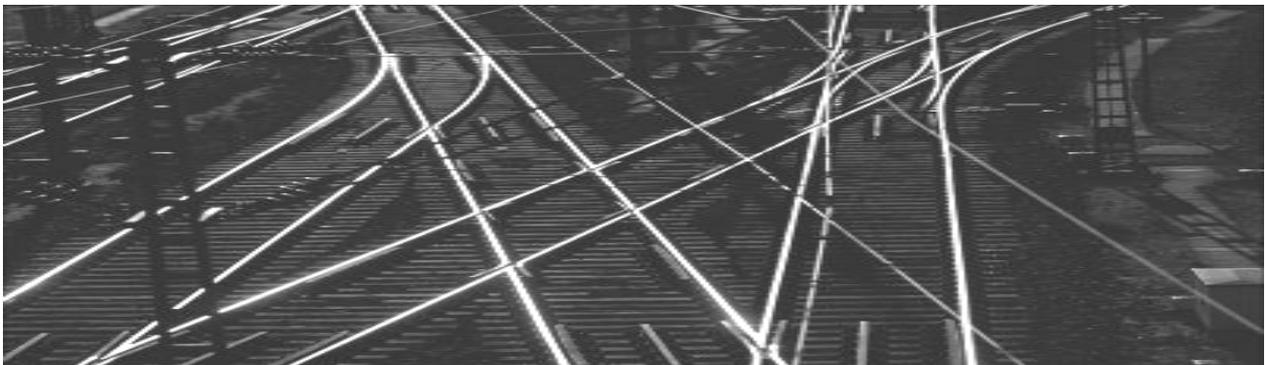




Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: 60uu2011-05/159

Datum: 25.02.2013



Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb

Ereignisart:	Zugentgleisung
Datum:	20.05.2011
Zeit:	13:06 Uhr
Bahnhof:	Müllheim (Baden)
Gleis:	12/2
Kilometer:	237,000

Veröffentlicht durch:

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung,

Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes

Robert-Schuman-Platz 1

53175 Bonn

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1	Zusammenfassung 7
1.1	Hergang 7
1.2	Folgen 7
1.3	Ursachen 7
2	Vorbemerkungen 9
2.1	Organisatorischer Hinweis 9
2.2	Ziel der Eisenbahn-Unfalluntersuchung..... 9
2.3	Mitwirkende..... 10
3	Ereignis 10
3.1	Ereignishergang..... 10
3.2	Todesopfer, Verletzte und Sachschäden..... 12
3.3	Wetterbedingungen 12
4	Untersuchungsprotokoll 13
4.1	Zusammenfassung von Aussagen 13
4.2	Notfallmanagement..... 13
4.3	Untersuchung der Infrastruktur 14
4.4	Untersuchung Leit- und Sicherungstechnik 15
4.4.1	Stellwerk Müllheim (Baden)..... 15
4.4.2	Heißläuferortungsanlagen 15
4.4.3	LZB-Zentralen Leutersberg und Weil (Rhein)..... 16
4.5	Untersuchung der betrieblichen Handlungen 17
4.5.1	Handlungsabläufe des Triebfahrzeugführers 43777 17
4.5.2	Fahrdienst auf den Betriebsstellen 19
4.6	Untersuchung von Fahrzeugen 20
4.6.1	Sichtprüfung..... 20

Untersuchungsbericht

Zugentgleisung, 20.05.2011, Müllheim (Baden)

4.6.2	Werkstofftechnische Untersuchung	23
4.6.3	Radverschiebungen.....	26
5	Auswertung und Schlussfolgerungen.....	27
6	Bisher getroffene Maßnahmen der Beteiligten	29

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1: Aufnahmen von der Unfallstelle	8
Abb. 2: Auffindeort Radscheibenbruchstück	10
Abb. 3: Lageplan Bf Müllheim (Baden).....	11
Abb. 4: Weiche 10 in Fahrtrichtung TEC 43777 sowie Detailaufnahme Flügelschiene	11
Abb. 3: Zusammenstellung der Heißläuferortungsanlagen	15
Abb. 5: zerstörtes Linienleiterkabel, km 224,649	16
Abb. 6: Standort des Zuges.....	17
Abb. 7: Anordnung der Radsätze im Containertragwagen	21
Abb. 8: Schadenszuordnung	21
Abb. 9: beschädigte Radsätze	23
Abb. 10: Zusammenstellung der durchgeführten fahrzeugtechnischen Untersuchungen.....	25
Abb. 11: Aufpresskräfte gemäß Aufpressprotokollen.....	26
Abb. 12: Ausgangspunkt des Ermüdungsrisses und Fortentwicklung	27
Abb. 13: Wärmeeinflusszonen	28

Abkürzungsverzeichnis

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
AVV	Allgemeiner Vertrag zur Verwendung von Güterwagen
BAV	Bundesamt für Güterverkehr
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr Bau- und Stadtentwicklung
BPol	Bundespolizei
DAG	Datenaufzeichnungsgerät
BÜ	Bahnübergang
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBL	Eisenbahnbetriebsleiter
EBO	Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ERA	Europäische Eisenbahn Agentur
ESO	Eisenbahnsignalordnung
EUB	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes
EUV	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
Gbf	Güterbahnhof
HOA	Heißläuferortungsanlage
LeiDis-N	Leitsystem Disposition Netz
LZB	Linienzugbeeinflussung
NE	Nichtbundeseigene Eisenbahn
Nmg	Notfallmanager
Ril	Richtlinie
SB	Sicherheitsbehörde
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SMS	Sicherheitsmanagementsystem

1 Zusammenfassung

1.1 Hergang

TEC 43777 (Köln Eifeltor – Gallerate) entgleist bei der Fahrt durch Gleis 12/2 in km 237,000 im Bf Müllheim (Baden) mit sieben Wagen. Das führende Triebfahrzeug sowie die ersten 16 Wagen kommen nach dem Ereignis in km 237,824 im Gleis 12 zum Stehen. Der Wagen 17 entgleist mit beiden Drehgestellen in Höhe der Weiche 10 in km 237,000 und liegt quer über beide Hauptgleise und auf dem Mittelbahnsteig in km 237,193. Der Wagen 18 verkeilt sich in den Wagen 17 und bleibt in Seitenlage einschließlich der Wechselaufbauten auf dem Nordteil des Mittelbahnsteiges liegen. Die Wagen 18 bis 21 entgleisen mit allen Radsätzen und bleiben teilweise in Schräglage hinter den vorgenannten Wagen liegen. Die Wagen 22 und 23 entgleisen mit je einem Radsatz. Die im Zugverband am Schluss laufenden Wagen 24 und 25 entgleisen nicht.

1.2 Folgen

Der 17. und 18. Wagen einschließlich der Wechselaufbauten werden total zerstört. Die nachfolgenden Wagen 19 bis 23 werden erheblich beschädigt. Aus dem zerstörten Tankcontainer des Wagens 17 tritt eine geringfügige Menge Harzlösung (Gefahrgut; entzündbar; UN-Nr. 1866) aus. Infolge der Zugtrennung werden die Zug- und Stoßeinrichtung sowie die Schlauchverbindung des Wagens 15 beschädigt. Die Gleisanlagen sowie Fahrleitungs- und Signalanlagen im nördlichen Abschnitt des Bf Müllheim werden erheblich beschädigt bzw. total zerstört. Im Weiteren werden zwischen den Betriebsstellen Bad Krotzingen und Müllheim (Baden) mehrere Betonschwellen zerstört bzw. beschädigt vorgefunden. Im km 224,963 zwischen Bad Krotzingen und Heitersheim wird darüber hinaus noch ein Linienleiterkabel durchtrennt.

