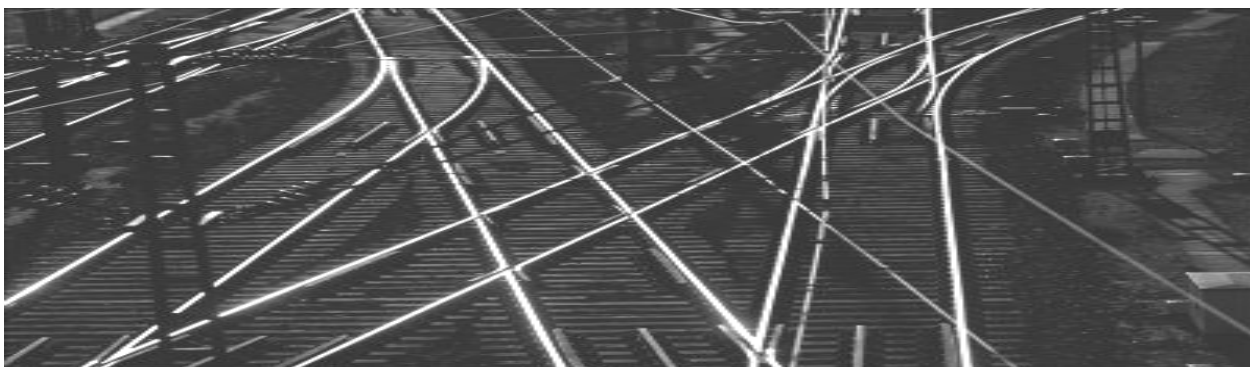




# Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: 60 - 60uu2011-04/00043

Datum: 09.09.2013



## Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb

|              |                    |
|--------------|--------------------|
| Ereignisart: | Zugentgleisung     |
| Datum:       | 08.04.2011         |
| Zeit:        | 08:35 Uhr          |
| Bahnhof:     | Bf Hannover-Linden |
| Gleis:       | 034                |
| Kilometer:   | 21,250             |

**Veröffentlicht durch:**

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung,

Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes

Robert-Schuman-Platz 1

53175 Bonn

---

## Inhaltsverzeichnis:

|                                                                                                       | Seite     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Zusammenfassung .....</b>                                                                        | <b>7</b>  |
| 1.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses .....                                                            | 7         |
| 1.2 Folgen .....                                                                                      | 7         |
| 1.3 Ursachen .....                                                                                    | 7         |
| <b>2 Vorbemerkungen .....</b>                                                                         | <b>9</b>  |
| 2.1 Organisatorischer Hinweis .....                                                                   | 9         |
| 2.2 Ziel der Eisenbahn-Unfalluntersuchung.....                                                        | 9         |
| 2.3 Mitwirkende.....                                                                                  | 10        |
| <b>3 Ereignis.....</b>                                                                                | <b>10</b> |
| 3.1 Hergang .....                                                                                     | 10        |
| 3.2 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden.....                                                        | 11        |
| 3.3 Wetterbedingungen .....                                                                           | 11        |
| <b>4 Untersuchungsprotokoll .....</b>                                                                 | <b>12</b> |
| 4.1 Zusammenfassung von Aussagen .....                                                                | 12        |
| 4.2 Notfallmanagement.....                                                                            | 12        |
| 4.3 Untersuchung der Infrastruktur .....                                                              | 12        |
| 4.3.1 Oberbau .....                                                                                   | 13        |
| 4.4 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik.....                                                 | 17        |
| 4.5 Untersuchung der betrieblichen Handlungen .....                                                   | 18        |
| 4.6 Untersuchung von Fahrzeugen .....                                                                 | 19        |
| 4.6.1 Angaben zum Zug FZT 53820 .....                                                                 | 19        |
| 4.6.2 Untersuchung des Triebfahrzeugs.....                                                            | 19        |
| 4.6.3 Befunde zu den Radsätzen .....                                                                  | 21        |
| 4.6.4 Befunde zur Primärfederung (Achsfederung), Radsatzlagerführung<br>und Radsatzhubbegrenzung..... | 21        |
| 4.6.5 Befunde zur Sekundärfederung, Dämpfung und seitlichen Abstützung .....                          | 22        |

