellung zur Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur

Lfd. Nr.3

Die DKW 61W350 im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) wurde als einfache Weiche genutzt. Die rechte Weichenzunge des Strangs d, ein masseschweres Teil, war ohne relevante Funktion und mit nur geringen Einschränkungen frei beweglich.

Zugfahrten fanden fast ausschließlich in der Relation c-a mit Fahrzeugen der BR 481/482 statt.

Das Herzstück zwischen Strang c und d der DKW war abgenutzt.

Die Befestigungselemente an den mit dem Traversenverfahren der Firma Rhomberg Sersa AG sanierten Holzschwellen wiesen teilweise Verschleißerscheinungen auf. Die Schwellenlochanierung mit dem Traversenverfahren der Firma Rhomberg Sersa AG erfolgte unter Abweichung von den eingeführten Regeln für die Anwendung des Verfahrens.

Die kraftschlüssige Verspannung der Schienen mit den Schwellen war teilweise nicht mehr gegeben.

Am linken Doppelherzstück fehlten Platten und Zwischenlagen. Dadurch war eine Hohllage zwischen Schwelle und Schiene von mindestens drei Millimetern vorhanden.

Die linke Weichenzunge im Strang c der DKW wies auf Höhe des linken Doppelherzstücks einen ungleichmäßigen wellenförmigen Fahrspiegel auf.

Bei jeder beobachteten Zugfahrt kam es zu starken Bewegungen der abliegenden Zungenspitze im Strang d der DKW.

Die Gleismessfahrten und die Messung mit dem System „Krabbe“ nach dem Ereignis zeigten keine nach Ril 821.2001 unzulässig großen Gleislageabweichungen, jedoch periodische Richtungsfehler auf.

4.4 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik

Das ESTW BSTV war und ist ein elektronisches Stellwerk der Bauform EI-S mit Mausbedienung der Firma Siemens Mobility GmbH, Bedienplatzsystem 901, der Bauform SIMIS C. Der Steuerbereich BSTV ist in die Steuerzentrale 4 integriert. Für den Steuerbereich BSTV waren zwei Bedienplätze für Fdl im Gebäude der Betriebszentrale S-Bahn Berlin GmbH vorhanden. Der zuständige Fdl für den Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) hatte den Bedienplatz BSTV 1.

Die DKW 61W350 war ursprünglich mit zwei Antrieben der Bauform Switchguard S 700 K der Firma Siemens Mobility GmbH ausgerüstet gewesen, die in Kilometrierungsrichtung bahnlinks neben den Strängen a und d auf Höhe der Zungenspitzen angebracht worden waren. Die Lagereisen des Weichenantriebs waren an den Schwellen befestigt. Im Rahmen der Maßnahmen der Betriebs- und Bauanweisung Nr. S 10 1090 19 wurden die beiden Antriebe zurückgebaut. Der Antrieb in Höhe der Weichenzungen des ehemaligen Stranges a war durch den Wegfall der Fahrrelationen über den Strang d nach dem Umbau der DKW obsolet geworden. Der bahnsteigseitige Weichenantrieb wurde durch einen Antrieb der Bauform Switchguard External Locking System (ELS) 710 der Firma Siemens Mobility GmbH ersetzt. Das über Kuppelstangen verbundene Zungenpaar c/d der DKW 61W350 wurde durch die Stellwerkslogik mit Hilfe des Antriebs über Stellschieber und Prüferschieber gestellt und überwacht. Die Inbetriebnahme der umgebauten DKW erfolgte am 07.11.2019. Aus den Protokollen zur Inbetriebnahme der DKW nach den Umbauarbeiten ging hervor, dass Abweichungen zum Regelwerk festgestellt worden waren. Insbesondere wurden an den Zungen Zungenrestspannungskräfte von 1.770 N bzw. 1.730 N gemessen, was gegenüber dem zulässigen Wert von 1.400 N gemäß Ril 892.03 eine Abweichung von mehr als 25 % bedeutete. Bei der Untersuchung nach der Entgleisung wurde die DKW 61W350 c/d in Mittellage vorgefunden. Die Spitzenverschlüsse waren gelöst. Die Stellstange und Prüferstangen waren unbeschädigt. Die folgende Abbildung zeigt den nach der Zugentgleisung geöffneten Weichenantrieb.

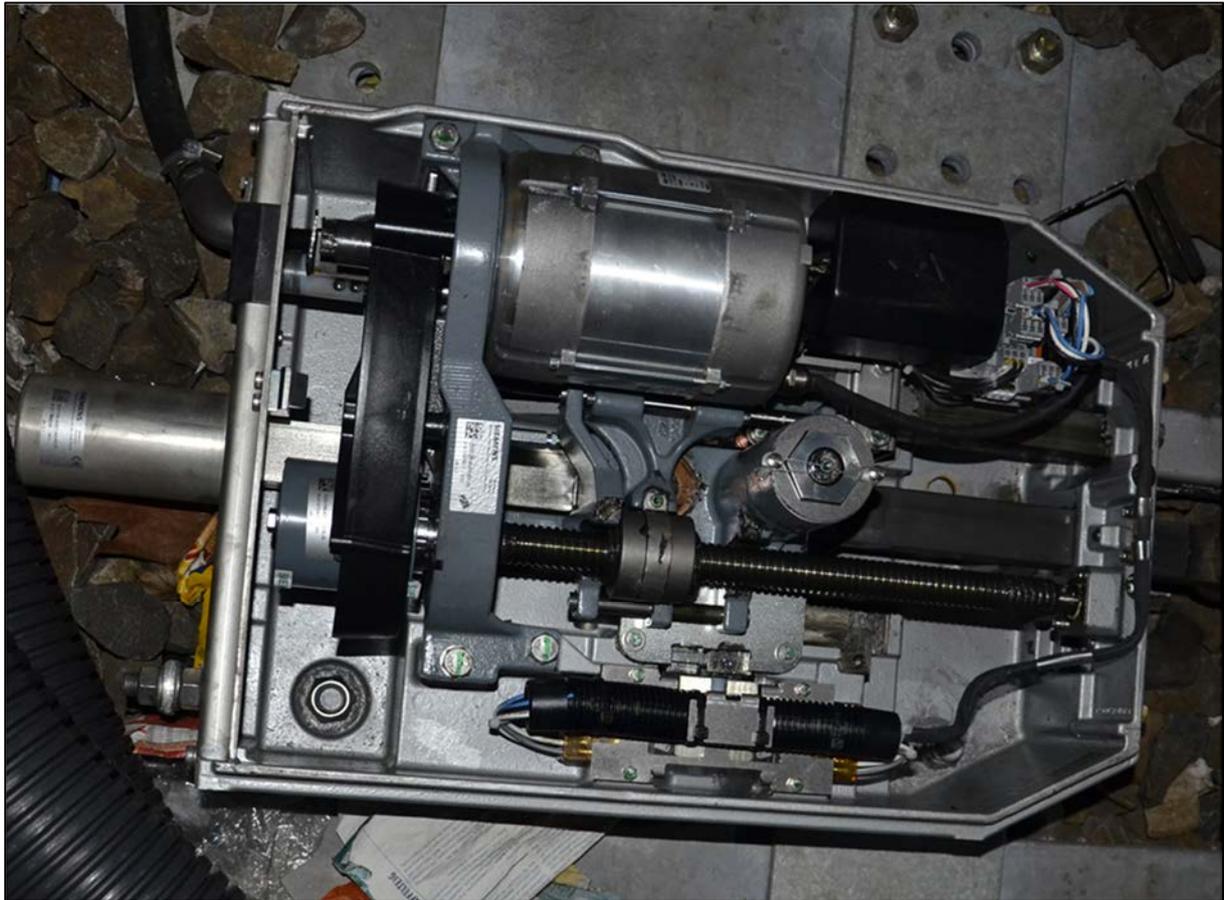


Abbildung 7: Geöffneter Weichenantrieb Switchguard ELS 710 nach dem Unfall⁷

Der Antrieb war vom Bedienplatz im ESTW BSTV nicht mehr bedienbar. Dort war eine Auffahrmeldung aufgelaufen. Eine nach dem Ereignis durchgeführte Messung der Zungenrestspannungskraft ergab laut Protokoll vom 19.04.2020 einen Wert von 1.770 N für die Fahrt von Strang c nach Strang a. Im Rahmen der Untersuchungen an der Unfallweiche wurden an den Zungenprüferstangen erhebliche vertikale und horizontale Bewegungen festgestellt, die von der abliegenden Weichenzunge des Strangs d der DKW ausgingen und die über die Prüferschieber direkt in den Weichenantrieb eingeleitet wurden. Durch die Firma Siemens Mobility GmbH wurden im Rahmen der Ereignisuntersuchung Sensoren an den Herzstücken sowie an verschiedenen beweglichen Teilen der Stell- und Prüfeinrichtungen der DKW und am Gehäuse des Weichenantriebes angebracht, um die auftretenden Schwingungen und Stöße zu quantifizieren. Dabei wurden während der Zugfahrten an den Weichenteilen und am Weichenantrieb Beschleunigungen und Stöße gemessen, die dauerhaft über 300 m/s^2 mit Frequenzen von 150 Impulsen je Sekunde in vertikaler Richtung und über 140 m/s^2 mit

⁷ Quelle: Bundespolizei

Frequenzen von 275 Impulsen je Sekunde in transversaler bzw. 590 Impulsen je Sekunde in longitudinaler Richtung lagen. Einzelstöße erreichten dabei Werte von mehr als 2000 m/s².