1.3 Ursachen

Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen ist davon auszugehen, dass die Entgleisung letztlich die Folge eines Radscheibenbruches am Radsatz 650030 des Wagens 3385 4556 820-0 darstellt. Der Radscheibenbruch erfolgte bereits ca. 12 km vor der späteren Entgleisungsstelle und ist auf einen Ermüdungsriss zurückzuführen, der sich an Fase der Radscheibe entwickelte. Im Ergebnis der durchgeführten werkstofftechnischen Untersuchungen konnte die Rissentstehung auf eine thermische Überbeanspruchung zurück geführt werden, die offenbar durch eine überschleifende Bremsklotzsohle verursacht wurde.



Abb. 1: Aufnahmen von der Unfallstelle

Quelle: BPol

2 Vorbemerkungen

2.1 Organisatorischer Hinweis

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

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

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

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

2.2 Ziel der Eisenbahn-Unfalluntersuchung

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

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

2.3 Mitwirkende

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

- DB Systemtechnik GmbH, Werkstofftechnik/Schwachstellenanalyse, Brandenburg-Kirchmöser
- DB AG, Zentrale Auswertstelle (ZAS), Nürnberg

3 Ereignis

3.1 Ereignisgang

Zwischen den Betriebsstellen Bad Krotzingen und Heitersheim - ca. in km 224,900 - bricht bei dem Wagen (Sgns 3385 4556 820-0) eine Radscheibe des nachlaufenden Radsatzes 650030 im vorauslaufenden Drehgestell. Ein Bruchstück des Rades wurde westlich des Gleises (in Fahrtrichtung Müllheim rechts) aufgefunden.



Abb. 2: Auffindeort Radscheibenbruchstück

Quelle: BPol

Nach Einfahrt auf Hauptsignal in den Bf Müllheim (Baden) kollidieren Teile dieses Wagens mit der Flügelschiene der Weiche 10 und es kommt zur Entgleisung des Zuges.

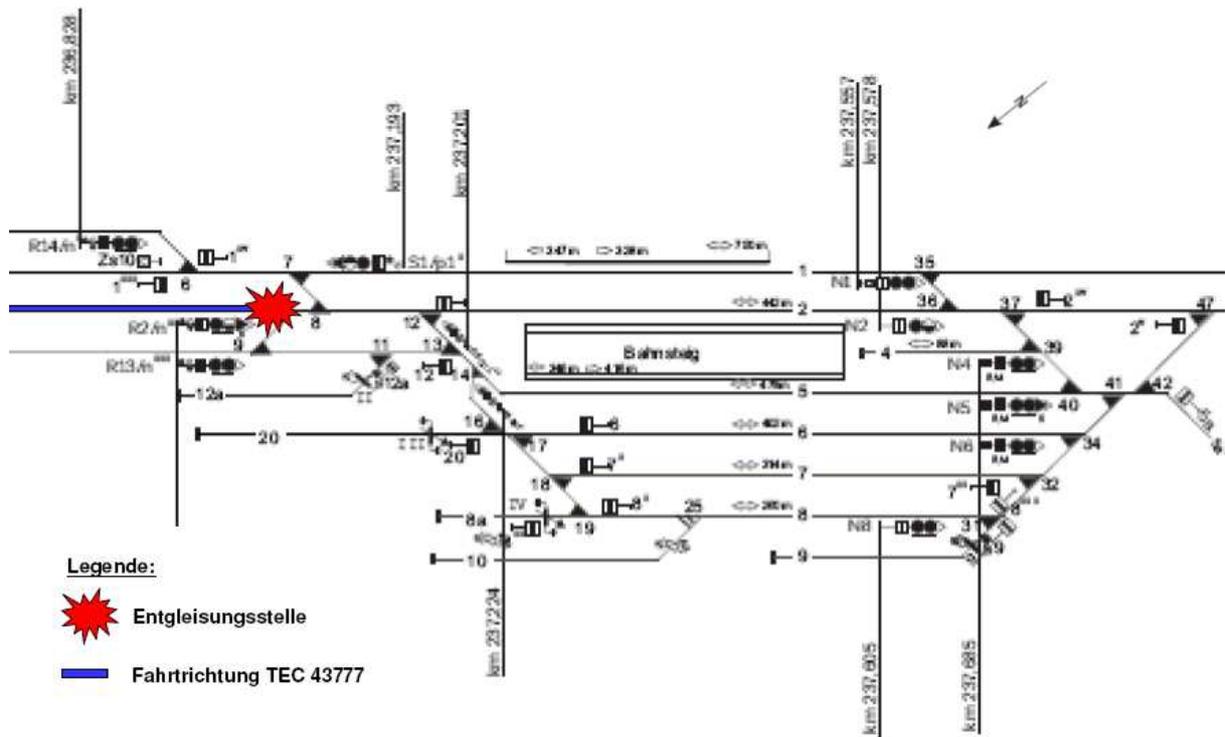


Abb. 3: Lageplan Bf Müllheim (Baden)

Quelle: DB Netz AG



Abb. 4: Weiche 10 in Fahrtrichtung TEC 43777 sowie Detailaufnahme Flügelnschiene

Quelle: BPol

In Folge der Entgleisung des 17. Wagens trennt sich der Zugverband. Der vordere Zugteil mit den an 1. bis 16. Stelle laufenden Wagen kommt nach der zugtrennungsbedingten

Zwangsbremmung in km 237,824 zum Stillstand. Der 16. Wagen des vorderen Zugteils kommt in km 237,430 zum Stillstand.

Der entgleiste Wagen 17 (Sgns 3385 4556 820-0) des hinteren Zugteils verliert seinen Wechselaufbau und bleibt quer über beide Hauptgleise und dem nördlichen Teil des Mittelbahnsteiges in km 237,193 liegen. Dabei werden alle vier Radsätze beider Drehgestelle abgerissen. Der Wechselaufbau prallt gegen einen Oberleitungsmast. Hierbei wird der Mast abgeknickt und der Tankcontainer beschädigt und es kommt zum Gefahrgutaustritt (Harzlösung, UN-Nr. 1866). Wagen 18 (Sgns 3368 4575 435-5) verkeilt sich in den davor laufenden Wagen 17 und kippt um. Wagen und Wechselaufbau bleiben in Seitenlage stark beschädigt auf dem Mittelbahnsteig liegen. Die Radsätze werden abgerissen. In Folge kommt es zum Austritt der in den Containern befindlichen Ladung. Die Wagen 19 (Sggn 3385 4576 599-6) und 20 (Sdgm 8385 4754 782-1) entgleisen mit allen Achsen und verkeilen sich hinter Wagen 18. Beide Wagen bleiben in Schräglage liegen. Der Wagen 21 (Sdgn 33 85 4506 579-3) entgleist mit allen Radsätzen. Der Wagen 22 (Sgns 3385 4575 297-8) entgleist mit dem vorderen Drehgestell. Wagen 23 (Sggn 3385 4576 573-1) entgleist mit einem Radsatz des vorderen Drehgestells. Die am Schluss laufenden Wagen 24 und 25 entgleisen nicht.

