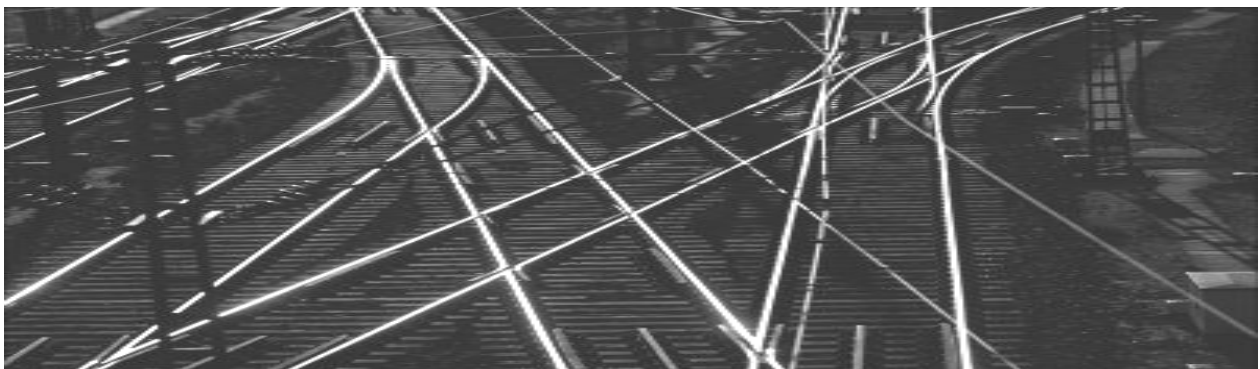




# Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: 60uu2011-10/026-3323

Stand: 18.04.2016 Version: 1.0



## **Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb**

Ereignisart:	Zugentgleisung
Datum:	04.10.2011
Zeit:	08:11 Uhr
Bahnhof:	Bf Frellstedt
Gleis:	202
Kilometer:	31,965

**Veröffentlicht durch:**

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes

Robert-Schuman-Platz 1

53175 Bonn

---

## Inhaltsverzeichnis:

	<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Zusammenfassung ..... 6</b>
<b>1.1</b>	<b>Kurzbeschreibung des Ereignisses ..... 6</b>
<b>1.2</b>	<b>Folgen ..... 6</b>
<b>1.3</b>	<b>Ursachen ..... 6</b>
<b>2</b>	<b>Vorbemerkungen ..... 8</b>
<b>2.1</b>	<b>Organisatorischer Hinweis ..... 8</b>
<b>2.2</b>	<b>Ziel der Eisenbahn-Unfalluntersuchung ..... 8</b>
<b>2.3</b>	<b>Beteiligte und Mitwirkende ..... 9</b>
<b>3</b>	<b>Ereignis..... 9</b>
<b>3.1</b>	<b>Hergang ..... 9</b>
<b>3.2</b>	<b>Todesopfer, Verletzte und Sachschäden ..... 13</b>
<b>3.3</b>	<b>Wetterbedingungen ..... 13</b>
<b>4</b>	<b>Untersuchungsprotokoll ..... 13</b>
<b>4.1</b>	<b>Zusammenfassung von Aussagen ..... 13</b>
<b>4.2</b>	<b>Notfallmanagement ..... 14</b>
<b>4.3</b>	<b>Untersuchung der Infrastruktur..... 14</b>
<b>4.4</b>	<b>Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik..... 17</b>
<b>4.5</b>	<b>Untersuchung der betrieblichen Handlungen..... 19</b>
<b>4.6</b>	<b>Untersuchung von Fahrzeugen ..... 20</b>
<b>4.7</b>	<b>Interpretation der Unfallspuren ..... 29</b>
<b>5</b>	<b>Auswertung und Schlussfolgerungen ..... 29</b>
<b>6</b>	<b>Bisher getroffene Maßnahmen ..... 30</b>

## Abbildungsverzeichnis:

Abb.: 1 entgleiste Wagen an der Unfallstelle .....	7
Abb.: 2 Radsatzlager des unfallverursachenden Wagens .....	7
Abb.: 3 Lageskizze .....	11
Abb.: 4 zerstörter Oberbau .....	12
Abb.: 5 Entgleisung von 11 beladenen Enos-Wagen .....	12
Abb.: 6 abgerissener Radsatz .....	12
Abb.: 7 Entgleisungsstelle .....	12
Abb.: 8 fehlender Achsschenkel und Radsatzlager .....	12
Abb.: 9 beschädigter Oberbau .....	15
Abb.: 10 Stelltisch im Stellwerk Ff .....	18
Abb.: 12 Fahrtverlaufs- und Bremskurve Tfz-Nr. 9280 1266 114-8 .....	21
Abb.: 13 technische Zeichnung Eanos-Wagen .....	22
Abb.: 14 Radsatzdaten des unfallverursachenden Wagens .....	23
Tabelle 1 Auszug aus dem Bremszettel .....	9
Tabelle 2 Übersicht der entgleisten Wagen .....	22
Tabelle 3 Fahrzeugdaten der Eanos-Wagen .....	23
Tabelle 4 Radsatzdaten Wagen 37 80 5377 110-1 .....	25

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
Asig	Ausfahrtsignal
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BPol	Bundespolizei
BÜ	Bahnübergang
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBL	Eisenbahnbetriebsleiter
EBO	Eisenbahn Bau- und Betriebsordnung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ERA	Europäische Eisenbahn Agentur
Esig	Einfahrtsignal
ESO	Eisenbahnsignalordnung
EUB	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes
EUV	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
HL	Hauptluftleitung
Mbr	Mindestbremsleistung
NE	Nichtbundeseigene Eisenbahn
Nmg	Notfallmanager
Ril	Richtlinie
SB	Sicherheitsbehörde
SMS	Sicherheitsmanagementsystem
Tf	Triebfahrzeugführer
Wgm	Wagenmeister
Üst	Überleitstelle

# **1 Zusammenfassung**

## **1.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses**

Am 04.10.2011 entgleiste gegen 08:11 Uhr der Güterzug DBV 91048 des EVU Lappwaldbahn GmbH auf der Fahrt vom Bf Helmstedt nach Bf Varel (Oldb), während der Durchfahrt im Gleis 202 des Bahnhofs Frellstedt, zwischen den Weichen 223 und 222, mit 11 beladenen Eanos Wagen.

## **1.2 Folgen**

Bei dem Ereignis wurde niemand verletzt.

In Folge der Zugentgleisung kam es zu erheblichen Schäden am Oberbau, der Leit- und Sicherungstechnik sowie an 11 Wagen des verunfallten Zuges.

## **1.3 Ursachen**

Als Ursache für die Zugentgleisung ist ein gebrochener Achsschenkel am hinteren Drehgestell des achten, im Zugverband eingestellten, Eanos Wagen (3780 5377 110-1) festgestellt worden.



Abb.: 1 entgleiste Wagen an der Unfallstelle



Abb.: 2 Radsatzlager des unfallverursachenden Wagens

## **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 und digitale Infrastruktur (BMVI). 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](http://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 Beteiligte und Mitwirkende

Am Ereignis waren unmittelbar beteiligt:

- DB Netz AG, (EIU),
- Lappwaldbahn GmbH (EVU).

An der Sachverhaltsermittlung und Ursachenerforschung waren beteiligt:

- DB Systemtechnik GmbH mit den Fachabteilungen T.TVI 53 Kirchmöser und T.TVI 22 Minden.