4.4.1 Weichenantrieb Switchguard ELS 710

Der Weichenantrieb Switchguard ELS 710 der Firma Siemens Mobility GmbH erfüllte sowohl die Funktion der Weichenstellung als auch die der Endlagenprüfung für die DKW. Das Wirkprinzip des Weichenantriebs war auf der Grundlage des Weichenantriebs Switchguard S 700 K weiterentwickelt worden. Die Weichenzungen waren über Stellstangen mit dem Antrieb verbunden. Der Stellmechanismus funktionierte über eine Gewindespindel. Die Rotationsbewegung der Spindel wurde über ein Schaltlineal in eine Translationsbewegung umgewandelt, die einen Stellschieber in die gewünschte Richtung verschob. Auf dem Stellschieber war eine Festhaltekupplung kraftschlüssig befestigt. Über Stellstangen war der Stellschieber mit den Weichenzungen verbunden. War die Endlage erreicht, wurde einer der beiden Sperrschieber durch zwei Druckfedern in einen konisch gestalteten Ausschnitt des Stellschiebers gedrückt. Gleichzeitig lief derselbe Sperrschieber in einen Ausschnitt des Prüferschiebers, der die Bewegung der mit ihm verbundenen Zungenprüferstangen nachvollzog und die Endlagen abbildete, ein. Ein Sperrstück, das mit diesem Sperrschieber formschlüssig verbunden war, wurde durch diesen mitgenommen, rastete dann in einen dafür vorgesehenen Absatz der Festhaltekupplung am Stellschieber ein und verriegelte den Weichenantrieb in der Endlage der DKW. Die folgende Abbildung zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Weichenantriebs Switchguard ELS 710 mit den Bezeichnungen für die während des Unfallhergangs wesentlichen Bauteile. Die Ansicht erfolgt aus Richtung der Gleise, die Schnittebene liegt in Höhe des gleisseitigen Sperrschiebers.

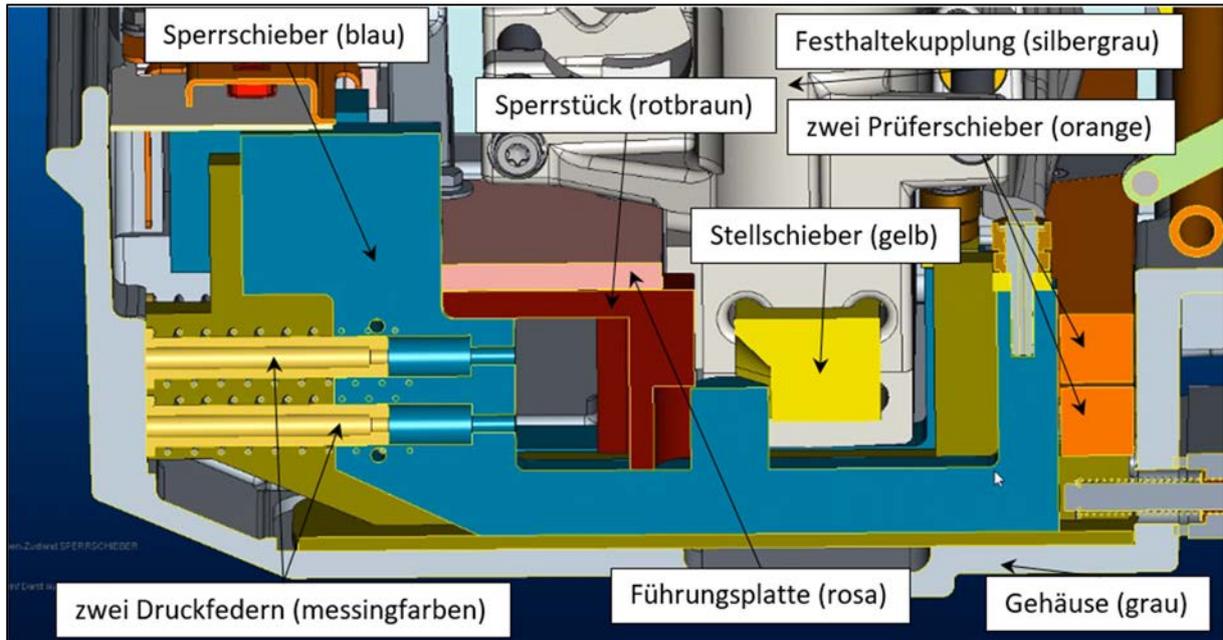


Abbildung 8: Schematische Schnittdarstellung des Weichenantriebs⁸

Mit Bescheid vom 18.07.2017 Aktenzeichen GZ 2271 – 226ssw/002-2203#009-3345789/0/17Er erfolgte durch das Eisenbahn-Bundesamt die Zulassung des Weichenantriebs Switchguard ELS 710 für den Eisenbahnbetrieb. Sie war befristet bis zum 31.08.2022. Eine wesentliche Änderung des Weichenantriebs Switchguard ELS 710 gegenüber dem Weichenantrieb Switchguard S 700 K bestand in der inneren Verriegelung mittels eines Sperrstücks, das formschlüssig mit dem Sperrschieber verbunden war und ausschließlich durch Reibung an der Kontaktfläche mit der Festhaltekupplung und ohne zusätzliche Krafteinwirkung in seiner Position gehalten werden sollte.

4.4.2 Überwachungsstörungen und Auffahrmeldungen für die DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn)

Seit dem 06.04.2020 liefen einschließlich der Meldung unmittelbar vor dem Ereignis beim zuständigen Fdl BSTV 1 insgesamt zehn Auffahrmeldungen für die DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) auf. In allen diesen Fällen wurde zunächst „UEBERWACHUNGSSTOERUNG“ und danach „AUFGEFAHREN“ gemeldet. Anschließend wurde durch den zuständigen Fdl „Aufgefahrene Weiche umstellen“ (AWU) als zählpflichtige Bedienhandlung durchgeführt. Zusätzlich wurde am 14.04.2020 eine weitere

⁸ Quelle: Siemens Mobility GmbH, bearbeitet durch BEU

Überwachungsstörung dokumentiert. Näheres zu den Störungsmeldungen ist dem Kapitel 4.5 zu entnehmen.

4.4.3 Untersuchung des Weichenantriebs an der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn)

Nach dem Ereignis wurde der Weichenantrieb der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) demontiert und in amtliche Verwahrung genommen. Es wurde ein Weichenantrieb der Bauart Switchguard S 700 K eingebaut. Der Weichenantrieb der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn), der zum Unfallzeitpunkt an der Unfallstelle verbaut war, wurde bei der Siemens Mobility GmbH im Beisein der DB Netz AG auf verschiedenen Prüfständen eingehenden Prüfungen unterzogen, ohne dass Funktionsbeeinträchtigungen offenbar wurden. Daraufhin wurde er demontiert und weiter untersucht. Die Untersuchung ergab weder am Gehäuse noch an den beweglichen Teilen auffällige Beschädigungen, Beeinträchtigungen oder Maßabweichungen, die als ereignisursächlich hätten eingeordnet werden können. Daher wurde der Fokus der weiterführenden Untersuchungen auf die Funktionalität des Weichenantriebes und die im Zusammenhang mit den Fahrbahnkomponenten der DKW 61W350 c/d auftretenden Kräfteinträge in den Weichenantrieb gelegt. Die maßgeblichen Anforderungen für die Konstruktion von Weichenantrieben waren durch die DB Netz AG in einem technischen Lastenheft niedergeschrieben. Für die Vorgaben hinsichtlich der Resistenz gegen Erschütterungen aus dem Eisenbahnverkehr wurde in dem Lastenheft Bezug auf die Europäische Norm (EN) in der deutschen Fassung DIN EN 50125-3 – Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel – genommen. Laut DIN EN 50125-3 waren für die unterschiedlichen Gleispositionen von Weichenantrieben Werte für Beschleunigungen entsprechend der folgenden Abbildung anzuwenden.

Einsatzpunkt	Effektivwert der Vertikal-Beschleunigung (m/s^2)	Effektivwert der Transversal-Beschleunigung (m/s^2)	Effektivwert der Longitudinal-Beschleunigung (m/s^2)
An der Schiene	280	140	50
Auf der Schwelle	130	50	90
Im Gleisbett	10	10	10
Außerhalb der Gleise (Abstand 1 m bis 3 m vom Gleis)	2,3	2,3	2,3

Abbildung 9 Auszug aus DIN EN 50125-3 Effektivwerte für Beschleunigungen

Dabei waren die Wirkrichtungen der Beschleunigungen gemäß der DIN EN 50125-3 entsprechend der folgenden Abbildung definiert.

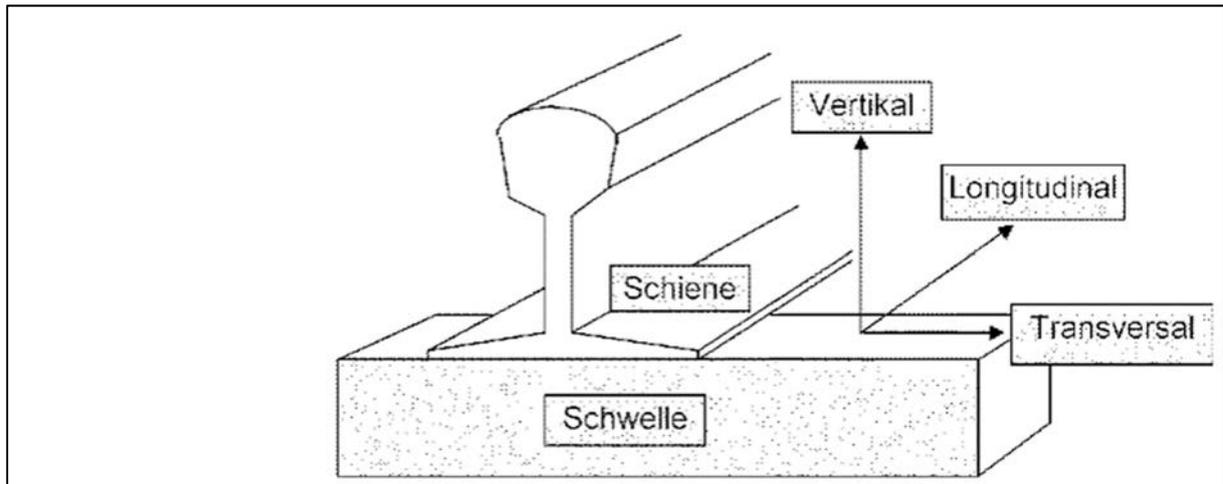


Abbildung 10: Wirkrichtungen der einwirkenden Beschleunigungen gemäß DIN EN 50125-3

Für Beanspruchungen durch Stöße in vertikaler Richtung waren in der DIN EN 50125-3 für die verschiedenen Gleispositionen die Werte entsprechend der folgenden Abbildung anzusetzen.