---

---

|          |                                                                                                         |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.6.6    | Radaufstandskräfte.....                                                                                 | 22        |
| 4.6.7    | Befunde zum Drehzapfenlager .....                                                                       | 22        |
| 4.6.8    | Befunde zu weiteren Bauteilen der Fahrwerke .....                                                       | 22        |
| 4.6.9    | Resümee zur Fahrzeuguntersuchung .....                                                                  | 23        |
| 4.7      | Auswertung der Dokumentationen vom Unfallort und der Registrierung einzelner Steuergeräte .....         | 23        |
| 4.7.1    | Auswertung der Elektronischen Fahrtenregistrierung (EFR) für das führende Triebfahrzeug 140 772-5 ..... | 23        |
| 4.7.2    | Dokumentation zu den Inspektionen gemäß Konzernrichtlinie (Ril) 821 – Oberbau inspizieren –.....        | 25        |
| 4.7.3    | Fachtechnische Stellungnahme des Fachbeauftragten Oberbau der DB Netz AG .....                          | 33        |
| 4.7.4    | Beurteilung des Gleises bezüglich der Gleislage .....                                                   | 34        |
| 4.7.5    | Bericht der Fachabteilung I.NVT8 der DB AG .....                                                        | 35        |
| 4.8      | Interpretation der Unfallspuren .....                                                                   | 39        |
| <b>5</b> | <b>Auswertung und Schlussfolgerungen.....</b>                                                           | <b>44</b> |
| <b>6</b> | <b>Bisher getroffene Maßnahmen .....</b>                                                                | <b>46</b> |
| 6.1      | Maßnahmen der Sicherheitsbehörde .....                                                                  | 46        |
| 6.2      | Maßnahmen des Infrastrukturbetreibers.....                                                              | 46        |

---

## Abbildungsverzeichnis:

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abb. 1: Blick auf entgleistes Triebfahrzeug .....                                        | 8  |
| Abb. 2: Detailansicht auf das entgleiste Triebfahrzeug .....                             | 8  |
| Abb. 3: Lageplan .....                                                                   | 11 |
| Abb. 4: Auszug aus dem VzG der Strecke 1750 .....                                        | 13 |
| Abb. 5: Übersicht auf die Schlammstelle (Entgleisungsstelle) .....                       | 14 |
| Abb. 6: Stark ausgeprägter Gleislagefehler auf der in Fahrtrichtung linken Schiene ..... | 15 |
| Abb. 7: Detailansicht Schlammstelle in ca. km 21,265 .....                               | 16 |
| Abb. 8: Stellwerk Hannover-Linden .....                                                  | 17 |
| Abb. 9: Stellwerk Hannover-Linden, Detailansicht Fahrstrasse .....                       | 18 |
| Abb. 10: Aufzeichnung der Fahrdaten (DSK 10) .....                                       | 24 |
| Abb. 11: RAILab Meßschrieb vom 08.04.2011 .....                                          | 29 |
| Abb. 12: Auszug aus dem Protokoll der Grenzwertüberschreitung .....                      | 29 |
| Abb. 13: Auszug aus dem Protokoll der Überschreitungsprotokoll RAILab .....              | 30 |
| Abb. 14: Schlammstelle in km 21,265 .....                                                | 40 |
| Abb. 15: Entgleisungsspuren .....                                                        | 41 |
| Abb. 16: Beschädigte Schwellen linke Schiene .....                                       | 42 |
| Abb. 17: Beschädigte Schwellen rechte Schiene .....                                      | 42 |
| Abb. 18: Schäden vor W 3 linke Schiene .....                                             | 42 |
| Abb. 19: Schäden in W 3 rechte Schiene .....                                             | 42 |
| Abb. 20: Zungenbereich W 2 .....                                                         | 43 |
| Abb. 21: rechter Radlenker W 2 .....                                                     | 43 |
| Abb. 22: gebrochene rechte Flügelschiene in W 2 .....                                    | 43 |
| Abb. 23: verbogene rechte Weichenzunge in W 2 .....                                      | 43 |
| Abb. 24: beschädigte Betonschwellen hinter Weiche 2 .....                                | 44 |