3.2 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden

Bei der Zugentgleisung sind Sachschäden entstanden, die durch den Infrastrukturbetreiber wie folgt beziffert wurden:

- | | |
|---|------------------------|
| • Schienenfahrzeuge | ca.: 105.000,00 Euro |
| • Bauliche Anlagen: | ca.: 2.000.000,00 Euro |
| • Hoch – u. Kunstbauten: | ca.: 3.500,00 Euro |
| • Sicherheits- und Telekommunikationsanlagen: | ca.: 50.000,00 Euro |
| • Maschinen – und elektrotechnische Anlagen: | ca.: 150.000,00 Euro |
| • Sonstige Sachschäden der Bahn | ca.: 3.006.385,00 Euro |
| • Bodenverunreinigung: | ca.: 20.000,00 Euro |
| • Sonstige Sachschäden Dritter | ca.: 5.000.000,00 Euro |

3.3 Wetterbedingungen

Zum Ereigniszeitpunkt waren die Sichtverhältnisse nicht eingeschränkt.

4 Untersuchungsprotokoll

4.1 Zusammenfassung von Aussagen

Aussage des Triebfahrzeugführers TEC 43777

Er habe in Offenburg Gbf den Auftrag erhalten den Zug 43777 mit der Zuglok 145 070-9 nach Basel SBB zu befördern. In Offenburg Gbf, Gleis A6 sei von ihm die vereinfachte Bremsprobe durchgeführt worden. Der Zug sei seit 5:45 Uhr abgestellt gewesen und das Triebfahrzeug mit Federspeicherbremse gesichert gewesen. Bei der Durchfahrt in Müllheim habe er einen Ruck verspürt und die schwankende Oberleitung wahrgenommen. Er habe eine Schnellbremsung vorgenommen, den Stromabnehmer gesenkt und den Notruf abgesetzt.

Aussage des Fahrdienstleiters Müllheim (Baden)

Er habe die Ein- und Ausfahrt für Zug 43777 gestellt. Bei der Vorbeifahrt des Zuges am Stellwerk, habe Zug 43777 eine „Notbremsung“ bekommen und auf dem Stellisch sei „alles rot“ gewesen. Beim Blick aus dem Fenster in Richtung Norden habe er und seine Kollegen eine große Staubwolke gesehen. Nachdem diese sich legte, habe er und seine Kollegen festgestellt, dass sich einige Wagen vom Zug gelöst hatten und entgleist waren. Er habe den Selbststellbetrieb (SB) zurückgenommen und die Notfalleitstelle informiert. Weitere Züge seien in seinem Stellbereich nicht unterwegs gewesen.

4.2 Notfallmanagement

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

Die Feuerwehr Müllheim (Baden) wurde um 13:02 Uhr über die Leitstelle mit dem Zusatz „Gefahrgutunfall“ informiert. Um 13:13 Uhr traf der Gefahrgutzug an der Ereignisstelle ein. Im Anschluss wurde seitens des Einsatzleiters der Feuerwehr ein Absperrbereich von 50 m eingerichtet und eine Evakuierung im Umkreis von 100 m veranlasst. Nach Angaben des Landratsamtes Breisgau-Hochschwarzwald; Fachbereich Brand -und Katastrophenschutz traf der Notfallmanager der DB Netz AG um 13:40 Uhr an der Unfallstelle ein. Die Meldung über die

Freischaltung der Speiseleitung erfolgte um 14:39 Uhr. Die Erdung der Oberleitung erfolgte um 14:10 Uhr durch den Notfallmanager. Unter Einhaltung entsprechender Vorgaben wie der DIN VDE 0132 „Brandbekämpfung und Technische Hilfeleistung im Bereich elektrischer Anlagen“ sind erste Hilfsmaßnahmen auch möglich, wenn Leitungen unter Spannung stehen. Bezüglich der Bahnerdung von Oberleitungen steht der Notfallmanager als Fachberater nach den Vorgaben der Ril 123 den Rettungskräften zur Verfügung. Dementsprechend ist der Notfallmanager als Erdungsberechtigter materiell ausgerüstet. Für die Erdung der Speiseleitungen sind spezielle Erdungsvorrichtungen erforderlich. Diese Erdungen erfolgen an entsprechend ausgerüsteten Oberleitungsmasten. Eine Speiseleitungserdung erfolgt daher ausschließlich durch eine elektrotechnische Fachkraft. Zeitliche Vorgaben analog den Bestimmungen der Ril 123 für das Notfallmanagement sind nicht hinterlegt und existieren nicht.

Eine Stoffidentifikation der im Zugverband mitgeführten Ladungen einschließlich des Gefahrgutes konnte zunächst nicht vorgenommen werden, da die herum liegenden Gefahrgutcontainer von den zugehörigen Fahrgestellen abgerissen und auch die zugehörige Beschriftung sowie die Gefahrgutkennzeichnung wegen der Schräglage nicht erkennbar gewesen seien. Zum Verbleib bzw. Entnahme der Frachtpapiere vom Triebfahrzeug liegen widersprüchliche Informationen vor. Wann und durch wen die Papiere vom Triebfahrzeug in Verwahrung genommen wurden konnte nicht abschließend geklärt werden.

4.3 Untersuchung der Infrastruktur

Bei der Strecke 4000, Offenburg – Basel, handelt es sich um eine zweigleisige, elektrifizierte Hauptbahn. Der an der Entgleisungsstelle befindliche Oberbau war technisch in einwandfreiem Zustand und hatte die Zugentgleisung nicht begünstigt oder verursacht. Auch bei der Überprüfung der für den Zustand des Oberbaus einschlägigen Messprotokolle waren keine Anzeichen auf bereits vorhandene sicherheitsrelevante Mängel erkennbar. Auf Grund von Bauarbeiten war im Gleis 12 eine Langsamfahrstelle (Schutz-La) mit 120 km/h eingerichtet.

Bei den beginnend mit den Anschlagspuren auf der Flügelschiene der Weiche 10 festgestellten Schäden an der Infrastruktur im Bf Müllheim handelt es sich gesamthaft um entgleisungsbedingte Folgeschäden, die als nicht entgleisungsursächlich einzustufen sind.

Zwischen den Betriebstellen Bad Krotzingen und Heitersheim im Bereich von ca. km 224,225 -225,000 wurden Bruchstücke eines Bremsklotzes und einer Radscheibe sowie mehrere beschädigte Betonschwellen und Beschädigungen des Linienleiterkabels aufgefunden.

Die augenscheinliche Überprüfung aller zwischen Bad Krotzingen und Müllheim (Baden) befahrenen Weichen war unauffällig und es wurden keine Anfahrtschäden festgestellt. Auch

wiesen die zugehörigen Weichenprüfblätter keine sicherheitsrelevanten Maßüberschreitungen auf.

4.4 Untersuchung Leit- und Sicherungstechnik

4.4.1 Stellwerk Müllheim (Baden)

Es handelt sich um ein Gleisbildstellwerk der Stellwerksbauform „Spurplan Dr L 60 mit LZB CIR ELKE“ und Teilblock innerhalb des Bahnhofs Müllheim (Baden).

*:CIR Elke = besondere Form der LZB auf dem Streckenabschnitt Offenburg - Basel

Auf weitergehende Untersuchungen kann verzichtet werden, da keine Indizien auf eine entgleisungsursächliche Fehlfunktion in der Stellwerkslogik hindeuten.