Einsatzpunkt	Beschleunigung in $(\text{in m/s}^2) / \text{Dauer (in ms)}$	
	mittlere Beanspruchung	Spitzenbeanspruchung
An der Schiene	420/6	2 500/1
Auf der Schwelle	300/8	800/2
Im Gleisbett	50/11	100/8
In einem Schaltkasten am Betonpfehl außerhalb der Gleise (1 m bis 3 m Abstand vom Gleis)	20/11	20/11

Abbildung 11: Werte für Stöße in vertikaler Richtung gemäß DIN EN 50125-3

Die Firma Siemens Mobility GmbH wies darauf hin, dass alle im technischen Lastenheft für Weichenantriebe enthaltenen Anforderungen in Hinsicht auf Konstruktion und Betrieb des Weichenantriebes vollständig erfüllt gewesen seien. Die Messergebnisse an der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) überschritten dauerhaft und wesentlich die gemäß der DIN EN 50125-3 für die konstruktive Gestaltung von Weichenantrieben anzuwendenden Werte für Beschleunigungen und Stöße bei einem Einsatzpunkt auf der Schwelle oder im Gleisbett. Für die direkt über die Prüferstangen und Prüferschieber in den Weichenantrieb eingeleiteten Beschleunigungen und Stöße fanden sich in der einschlägigen DIN EN 50125-3 keinerlei Entsprechungen.

Durch die DB Netz AG wurden im Bf Diedersdorf mit Hilfe eines speziellen Versuchsaufbaus das Verhalten von vier verschiedenen Antrieben, drei der Bauart Switchguard ELS 710, darunter der Unfallantrieb, und ein Antrieb der Bauart Switchguard S 700 K, getestet. Mit der Versuchsanordnung wurde das Verhalten der Weichenantriebe bei unterschiedlich hohen Zungenrestspannungskräften getestet. Die Zungenrestspannungskräfte wurden bei den Versuchen über Druckfedern, die über eine Traverse mit dem Stellschieber verbunden waren, simuliert. Die Lagereisen des Weichenantriebs wurden am Schienenfuß befestigt, was bezüglich auftretender Schwingungen den strengsten Vorgaben laut der DIN EN 50125-3, Abschnitt 4.13 – Schwingungen und Stöße –entsprach. Die Befestigung der Lagereisen direkt neben einem stark abgenutzten Isolierstoß sollte Stöße vertikaler Richtung, wie sie den Anforderungen der DIN EN 50125-3 entsprachen, unter besonders erschwerten Bedingungen darstellen. Stöße in horizontaler und in longitudinaler Richtung, die nachweislich an der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) direkt über die Prüferstangen in den Weichenantrieb eingeleitet wurden, waren mit diesem Versuchsaufbau nicht darstellbar. Mit der Versuchsanordnung war jedoch feststellbar, ob die untersuchten Weichenantriebe den Bedingungen nach DIN EN 50125-3 entsprachen. Die Simulation eines Bewegungs- oder Kräfteeintrags aus der rechten abliegenden Weichenzunge über die Prüferschieber in den Weichenantrieb, wie er in der Einbausituation an der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin Lichtenberg (S-Bahn) nachweislich erfolgte, war mit dieser Versuchsanordnung hingegen nicht möglich.

Die folgende Abbildung zeigt die Versuchsanordnung bei den Untersuchungen im Bf Diedersdorf.

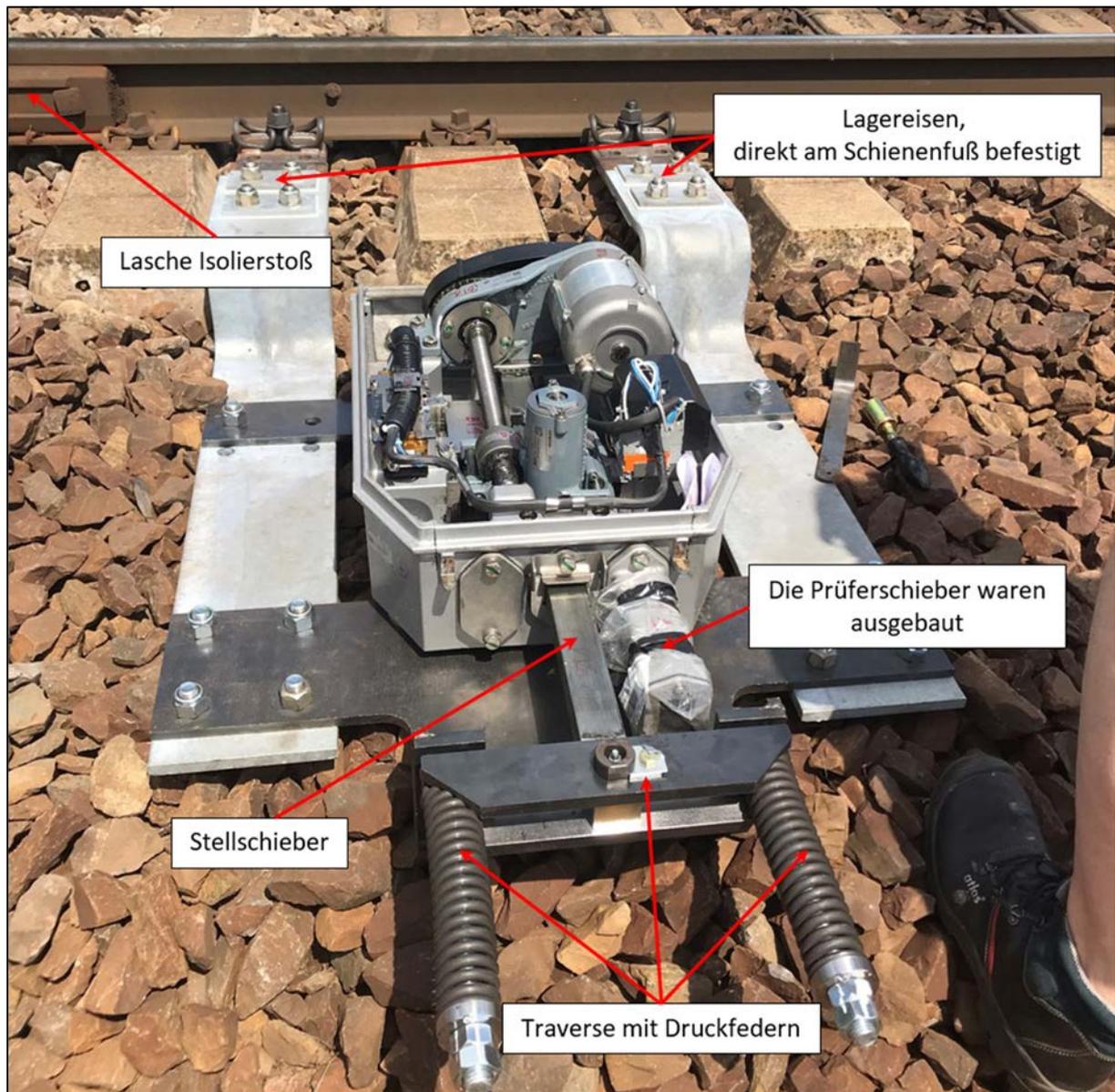


Abbildung 12: Versuchsanordnung in Bf Diedersdorf⁹

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen des Weichenantriebs bei der Siemens Mobility GmbH und der DB Netz AG gingen in einen technischen Analysebericht der Siemens Mobility GmbH und in zwei Untersuchungsberichte der DB Netz AG, einer für den Bereich der Leit- und Sicherungstechnik und einer für den Bereich der bautechnischen Infrastruktur ein, die im Folgenden zusammenfassend dargestellt sind.

Die Siemens Mobility GmbH stellte in ihrem technischen Analysebericht die Wirkkette, die zur Auflösung der inneren Verriegelung und letztendlich zur Entgleisung des Zuges S 75626 führte, wie folgt dar:

⁹ Quelle: Analysebericht Siemens Mobility GmbH, bearbeitet durch die BEU

„[...] Die am Sperrstück anliegende Seite vom Kupplungsgehäuse verfügt über eine 5,7° Schräge. Wird diese Schräge durch die extern am Stellschieber anliegende Zungenrestspannungskraft FZRS gegen das Sperrstück gedrückt und wirken gleichzeitig Stoßbelastungen (Fs) in longitudinaler Entriegelungsrichtung, kommt es zur Auflösung der Haft-/ Gleitreibung der anliegenden Flächen. Als Folge dessen, bewegt sich das Sperrstück schrittweise in die zum Entriegeln erforderliche Richtung. Je nach Höhe und Dauer der anliegenden Kräfte und Belastungen wirken (sic!), ist eine vollständige Entriegelung möglich. [...]“

Bei einer Zungenrestspannungskraft von 2.000 N kam es in der Testreihe im Bf Diedersdorf für den Weichenantrieb der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) nach 24 Betriebsstunden und ca. 4.400 Achsdurchgängen am Isolierstoß zu einer Reduzierung der Überdeckung auf 0,5 mm. Bei einem zweiten, in den Jahren von 2013 bis 2019 benutzten und entsprechend abgenutzten Weichenantrieb der Bauart Switchguard ELS 710, kam es nach 75 Betriebsstunden zur Auflösung der internen Verriegelung. Am dritten getesteten Weichenantrieb der Bauart Switchguard ELS 710, einem neuen Antrieb, zeigte sich die interne Verriegelung nach ca. 50 Betriebsstunden unverändert. Laut der Aufstellung aus dem Analysebericht führte eine Zungenrestspannungskraft von 1.500 N bei keinem der drei getesteten Weichenantriebe der Bauart Switchguard ELS 710 zu einer kritischen Reduzierung der Überdeckung, die zu einer Auflösung der internen Verriegelung hätte führen können.