## 3 Ereignis

### 3.1 Hergang

Am 04.10.2011 entgleiste gegen 08:11 Uhr der Güterzug DBV 91048 auf der Fahrt vom Bf Helmstedt nach Bf Varel (Oldb). Der Zug war gebildet aus einem dieselelektrischen Triebfahrzeug „Class 66“ mit der Tfz-Nr. 9280 1266 114-8 des EVU Mitsui Rail Capital Europe GmbH (MRCE) und 32 beladenen Wagen der Bauart Eanos des Eigentümers Nacco S.A.S. Frankreich. Die Zugfahrt wurde durch das EVU Lappwaldbahn GmbH durchgeführt. Die Strecke VzG 1900 gehört zur Eisenbahninfrastruktur der DB Netz AG und wird nach dem Betriebsverfahren Ril 408 „Züge fahren und Rangieren“ betrieben.

	Wagenzuggewicht [t]	Wagenzuglänge [m]	Mbr [%]	V <sub>max</sub> [km/h]
Soll	2900	521	54 (P)	90
Ist	2848	506	56 (P)	90

Tabelle 1 Auszug aus dem Bremszettel

Bei der Durchfahrt durch Gleis 202 im Bf Frellstedt kam es in km 31,965, zwischen den Weichen 223 und 222, zur Zugentgleisung. Der aus 32 beladenen Eanos-Wagen bestehende Güterzug entgleiste mit insgesamt elf Wagen.

Die Sachverhaltsermittlung ergab, dass der achte Wagen (3780 5377 110-1) mit dem in Fahrtrichtung hinteren Drehgestell als erstes Fahrzeug entgleiste. Die Wagen 9 bis 17 entgleisten daraufhin mit beiden Drehgestellen, Wagen 18 mit dem in Fahrtrichtung vorderen Drehgestell. Außerdem ereignete sich zwischen Wagen 8 und Wagen 9 eine Zugtrennung.

Etwa 133 m nach den ersten Entgleisungsspuren wurden in km 31,832 ein gebrochenes Radsatzlager und verschiedene andere Lagerteile im Böschungsbereich aufgefunden. Das

aufgefundene Radsatzlager konnte dem Radsatz des in Fahrtrichtung hinteren Drehgestells des achten Eanos-Wagens 3780 5377 110-1 im Zugverband zugeordnet werden. Beide Radsätze wurden aus dem Drehgestell herausgeholt und lagen nach der Entgleisung auf Höhe des neunten Wagens.

Durch die Zugentgleisung im Bf Frellstedt kam es auf einer Länge von ca. 1500 m, über die Bahnhofsgrenze hinaus, Richtung Bf Königslutter, im Regelgleis wie auch im Gegengleis zu erheblichen Oberbauschäden.

Nach Halt des Zuges, hatten sich in mehreren Bereichen der Entgleisungszone Wagen bis in das Lichtprofil des Gegengleises geschoben, so dass hier die Gefahr einer Zugkollision mit einem entgegenkommenden Zug bestand. Die Spitze des ca. 550 m langen Zuges DBV 91048 befand sich zwischen den Bahnhöfen Frellstedt und Königslutter in km 30,486.

Der Tf von Zug DBV 98048 erkannte die Gefahr und ließ durch einen auf dem Triebfahrzeug anwesenden Auszubildenden einen Notruf mit anschließendem Nothaltauftrag über Zugfunk GSM-R absetzen. Der Tf des aus der Gegenrichtung kommenden DGS 43305 wurde so gewarnt und konnte seinen Zug ca. in km 29,900 zum Halten bringen.



Quelle DB Netz AG bearbeitet durch EUB



Abb.: 4 zerstörter Oberbau



Abb.: 5 Entgleisung von 11 beladenen Enos-Wagen



Abb.: 6 abgerissener Radsatz



Abb.: 8 fehlender Achsschenkel und Radsatzlager

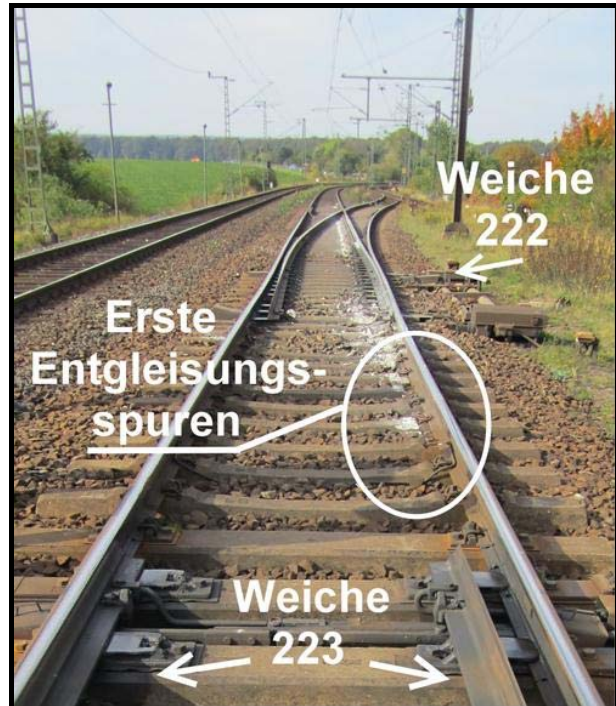


Abb.: 7 Entgleisungsstelle

### 3.2 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden

Bei diesem Ereignis sind keine Personen zu Schaden gekommen.

Die Sachschäden setzen sich wie folgt zusammen:

• Transportwagen	ca.	38.000 €
• Gleisanlage	ca.	1.100.000 €
• Leit- und Sicherungstechnik	ca.	50.000 €
• Betriebserschwerisse	ca.	82.000 €

### 3.3 Wetterbedingungen

Die Entgleisung ereignete sich am Morgen des 04.10.2011 gegen 08:11 Uhr. Es war ein frostfreier bewölkter Herbsttag mit Tageshöchsttemperaturen um 18° C und Nachttemperaturen um 9°C. Der Boden war trocken und es hatte an diesem und dem Vortag nicht geregnet. Die vorherrschenden Wetterbedingungen haben die Zugentgleisung nicht beeinflusst.

## 4 Untersuchungsprotokoll

### 4.1 Zusammenfassung von Aussagen

#### Wagenmeister (Wgm) Lappwaldbahn GmbH

Nach Aussage des Wagenmeisters der Lappwaldbahn GmbH wurde der Zug DBV 91048 am 04.05.2011 in der Zeit von 03:00 Uhr - bis 05:00 Uhr wagentechnisch untersucht. Im Zugverband waren zwei bekannte und kenntlich gemachte Schadwagen mit defekter, ausgeschalteter Bremse. Die volle Bremsprobe wurde gegen 04:30 Uhr ohne Beanstandungen durchgeführt.

#### Triebfahrzeugführer (Tf) Lappwaldbahn GmbH

Laut Aussage des Tf war die wagen- und bremstechnische Untersuchung gegen 04:30 Uhr abgeschlossen. Nach Zustellung einer Schiebelokomotive und anschließender vereinfachter Bremsprobe, fuhr der Tf den Zug gegen 05:20 Uhr vom Kalkwerk Weferlingen zum Bf Marienborn wo die Schiebelok abgesetzt und ein Fahrtrichtungswechsel vorgenommen wurde. Nach durchgeführter Bremsprobe verlief die anschließende Zugfahrt bis zum Bf Frellstedt ohne Beanstandungen.