4.4.2 Heißläuferortungsanlagen

Die im Laufweg der Zugfahrt liegenden HOA wurden ausgelesen und lieferten keine Hinweise auf einen sich entwickelnden Heißläufer, auch wenn die Datensätze der HOA Forchheim nicht auslesbar waren. Nach Durchfahrung der letzten HOA in Orschweier legte der Zug bis zum Bruch der Radscheibe noch ca. 52 km zurück.

HOA (Ortsangabe)	km Angabe	Uhrzeitangabe	Streckenabschnitt	Befund
Bad Breisig	56,629	01:13:45*	Köln-Bingen	ohne Befund
Niederheimbach	142,290	02:16:04*	Köln-Bingen	ohne Befund
Waghäusel	28,515	03:52:09*	Hockenheim-Graben-Neudorf	ohne Befund
Forchheim	70,701		Karlsruhe - Offenburg	Datensätze nicht lesbar
Önsbach	128,030	04:56:18**	Karlsruhe - Offenburg	ohne Befund
Orschweier***	171,600	12:11:05*	Offenburg – Freiburg (Brsg.)	ohne Befund

*Zeitangaben entsprechen nicht Echtzeit

** Zeitangabe wurde um 60 min korrigiert

*** letzte Heißläuferortungsanlage Richtung Basel vor Müllheim (Baden)

Abb. 3: Zusammenstellung der Heißläuferortungsanlagen

4.4.3 LZB-Zentralen Leutersberg und Weil (Rhein)

Während der Zugfahrt des TEC 43777 ist es zu einer Störmeldung bei der LZB-Zentrale Leutersberg gekommen. Störmeldungen werden im LZB-Bedienterminal im Datenaufzeichnungsgerät (DAG) angezeigt, parallel automatisch am Drucker ausgedruckt und es ertönt eine akustische Meldung. Näheres zur Abarbeitung ist in Kapitel 4.5.3.2 dargestellt.



Das Programm der LZB – Rechner und der LZB-Triebfahrzeugrechner ist in der LZB-Zentrale derart ausgelegt, dass es bei einem Ausfall einer Kurzschleife (LL 300, bzw. das nicht Erkennen von 3 Kreuzungsstellen) zu keinem dauerhaften Übertragungsausfall zwischen Triebfahrzeug und LZB-Zentrale kommt. Fährt das Triebfahrzeug nach 300 m in eine intakte Kurzschleife ein, wird der Telegrammverkehr wieder aufgenommen.

Abb. 5: zerstörtes Linienleiterkabel, km 224,649

Quelle: BPol

Das Linienleiterinnenkabel wurde zwischen km 224,370 – 224,990 mehrfach beschädigt. In der LZB-Zentrale Leutersberg wurde in km 224,649 eine Meldung über ein zerstörtes Linienleiterkabel aufgezeichnet „FSG Ausfall (671)“. Aufgrund der Zugbildung beträgt der Abstand zwischen dem führenden Fahrzeug und der für die Zerstörung des Linienleiterkabels verursachenden Radscheibe im ersten Drehgestell des 17. Wagens ca. 376 m. Hieraus ergibt sich, dass sich das führende Triebfahrzeug zum Zeitpunkt des Ausfalls ca. im km 225,025 befand. Wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist, befand sich das führende Fahrzeug, zum Zeitpunkt der Zerstörung des Linienleiters im Grobort 66, bereits in einer folgenden intakten Kurzschleife im Grobort 70. Demzufolge war der Datenverkehr zwischen dem Triebfahrzeug und der LZB-Zentrale gewährleistet. Die Angaben der LZB-Auswertung korrelieren mit den Daten (EFR) des führenden Triebfahrzeuges des 43777.

218,903 und 237,824 permanent an. Die Angaben der EFR korrelieren mit der Auswertung der LZB-Datenübertragung.

4.5.1.1 Auswertung der elektronischen Fahrtenregistrierung (EFR)

Das Triebfahrzeug ist mit einer induktiven Zugsicherungsanlage der Bauform LZB 80/180; System PZB 90 mit Elektronischer Fahrten-Registrierung auf DSK 20 ausgerüstet. Am Datensteller war die Bremsart 4 und 80 Brems Hundertstel (schnellwirkend) eingegeben worden. Die Zugleistung wurde im zu untersuchenden Streckenabschnitt zwischen km 218,903 und km 237,824 im LZB-Betrieb gefahren. In diesem Streckenabschnitt ist in der Fahrten-Registrierung des führenden Fahrzeuges kein LZB-Übertragungsausfall (Spur „Ü“) registriert. Laut Fahrten-Registrierung durchfuhr das führende Triebfahrzeug um 12:50:59 Uhr (DSK-Zeit*) mit 98 km/h den Abschnitt des beschädigten Linienleiterkabels in km 224,649. Im Fahrabschnitt mit aktiver LZB-Führung sind die nach Fahrplan (EBuLa) zulässigen Geschwindigkeiten nicht zu Grunde zu legen. Die Aufzeichnungen wurden auf die Streckenkilometrierung bezogen auf den Standort des führenden Triebfahrzeuges in km 237,824 normiert. Die gefahrene Geschwindigkeit betrug vor dem Ereignis 72 km/h. In km 237,441 um 12:59:34 Uhr (DSK-Zeit*) beginnt die registrierte Geschwindigkeitsreduzierung bis zum Stillstand. Die Fahraufzeichnung ergibt einen Bremsweg (ab Beginn der Geschwindigkeitsreduzierung bis zum Fahrzeugstillstand) von ca. 383 m bei einer Bremszeit von 30s. Die Einleitung einer Schnellbremsung durch den Triebfahrzeugführer bzw. die Druckabsenkung in Folge der Zugtrennung (Spurwechsel von „L“ auf „0“) bei einem Hauptluftleitungsdruck von < 2,2 bar ist in der Fahrtenregistrierung nicht nachweisbar. Der exakte Zeitpunkt bzw. die gefahrene Geschwindigkeit bei Eintritt des Ereignisses (Entgleisung und Zugtrennung) ist nach der Aufzeichnung nicht unmittelbar ersichtlich.

*DSK-Zeit entspricht nicht Echtzeit

4.5.1.2 Auswertung von Sprachaufzeichnungen

Die protokollierte Sprachaufzeichnung zwischen dem Fahrdienstleiter Müllheim (Baden) und dem Triebfahrzeugführer 43777 wurde ausgewertet. Rückschlüsse bezüglich der Unfallursache lassen sich aus dem Gesprächsinhalt nicht ableiten. Die Gesprächsinhalte sind für die Unfalluntersuchung nicht relevant.

4.5.2 Fahrdienst auf den Betriebsstellen

4.5.2.1 Fahrdienstleiter Müllheim (Baden)

Die Durchführung der Zugfahrt 43777 regelt der Fahrdienstleiter des Stellwerkes „Mf“ im Bf Müllheim (Baden). Die Zugfahrten werden für die durchgehenden Hauptgleise im Selbststellbetrieb mit Zuglenkung durchgeführt. Die Zugfahrt 43777 wurde auf Hauptsignal durchgeführt. Im relevanten Zeitraum verkehrten im Stellbereich des Stellwerks „Mf“ keine weiteren Züge.

Bei der Überprüfung des Arbeitsplatzes wurde eine Abweichung von Zählwerkstand und den im Nachweis der Zählwerke zu dokumentierenden Hilfshandlungen festgestellt. Hierbei handelte es sich um

- Fahrstraßenhilfstaste für die Gesamtauflösung von Zugstraßen (FHT GAZ) von Nr. 61027 bis 61030,
- Durchrutschweghilfstaste (DHT) Nr. 1171 und
- Gesamtzählwerk (GZ) von Nr. 69376 bis 69380.