## Abkürzungsverzeichnis

|        |                                                         |
|--------|---------------------------------------------------------|
| AEG    | Allgemeines Eisenbahngesetz                             |
| Alv OB | Anlagenverantwortlicher Oberbau                         |
| BMVBS  | Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung |
| BPol   | Bundespolizei                                           |
| 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                            |
| Fdl    | Fahrdienstleiter                                        |
| NE     | Nichtbundeseigene Eisenbahn                             |
| Nmg    | Notfallmanager                                          |
| Ril    | Richtlinie                                              |
| SB     | Sicherheitsbehörde                                      |
| SMS    | Sicherheitsmanagementsystem                             |
| Tf     | Triebfahrzeugführer                                     |
| Tfz    | Triebfahrzeug                                           |
| VzG    | Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten    |

## **1 Zusammenfassung**

### **1.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses**

Der Güterzug FZT 53820 der DB Schenker Rail Deutschland AG entgleiste am 8. April 2011 gegen 08:28 Uhr auf der Fahrt von Braunschweig Rbf nach Seelze Sob bei der Durchfahrt im Bahnhof Hannover Linden in einem Linksbogen in km 21,250 des Gleises 034 mit dem vorderen Drehgestell des Triebfahrzeugs.

### **1.2 Folgen**

Durch die Entgleisung wurden ca. 350 m Oberbau der Bauform W 60-B70-1667, zwei Bogenweichen der Bauform 60-500-1:12 und das Triebfahrzeug beschädigt.

Personen wurden nicht verletzt.

Die Schadenshöhe durch die Zugentgleisung wird wie folgt beziffert:

|               |                |
|---------------|----------------|
| Oberbau       | 640.000,- Euro |
| Triebfahrzeug | 101.000,- Euro |
| Sonstiges     | 270.000,- Euro |

### **1.3 Ursachen**

Als Ursache für die Entgleisung des Triebfahrzeugs sind Gleislagefehler kurz vor der Entgleisungsstelle in ca. km 21,250 anzuführen. Es handelt sich bei den Gleislagefehlern um Mängel bei der Längshöhe, der gegenseitigen Höhenlage (Querhöhe) und der daraus resultierenden Gleisverwindung.



Abb. 1: Blick auf entgleistes Triebfahrzeug



Abb. 2: Detailansicht auf das entgleiste Triebfahrzeug

## **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](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 Mitwirkende**

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

- DB Netz NL Nord
- DB Netz AG, Technologie, Systemschnittstelle Infrastruktur (I.NVT 8)  
Bericht 11-I-NVT8 Entgleisung Hannover Linden vom 01.03.2012
- DB Systemtechnik T.TVI 21 Fahrwerke  
Bericht 11-P-15859-T.TVI 21 BR140-2060-016 vom 26.05.2011
- DB Inspektions- und Ereignismanagement (TQI), Minden  
Bericht
- DB Netz AG Zentrale Fahrwegmessung

## **3 Ereignis**

### **3.1 Hergang**

Der Güterzug FZT 53820 der DB Schenker Rail Deutschland AG fuhr mit einem Triebfahrzeug (Tfz) der Baureihe 140. Das Tfz 140-772-5 zog einen Wagenzug von 546 m Länge, bestehend aus 30 Wagen, und befand sich auf dem Weg von Braunschweig Rbf nach Seelze Sob. Die Durchfahrt nach Gleis 034 im Bahnhof Hannover Linden erfolgte über eine gesicherte Zugstraße. Bei der Durchfahrung eines Linksbogens im Gleis 034 mit einem Radius von 507 m und zu  $v = 80 \text{ km/h}$  entgleiste das Triebfahrzeug bei einer Geschwindigkeit von etwa  $70 \text{ km/h}$  in ca. km 21,250 kurz vor der Weiche 3 mit dem ersten Drehgestell in Fahrtrichtung nach rechts. Nach der Entgleisung leitete der Triebfahrzeugführer wegen für ihn unerklärlicher Erschütterungen eine Bremsung ein. Daraufhin kam der Zug etwa 6 m vor dem Oberleitungsmast 20/35 in ca. km 20,875 zum Stehen. Durch das entgleiste Tfz wurden die Weichen 2 und 3 sowie ca. 350 m Gleis beschädigt.