Bei der Ausfahrt aus dem Bf Frellstedt sei es gegen 08:06 Uhr durch den Verlust des HL-Drucks zu einer Zwangsbremung gekommen. Der Tf erklärte, dass er nach einem Blick aus dem Fenster die Entgleisung erkannte. Daraufhin forderte er den Auszubildenden auf einen Notruf mit anschließendem Nothaltauftrag über GSM-R Zugfunk abzusetzen. Im Anschluss

verließ der Tf die Lokomotive und lief in Fahrtrichtung voraus, um entgegenkommende Züge zu warnen. Als der Tf erkannte, dass ein entgegenkommender Zug vor der Entgleisungsstelle anhielt, begab er sich wieder zum verunfallten Zug. Dabei stellte er fest, dass mehrere Wagen entgleist waren und bis ins Profil des Gegengleises ragten.

#### Auszubildender

Die Angaben des Auszubildenden stimmten in den wesentlichen Punkten mit denen des Tf überein.

### **4.2 Notfallmanagement**

Nach § 4 Abs. 3 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) haben die Eisenbahnen die Verpflichtung, an Maßnahmen des Brandschutzes und der technischen Hilfeleistung mitzuwirken. In einer Vereinbarung zwischen den Innenministerien der Länder und der DB AG hat man sich auf eine Verfahrensweise verständigt. Für die DB Netz AG gelten die entsprechenden Brand- und Katastrophenschutzgesetze der Länder. Das Notfallmanagement der DB AG ist in der Richtlinie (Ril) 423 näher beschrieben und geregelt.

Die Entgleisung ereignete sich gemäß Angaben der DB AG gegen 08:11 Uhr. Alle Gleise im Bf Frellstedt wurden ebenfalls um 08:11 Uhr gesperrt und der Notfallmanager der DB AG zeitnah informiert. Die telefonische Benachrichtigung der EUB erfolgte gegen 08:40 Uhr durch die zuständige Notfallleitstelle. Da keine Personen verletzt oder getötet wurden und kein Gefahrgut transportiert wurde, war keine Meldung an die Erstrettungskräfte (Feuerwehr, Notarzt) durch die Notfallleitstelle der DB Netz AG erforderlich.

### **4.3 Untersuchung der Infrastruktur**

Der Bf Frellstedt befindet sich an der Strecke 1900, Bf Braunschweig – Bf Helmstedt, Hierbei handelt es sich um eine zweigleisige elektrifizierte Hauptbahn des EIU DB Netz AG. Gemäß dem Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten (VzG) beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit 120 km/h.

Die Angaben aus dem Verzeichnis für Streckenklassen (VSk) weisen den betroffenen Streckenabschnitt mit Streckenklasse D4 und einer maximal zulässigen Radsatzlast von 22,5 t sowie einem maximal zulässigen Fahrzeuggewicht je Längeneinheit von 8 t/m aus. Die Unfallstelle befindet sich im Gleis 202. Das Gleis 202 ist durchgehendes Hauptgleis. Die zulässige Geschwindigkeit in diesem Gleis entspricht der Streckenhöchstgeschwindigkeit von 120 km/h. Durch Signale kann die Geschwindigkeit eingeschränkt sein.



Nach Ril 821.1000 Abschnitt 2 (3) ist für die Funktionsfähigkeit der Infrastruktur ein ausreichender Abnutzungsvorrat notwendig. Der für den Oberbau nutzbare Abnutzungsvorrat ist die Spanne zwischen dem Ist-Zustand und den Beurteilungsmaßstäben der Ril 821.2001 Tabelle 2 wie z.B. bei Gleislagemessungen. Zur Sicherstellung des Abnutzungsvorrates muss eine Inspektion innerhalb des vorgegebenen Inspektionsabstandes durchgeführt werden. Der vorhandene Abnutzungsvorrat wird in Absatz (5) anhand verschiedener Beurteilungsmaßstäbe SR (=Störgröße/Reaktion) definiert. Bei Überschreitung von SRA, dem Wert mit dem größten Abnutzungsvorrat, ist lediglich eine Beurteilung zur Planung einer Instandsetzung erforderlich. Dies dient wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Bei Überschreitung von SR100, der als technisch / wirtschaftlicher Abnutzungsvorrat definiert ist, wird eine Instandsetzung bis zur nächsten Regelinspektion erforderlich. Wobei der Zeitpunkt durch das Maß der Überschreitung und der Fehlerentwicklung bestimmt wird, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass die nächste Stufe –SR Lim- ohne zwischenzeitige Instandsetzung überschritten wird. Das bedeutet demnach, dass eine SR100 Überschreitung auf die weitere Fehlerentwicklung bewertet werden muss. Denn sollte der nächste höhere SR Lim Wert überschritten werden, ist eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit zu erwarten. Für Gleislagefehler bedeutet dies in der Regel die Herabsetzung der zulässigen Geschwindigkeit ( $V_{zul.}$ ). Bei geschwindigkeitsabhängigen Beurteilungsmaßstäben ist ausschließlich die Geschwindigkeit nach dem Verzeichnis der zulässigen Geschwindigkeiten (VzG) maßgebend. Gegebenenfalls sind noch ergänzende zu beachtende Maßnahmen in den Richtlinien beschrieben. Wird letztendlich auch der definierte Grenzwert überschritten, ist eine Sperrung des Oberbaus aus technischer Sicht erforderlich.



Abb.: 9 beschädigter Oberbau

---

Ril 821.2001 „Gleisgeometriemessung“

Die letzten, vor der Entgleisung durchgeführten, Gleislagemessungen des Streckengleises 1900-2 erfolgten am 25.02.11 und 09.09.2011. Der vorgegebene Regelinspektionsabstand nach Ril 821.2001 Tabelle 1 wurde eingehalten. Die Zuständigkeit und der Abstand der Regelinspektionen richtet sich nach Ril 821.2001 Tabelle 1. Hiernach beträgt der Regelinspektionsabstand, bei  $V = 120 \text{ km/h}$ , 12 Monate.

Bei beiden Regelinspektionen wurden auf dem Messprotokoll im Bereich der ersten Entgleisungsspuren zwischen den Weichen 223 und 222 im Bf Frellstedt keine SR 100 oder SR Lim Überschreitungen an der Gleislage festgestellt. Auch der vorher befahrene Streckenabschnitt von km 33,000 bis zur Entgleisungsstelle wies keine unzulässigen Überschreitungen an der Gleislage auf.

Ril 821.2003 „Gleisbegang“

Bei den durchgeführten Gleis- und Streckenbegängen wurden keine Mängel festgestellt, die zu einer Zugentgleisung hätten führen oder diese hätten begünstigen können.

Ril 821.2005 „Weicheninspektion“

Die Regelinspektion an Weichen dient der Beurteilung des geometrischen und materiellen Zustands der Anlage und beinhaltet die Messung und Auswertung der Spurführungsmaße, der gegenseitigen Höhenlage (Verwindung) und der Zungenprüfung sowie der augenscheinlichen Beurteilung der Konstruktionsform.

Die Zuständigkeit und der Abstand der Regelinspektionen richtet sich nach Ril 821.2005 Tabelle 1. Hiernach beträgt der Regelinspektionsabstand, bei  $V \leq 160 \text{ km/h}$ , 6 Monate.

- Bf Frellstedt, Weiche 223

Bei der Regelinspektion am 04.06.2011, sowie der nach der Entgleisung veranlassten Sonderinspektion am 04.10.11, wurden keine unzulässigen Überschreitungen in der W 223 festgestellt.