Am beprobten Weichenantrieb der Bauart Switchguard S 700 K blieb die interne Verriegelung auch nach 70 Betriebsstunden und bei einer Zungenrestspannungskraft von 2.000 N unverändert.

Im Analysebericht der Firma Siemens Mobility GmbH wurde aus den Untersuchungsergebnissen folgendes Fazit gezogen:

„Im Unfallantrieb wurde die interne Verriegelung, welche für die Weichenantriebsfunktion „Festhalten in Endlage“ erforderlich ist, durch die am Unfallort wirkende Zungenrestspannungskraft und durch die am Unfallort beim Befahren der Unfallweiche entstehenden Stoß- / Schwingungbelastungen schrittweise bzw. zum Unfallzeitpunkt vollständig aufgelöst.“

Nach Auflösen der internen Verriegelung, zog die abliegende Zunge mit der am Unfallort wirkenden Zungenrestspannungskraft die Verschlussstange in Richtung „Weichenmittellage“, sodass es zum Entriegeln des äußeren Verschlusses kam. ...“

Im Untersuchungsbericht des Fachdienstes für die Leit- und Sicherungstechnik bei der DB Netz AG wurden die Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem technischen Analysebericht der Siemens Mobility GmbH im Wesentlichen bestätigt.

Feststellung zur Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik

Lfd. Nr.4

An der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) war ein Weichenantrieb der Bauform Switchguard ELS 710 verbaut.

Die interne Verriegelung des Weichenantriebs Switchguard ELS 710 war gegenüber dem Vorgänger des Weichenantriebes, dem Switchguard S 700 K konstruktiv verändert.

Ein Versagen der internen Verriegelung des Weichenantriebes führte zur Aufhebung des Verschlusses und zum Verlust der Endlage der DKW.

Die zulässigen Werte für die Zungenrestspannungskraft laut Ril 892.03 waren bei der Inbetriebnahme der DKW 61W350 c/d um ca. 25 % überschritten. Nach der Entgleisung wurde eine Zungenrestspannungskraft 1.770 N gemessen

Im technischen Lastenheft für Weichenantriebe waren die Vorgaben für die konstruktive Gestaltung enthalten. Für Beschleunigungen in vertikaler, transversaler und longitudinaler Richtung sowie für Stöße in vertikaler Richtung waren die Ansätze aus der DIN EN 50125-3 maßgebend. An der DKW 61W350 c/d wurden durch die Firma Siemens Mobility GmbH orientierende Messungen zur Feststellung des Belastungsniveaus und der örtlichen Verteilung der Belastungen vorgenommen, die dauerhaft wesentlich stärkere Beschleunigungen und Stöße, als sie in der DIN EN 50125-3 für die konstruktive Gestaltung der Weichenantriebe angesetzt wurden, zum Ergebnis hatten.

4.5 Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers

Für die Durchführung der Zugfahrt S 75626 waren betriebliche Handlungen durch den zuständigen FdI Strausberg in der Betriebszentrale der S-Bahn Berlin GmbH erforderlich. Die

entsprechenden Aufgaben waren in der Ril 408 – Fahrdienstvorschrift sowie dem Bebu beschrieben.

Die Auswertung der Stellwerksdaten ergab, dass es bereits seit dem 06.04.2020 mehrfach zu Auffälligkeiten, in Form von Störungsmeldungen, an der DKW 61W350 c/d kam. Die generierten Störungen lauteten jeweils zunächst „WEICHE BBKS 61W350CD UEBERWACHUNGSSTOERUNG“ und im Folgenden „WEICHE BBKS 61W350CD AUFGEFAHREN“. Der Bediener des ESTW musste nach Ril 482.9001 prüfen ob es sich um eine tatsächliche oder eine unzeitige Auffahrmeldung handelte. Das Auffahren einer Weiche bedeutet, diese vom Herzstück aus in der falschen Lage zu befahren und dadurch mit dem Spurkranz des Rades die anliegende Weichenzunge von der Backenschiene zu entfernen. Zur Erkennung von unzeitigen Auffahrmeldungen sah die Ril 482.9001 nach Abschnitt 12 Absatz (4) folgende Regeln vor:

„[...] Eine Weiche gilt als nicht aufgefahren bzw. eine Flachkreuzung als nicht bei falscher Stellung der Herzstückspitzen befahren, wenn die Auffahrmeldung

- *Während einer Zugfahrt auftrat, die durch Fahrtstellung eines Hauptsignals zugelassen wurde oder*
- *Beim Rangieren über Rangierstraßen auftrat und der Triebfahrzeugführer oder Rangierbegleiter bestätigt, dass die Weiche nicht aufgefahren bzw. die Flachkreuzung nicht bei falscher Stellung der Herzstückspitzen befahren wurde.“*

Die Ril 482.9001 Abschnitt 12 Absätze (1) und (2) sahen vor, unzeitige Auffahrmeldungen sofort an die für die Entstörungsveranlassung zuständige Stelle (EVZS) zu melden und sie in das Arbeits- und Störungsbuch (ASB) einzutragen.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über alle Überwachungsstörungen und Auffahrmeldungen die seit dem 06.04.2020 an der DKW 61W350 c/d generiert wurden:

Lfd. Nummer	Datum	Uhrzeit	Generierte Meldungen
1	06.04.2020	17:38:14	Überwachungsstörung Aufgefahren
2	07.04.2020	15:41:56	Überwachungsstörung Aufgefahren
3	07.04.2020	21:27:21	Überwachungsstörung Aufgefahren

4	08.04.2020	19:04:44	Überwachungsstörung Aufgefahren
5	09.04.2020	16:32:27	Überwachungsstörung Aufgefahren
6	10.04.2020	17:34:59	Überwachungsstörung Aufgefahren
7	11.04.2020	17:24:58	Überwachungsstörung Aufgefahren
8	12.04.2020	15:47:29	Überwachungsstörung Aufgefahren
9	12.04.2020	19:34:59	Überwachungsstörung Aufgefahren
10	15.04.2020	21:02:xx	Überwachungsstörung Aufgefahren

Tabelle 5: ESTW-Meldungen der DKW 61W350CD

Für die lfd. Nummer 1 wurde der Eintrag mit der Nummer 165 im ASB angelegt, die EVZS wurde verständigt. Arbeiten und deren Beendigung konnten nicht explizit zugeordnet werden, da ein weiterer Eintrag im ASB mit der Nummerierung 165 angelegt wurde.

Die lfd. Nummer 2 wurde im Eintrag 168 im ASB vermerkt und ebenfalls an die EVZS gemeldet. Am gleichen Tag fanden Arbeiten zur Entstörung der DKW 61W350 c/d statt.

Zur lfd. Nummer 3 wurde kein Eintrag im ASB angelegt.

Die lfd. Nummer 4 wurde mit dem Eintrag 172 im ASB vermerkt und an die EVZS gemeldet. Es erfolgte kein Eintrag über Arbeiten an der DKW und deren Beendigung, der Eintrag wurde dennoch geschlossen.

Im Eintrag 177 des ASB wurde die lfd. Nummer 5 dokumentiert, die Meldung an die EVZS erfolgte. Am selbigen Tag wurden Arbeiten zur Entstörung eingetragen, welche gegen 20:00 Uhr unterbrochen und am 14.04.2020 gegen 01:00 Uhr, nach fünf Tagen, wiederaufgenommen wurden. Die Auffahrmeldungen im Zeitraum der unterbrochenen Arbeitszeit des laufenden Störfalls wurden nicht nochmalig dokumentiert.

Ril 482.9001 Abschnitt 12 Absatz (4) regelte folgendes Verfahren:

„Erscheint bei einer Weiche oder Flachkreuzung die Auffahrmeldung und kann der Bediener feststellen, dass die Weiche nicht aufgefahren bzw. die Flachkreuzung nicht bei falscher Stellung der Herzstückspitzen befahren wurde, liegt ein Fehler in der

Zungenüberwachungseinrichtung vor. Die Weiche bzw. Flachkreuzung ist durch Hilfsbedienung in eine Endlage zu stellen und anschließend zweimal durch Einzelbedienung umzustellen. Die Weiche gilt in der Stellung, in der die Ordnungsstellung angezeigt wird, als nicht gestört.“

Die Hilfsbedienhandlung musste zwangsläufig vor dem Stattfinden der nächsten Zugfahrt auf Hauptsignal durchgeführt werden. Sowohl durch die Hilfsbedienung als auch den folgenden Umstellvorgang der DKW 61W350 c/d wurde der Verschluss wieder vollständig hergestellt.

Weiter regelte Ril 482.9001 Abschnitt 7 Absatz (4) Folgendes:

„Ferngestellte Weichen, Gleissperren, Flachkreuzungen und Riegel sind innerhalb von 24 Stunden einmal umzustellen. [...]“

Das Bebu konkretisiert diese Maßnahmen wie folgt:

„Um Fehlermeldungen an selten benutzten Weichen bzw. Gleissperren etc. zu offenbaren, müssen Sie alle Weichen im Steuerbereich jeweils einmal pro Tag mit Beginn der nächtlichen Betriebspause bzw. im Zeitraum des Nachverkehrs bis spätestens 4:00 Uhr umstellen.

Konnten Weichen oder Gleissperren in dieser Zeit nicht umgestellt werden, übergibt der Fdl der Nachtschicht an den Fdl der Frühschicht im Übergabebuch, welche Weichen oder Gleissperren nicht umgestellt werden konnten.