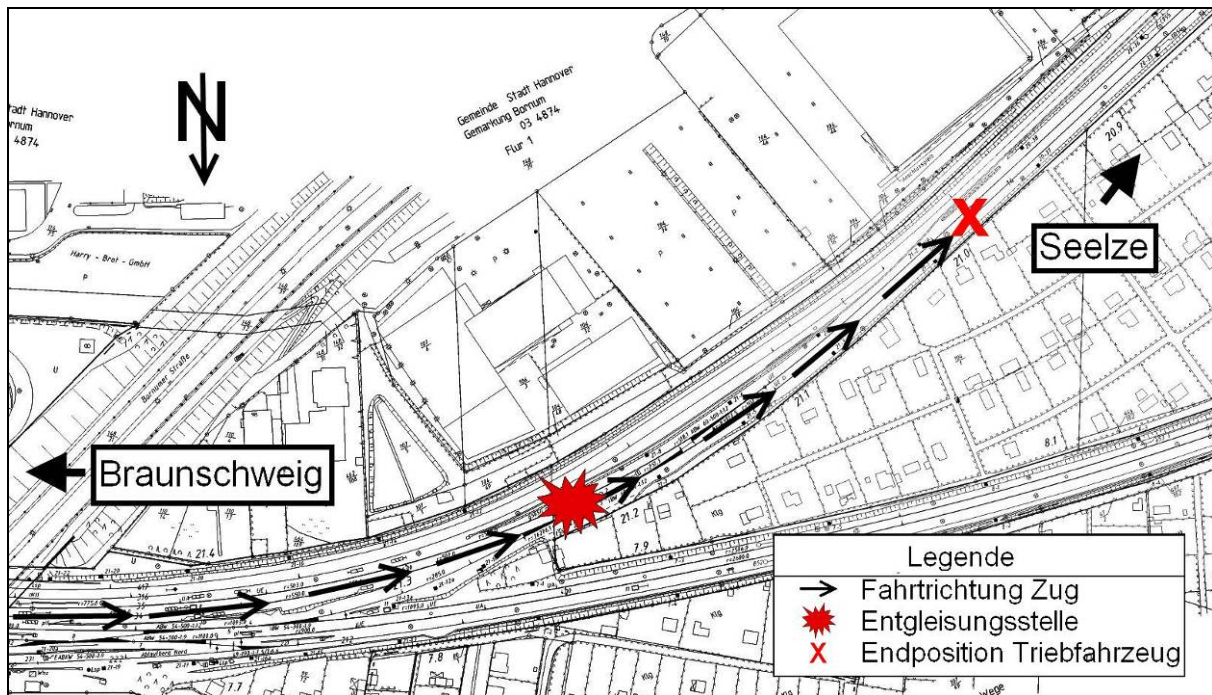


Abb. 3: Lageplan

Quelle: IVL-Plan DB Netz AG bearbeitet durch EUB

### 3.2 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden

Verletzte oder Todesopfer sind nicht zu beklagen.

Die Sachschäden setzen sich wie folgt zusammen:

|                               |     |             |
|-------------------------------|-----|-------------|
| • Triebfahrzeug               | ca. | 101.000,- € |
| • Wagen                       | ca. | entfällt    |
| • Gleisanlage                 | ca. | 640.000,- € |
| • Leit- und Sicherungstechnik |     | entfällt    |
| • EM-Technik                  |     | entfällt    |
| • Umweltschäden               |     | entfällt    |
| • Betriebserschwernisse       | ca. | 270.000,- € |

### 3.3 Wetterbedingungen

Der Unfall ereignete sich am Morgen des 08.04.2011 gegen 08:35 Uhr. Es war ein frostfreier, sonniger Frühlingstag mit Tageshöchsttemperaturen um 13°C und Nachttemperaturen dicht über dem Gefrierpunkt. Gemäß den Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), Messstelle Hannover Herrenhausen, lagen die tiefste Tagestemperatur bei 4,4 °C und die

tiefste bodennahe Temperatur bei 2,3°C. Der Boden war trocken und es hatte an diesem und dem Vortag nicht geregnet.