- Bf Frellstedt, Weiche 222

Bei der Regelinspektion am 04.06.2011 wurde bei der Zungenprüfung im Zweiggleis am Prüfpunkt ZP2-1 Zw eine SR100 Überschreitung in der Weiche 222 festgestellt. Derartige Mängel sind gemäß den o.g. Ausführungen spätestens bis zur nächsten Regelinspektion, in diesem Fall bis Ende 2011, instand zu setzen. Eine Mängelbeseitigung vor der Entgleisung wurde nicht nachgewiesen.



Bei der Sonderinspektion am 04.10.2011 wurde nach der Entgleisung die SR 100 Überschreitung bei der Zungenprüfung am Prüfpunkt ZP2-1 zwar jedoch nicht mehr festgestellt. Auffällig waren hier allerdings die SR Lim Überschreitungen bei den Messwerten s1-sa und s2-s1. Da diese beiden Werte bei der letzten Inspektion am 04.06.2011 völlig unauffällig waren, wird die Überschreitung dieser Spurweitenunterschiede als eine Folge der Entgleisung angesehen.

#### Fazit

Die Inspektionen am Oberbau wurden fristgerecht durchgeführt. Die dabei festgestellten Mängel hatten weder Einfluss auf die Zugentgleisung noch haben sie diese begünstigt. Diese Feststellungen decken sich mit der fachtechnischen Stellungnahme des Fachbeauftragten Oberbau der DB Netz AG.

### **4.4 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik**

#### Stellwerk SpDrS 60

Der Bf Frellstedt verfügt über ein Fahrdienstleiterstellwerk, das mit einem Spurplanstellwerk mit Drucktastentechnik der Firma Siemens (SpDrS 60) ausgerüstet ist. Die Durchfahrt des Zuges 91048 wurde durch den FdI mit Fahrtstellung der Signale 2F (Esig) und 2P232 (Asig), beide zeigten „Fahrt mit Höchstgeschwindigkeit“ zugelassen. Die Zugstraße befand sich somit unter sicherungstechnischem Verschluss. Eine Störung an den Sicherungsanlagen wurden der EUB nicht bekannt

Die Ausfahrzugstraße aus Gleis 202 führt in km 31,190 über einen Bahnübergang der Bauart BÜS 72 D in der Ausführung Lz HH TV. Der Bahnübergang ist zwar in die Fahrstraßenlogik integriert, d. h. erst nach geschlossenen Schranken kann das Ausfahrsignal (Asig 2P232) in Fahrtstellung gebracht werden, wird jedoch auf Grund der vorhandenen Vollschraken durch den FdI zusätzlich per Kamera überwacht. Das vor dem BÜ in km 31,241 befindliche Zwischensignal (Zsig 2P202) wird bei Fahrtstellung des Asig 2P232 betrieblich abgeschaltet und zeigt Kennlicht (Ril 301 0002 2 Allgemeine Bestimmungen für Signale (2) „Signale die zeitweilig betrieblich abgeschaltet sind, zeigen an Stelle der vorgesehenen Signalbilder ein weißes Licht (Kennlicht)“).

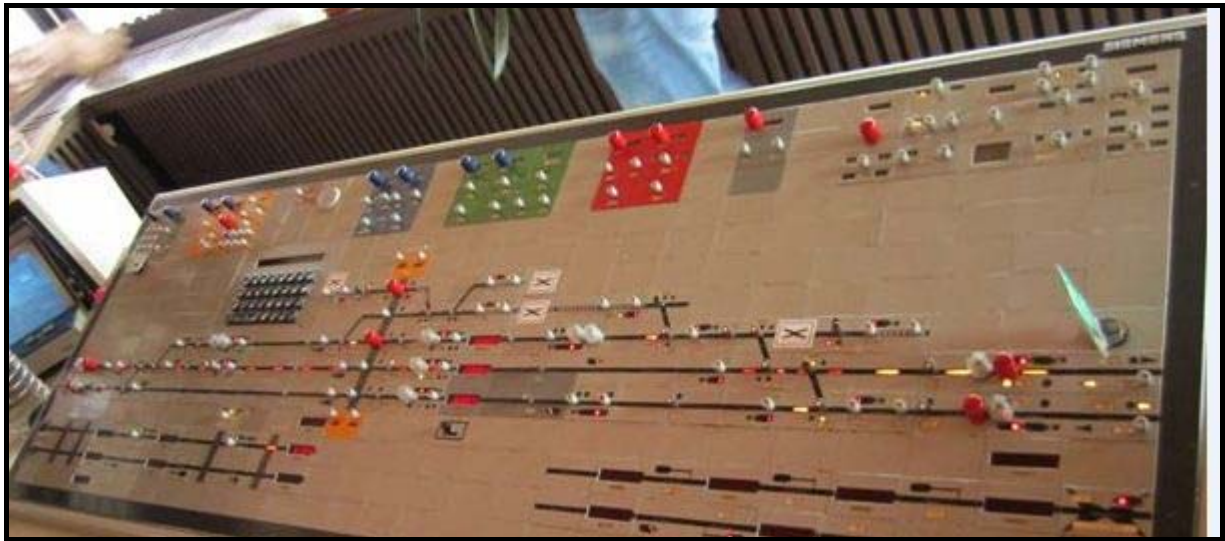


Abb.: 10 Stelltisch im Stellwerk Ff

Bei der Überprüfung der Stellwerkstechnik sowie der vorgenommenen Bedienhandlungen wurden keine Unregelmäßigkeiten festgestellt.

#### HOA/FBOA Nr. 138

Zug DBV 91048 fuhr gegen 07:06 Uhr im Bf Weferlingen ab und erreichte gegen 07:24 Uhr den Bf Marienborn in Gleis 2. Nach Fahrtrichtungswechsel und vereinfachter Bremsprobe erfolgte die Abfahrt des Zuges gegen 07:53 Uhr in Richtung Bf Varel (Oldb).

Der Zug verkehrte vom Bf Marienborn bis zur Überleitstelle (Üst) Harbke in km 13,800 auf dem Gegengleis. Um 08:01 Uhr passierte er die Üst und wurde auf das Regelgleis geleitet. Wegen der Fahrt auf dem Gegengleis konnte die HOA/FBOA Nr. 138 im Bahnhof Marienborn in km 8,718 nicht befahren werden. Somit liegt für den Tag der Entgleisung keine Aufzeichnung über etwaige Erwärmungen der Schachachse vor. Gegen 08:05 Uhr durchfuhr der DBV 91048 den Bf Helmstedt ehe er gegen 08:10 Uhr Frellstedt erreichte und in Gleis 202 entgleiste.

Die letztmalige Überprüfung durch eine HOA/FBOA erfolgte am 30.09.2011, somit fünf Tage vor der Entgleisung. Hierbei befuhren die Wagen im Rahmen der Zugleistung 91059 zwischen dem Bf Frellstedt und Bf Helmstedt die HOA/FBOA Nr. 139 Lelm in km 27,230. Die hierbei registrierten Temperaturen lagen weit unter den Alarmtemperaturen, die auf Heißläufer oder feste Bremse im Zug aufmerksam machen sollen.

## **4.5 Untersuchung der betrieblichen Handlungen**

### Fahrdienstleiter des Bf Frellstedt

Im Streckenabschnitt des verantwortlichen FdI Bf Frellstedt gab es bis zum Zeitpunkt des Ereignisses keine betrieblichen Besonderheiten. Der FdI ließ die Durchfahrt mit Fahrtstellung des Esig 2F und Asig 2P232 zu. Die Auswertung der betrieblichen Handlungen des FdI Frellstedt blieb ohne Befund.

### Triebfahrzeugführer (Tf) Zug 91048 (selbstständiger Unternehmer)

Die Rekonstruktion der betrieblichen Handlungen des Tf gab keinen Anlass zu Beanstandungen.