Das probeweise Umstellen der Weichen oder Gleissperren ist unmittelbar nach Arbeitsaufnahme bis spätestens 10:00 Uhr des laufenden Tages nachzuholen. Weichen oder Gleissperren die nicht bis spätestens 10:00 Uhr umgestellt wurden, sind der EVZS zu melden, um den Umstellvorgang von einem besonders eingewiesenen Mitarbeiter beobachten zu lassen.

Weichen die nicht bis 14:00 Uhr des laufenden Tages probeweise umgestellt wurden dürfen nicht mehr befahren werden, bis die Fachkraft LST eine Ersatzmaßnahme an der betroffenen Weiche durchgeführt hat.

Abweichend davon müssen Sie alle Weichen mit zwei oder mehreren Weichenverschlüssen (Mittelverschluss) in allen Hauptgleisen mindestens einmal in acht Stunden umstellen.“

Die folgende Tabelle bringt die generierten unzeitigen Auffahrmeldungen in Verbindung mit dem vergangenen Zeitraum seit der letzten Umstellung der DKW 61W350 c/d.

Lfd. Nummer	Datum und Uhrzeit der unzeitigen Auffahrmeldung		Datum und Uhrzeit der letzten Umstellung		Vergangener Zeitraum seit der letzten Umstellung [h]
1	06.04.2020	17:38:14	06.04.2020	03:13	14:45
2	07.04.2020	15:41:56	07.04.2020	00:31	15:10
3	07.04.2020	21:27:21	07.04.2020	15:43	05:44
4	08.04.2020	19:04:44	08.04.2020	13:17	05:47
5	09.04.2020	16:32:27	09.04.2020	04:16	12:16
6	10.04.2020	17:34:59	10.04.2020	11:43	05:51
7	11.04.2020	17:24:58	11.04.2020	08:47	08:37
8	12.04.2020	15:47:29	12.04.2020	10:48	04:59
9	12.04.2020	19:34:59	12.04.2020	15:48	03:46
10	15.04.2020	21:02	15.04.2020	08:47	12:15

Tabelle 6: Auffahrmeldungen mit Zeitraum seit der letzten Umstellung

Der kürzeste Zeitraum zwischen der letzten Umstellung und der Auffahrmeldung umfasste 3:46 h. Der längste Zeitraum belief sich auf 15:10 h.

Feststellung zur Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers

Lfd. Nr. 6
Seit dem 06.04.2020 wurden fast täglich Überwachungsstörungen und Auffahrmeldungen an der DKW 61W350 c/d generiert.
Nach Ril 482.9001 wurde die Meldung als unzeitige Auffahrmeldung gewertet.
Das Verfahren zum Umgang mit unzeitigen Auffahrmeldungen sah vor die DKW durch die AWU Bedienung in eine Endlage zu bringen. Der Verschluss wurde durch die Bedienung AWU wieder vollständig hergestellt.

4.6 Untersuchung der betrieblichen Abläufe der EVU

Die Dienstleistung der Personenbeförderung wurde durch das EVU S-Bahn Berlin GmbH erbracht. Der Zug S 75626 fuhr im Regelbetrieb von Bft Berlin-Wartenberg nach Bf Berlin Ostbahnhof (S-Bahn).

Für die Zugfahrt war eine maximale Geschwindigkeit von 80 km/h im untersuchten Abschnitt vorgegeben, welche gemäß der elektronischen Fahrtregistrierung (EFR) auch nicht überschritten wurde. Die aufbereiteten Fahrdaten wurden der BEU durch das EVU zur Verfügung gestellt. Sie wurden durch die BEU überprüft und als plausibel bewertet. Die folgenden Ausführungen stützen sich auf die Auswertung des EVU. Die Normierung erfolgte zeitlich auf den letzten Halt der S 75626 im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn), örtlich auf den Standort des Signals Ne 5 in km 4,541. Die angegebenen Zeiten sind normierte Systemzeiten, welche mit der Realzeit um eine Stunde divergieren. Die folgende Abbildung beinhaltet die grafische und die tabellarische Darstellung des Fahrtverlaufs zwischen Abfahrt am Bahnsteig und der ereignisbedingten Entlüftung der Hauptluftleitung mit anschließendem Stillstand.

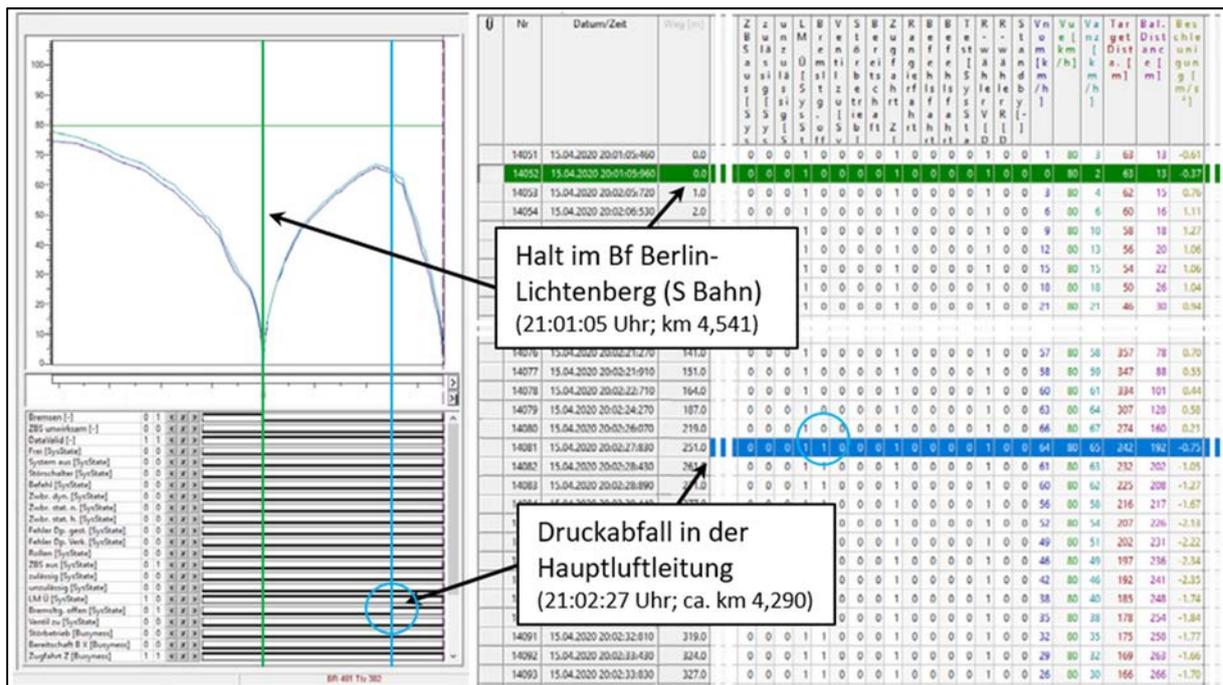


Abbildung 13: Grafische und tabellarische Darstellung des Fahrtverlaufs des Zuges S 75626¹⁰

Es waren keine sonstigen Auffälligkeiten in den Fahrdaten zu erkennen. Die Geschwindigkeit stieg kontinuierlich an, was dem regulären Beschleunigungsverhalten von ca. 1 m/s² an dieser

¹⁰ Quelle: S-Bahn Berlin, bearbeitet durch BEU

Stelle der Abfahrt aus Bf Berlin-Lichtenberg (S Bahn) entsprach. Gegen 21:02:27 Uhr wurde ein Druckabfall in der Hauptluftleitung unter 2,2 bar registriert, was den Zeitpunkt der Unterbrechung der Sicherheitsbremsschleife markiert.

Ereignisursächliche Handlungen seitens der Personale des EVU waren nicht erkennbar. Daher wurden personenbezogene Daten zu den beteiligten Personalen nicht erhoben und keine weiteren Untersuchungen angestellt.

Feststellung zur Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU

Lfd. Nr. 7
Ereignisursächliche Einflüsse aus den Handlungen der Personale des EVU wurden nicht festgestellt.

4.7 Untersuchung von Fahrzeugen

Die Triebwagen des Zuges S 75626 befand sich im Eigentum der S-Bahn Berlin GmbH und verkehrten als Halbzug in der Konfiguration 481 382 – 482 382 – 482 334 – 481 334. Zwischen den jeweiligen Wagen der Konfiguration 481 xxx – 482 xxx befand sich ein ca. 80 cm langer Übergang mit Faltenbalg. Entsprechend wurde der Wagen 481 xxx als A-Wagen und das korrespondierende Gegenstück 482 xxx als B-Wagen bezeichnet. Der B-Wagen verfügte über zwei Triebdrehgestelle, der A-Wagen über ein Triebdrehgestell unter dem Führerstand und ein Laufdrehgestell.

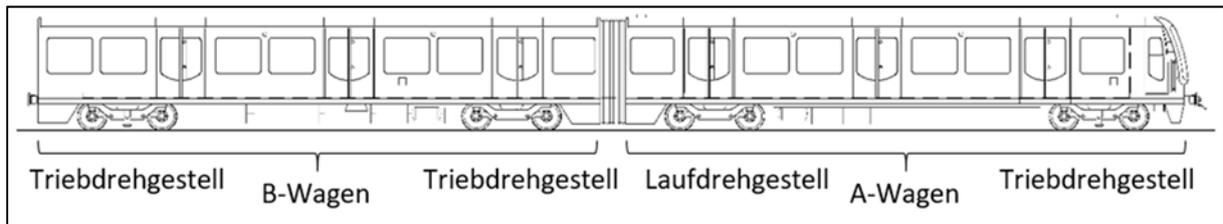


Abbildung 14: Fahrzeugkonfiguration BR 481/482 (Viertelzug)

Aus der folgenden Tabelle lassen sich die technischen Fahrzeugdaten entnehmen:

Antriebsart	elektrisch
Traktionsleistung	594 kW
Gesamtlänge (LüP)	36.800 mm
Masse	59.000 kg
Höchstgeschwindigkeit	80km/h
Radsatzfolge	Bo'2'+Bo'Bo'
Zugsicherungssystem	Mechanische Fahrsperre / ZBS

Tabelle 7: Technische Daten des Triebwagens

Das entgleiste Fahrzeug 481 334 lief an vierter Stelle des Verbandes und verlor mit beiden Drehgestellen die Spurführung.