## **4 Untersuchungsprotokoll**

### **4.1 Zusammenfassung von Aussagen**

Der Tf wurde direkt nach der Entgleisung über seine Wahrnehmung bezüglich des Ereignisses befragt. Er gab an, dass die Zugfahrt bis zur Entgleisung ohne Besonderheiten verlaufen sei. Bei der Befahrung der W 3 im Gleis 034 während der Ausfahrt aus dem Bf Hannover-Linden habe er plötzlich ungewöhnliche Geräusche und unerklärliche Erschütterungen auf dem Triebfahrzeug vernommen. Nachdem keine Änderung eintrat, habe er eine Bremsung mit gleichzeitigem Sanden der Schiene eingeleitet und den Stromabnehmer abgesenkt. Nach Feststellung der Entgleisung habe er versucht, mit Bahnfunk einen Notruf abzusetzen, dies war jedoch erfolglos, da durch den abgesenkten Stromabnehmer kein Strom auf der Lok zur Verfügung stand und keine Verbindung mit dem Fahrdienstleiter (Fdl) zustande kam. Den Notruf habe er dann über Diensthandy gegen 08:37 Uhr an den Fdl abgesetzt.

Der Tf blieb bis zu Eintreffen des Notfallmanagers und der EUB vor Ort und wurde nach der Befragung aufgrund der psychologischen Anspannung abgelöst.

### **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) 123 näher beschrieben und geregelt.

Bei diesem Ereignis erfolgte keine Benachrichtigung der Erstrettungskräfte (Feuerwehr, Notarzt), sowie der Polizei. Vor Ort erfolgte das Unfallmanagement ausschließlich durch Unfallmanager der DB Netz AG. Der EUB wurde die Zugentgleisung durch die Notfalleitstelle der DB Netz AG zeitnah telefonisch mitgeteilt.

### **4.3 Untersuchung der Infrastruktur**

Bei der Strecke 1750 Wunstorf – Lehrte handelt es sich im betroffenen Abschnitt um eine zweigleisige elektrifizierte Hauptbahn. Die maximale Streckengeschwindigkeit liegt gemäß dem Verzeichnis der örtlich zugelassenen Geschwindigkeiten (VzG) je nach Örtlichkeit bei

140 km/h. Im Bereich der Entgleisungsstelle in ca. km 21,250 beträgt die örtlich zugelassene Geschwindigkeit nach VzG 80 km/h.

|      |     |                      |      |          |                              |
|------|-----|----------------------|------|----------|------------------------------|
| 24,0 | 90  |                      |      |          |                              |
|      |     | Esig Hannover-Linden | 23,5 |          | Überg zu Str 1760 a,R        |
|      |     | Ha-Li/Fischerhof     | 23,2 |          |                              |
|      |     |                      | 23,0 |          | Überg von Str 1760 a,R       |
|      |     | Bft Han-Linden       | 22,4 |          | Überg zu Str 1760 a,R        |
|      |     | Asig (Ri A)          | 21,9 | +3,2-0,0 |                              |
| 21,4 | 80  |                      |      |          |                              |
|      |     | Y                    | 21,1 |          | Überg von Str 1760 a,R       |
|      |     | Esig                 | 20,2 |          |                              |
|      |     | Han-Linden Hafen     | 19,1 |          |                              |
|      |     | Asig                 | 18,9 | +0,0-3,5 | Überg von Str 1752 b         |
|      |     | Y                    | 18,6 |          |                              |
|      |     | Sbk 992              | 17,8 |          |                              |
|      |     | Esig                 | 16,6 |          | Überg zu Str 1704 a          |
|      |     | Ahlem                | 15,8 |          |                              |
| 15,7 | 100 |                      |      |          |                              |
|      |     | Asig (Ri S)          | 15,4 | +0,0-3,7 |                              |
|      |     | Y                    | 15,2 |          |                              |
| 14,6 |     | Evsig ∇              |      |          | Evsig vBrw=937m,<br>MGv=0,7‰ |
| 13,7 |     | Esig Seelze Rbf      | 13,7 |          | Überg zu Str 1701 a,R        |
|      | 120 |                      |      |          |                              |

Abb. 4: Auszug aus dem VzG der Strecke 1750

Nach Angaben aus dem Infrastrukturregister liegt hier die Streckenklasse D4 mit maximal zulässigen Radsatzlasten von 22,5 t und maximal zulässigen Fahrzeuggewichten je Längeneinheit von 8,0 t/M vor. Der betroffene Streckenabschnitt ist Bestandteil des konventionellen Transeuropäischen Eisenbahnnetzes (TEN-Netz).