Eigentümer des dieselelektrischen Triebfahrzeuges „Class 66“ mit der Tfz-Nr. 9280 1266 114-8 ist das EVU Mitsui Rail Capital Europe GmbH (MRCE) GmbH. Das Fahrzeug war an das EVU Lappwaldbahn GmbH vermietet. Der Triebfahrzeugführer, als selbstständiger Unternehmer, wurde ebenfalls angemietet. Dem Tf war ein Auszubildender beigelegt worden der zeitweise unter Aufsicht und Verantwortung des planmäßigen Tf den Zug gefahren hat.

In Folge der Zugentgleisung kam es zu einer Zugtrennung und einem Abfall des Druckes in der Hauptluftleitung (HL). Die daraufhin ausgelöste Zwangsbremse des Zuges wurde durch den Tf unterstützt. Die Spitze des Zuges kam zwischen den Bahnhöfen Frellstedt und Königslutter in km 30,486 zum Halten. Nach Feststellung der Entgleisung und zur Abwendung drohender Gefahren wurde, auf Anweisung des verantwortlichen Tf durch den Auszubildenden, über GSM-R Zugfunk ein Notruf (Ril 408.0571, Zug hält aus unvorhergesehenem Anlass, 2 Hilfe anfordern, (1)) mit anschließendem Nothaltauftrag (Ril 408.0581 Verhalten bei Gefahr, 3 Nothaltauftrag, (1)) abgesetzt. Der Tf, der auf dem Nachbargleis entgegenkommenden Zuges DGS 43305, reagierte auf den Nothaltauftrag und brachte seinen Zug ca. 600 m vor der Unfallstelle, in km 29,900, zum Halten. Durch den Nothaltauftrag des Tf wurde eine Zugkollision mit dem entgegenkommenden Zug verhindert.

Da sich bei der Sachverhaltsermittlung abzeichnete, dass sich das Ereignis nicht auf Grund betrieblicher Handlungen ereignete, wurden in diesem Bereich keine weiteren Untersuchungen angestellt.

## 4.6 Untersuchung von Fahrzeugen

### Elektronische Fahrdatenregistrierung (EFR) des Tzf-Nr. 9280 1266 114-8

Die EFR-Daten des Triebfahrzeuges 9280 1266 114-8 wurden im Crash Protected Memory (CPM) des Datenrekorders Teloc der Firma Hasler Rail aufgezeichnet. Auf Grund dieser speziellen Datenaufzeichnung wurde die Aufbereitung der Daten zu grafischen Darstellungen ebenfalls von der Firma Hasler Rail durchgeführt und anschließend der EUB zur Verfügung gestellt. Diese Ausdrücke zeigen die Abbildung der Geschwindigkeitskurve nur über der Zeitachse.

Anhand der Fahrtverlaufskurven können somit nur annäherungsweise Aussagen zur zurückgelegten Strecke unter zur Hilfenahme der Zeitangaben getroffen werden.

Die Fahrzeugeinrichtung der punktförmigen Zugbeeinflussungseinrichtung (PZB) war eingeschaltet. Über die Zugdaten waren die Bremsart 4 und  $V_{\max} = 100$  km/h eingestellt. Der Zug fuhr um 7:55 Uhr (CPM-Zeit) in Marienborn ab. Im Folgenden wurde der Zug allmählich bis auf maximal ca. 96 km/h beschleunigt. Nach kurzzeitigem Erreichen dieser Maximalgeschwindigkeit wurde eine Reduzierung der Geschwindigkeit auf unter 90 km/h registriert. Bei einer Geschwindigkeit von 86 km/h ist ein kurzer senkrechter Eintrag in der Fahrtverlaufskurve zu erkennen, was auf den Moment der Entgleisung des achten Wagens schließen lässt. Um 8:12 Uhr (CPM-Zeit) zeigt die Fahrtverlaufskurve eine ca. 30 s andauernde Geschwindigkeitsreduzierung die bis zu Stillstand des Zuges anhielt. Diese rapide Geschwindigkeitsreduzierung ist auf die Zwangsbremmung infolge der Zugtrennung zurückzuführen.

Die aufgezeichnete CPM-Zeit ist systemintern und kann von der tatsächlichen Uhrzeit abweichen

Die laut Fahrplan vorgegebene Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h für den Zug wurde kurzzeitig um bis ca. 6 km/h überschritten. Da sich die Entgleisungsstelle im geraden Gleisabschnitt befand und die Strecke nach VzG 1900 für eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h ausgelegt ist, und auch die Fahrzeuge für höhere Geschwindigkeiten zugelassen sind, ist davon auszugehen, dass dieser Umstand nicht ursächlich für das Ereignis war.

## Untersuchungsbericht

Zugentgleisung, 04.10.2011, Bf Frellstedt

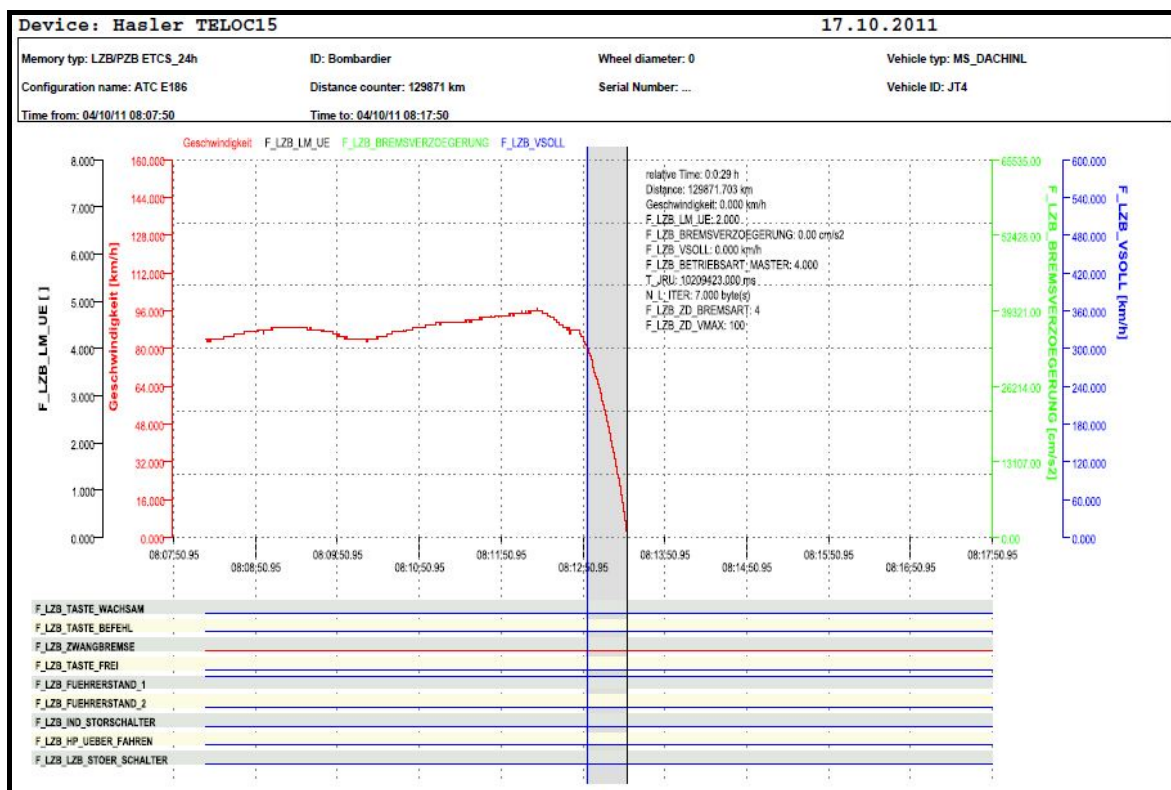


Abb.: 11 Fahrtverlaufs- und Bremskurve Tzf-Nr. 9280 1266 114-8

Bei dem Ereignis kam es zur Entgleisung von insgesamt 11 Wagen.