Ereignisursächliche Einflüsse aus den Fahrzeugen konnten aufgrund der an der Unfallstelle vorgefundenen Situation und der ersten Untersuchungsergebnisse ausgeschlossen werden. Die festgestellten Schäden an den Fahrzeugen wurden als Unfallfolgen identifiziert.

Feststellung zur Untersuchung der Fahrzeuge

Lfd. Nr. 8
Ereignisursächliche Einflüsse aus den Fahrzeugen ergab die Untersuchung nicht.

4.8 Mehrkörpersimulation der Interaktion**Fahrzeug – Fahrbahn – Weichenantrieb**

Um das Zusammenwirken zwischen Fahrzeug, Fahrbahn und Weichenantrieb und die Einflüsse aus den beteiligten Komponenten auf die Entwicklung des Ereignisses bewerten zu können, wurde die simtes KG durch die BEU mit der Durchführung von Mehrkörpersimulationen der Weichenüberfahrt von S-Bahn-Zügen beauftragt. Die Ergebnisse der Simulationen wurden in einem Gutachten zusammengefasst. Der Inhalt dieses Gutachtens geht in diesen Abschnitt des Untersuchungsberichts ein.

Bei der Erarbeitung des Berechnungsmodells flossen als Eingangsgrößen die Konfiguration und Geschwindigkeiten der S-Bahn-Fahrzeuge, die Konstruktionsparameter der DKW 61W350 c/d unter Berücksichtigung der besonderen Einsatzbedingungen im Bf Berlin-Lichtenberg sowie die Aspekte der Lagerung des Weichenantriebs auf den Schwellen bzw. im Gleisbett ein. Es wurden zunächst die Rad-Schiene-Interaktion mit einer idealen Fahrbahn und idealen Fahrzeugen und die daraus resultierenden Kraft- und Schwingungseinträge auf den Weichenantrieb als Referenzwerte ermittelt. Danach wurden mehrere Varianten von Einzelwagen und Zugfahrten mit Viertelzügen, welche die im Rahmen von Ersatzmessungen mit dem System „Krabbe“ festgestellten Gleislagefehler und die optisch festgestellten, aber nicht quantifizierten Mängel in der Fahrbahn simulierten, berechnet. Die Simulation der Zugfahrten ergab bei Zugfahrten mit Viertelzügen Querverschiebungen von mindestens vier Millimetern, die hinsichtlich der Periodenlänge mit den bei der Messung mit dem System „Krabbe“ nach dem Ereignis festgestellten Periodenlängen der Richtungsfehler korrespondierten. Der Gutachter führte im Gutachten aus, dass ein fehlerhafter Oberbau an der Fahrbahn bereits am Anfang der DKW sehr wahrscheinlich zu einer Anregung von Schwingungen führte, die sich mit zunehmender Dauer aufgrund der Befahrung ausschließlich durch beschleunigende Fahrzeuge mit immer denselben fahrzeugtechnischen Parametern verstetigten und letztendlich in die gemessenen Richtungsfehler mündeten. Diese verstärkten sich dann sukzessive aus sich selbst heraus. Mittels der Simulationsrechnungen konnten Bewegungen in einer Größenordnung von bis zu acht Millimetern in vertikaler Richtung an der

abliegenden Zungenspitze im Strang d, dargestellt werden. Signifikante Bewegungen an der abliegenden Weichenzunge im Strang d, traten bei einer Modellierung von Hohllagen von acht Millimetern an insgesamt zehn Schwellen, davon fünf Schwellen vor, vier Schwellen unter und eine Schwelle hinter den Doppelherzstücken, auf. In dieser Konfiguration entsprachen die Simulationsergebnisse den Verhältnissen, welche im Rahmen der Untersuchung am Unfallort angetroffen worden waren und im Wesentlichen auch den Ergebnissen der orientierenden Schwingungsmessungen, welche die Firma Siemens Mobility GmbH an der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg durchgeführt hatte. Die Bewegungen an der Weichenzunge setzten erst ein, wenn der erste Radsatz in der Simulation die Doppelherzstücke befuhr. Der Ausschlag nach dem Befahren durch den ersten Radsatz an einem Drehgestell war dabei jeweils höher, als der nach dem Befahren durch den zweiten. Die folgende Abbildung zeigt eine grafische Darstellung der im Ergebnis der Simulation aufgezeigten vertikalen Bewegungen an der rechten Weichenzunge im Strang d und deren zeitliche Abfolge im Verlauf einer Zugfahrt. Positive Ausschläge im Graphen stellen dabei Bewegungen nach unten, negative Ausschläge im Graphen Bewegungen nach oben dar. Die Doppelspitzen der Ausschläge entsprechen jeweils den zwei Radsätzen eines Drehgestells.

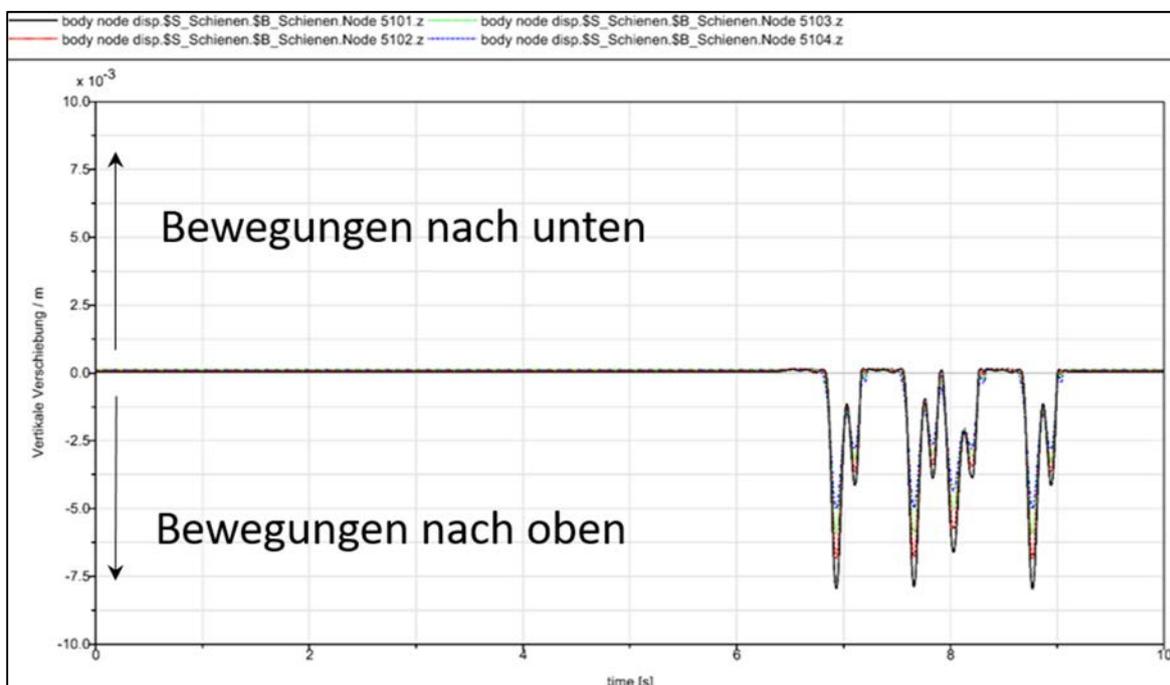


Abbildung 15: Vertikale Bewegungen an der Weichenzunge im Strang d¹¹

¹¹ Quelle: simtes KG, bearbeitet durch BEU

Aus den Schwingungen der Zungenspitzen resultierten laterale Bewegungen der Prüfer- und Stellstangen, die zu erheblichen direkten Kraft- und Schwingungseinwirkungen auf den Weichenantrieb führten. Die Simulationsergebnisse ergaben auftretende Kräfte mit Werten von bis zu 1.500 N. Gemäß dem Gutachten traten die Kräfte maxima an der Stellstange bei den Bewegungen in den Weichenantrieb hinein auf. Damit wirkten sie als Druckkräfte gleichgerichtet zur vorhandenen Zungenrestspannungskraft. Somit verstärkte sich der Kräfteeintrag über die Stellstangen in den Weichenantrieb. Die Kräfte traten erst mit dem Befahren der Doppelherzstücke durch den ersten Radsatz auf. In der folgenden Abbildung sind die an der Stellstange der DKW 61W350 c/d im Zusammenhang mit einer Zugfahrt auftretenden Kräfte in deren zeitlicher Abfolge dargestellt. Zugkräfte sind im Graphen als positiv abgetragen, während Druckkräfte als negativ dargestellt sind. Die Doppelspitzen stellen jeweils die beiden Radsätze an einem Drehgestell dar.