Das Streckengleis 1750 (2) verläuft aus Richtung Lehrte kommend über das Gleis 034 durch den Bahnhof Hannover-Linden weiter bis Hannover-Linden Hafen und endet in Wunstorf.

#### 4.3.1 Oberbau

Im Bereich der Entgleisungsstelle wurde die für die Gleiskategorie zulässige Oberbauform W 60-B70-1667 vorgefunden. Die Gleisschiene UIC 60 als auch die Betonschwellen B 70 wurden 2004 hergestellt. Die Schwellenteilung beträgt 60 cm und die Befestigungsmittel an Schiene und Schwelle waren augenscheinlich kraftschlüssig verspannt. Die Entgleisungsstelle befindet sich in einem Vollbogenbereich einer Linkskrümmung mit einem Radius von 507 m. Die Regelüberhöhung beträgt 90 mm und die zulässige Höchstgeschwindigkeit ist gemäß VzG mit 80 km/h angegeben. Die beiden im Bogen liegenden Weichen 2 und 3 haben die Bauform ABW 60-500-1:12 und IBW 60-500-1:12. An den Schienenköpfen im Bo-

genbereich waren abschnittsweise unterschiedlich stark ausgeprägte Head Check Schädigungen erkennbar. Diese Schädigungen hatten aber keinen Einfluss auf die Entgleisung des Triebfahrzeugs.

Vor der Entgleisungsstelle des Triebfahrzeugs in ca. km 21,250 waren zwei Störstellen in Form von Schlammstellen optisch gut erkennbar. Die erste in ca. km 21,330 wies auf einer Länge von etwa 3 m keinen augenscheinlich markanten Gleislagefehler auf. Bei der zweiten Schlammstelle, in ca. km 21,265, war auf einer Länge von ca. 5 m ein ausgeprägter einseitiger Längshöhenfehler der in Fahrtrichtung linken Schiene optisch wahrnehmbar. Etwa 10 m (17 Schwellen) nach dem Gleislagefehler waren erste Entgleisungsspuren auf der in Fahrtrichtung rechten Schiene und nach weiten ca. 3 m auch auf den Betonschwellen und den Befestigungsmitteln unmittelbar vor Weiche 3 erkennbar.

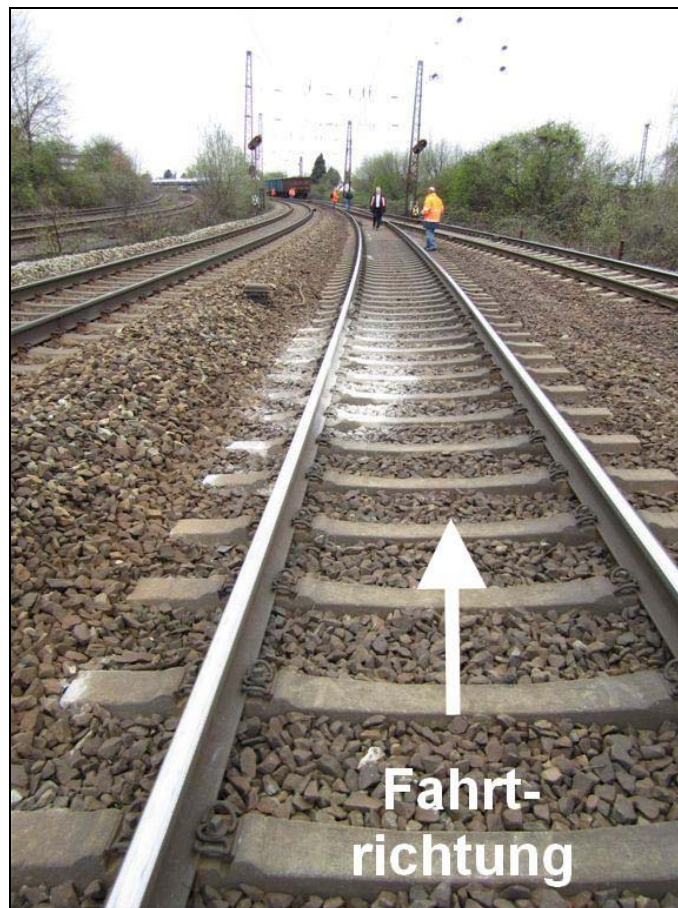


Abb. 5: Übersicht auf die Schlammstelle (Entgleisungsstelle)