Diese konnten mit einer im Frühdienst bedingten Fahrstraßenhilfsauflösung (Teilfahrstraßen) einschließlich Durchrutschwegauflösung belegt und plausibel erläutert werden. Eine unfallursächliche betriebliche Fehlhandlung ist auszuschließen

4.5.2.2 Fahrdienstleiter Leutersberg

Die im LZB-Bedienerterminal aufgelaufene Störmeldung ist gemäß Ril 482.9025L72CE „Signalanlagen bedienen, Streckeneinrichtungen der Linienzugbeeinflussung L 72 CE (LZB L 72 CE)“, Abschnitt 7 „Maßnahmen bei Unregelmäßigkeiten“ abzuarbeiten.

Nach Durchfahrt des 43777 im Bereich der Kurzschleife in km 224,649 offenbart der Protokollausdruck beim Fahrdienstleiter eine Störung am Linienleiterfernspisegerät bzw. am Linienleiterkanal. Diese Fehleroffenbarung am Linienleiterfernspisegerät bzw. am Linienleiterkanal (FSG Ausfall 671/679) wird durch Betätigung eines Abfragebefehls (Fg 0+) durch den Fahrdienstleiter bestätigt. Diese Bestätigung erfolgte nach der Fehleroffenbarung nicht. Gemäß Ril 482.9025 L 72 CE sind jedoch keine konkreten betrieblichen Maßnahmen bezüglich der Meldung (MSG Ausfall 671/679) vorgesehen. Die Fehler- bzw. Störungsbeseitigung wird im Rahmen des Instandhaltungsmanagements durch den Fachdienst vorgenommen.

4.6 Untersuchung von Fahrzeugen

Im Rahmen der Sachverhaltsermittlung konnten vorliegende fahrzeugseitige Entgleisungsursachen auf den an der 17. Stelle laufenden Wagen eingegrenzt werden. An den Radsätzen des voraus laufenden Drehgestelles wurde ein Radscheibenbruch sowie zwei Radverschiebungen auf den Wellensitzen festgestellt.

Insbesondere zur Klärung des Radscheibenbruches wurde eine werkstofftechnische Schadensuntersuchung durchgeführt. Diese wurde in Abstimmung mit den für die Strafverfolgung zuständigen Stellen durch das Eisenbahnverkehrsunternehmen DB Schenker Rail Deutschland AG bei der DB Systemtechnik GmbH beauftragt.

4.6.1 Sichtprüfung

Bei dem Wagen handelt es sich um den Containertragwagen Sgns 3385 4556 820-0 des Halters Hupac SA. Bei erfolgten Sichtüberprüfungen am Wagen konnten über die gebrochene Radscheibe sowie die losen Radscheiben keine weiteren ggf. entgleisungsursächlichen Feststellungen getroffen werden. Dies trifft insbesondere auch auf die Bremsanlage der Bauart Oerlikon mit den Bremsstellungen G und P zu. An beiden Drehgestellen waren alle Bremsklotzhängeeisen vorhanden, wobei am nach laufenden Drehgestell drei infolge der Entgleisung abgerissen wurden. Da in allen Bremsschuhen noch die Sicherungsmittel zur Fixierung der Bremssohlen (Graugusssohlen) vorhanden waren, ist davon auszugehen, dass die Bremssohlen in Folge des Ereignisses herausgeschlagen wurden. An den vorgefundenen Bremssohlen und den Bremsschuhen selbst waren keine Anzeichen einer thermischen Belastung durch eine feste Bremse erkennbar.

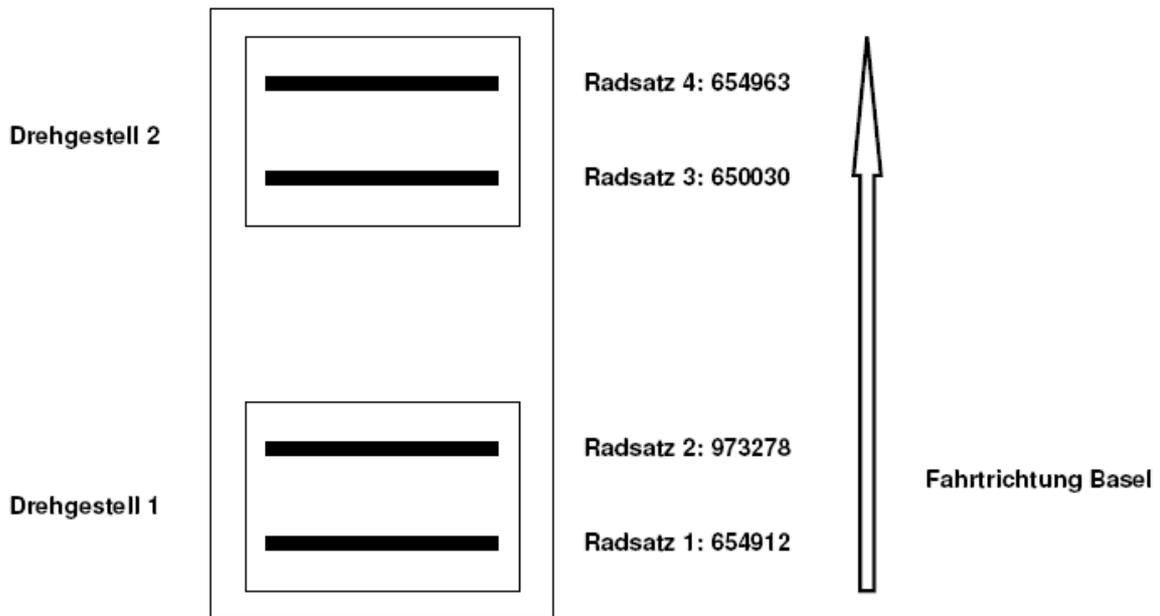


Abb. 7: Anordnung der Radsätze im Containertragwagen

Unter den Drehgestellten der Bauart Y25 waren Radsätze mit Vollrädern der Bauart „Db 004“ verbaut. Hierbei handelt es sich um thermisch stabile Räder nach UIC 510-5, die gemäß Zeichnung „Vollrad KP-0016-03S“ aus dem Werkstoff „R7T nach UIC 812-3“ und „ER7 nach EN 13262“ bestehen.

An den Radsätzen im Drehgestell 1 wurden keine augenscheinlichen Radverschiebungen festgestellt. An den Radsätzen im Drehgestell 2 wurden folgende Schäden vorgefunden:

Radsatz 4: 654963		
Radbezeichnung	B1: KLW32333 R7T 05 08 067	B2: KLW32333 R7T 05 08157
Feststellung	verschoben	o. B.
Radsatz 3: 650030		
Radbezeichnung	A1: KLW21561 R7T 08 08 004	A2: KLW21561 R7T 08 08 082
Feststellung	gebrochen	verschoben

Abb. 8: Schadenszuordnung

Untersuchungsbericht

Zugentgleisung, 20.05.2011, Müllheim (Baden)

Die dunkelgrau beschichteten Räder sowie das Bruchstück zu Rad A1 wiesen keinen Farb-
abbrand auf und lieferten somit keinen Hinweis auf eine thermische Belastung.