Nr.	Wagennummer.	Position im Zug	entgleiste Drehgestelle in Fahrtrichtung
1	3780 5377 110-1	Wagen 8	hinteres
2	3780 5377 158-0	Wagen 9	beide
3	3780 5377 147-3	Wagen 10	beide
4	3780 5377 143-2	Wagen 11	beide
5	3780 5377 154-9	Wagen 12	beide
6	3780 5377 157-2	Wagen 13	beide
7	3780 5377 134-1	Wagen 14	beide
8	3780 5377 115-0	Wagen 15	beide
9	3780 5377 128-3	Wagen 16	beide
10	3780 5377 151-5	Wagen 17	beide
11	3780 5377 117-6	Wagen 18	vorderes

Quelle: Firma Nacco

Technical drawing of a rail wagon (E 743) showing side and top views with dimensions. The side view shows a long rectangular body with a door on the left side. The top view shows the layout of the wheels and the body. Dimensions are provided in millimeters (mm).

Dimensions (mm):

- Overall length: 14492
- Overall width: 2850
- Wheelbase (distance between axles): 9200
- Distance from front axle to door: 1500
- Distance from door to rear axle: 9700
- Distance from front axle to front bogie: 1500
- Distance between bogies: 14400
- Distance from rear bogie to rear axle: 1500
- Height of body: 620

Abb.: 12 technische Zeichnung Eanos-Wagen

<b><u>Hauptdaten</u></b>		<b><u>Laufwerk</u></b>	
Eigengewicht	24,5 t +/- 3%	Drehgestell	Y 25 Lsd1
Lastgrenze D	65 t	Druckluftbremse	Dako CV 16“
Gesamtgewicht	90 t	Länge über Puffer	15740 mm
V <sub>max</sub> beladen	100 km/h	Äußerer Achsabstand	12600 mm
V <sub>max</sub> leer	120 km/h		

Tabelle 3 Fahrzeugdaten der Eanos-Wagen

Die Inhalte der folgenden Absätze stützen sich auf die Gutachten der DB Systemtechnik T.TVI 22 Minden sowie T.TVI 53 Minden vom 13.07.2012 bzw. 19.07.2012. Beide Gutachten wurden von der EUB in Auftrag gegeben und liegen vollumfänglich vor.

#### Radsatzlageruntersuchung zum Wellenschenkelbruch

- Untersuchungsbericht von T.TVI 22 Minden

Untersucht wurde das Fahrzeug mit der Fahrzeugnummer 37 80 5377 110-1, der Bauart Eanos des Eigentümers Nacco S.A.S. Frankreich.

<b>Radsatzdaten (Datenband/-bank)</b>	
Radsatznummer	002 119
Radsatzbauart	004
Lagerbauart	Y25 (BA 181)
Letzte IS-Stufe	Fa. ZOS Trnava

Abb.: 13 Radsatzdaten des unfallverursachenden Wagens

Die Laufleistung seit der letzten Revision war am Tag der Untersuchung nicht bekannt.

#### Befund Lager B-Seite

Bei der ersten visuellen Begutachtung wurde festgestellt, dass der Wellenschenkelbruch an der B-Seite des Radsatzes stattfand.

Bei der gebrochenen Lager B-Seite war das Fett dünn/ölig, verfärbt und mit Spänen durchsetzt. Als Wälzlagertyp war ein Zylinderrollenlager eingebaut. Auf Grund des Zustandes des Lagers (WJP/WJ 130x240x80) der Lagerbauteile, Lagerdeckel, den Anbauteilen und dem Lagerverschluss wurden keine ungewöhnlichen Befunde festgestellt. Der Käfig bestand aus Polyamid. Die Strichmarkierungen der Innenringe (ZVL 2008) stimmten überein. Es wurden

zwei Fettproben nach EN 12082 entnommen. Besonders fiel auf, dass die gesamte Lauffläche Eindrückungen aufwies und der Spalt zwischen den Innenringen ~2,8 mm betrug.

Der Bruch erfolgte ca. 60 mm vom Nabensitz des Rades.

Bei der Lager A-Seite waren keine Lagergeräusche beim Durchdrehen vor der Demontage wahrnehmbar. Das Fett war schmierfähig, dünn/ölig und ausreichend vorhanden. Als Wälzlagerartyp war ein Zylinderrollenlager eingebaut. Auf Grund des Zustandes des Lagers (WJP/WJ 130x240x80) der Lagerbauteile, Lagerdeckel, den Anbauteilen und dem Lagerverschluss wurden keine ungewöhnlichen Befunde festgestellt. Der Käfig bestand aus Polyamid. Die Strichmarkierung stimmte beim vorderen und hinteren Innenring (ZVL 2008) nicht überein. Das Spaltmaß war innerhalb der Toleranzen und die Gehäusestegbreite betrug 140 mm. Es wurden zwei Fettproben nach EN 12082 entnommen.

#### Geometrische Vermessung

Eine geometrische Vermessung erfolgte nach der Demontage der Innenringe, hierbei wurden die Wellenschenkel und die Bohrungsdurchmesser der Innenringe an beiden Radsatzseiten gemessen. Bei der A-Seite lagen alle gemessenen Werte innerhalb der Toleranzen nach VPI 04 bzw. DIN 620-2.

Die B-Seite zeigte Überschreitungen der Sollwerte beim Bohrungsdurchmesser der Innenringe. Beim vorderen Innenring betrug der Bohrungsdurchmesser 130,026 mm, und beim hinteren Innenring 130,008 mm. Sollwert nach VPI 04 bzw. DIN 620-2 wäre 130,000 mm.

Die Untersuchung des Wälzlagerfettes ergaben auf beiden Seiten keine unzulässigen Werte.

Die auf der B-Seite gefundenen Metallspäne im Fett stammen mit hoher Wahrscheinlichkeit vom zerstörten Labyrinthring bzw. vom gebrochenen Wellenschenkel. Dem Wälzlager konnten sie nicht zugeordnet werden.

#### Ergebnisse zur Radsatzlageruntersuchung

Auf der A-Seite waren keine Schädigungen am Wälzlager festzustellen und die Passungsmaße lagen im zulässigen Bereich. Bezüglich der Verdrehmarkierung kann von einem Montagefehler bei der Revision ausgegangen werden. Die Fettanalyse zeigte, dass ein zugelassenes Wälzlagerfett ETG 1219N verwendet wurde, was zwar eine große Erweichung aufwies, aber keine Anzeichen eines Heißläufers erkennen ließ.

Der Wellenschenkelbruch erfolgte auf der B-Seite im Bereich des Labyrinthingsitzes. Im hinteren Wälzlager/Lauffläche befanden sich Eindrückungen im Rollkontaktbereich, es waren jedoch keine Abblätterungen in der Lastzone am Außenring feststellbar, die auf eine Ermü-



dung des Lagers hindeuten könnten. Das Spaltmaß der beiden Innenringe betrug ~ 2,8 mm was auf eine Bewegung des hinteren Innenrings in Richtung Bruchfläche hindeutet. Die Passung zwischen Innenring und Wellenschenkel liegt im unzulässigen Bereich, wird aber nicht ursächlich für den Wellenbruch angesehen.