Abb. 6: Stark ausgeprägter Gleislagefehler auf der in Fahrtrichtung linken Schiene

Der weitere Fahrtverlauf führte zuerst über die Weiche 3, die stumpf befahren wurde und anschließend über die Weiche 2, die spitz befahren wurde. Die Entgleisungsschäden auf den Betonschwellen und den Befestigungsmitteln setzten sich in beiden Weichen und darüber hinaus fort. In Weiche 2 kam es, bedingt durch den Bogenlauf, unter anderem noch zur Kollision mit der rechten Weichenzunge und dem rechten Radlenker, in deren Folge die in Fahrtrichtung rechte Flügelschiene brach. Hinter der Weiche 2 lief die Entgleisungsspur auf den Betonschwellen weiter bis ca. km 20,850, wo das entgleiste Tzf zum Stehen kam.

Der in ca. km 21,250 vorgefundene Gleislagefehler basiert auf einer Fehlstelle im Unterbau des Gleises, aus der sich eine Schlammstelle entwickelt hat. Für deren Entstehung können Überbeanspruchung des vorhandenen Bodens und dadurch erhöhte elastische und plastische Verformungen sowie mangelhafte Entwässerung des Oberflächenwassers durch ein gestörtes Quergefälle des Planums ursächlich sein. Mit der Wasseranreicherung und der damit einhergehenden Vermischung von Boden und Gleisschotter kann der Unterbau in derart gestörten Bereichen schnell an Tragfähigkeit verlieren. Deshalb sollten Gleisbereiche, in

denen bereits derartige Störungen im Untergrund erkennbar sind, zügig instandgesetzt werden, um die Entstehung von Schlammstellen zu vermeiden. Haben sich aufgrund von verzögerter Instandsetzung Schlammstellen im Gleis gebildet, entscheidet der Anlagenverantwortliche Oberbau, differenziert nach Ausprägung eines vorhandenen Gleislagefehlers, ob und mit welcher Geschwindigkeit die Störstelle befahren werden darf. Eine Prognose über die weitere Entwicklung von bestehenden Schlammstellen ist jedoch schwierig, da diese neben anderen Faktoren auch abhängig ist von der Gleisbelastung und dem Zustand von Schiene, Schwelle, Bettung, Unterbau, Untergrund sowie der Entwässerung der Bahnanlage.



Abb. 7: Detailansicht Schlammstelle in ca. km 21,265

Eine vorhandene, aber auch eine sich entwickelnde Schlammstelle im Gleis (Abb. 7) ist besonders auffällig und optisch gut bei Inspektionen zu erkennen, da gelöste Feinanteile der aufgeweichten Böden unter dem Gleis bei Befahrung mit Zügen hoch drücken bzw. hoch spritzen und verkrustete bzw. verdreckte Bereiche im Gleis entstehen. Im weit fortgeschrittenen Zustand kann auch Wasser und Schlamm im Gleis stehen bleiben. Durch die Bodendurchmischung und das Lösen und Auswaschen der Feinanteile entstehen in Schlammstellen häufig auch Gleislagefehler, die je nach zunehmender Ausprägung ebenfalls optisch gut erkannt werden können.

#### 4.4 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik

Die Durchfahrt durch den Bahnhof Hannover-Linden wurde mit Fahrtstellung der entsprechenden Hauptsignale durch den Fahrdienstleiter Hannover-Linden zugelassen. Bei dem Stellwerk handelt es sich um ein Spurplanstellwerk der Bauform SpDrS60. Die Stellwerksanlage funktionierte im relevanten Zeitraum fehlerfrei. Es liegen keine Anzeichen vor, dass die Entgleisung des Fahrzeugs durch Mängel an der Stellwerksanlage begünstigt wurde.