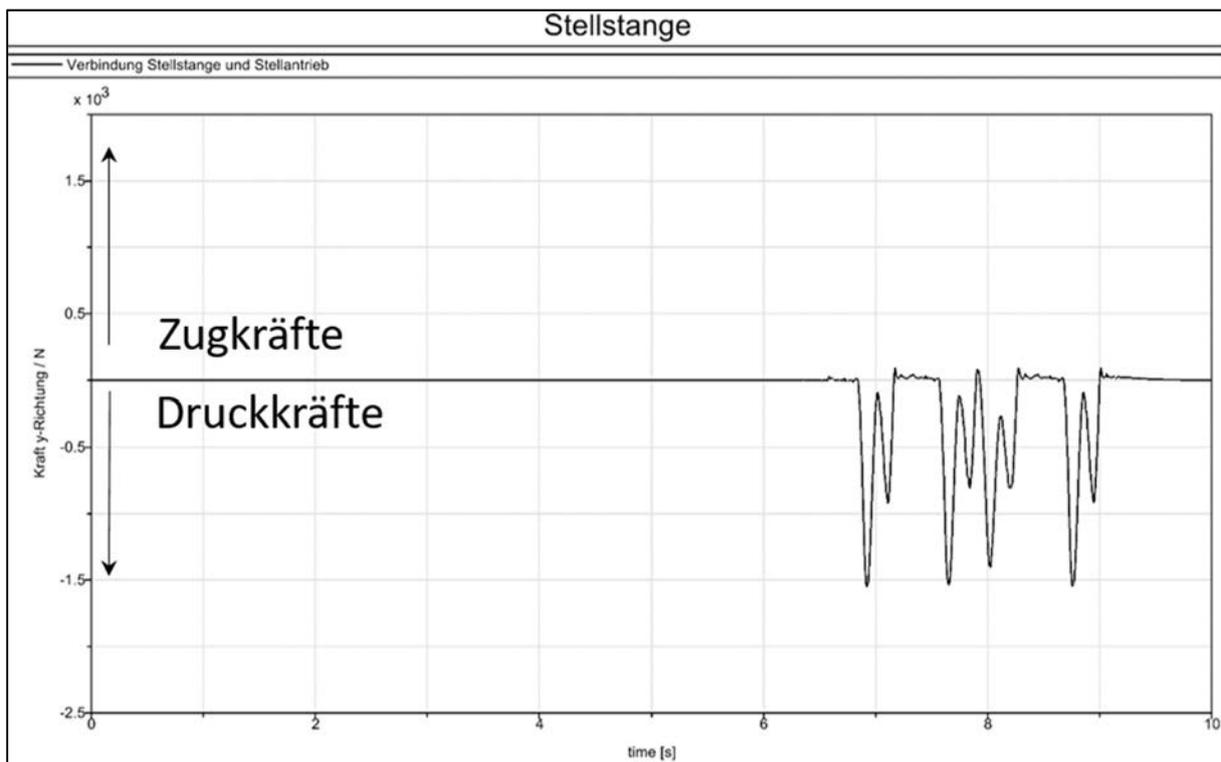


Abbildung 16: Kräfte an der Stellstange¹²

Laut den Simulationsberechnungen traten am oberen Prüferschieber, der mit der abliegenden Weichenzunge im Strang d verbunden war, ausschließlich bei der Überfahrt der Radsätze über die Doppelherzstücke Zugkräfte mit Ausschlägen von 0 N bis zu 1.500 N auf. Die

¹² Quelle: simtes KG, bearbeitet durch BEU

Belastungsspitzen setzten mit dem Befahren der Doppelherzstücke durch den ersten Radsatz ein. Sie deckten sich zeitlich mit den Durchgängen der Radsätze an den Doppelherzstücken, wobei das Maximum jeweils beim ersten Radsatz jedes Drehgestells auftrat. Am unteren Prüferschieber, der an der linken Zunge in Strang d befestigt war, traten hingegen sofort nach dem Befahren der anliegenden linken Weichenzunge durch den ersten Radsatz Zugbelastungen von etwa 300 N an der Prüferstange auf. Kurz bevor der erste Radsatz die Doppelherzstücke erreichte, wirkten über die untere Prüferstange hingegen Druckkräfte in den Antrieb hinein, sodass im Laufe einer Zugfahrt am unteren Prüferschieber im ständigen Wechsel sowohl Zug- als auch Druckkräfte auftraten. Die Kräfte maxima betrug dabei in Zugrichtung etwa 800 N und in Druckrichtung annähernd 2.000 N. Die maximalen Druckkräfte traten hier jeweils beim zweiten Radsatz jedes Drehgestells auf. Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Kräfteinträge auf die Prüferstangen in der zeitlichen Abfolge während einer Zugfahrt über die DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg. Die Kräfte an der oberen Prüferstange sind als schwarze, die an der unteren Prüferstange als rote Linie erkennbar. Positiv aufgetragene Kräfte wirken als Zugkräfte aus dem Weichenantrieb hinaus, negativ aufgetragene Kräfte als Druckkräfte in den Weichenantrieb hinein.

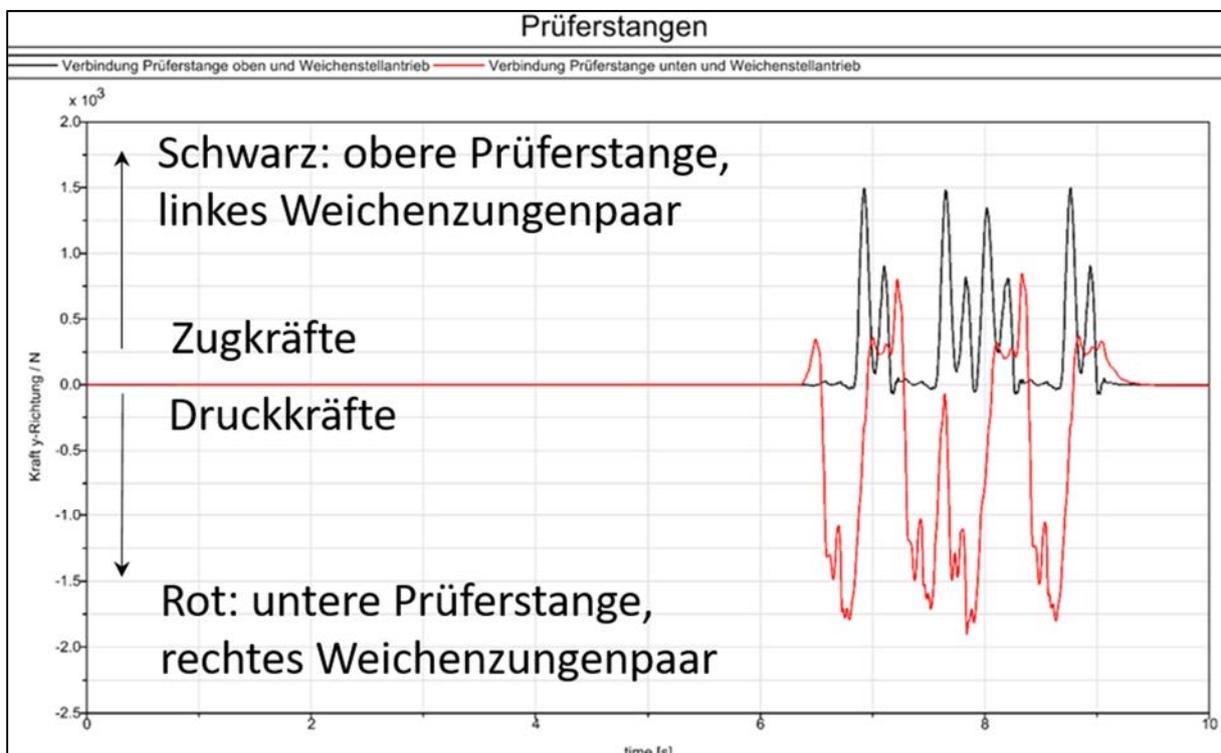


Abbildung 17: Kräfte an Prüferstangen und -schiebern¹³

¹³ Quelle: simtes KG, bearbeitet durch BEU

Der Gutachter stellte in seinem Fazit fest, dass Mängel im Bereich der Fahrbahn bei jeder Zufahrt über die Prüfer- und Stellstangen zu einer Beaufschlagung des Weichenantriebes mit im technischen Lastenheft der DB Netz AG nicht berücksichtigten Lasten führen können.

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 Zug S 75626, ein Halbzug mit vier Fahrzeugen der BR 481/482 fuhr nach planmäßigem Betriebshalt im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn) gegen 21:02 Uhr ab. Die Zustimmung zu der Zugfahrt erfolgte durch Fahrtstellung des Signals 1178.

Während der Zug die DKW 61W350 c/d befuhr, löste sich die interne Verriegelung im Weichenantrieb der Bauart Switchguard ELS 710 auf. Die mechanische Verriegelung der DKW 61W350 c/d wurde in der Folge aufgehoben. Die anliegende linke Zunge im Strang c war dadurch nicht mehr in der Endlage und löste sich von der Backenschiene. In die Lücke zwischen Zunge und Backenschiene fuhren schließlich die linken Spurkränze aller vier Radsätze des letzten Wagens. Sie liefen dadurch zweispurig. Durch den entgleisten Wagen wurden im weiteren Verlauf die DKW 61W350 sowie die Weichen 61W349 und 61W346 erheblich beschädigt.

5.2 Bewertung und Schlussfolgerung

Das Ereignis wurde verursacht durch den Verlust der Endlage der DKW 61W350 c/d im Bf Berlin-Lichtenberg (S-Bahn). Die linke anliegende Weichenzunge verließ die Endlage, nachdem die interne Verriegelung im Weichenantrieb der Bauart Switchguard ELS 710 versagte und damit der mechanische Verschluss der DKW 61W350 c/d aufgehoben wurde. Ursächlich für das Versagen der internen Verriegelung waren aus Einflüssen der Fahrbahn resultierende dauerhaft hohe Belastungen, die durch Schwingungen und Stöße sowohl in vertikaler als auch in transversaler und insbesondere in longitudinaler Richtung in den Weichenantrieb eingeleitet wurden im Zusammenwirken mit einer gegenüber den Vorgaben laut Regelwerk deutlich überschrittenen Zungenrestspannungskraft.

Ereignisursächliche Einflüsse aus den beteiligten Fahrzeugen und den betrieblichen Handlungen der Personale des EVU konnten ausgeschlossen werden.