Die letzte Instandhaltung der Stufe IS 3 erfolgte für Radsatz 4 im März 2009 und für Radsatz
3 im April 2009 in der Werkstatt Bellinzona. Im Mai 2009 wurden die beiden Radsätze im
Drehgestell verbaut und liefen bis zu dem Ereignis ca. 246.000 km.

Am 14.03.2011 seien im Werk Antwerpen/Belgien gemäß vorliegendem Wagenausgangs-
protokoll alle 32 Bremssohlen des Wagens 3385 4556 820-0 ausgetauscht worden. Auf Fra-
gen der Unfalluntersuchungsstelle zum Zustand der ausgetauschten Bremsbeläge, und
Bremsgestänge wurde mitgeteilt, dass

- keinerlei Einkerbungen, Ausbröckelungen oder Kanteneffekte an den ausgetauschten
Bremsbelägen/Reibelementen festgestellt,
- das Bremsgestänge in Ordnung (ohne Unregelmäßigkeiten) und
- keine anderen Unregelmäßigkeiten festgestellt und keinerlei weitere Reparaturen
durchgeführt

worden seien.

Bis zum Ereignis am 20.05.2011 wurden gemäß dem vorgelegten Instandhaltungsnachweis
keine weiteren Maßnahmen an dem Fahrzeug nachgewiesen.



Abb. 9: beschädigte Radsätze

Quelle: BPol bearbeitet durch EUB

4.6.2 Werkstofftechnische Untersuchung

Im Folgenden sind die maßgeblichen Feststellungen der einzelnen umfangreichen Untersuchungen stichpunktartig dargestellt.

Farbbeschichtung von Rad A1:

Die geforderten Mindestschichtdicken wurden knapp erreicht. Die gemäß UIC 510-5 geforderte Thermosensibilität wurde jedoch nicht erfüllt, da sich die Farbe zwar ab einer Temperatur von 400 Grad Celsius zersetzte es jedoch nicht zur geforderten Blasenbildung und Abblätterung der Farbe kam.

Vermessung von Rad A 1 und A 2:

Die ermittelten Werte zu Spurkranzhöhe und -dicke sowie dem qR-Maß entsprachen den Soll-Vorgaben gemäß dem Allgemeinen Vertrag für die Verwendung von Güterwagen (AVV).

An den beiden verschobenen Rädern A 2 und B 1 wurde der Durchmesser der Radsitze mittels Messschieber ermittelt. Aufgrund Kratzern und Riefen lieferte eine durchgeführte Bügelmessschraubenmessung keine auswertbaren Ergebnisse. Es wurden jeweils 5 Mes-

sungen durchgeführt. Am Rad A 2 variierten die Durchmesser zwischen 199,6 - 200,0 mm (Mittelwert 199,7 mm) und am Rad B 1 zwischen 199,1 – 199,8 mm (Mittelwert 199,5mm).

Die Radnabe B 1 wies ebenfalls Kratzer und Riefen auf. An der Radnabenaußenseite, -mitte und -innenseite wurden mittel Innenbügelmesserschraube ebenfalls fünf Einzelmessungen vorgenommen. Die Werte der Außenseite variierten zwischen 201,0 – 202,1 mm (Mittelwert 201,64 mm), an Mitte zwischen 200,2 – 200,8 mm (Mittelwert 200,56 mm) und Innenseite zwischen 200,8 – 201,9 mm (Mittelwert 201,28 mm). Offensichtlich ist es in Folge der Entgleisung zur trichterförmigen Aufweitung an Außen- und Innenseite gekommen. Aufgrund beschädigungsbedingter Messungenauigkeiten war ein Vergleich der Messwerte mit den Sollvorgaben an die Längspressmaße nicht möglich.

Zerstörungsfreie Prüfungen:

Die folgenden Untersuchungen konnten jeweils nur an geeigneten Bereichen der Räder A1, A2, B1 und B2 durchgeführt werden.

Die *Eigenspannungsmessung* an B 2 zeigte gegenüber den Vorgaben einer Neufertigung gemäß DIN EN 13262 erhöhte Werte, die im Betriebseinsatz bei klotzgebremsten entstehen können.

Die *Magnetpulverprüfung* in der Lauffläche aller Räder zeigte, dass umlaufende Querrisse der Risskategorie 1 (Krötenhaut) und 2 bis zu 70mm von der Spurkranzflanke entfernt vorhanden waren, die aus einer thermischen Beanspruchung durch die Klotzbremse herrühren. Fischgrätenrisse, die auf eine Rollkontaktermüdung hindeuten wurden nicht erkannt. Weiterhin wurde festgestellt, dass bei Rad B 1 Risse der Kategorie 1 bis nahe an die Fase (bis 130 mm von Spurkranzrückseite) und beim gebrochenen Rad A 1 bis unmittelbar an die Fase herangereicht bzw. auch darüber hinaus gingen.

Durch die *Ultraschallprüfung* konnten die durch die Magnetpulverprüfung detektierten Risse bestätigt werden.

Mittels *Laufflächenätzung* konnte im Bruchstück des Rades A 1 in der Lauffläche Reibmartensitbildung festgestellt werden.

Werkstofftechnische Untersuchungen:

Durch die *Bruchflächenuntersuchung* des Rades A 1 konnte das Radversagen auf einen Ermüdungsbruch zurück geführt werden. Ein Rissausgangspunkt wurde im Bereich der Fase des Radkranzes der Radkranzaußenseite detektiert. Von hier aus entwickelte sich der Riss zunächst radial bis in den Radsteg und knickte dann in tangentielle Richtung ab. Der

Riss wuchs über ca. $\frac{1}{4}$ des Radumfangs und knickte dann radial in Richtung Radkranz ab, wo es dann zum Restgewaltbruch kam. Die Länge des Ermüdungsrisse beträgt ca. 760 mm.

In Zuge der *makroskopischen Untersuchung* wurde den Rädern A 1, 2 und B 1 entsprechende Makroschliffe entnommen und diese einer Ätzung nach Adler unterzogen. Alle Schliffe ließen sich im Bereich der Lauffläche bis zu einer Tiefe von ca. 5-8 mm schwer anätzen. In diesem Bereich fand also eine thermische Gefügeumwandlung statt. Diese ist durch Klotzbremseinwirkung entstanden, da die jeweilige Breite des veränderten Gefügebereiches in etwa der Breite von Bremsklotzsohlen entspricht. Auffallend ist hierbei jedoch auch, dass der Abstand des veränderten Gefügebereiches bei dem Rad A 2 ca. 10 mm, bei den Rädern A1 und B 1 ca. 25 mm zum Spurkranz beträt. Hieraus ergibt sich, dass bei den Rädern A1 und B 2 die Bremsklotzsohlen im Laufe des Betriebseinsatzes unmittelbar bis an die Fase bzw. knapp darüber hinaus angeordnet gewesen sein müssen.

Zur *mikroskopischen Untersuchung* wurden den Rädern A 1, A 2 und B 1 ebenfalls Mikro-längsschliffe entnommen. In den Laufflächen der Räder wurde perlitisch-ferritisches Gefüge vorgefunden, wie es für die Radstahlgüte zu erwarten war. Weiterhin wurden in den Laufflächen in Messkreisebene und auch im Fasenbereich Krötenhautrisse mit einer Tiefe bis zu 0,2 mm nachgewiesen. Neben der Krötenhaut lagen in Messkreisebene örtlich auch Rollkontaktermüdungsrisse mit gleicher Tiefe vor. Auch wurden hierbei vereinzelt bis zu 3 mm tiefe, insbesondere senkrecht verlaufende Anrisse festgestellt. Nach Nitalätzung zeigten sich die Klotzbremsbewirkten Gefügeumwandlungen in Messkreisebene bei den Rädern A 1 ,2 und B1 und unmittelbar an der Fase bei den Rädern A 1 und B 1.