Der Wellenschenkelbruch wurde somit nicht durch einen Radsatzlagerschaden hervorgerufen.

#### Werkstofftechnische Schadensuntersuchung an der gebrochenen Radsatzwelle

- Untersuchungsbericht von T.TVI 53 Minden

Die Radsatzwelle von Radsatz 1 war am Übergang von Achsschenkel zum Notlaufschenkel gebrochen. Der Bruch erfolgte ca. 175 – 178 mm von der Stirnseite der B-Seite entfernt.

Die Bruchfläche zum Notlaufschenkel war unfallbedingt sehr stark beschädigt, während die Gegenbruchfläche gut erhalten war. Der Labyrinthtring der B-Seite wies unfallbedingt ebenfalls starke Zerstörungen auf. Die am Radsatz 2 festgestellten Radverschiebungen nach außen, wurden aufgrund der starken Beschädigungen an der Oberfläche der Räder als Folgeschäden durch die Entgleisung eingestuft und nicht weiter untersucht.

<b>Datenbänder der gebrochenen Radsatzwelle</b>	
<b>Radsatz 1 (gebrochen)</b>	<b>Radsatz 2</b>
Nacco	Nacco
ZSSK	ZSSK-0
2119	2123
23,5 T	23,5 T
R7T	R7T
TR 08 08	TR 08 08
D2	D2
<b>Kennzeichnung an der gebrochenen Radsatzwelle (Radsatz 1)</b>	
002119 ZSSKC T( 08 A E81330 04 08 000 A1N SK56	

Tabelle 4 Radsatzdaten Wagen 37 80 5377 110-1

---

Eine Überprüfung der geometrischen Abmessungen am Notlaufschenkel war aufgrund der Beschädigungen nicht möglich. Da jedoch symmetrische Verhältnisse vorausgesetzt werden, erfolgte eine Untersuchung auf der gegenüberliegenden Bruchfläche der Radsatzseite A. Die an der Bruchstelle vorhandenen Radien R8 und R40 waren zeichnungskonform ausgebildet. Der zweite, als Entlastungsmulde ausgeführte, Radius R40 war mit R28,6 und einer Tiefe von 0,05mm (Soll 0,1mm) kleiner als vorgegeben hergestellt. Bei einer durchgeführten Magnetpulverprüfung (MT) wurden keine registrierpflichtigen Anzeigen festgestellt.

Die bei der werkstofftechnischen Untersuchung durchgeführte Oberflächenuntersuchung und Rauigkeitsmessung ergab eine leichte Erhöhung der Oberflächenrauigkeit nahe der Bruchkante sowie eine umlaufende Riefe im Abstand von 2 – 5 mm zur Bruchkante.

Die fraktographische Untersuchung erfolgte auf der Bruchfläche B. Hierbei wurden von der Oberfläche ausgehende Einzelrisse und daraus resultierende Ermüdungsrisssfronten festgestellt, die nach Erreichen der kritischen Risstiefe zu einem Restgewaltbruch in der Wellenmitte führten. Diese Konstellation ist charakteristisch für eine umlaufende Kerbwirkung bei allseitiger Biegebeanspruchung. Die Anrissbildung erfolgte allerdings nicht an der im Radius 40 festgestellten umlaufenden Riefe, weshalb die Kerbwirkung vergleichsweise gering eingeschätzt wird. Entnommene Proben aus der Bruchfläche B zeigen, dass sich die Bruchstelle in drei Bereiche einteilen lässt. Der äußere Bereich ist gekennzeichnet durch eine interkristalline Bruchfläche und deutet auf einen interkristallinen Spaltbruch (Korngrenzenbruch) hin. Dieser Bruchbereich ist somit als Gewaltbruch- und nicht als Ermüdungsbruchfläche einzustufen. Im mittleren Bereich wurde ein Mischbruch mit interkristalliner Bruchfläche und Waben als Übergang vom spröden zum duktilen Gewaltbruch vorgefunden. Im inneren, und weitaus größten Bereich, war schließlich die für Ermüdungsbrüche typische Bruchflächenmorphologie erkennbar.

Die bei der chemischen Analyse mittels Emissionspektrometer, Typ Spektrolab M ermittelte Zusammensetzung der Radsatzwelle ergab keine Abweichungen zu den in Norm DIN EN 13261 geforderten Sollwerten. Die chemische Zusammensetzung für den Werkstoff EA1N wurde eingehalten.

Zur makroskopischen Untersuchung wurde ein Makroschliff hinter der Bruchfläche B entnommen und geätzt. Die Oberfläche zeigt hierbei eine die Welle umlaufende 2,0 – 3,5 mm tiefe Wärmeeinflusszone mit inhomogenem, eher diffusem, Wärmeeintrag. Eine Erwärmung der Welle und daraus resultierende Gefügeumwandlung an der Oberfläche des Achsschenkels ist nicht vorgesehen und entspricht nicht dem Sollzustand. Weitere Makroschliffe in Längsrichtung lassen erkennen, dass sich die Wärmeeinflusszone auf der B-Seite von der

---

Wellenstirnseite über den gesamten Achsschenkel bis zum Übergang zum Notlaufschenkel erstreckt. Der zusätzlich angefertigte Baumannabdruck zeigte im Wärmeeinflussbereich kaum Schwefelanteile. Auf der A-Seite des Achsschenkels wurde ein homogenes Makrogefüge vorgefunden. Die Oberfläche wies keine Wärmeeinflusszone auf.

Die mikroskopischen Untersuchungen mit dem Lichtmikroskop untermauern die makroskopischen Ergebnisse. Von Wellenoberfläche bis in eine Tiefe von ca. 2 mm ist das Mikrogefüge bainitisch und überwiegend grobkörnig. Der anschließende Bereich bis ca. 3,5 mm besteht aus einem Mischgefüge aus Bainit und Ferrit-Perlit. Ab ca. 3,5 mm Tiefe beginnt das für A1N typische ferritisch-perlitische Gefüge. Rissverlauf und Wärmeeinflusszone korrelieren mit der makroskopischen Untersuchung.

Bei den weiteren Untersuchungen zum Reinheitsgrad nach ISO 4967, Zugversuch und Kerbschlagbiegeversuch wurden die Vorgaben nach DIN EN 13261 insgesamt erfüllt. Die Härteverläufe der Härteprüfung bestätigte die Ergebnisse der vorherigen Untersuchungen, wonach der Wärmeeinfluss über den Umfang gesehen nicht homogen erfolgte.

#### Ergebnisse aus der werkstofftechnischen Schadensuntersuchung

Der Bruch der Radsatzwelle von Radsatz 1 erfolgte etwa 175 – 178 mm von der Stirnfläche der B – Seite entfernt als Ermüdungsbruch im Radienübergang (R40) vom Achsschenkel zum Notlaufschenkel. Die Rissbildung erfolgte an der Wellenoberfläche an zahlreichen Stellen über den gesamten Umfang der Welle. Aus dem Zusammenwachsen einiger Einzelanrisse entstanden drei Ermüdungsfronten bei 75, 260 und 330°, die nach Erreichen der kritischen Risstiefe schließlich zu einem Restbruch in Wellenmitte führten.