5.2.1 Einflüsse aus der Fahrbahn

Die DKW 61W350 c/d wurde funktional als einfache Weiche genutzt, ohne sie baulich gegenüber dem Urzustand zu verändern. Die masseschwere, weitgehend frei bewegliche abliegende Weichenzunge im Strang d war ohne für den Betrieb relevante Funktion, verblieb aber nach Vollendung von Umbaumaßnahmen im Jahre 2019 in der Fahrbahn. Es war gerade dieses, für die Weichenfunktion irrelevante, masseschwere und fast uneingeschränkt bewegliche Teil der DKW, das durch Zugfahrten zum Schwingen angeregt wurde. Diese Schwingungen wurden über die Kuppelstange auf die abliegende Weichenzunge im Strang c übertragen. In der Folge kam es durch die Schwingungen an beiden abliegenden Zungen zu einem permanenten direkten Eintrag von Schwingungen und Stößen über die Prüferstangen und die Prüferschieber sowie die Stellstangen in den Weichenantrieb Switchguard ELS 710.

Die DKW 61W350 wurde fast ausschließlich durch beschleunigende Fahrzeuge der BR 481/482 und in der Relation von c nach a befahren. Dies führte zu permanent hohen und im Wesentlichen gleich gerichteten Lasteinträgen in die Fahrbahn. Infolge der einseitigen Belastungen aus dem laufenden Eisenbahnbetrieb kam es zu Abnutzungserscheinungen, die vor allem am Herzstück zwischen den Strängen c und d der DKW festgestellt wurden. Zudem prägten sich durch sie periodische Richtungsfehler aus, die zwar die Eingriffsschwellen laut Ril 821.2001 nicht erreichten, sich aber aus sich selbst heraus sukzessive verstärkten. Die Vergussmasse an den im Januar 2019 mit dem Traversenverfahren der Firma Rhomberg Sersa AG ertüchtigten Schwellen wies teilweise Risse und Ausbrüche auf. Die Rippenplatten hatten sich bei einigen Schwellen in das Schwellenmaterial eingearbeitet. Teilweise waren die Verbindungen zwischen Schienen, Rippenplatten und Schwellen nicht mehr kraftschlüssig verspannt. Welchen Anteil die permanent einseitigen Belastungen durch Zugfahrten oder die Abweichung von den Einsatzbedingungen bei der Durchführung des Traversenverfahrens an den festgestellten Mängeln der Fahrbahn hatten, war im Rahmen der Untersuchung nicht feststellbar. Am linken Doppelherzstück der DKW wurde bei der Untersuchung eine Hohlage festgestellt, die an der linken Zunge zu Torsionsbewegungen und einem daraus resultierenden welligen Fahrspiegel führte. Die Tatsache, dass sich das gleiche Muster im Fahrspiegel nur kurze Zeit nach dem Austausch der kompletten Zungenvorrichtung bereits wiedereingestellt hatte, ließ auf den unveränderten Fortbestand der Ursache dafür auch nach dem Tausch schließen. In den vorgelegten Messschrieben der Gleismessfahrzeuge und der Ersatzmessung mit dem System „Krabbe“ nach dem Ereignis sowie in den

Weichenprüfprotokollen machten sich die im Bereich der DKW 61W350 festgestellten Unzulänglichkeiten in der Fahrbahn jedoch nicht als Fehler bemerkbar, die nach dem der Ril 821.2001 sofortige oder kurzfristige Maßnahmen zu deren Eliminierung erfordert hätten.

Die simtes KG führte im Auftrag der BEU Simulationsrechnungen der Weichenüberfahrt von S-Bahn-Zügen mit einem Mehrkörpermodell durch. Die Ergebnisse wurden in einem Gutachten zusammengefasst und lassen den Schluss zu, dass wesentliche Einflüsse, die letztendlich zum Versagen der inneren Verriegelung des Weichenantriebes führten, aus der vorhandenen weitgehend frei beweglichen masseschweren abliegenden Zunge des Strangs d, die ohne relevante Funktion für den Betrieb als einfache Weiche war, herrührten. Die festgestellten Unzulänglichkeiten in der Gleislage, insbesondere die Hohllagen im Bereich des linken Doppelherzstücks, hatten dabei einen wesentlichen Einfluss auf die Amplitude der Schwingungen an den abliegenden Zungenspitzen und, daraus resultierend, auf die Größe der über die Prüferstangen und die Stellstangen direkt in den Weichenantrieb eingeleiteten Kräfte.

5.2.2 Einflüsse aus der Leit- und Sicherungstechnik

Der Weichenantrieb Swichguard ELS 710 war bezüglich der internen Verriegelung gegenüber den Vorgängermodellen wesentlich geändert. Die interne Verriegelung des Antriebes wurde im Gegensatz zu den Vorgängerantrieben nach dem Erreichen der Endlage nicht durch eine kraftschlüssige Komponente in ihrer Position gehalten. Dadurch war der Weichenantrieb empfindlicher als seine Vorgänger gegen äußere Schwingungseinflüsse. Es ist anzunehmen, dass es an der Kontaktfläche zwischen dem Sperrstück und der Festhaltekupplung durch hochfrequente Schwingungs- und Stoßeinträge aus der Fahrbahn immer wieder zu einem Wechsel zwischen Be- und Entlastungen kam. Entlastungen konnten bewirken, dass die unzulässig hohe Zungenrestspannungskraft kurzzeitig ausreichte, um die Federkraft der Druckfedern am Sperrschieber und die Kraft aus der Haftreibung an der Kontaktfläche zwischen dem Sperrstück und der Festhaltekupplung zu überwinden. Das Sperrstück wurde dadurch bei Entlastungen ausreichender Größe um Millimeterbruchteile entlang der Kontaktfläche verschoben. Bei jeder dieser Verschiebungen nahm das Sperrstück den Sperrschieber mit. Die Verschiebung kam bei jeder Phase der Belastung zum Stillstand. Die Bewegung des Sperrstücks in Richtung Entriegelung konnte aber auch in den Phasen der Entlastung nicht oder nur teilweise durch die Druckfedern am Sperrschieber reversiert werden. Die Versuche am Isolierstoß im Bf Diedersdorf bestätigten einerseits, dass das

Ereignis in der so rekonstruierten Art und Weise abgelaufen sein könnte. Andererseits war anhand der Versuche aber auch erkennbar, dass der Weichenantrieb durchaus den Vorgaben der DIN EN 50125-3 entsprach und ein Versagen des Antriebs erst eintrat, wenn die Zungenrestspannungskraft einen Wert von 1.500 N überschritt. Inwieweit eine direkte Krafteinleitung aus der Fahrbahn über die Prüferschieber zum Sperrschieber einen beitragenden Einfluss auf die Auflösung der Verriegelung hätte haben können, war mit der im Bf Diedersdorf verwendeten Versuchsanordnung jedoch nicht festzustellen. Die Ergebnisse der Simulation der simtes KG legten indes den Schluss nahe, dass ein solcher Einfluss vorhanden war und damit wesentlich zum Eintritt des Ereignisses beitrug. Letztendlich kam es durch die sukzessive Verschiebung des Sperrstücks und, damit verbunden, der des Sperrschiebers zunächst zur Auflösung der internen Verriegelung. Anschließend erfolgte die Entriegelung des Verschlusses der Weiche, was zum Verlust von deren Endlage und zur Entgleisung des Zuges führte.

5.2.3 Einflüsse aus den betrieblichen Handlungen des EIU

Durch den Bediener wurde nach Ril 482.9001 die Schlussfolgerung getroffen, dass die Auffahrmeldungen unzeitig erfolgten. Alle Bedienhandlungen im Zusammenhang mit den unzeitigen Auffahrmeldungen im ESTW fanden nach Ril 482.9001 zulässig statt. Es konnten keine Bedienhandlungen im ESTW festgestellt werden, die als ereignisursächlich eingestuft wurden.

Es ist davon auszugehen, dass die unzeitigen Auffahrmeldungen durch die Verringerung oder den vollständigen Verlust der Verschlussüberdeckung im Weichenantrieb Switchguard ELS 710 ausgelöst wurden.

Die DKW 61W350 c/d wurde überwiegend in der gleichen Stellung befahren. Häufige Umstellvorgänge waren aus diesem Grund nicht erforderlich. Die Verringerung der Verschlussüberdeckung innerhalb des Weichenantriebs wurde durch die geringe Anzahl an Stellbewegungen begünstigt. Jeder Umstellvorgang hätte die interne Verriegelung wieder vollständig hergestellt. Die Verringerung der Verschlussüberdeckung oder eine gelöste interne Verriegelung hätte lediglich unmittelbar nach der unzeitigen Auffahrmeldung und vor der Bedienhandlung zur Herstellung einer Endlage, direkt am Weichenantrieb, erkannt werden können. Die Bedienhandlungen des Fdl erfolgten nach Ril 482.9001 zulässig. Das mögliche

Fehlen von Meldungen an die EVZS und fehlende Einträge im ASB sind aufgrund der oben genannten Tatsache der Erkennbarkeit ebenfalls nicht als ereignisursächlich anzusehen.

Der Zeitraum zwischen unzeitiger Auffahrmeldung und der letzten Umstellung der DKW 61W350 c/d variierte zwischen 03:46 h und 15:10 h. Ein Zusammenhang zwischen dem Verfahren der Umstellung der Weichen innerhalb von 24 Stunden und der Auflösung der internen Verriegelung ließ sich nicht feststellen.

6 Bisher getroffene Maßnahmen

Die DB Netz AG wies als Sofortmaßnahme an, dass alle Weichen, die mit einem Weichenantrieb der Bauform Switchguard ELS 710 ausgerüstet waren, spätestens alle vier Stunden einmal umzustellen waren. Die Antriebe der Bauart Switchguard ELS 710 wurden zwischenzeitlich durch Antriebe anderer Bauarten ersetzt. Die Firma Siemens Mobility GmbH hat den Antrieb der Bauart Switchguard ELS 710 konstruktiv in einer Art und Weise verändert, dass unbeabsichtigte Bewegungen des Sperrstücks vollständig unterbunden bzw. reversiert werden.

7 Sicherheitsempfehlungen

Auf Grund der erfolgten Maßnahmen des Infrastrukturbetreibers und des Weichenantriebherstellers wurde auf eine Sicherheitsempfehlung verzichtet.