Die *Härteprüfungen* an den Rädern A 1 und 2 waren ohne Befund, die gemäß DIN EN 13262 geforderten Sollwerte wurden erreicht.

Die im Rahmen von *Zugversuchen* ermittelten Werte für Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung an den Räder A 1 und A 2 entsprachen ebenfalls den Anforderungen an DIN EN 13262, wobei die Festigkeitswerte beim versagten Rad A 1 an der unteren Toleranzgrenze für die verwendete Stahlgüte lagen.

Die *chemische Zusammensetzung* der Räder A 1 und A 2 entspricht den Vorgaben der DIN EN 13262.

Der am Rad A 1 durchgeführte Kerbschlagbiegeversuch war ebenfalls ohne Befund, die Vorgaben von DIN EN 132262 wurden eingehalten.

Abb. 10: Zusammenstellung der durchgeführten fahrzeugtechnischen Untersuchungen

4.6.3 Radverschiebungen

Aus den vorgelegten Aufpressprotokollen, konnten für die jeweiligen Radscheiben zunächst folgende Aufpresskräfte entnommen werden. Hierbei sind die Radbezeichnungen und Aufpresskräfte der verschobenen Radscheiben grau hinterlegt und der gebrochenen unterstrichen:

Radsatz	Radscheiben	
	Nr. / Aufpresskraft [kN]	Nr. / Aufpresskraft [kN]
4: 654963	32333-067 / 631	32333-157 / 550
3: 650030	<u>21561-004 / 923</u>	<u>21561-082 / 970</u>
2: 973278	32333-140 / 661	32333-047 / 702
1: 654912	32333-059 / 828	32333-166 / 789

Abb. 11: Aufpresskräfte gemäß Aufpressprotokollen

Auf den vorgelegten Aufpressprotokollen befand sich unterhalb des tatsächlich aufgebrachtten Aufpressdruckes ein Toleranzfeld, das als minimale Kraft 300 kN und als maximale Kraft 900 kN vorgab. Als Schmiermittel wurde Molykote angegeben. Nach vorliegenden Informationen seien die Radsätze Bauart Db 004 in der Werkstatt in Bellinzona nach einer Zeichnung hergestellt worden, die ein Toleranzfeld von 500 – 900 kN aufgewiesen habe.

Aus der vorliegenden Radsatzzeichnung für die Bauart Db 004, RAFIL 208.549.27, 15.03.2006 geht hervor, dass bei der Verwendung des Schmiermittels MoS2 eine Aufpresskraft von 700 – 1100 kN vorzusehen ist. Diese Vorgabe korreliert mit UIC-Kodex 813, 2. Ausgabe, Dezember 2003.

Anhand dieser Informationen ist grundsätzlich festzustellen, dass die gemäß Radsatzzeichnung für die Bauart Db 004 geforderten Aufpresskräfte am Radsatz 4 an beiden Radscheiben und am Radsatz 2 an einer Radscheibe formal nicht eingehalten waren. Weiterhin ist festzustellen, dass es beim Radsatz 3 trotz offensichtlicher Einhaltung der Aufpresskräfte zu einer Verschiebung gekommen ist, wohingegen sich die Radscheibe mit der geringsten Aufpresskraft beim Radsatz 4 nicht verschoben hat.

5 Auswertung und Schlussfolgerungen

Die Zugentgleisung des Zuges TEC 43777 im Bf Müllheim (Baden) ist mit großer Wahrscheinlichkeit als Folge eines Radscheibenbruches am Containertragwagen Sgns 3385 4556 820-0 zu sehen, der sich ca. 12 km vor der Entgleisungsstelle ereignete. Gesicherte Hinweise, die auf eine Verschiebung der Radscheiben während der Zugfahrt vor dem Radscheibenbruch hindeuten, liegen nicht vor.

Anhand der fahrzeugtechnischen Untersuchungen konnte der Bruch der Radscheibe auf einen Ermüdungsbruch zurückgeführt werden. Auf der folgenden Abbildung sind der Ausgangspunkt des Ermüdungsrisses sowie die weitere Rissentwicklung dargestellt.

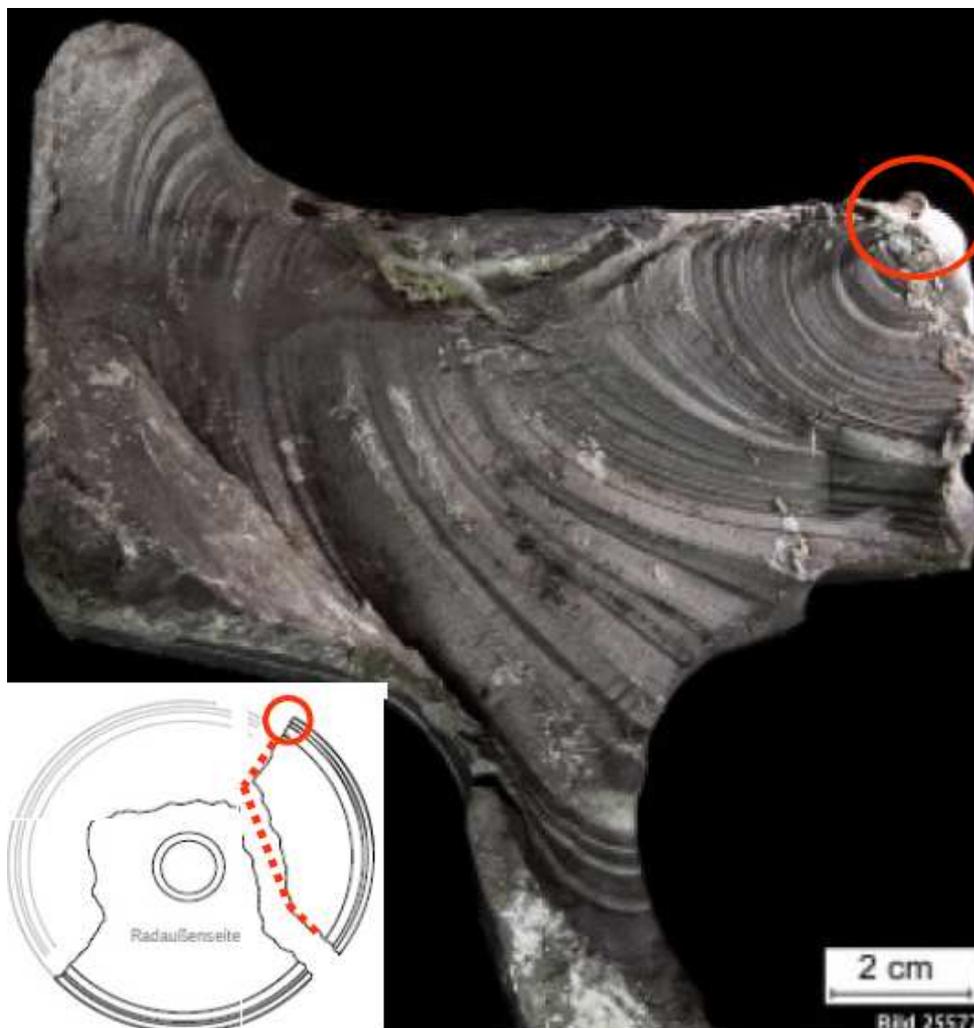


Abb. 12: Ausgangspunkt des Ermüdungsrisses und Fortentwicklung

Quelle: Untersuchungsbericht DB Systemtechnik, 11-16093-T.TVI53-BE-1620V1, bearbeitet durch EUB

Die Initialschädigung hatte sich an der Fase des Radkranzes infolge thermischer Überbeanspruchung eingestellt, die durch überschleifende Bremsklotzsohlen verursacht wurde. Der folgenden Abbildung sind die Wärmeeinflusszonen der Räder A 1 und A 2 dargestellt. Die Breite der Wärmeeinflusszonen korreliert mit den Bremsklotzabmessungen. Auch ist zu erkennen, dass beim Rad A 1 der Bremsklotz bis mindestens an die Fase heranreichte.