Im Rissausgangsbereich wurde eine interkristalline Bruchfläche bis ca. 2 mm Tiefe festgestellt, der sich dann nach einem Übergangsbereich aus kristalliner Bruchfläche und Wabenstruktur erst die eigentliche Ermüdungsbruchfläche (transkristallines Risswachstum) anschloss. Die Tiefe des interkristallinen Rissverlaufs im Anrissbereich der Ermüdungsfront korreliert mit der Tiefe des grobkörnigen Gefüges an der Oberfläche. Hier hat folglich ein Wärmeeintrag im Achsschenkel der B-Seite zu einer Umwandlung des typischerweise ferritisch-perlitischen Gefüges in mehr oder weniger grobkörniges Bainit geführt.

Die Spannungskonzentration im Übergang vom Achsschenkel zum Notlaufschenkel in Verbindung mit der Versprödung des oberflächennahen Gefüges durch grobkörnigen Bainit hat letztendlich die Anrissbildung an zahlreichen Stellen über den Wellenumfang verursacht. Zunächst bildeten sich an der Oberfläche Risse, die entlang der Korngrenze bis ca. 2 mm

instabil wuchsen. Nachdem das duktilere ferritisch-perlitische Gefüge erreicht war, entstanden aus den instabilen Oberflächenrissen stabile Risse (Ermüdungsrisse).

Da ein zusätzlicher Wärmeeintrag nur im Achsschenkel der B-Seite festgestellt wurde und die A-Seite hiervon nicht betroffen war, kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei dem Wärmeeintrag an der B-Seite nicht um eine prozessbedingte Wärmeeinbringung bei der Wellenherstellung handelte. Vielmehr ist zu vermuten, dass die Wärmeeinbringung nach dem eigentlichen Herstellungsprozess etwa bei der Nachbearbeitung von Herstellungstoleranzen oder der Weiterverarbeitung erfolgte. Wann genau und in welchem Herstellungsstadium der Wärmeeintrag erfolgte, konnte nicht festgestellt werden.

Die Radien an der B-Seite der Radsatzwelle konnten aufgrund der signifikanten Oberflächenbeschädigungen nicht mehr überprüft werden. Der gemäß Zeichnung als Entlastungsmulde vorgesehene zweite Radius R40 war mit R28,6 auf der A-Seite nicht zeichnungsgerecht ausgeführt. Auch die Solltiefe von 0,1 mm war unterschritten, sie betrug 0,05 mm. Unter Annahme symmetrischer Verhältnisse ist nicht auszuschließen, dass der zweite Radius auf der B-Seite ebenfalls nicht zeichnungsgerecht war. Aber selbst unter dieser Annahme ist der daraus resultierende Einfluss auf die Rissentstehung als eher gering einzustufen, da die Entlastungsmulde nur dem Sitz des Lagerinnenrings dient und nicht der Spannungsreduktion im Querschnittsübergang. Die Oberflächenrauheit nahe der Bruchkante war ebenfalls nicht zeichnungsgerecht. Die zulässige maximale Rauheit von  $R_a \leq 0,8$  wurde mit 1,0 geringfügig überschritten. Dieser Wert wurde auch nicht allein von der dort festgestellten umlaufenden Riefe verursacht, da sie keine ausgeprägte Tiefenausdehnung aufwies. Nach Abwägung der Erkenntnisse, hat die erhöhte Oberflächenrauheit nahe der späteren Bruchkante den Ermüdungsrisse nicht ausgelöst. Eine wesentlich stärkere Auswirkung auf die Risse hatte die versprödende Wirkung des groben bainitischen Mikrogefüges.

Die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Kennwerte der untersuchten Welle erfüllen die Forderungen der DIN EN 13261. Die bei der Herstellung erzielten Werkstoffeigenschaften waren für die Schadensauslösung nicht ursächlich.

#### Verwiegung der Wagen

Das zulässige Gesamtgewicht der Eanos-Wagen wird im Datenblatt mit 90 t angegeben. Wobei 24,1 t auf das Fahrzeug und 65,9 t auf die Zuladung entfallen. Bei der Verwiegung in Weferlingen wurde das zulässige Gesamtgewicht je Wagen von 90 t vor Fahrtbeginn eingehalten.

Bei der Überprüfung der Beladung waren von dem verunfallten Zug sieben Wagen nicht lauffähig und konnten nicht gewogen werden. Bei den übrigen lauffähigen Wagen wurden Bruttogewichte von 90,5 t bis 92 t festgestellt. Die leichte Überschreitung des zulässigen Gesamtgewichts der entgleisten Wagen resultierte möglicherweise aus der relativ langen Standzeit von mehreren Wochen am Unfallort. Da die Wagen nicht abgedeckt waren, wurde das Mineralgemisch in dieser Zeit durch Regenwasser befeuchtet, was den Feuchtegehalt auf durchschnittlich 4 % ansteigen ließ.

#### **4.7 Interpretation der Unfallspuren**

Anhand der Unfallspuren vor Ort konnte der Bruch eines Achsschenkels als verursachendes Element für die Zugentgleisung sehr zeitnah detektiert werden. Entgleisungsverursachende Mängel am Oberbau wurden nicht festgestellt und betriebliche Fehlhandlungen waren auszuschließen

### **5 Auswertung und Schlussfolgerungen**

Am 04.10.2011 entgleiste DBV 91048 mit 11 von 32 Schüttgutwagen der Gattung Eanos im Bf Frellstedt. Als Ursache der Entgleisung wurde ein Wellenbruch an einer Radsatzwelle der Bauart 002 aus Wagen 37 80 5377 110-1 ermittelt.

Die Untersuchung dieser gebrochenen Radsatzwelle hat gezeigt, dass ein hoher Wärmeeintrag im Achsschenkel der B-Seite zu einer Umwandlung des typischerweise vorhandenen ferritisch-perlitischen Gefüges in mehr oder weniger grobkörnigen Bainit geführt hat. Die Versprödung des oberflächennahen Gefüges durch grobkörnigen Bainit führte zu zahlreichen Anrissen im gesamten Umfang der Wellenoberfläche. Aus dem Zusammenwachsen einiger Einzelrisse bildeten sich drei Ermüdungsfronten, die nach Erreichen der kritischen Risstiefe schließlich in den Restbruch in Wellenmitte mündeten.

Eine Randschichtwärmebehandlung ist bei dieser Radsatzwellenbauart gemäß Zeichnung bei der Herstellung und Weiterverarbeitung nicht vorgesehen. Da der Wärmeeintrag lediglich im Achsschenkel der B-Seite und nicht auch auf der A-Seite nachzuweisen war, ist von einem einmaligen, für den Herstellungsprozess unbeabsichtigten, Wärmeeintrag auszugehen.

Dies wird auch dadurch untermauert, dass bis zum Abschluss der Untersuchungen zu diesem Ereignis keine weiteren derartigen Vorkommnisse bekannt wurden. Es konnte nicht abschließend geklärt werden auf welche Art und Weise der Gefüge verändernde Wärmeeintrag entstanden ist.

## **6 Bisher getroffene Maßnahmen**

Mit Bekanntwerden der Besonderheit dieses Achswellenbruchs wurden umgehend weitere Prüfungen an Achsen aus der gleichen Charge durch den Halter sowie die Überprüfung des Fertigungsprozesses veranlasst. Bei der Prüfung der Achsen wurden keine relevanten Mängel festgestellt. Aus der Überprüfung des Fertigungsprozesses ließ sich ebenfalls nicht ableiten, wo und warum dieser zusätzliche Wärmeeintrag an der Achse erfolgte. Weitere Maßnahmen wurden nicht veranlasst, da auch aufgrund der bisher vergangenen Zeitspanne davon ausgegangen werden kann, dass es sich hierbei um eine Einzelursache handelt.