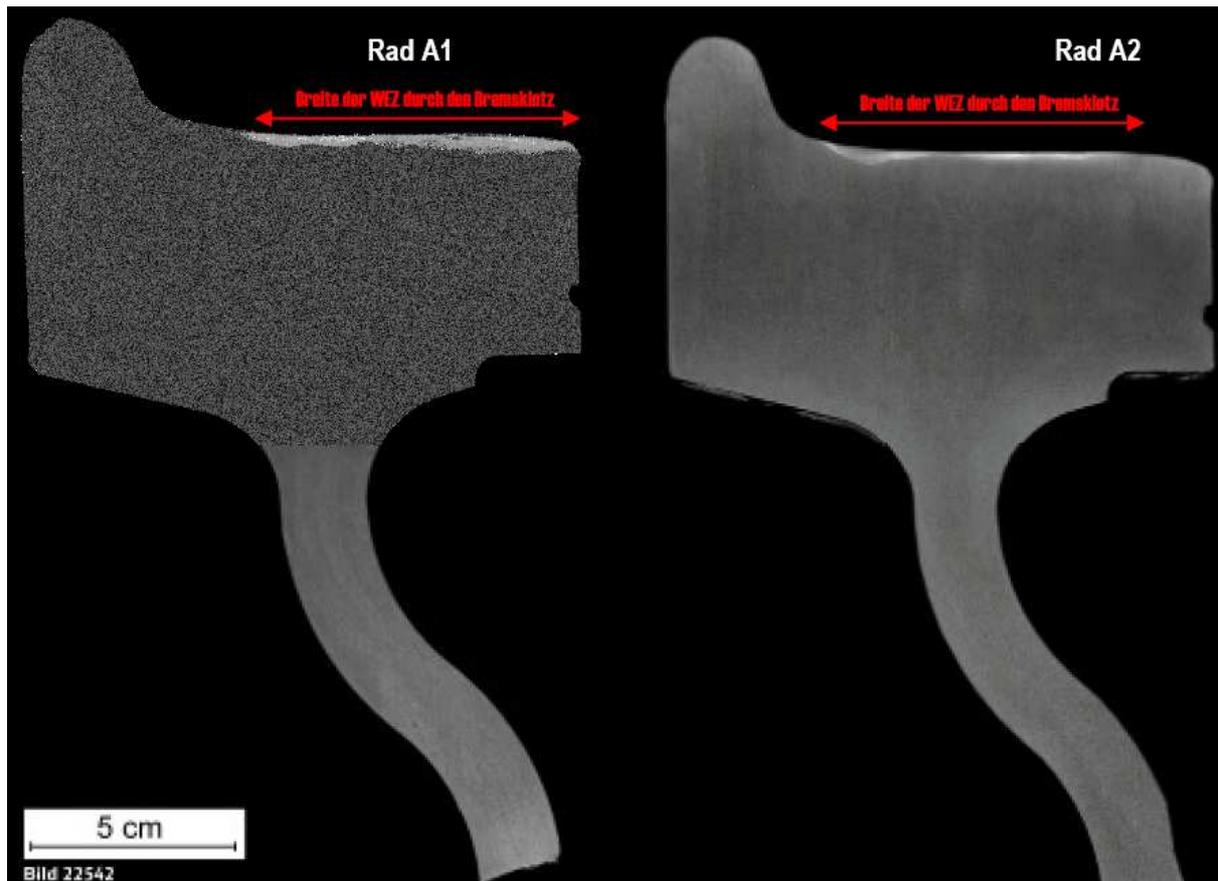


Abb. 13: Wärmeeinflusszonen

Quelle: Untersuchungsbericht DB Systemtechnik, 11-16093-T.TVI53-BE-1620V1

Beim Bremsen wurde durch den überschleifenden Bremsklotz insbesondere im äußeren Bereich verhältnismäßig viel Reibungswärme konzentriert eingebracht. Die Wärmeableitung ist in diesem Bereich des Rades deutlich ungünstiger als im Bereich der Messkreisebene über dem Radsteg. Infolge des Wärmeintrages kam es zur Umwandlung des Gefüges in Martensit und durch die bremsungsbedingten Erwärmungen und Abkühlungen zum Aufbau von Zugeigenspannungen. Hinzu kommt, dass entstandene Wärmearisse aufgrund keiner bzw. nur geringer Überrollung keinem Materialverschleiß unterliegen und sich bei weiteren

Beanspruchungen ungestört weiterentwickeln können. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass die am unteren Toleranzrand liegenden Werkstofffestigkeiten schadensbegünstigend gewirkt haben.

Auch ist anzufügen, dass die lokale thermische Überbelastung visuell nicht durch entsprechenden Farbabbrand sichtbar war. Da die Farbbesichtung den Anforderungen an die Thermosensibilität nicht entsprach, ist diese zum Erkennen von thermischen Überbelastungen nur bedingt geeignet, da es ab 400 Grad Celsius nicht zur Blasenbildung und Abblätterung der Farbbeschichtung kommt. Aufgrund des geschilderten Wärmeeintrages, ist dieser durch streckenseitige HOA grundsätzlich nicht detektierbar.

Im Zuge der Untersuchungen konnte weder der Zeitpunkt noch Zeitraum näher bestimmt werden, ab bzw. indem der entsprechende Wärmeeintrag erfolgte.

Nachdem letztlich das Versagen der Radscheibe auf eine überschleifende Bremsklotzsohle zurückzuführen war, ist es von besonderer Bedeutung diese im Rahmen des wagentechnischen Behandlungsdienstes zu erkennen. Daher ist auf das richtige anlegen der Bremssohlen besonders zu achten. Zur Erkennung von entsprechenden thermischen Belastungen müssen auch insbesondere normgerechte Farbanstriche zur Anwendung kommen.

6 Bisher getroffene Maßnahmen der Beteiligten

Die Erkenntnisse über die vorgefundenen gelösten Radscheiben wurden unmittelbar an die nationale Sicherheitsbehörde weitergegeben, die ihrerseits in den Informationsaustausch mit dem Bundesamt für Verkehr (BAV) eingetreten ist. Daneben sind diese Informationen auch an die beteiligten Eisenbahnen, Halter weitergeben worden.

Dies führte dazu, dass potentiell betroffene Fahrzeuge nach deren Entladung zu weiteren Radsatzuntersuchungen Werkstätten zugeführt wurden.

Die Schweizerische Bundesbahn (SBB), die das Werk in Bellinzona betreibt, hatte den Sachverhalt dem BAV gemeldet und einen „Maßnahmenplan Laufradsätze“ erstellt.