Abb. 8: Stellwerk Hannover-Linden

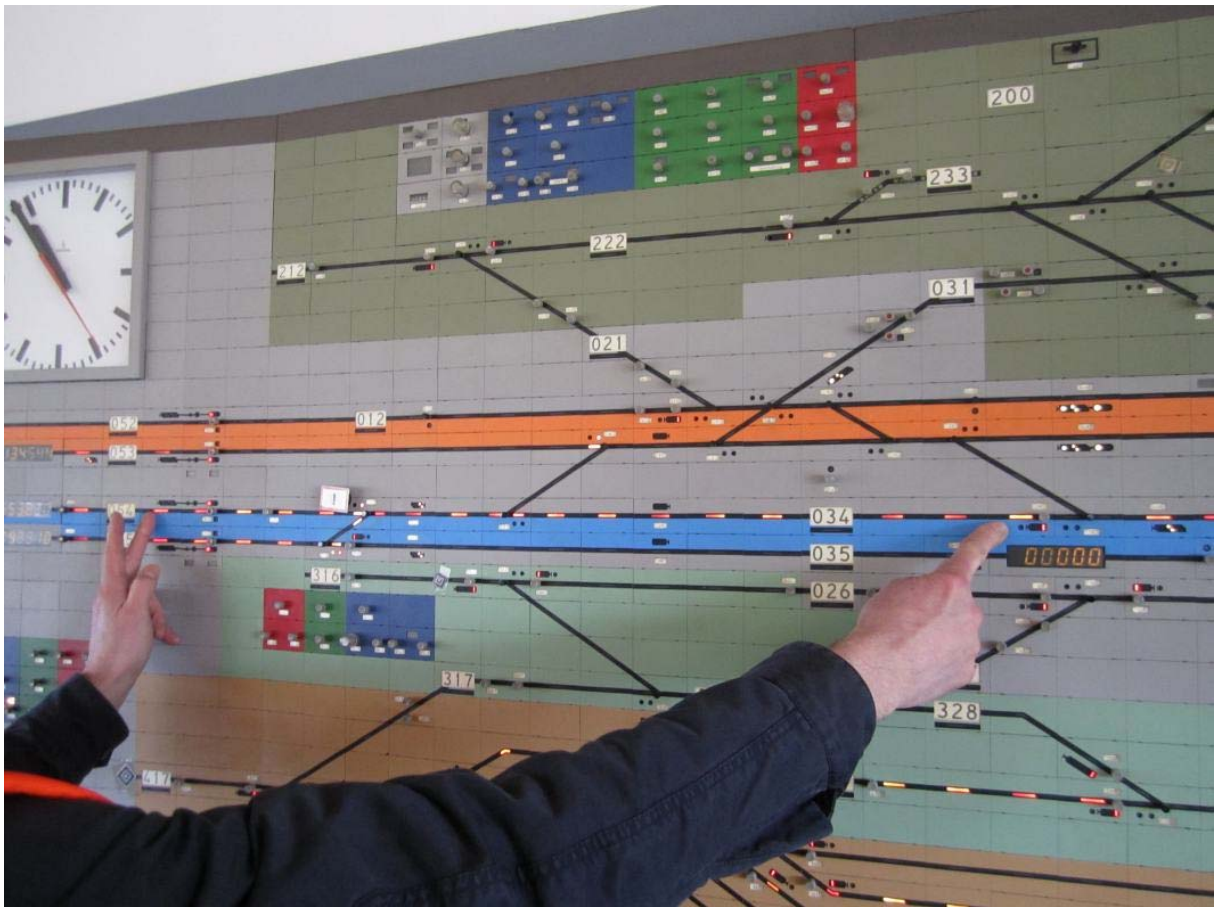


Abb. 9: Stellwerk Hannover-Linden, Detailansicht Fahrstraße

#### 4.5 Untersuchung der betrieblichen Handlungen

Der Fahrdienstleiter ließ die Zugfahrt durch Gleis 034 mittels Fahrtstellung der Signale zu. Hilfsbedienungen im Zusammenhang mit der Zugfahrt wurden nicht durchgeführt. Es liegen keine Anzeichen vor, dass die Entgleisung durch betriebliche Fehlhandlungen des Fahrdienstleiters begünstigt wurde.

## **4.6 Untersuchung von Fahrzeugen**

### **4.6.1 Angaben zum Zug FZT 53820**

|                                                      |                           |
|------------------------------------------------------|---------------------------|
| Wagen insgesamt:                                     | 30 (19 beladen / 11 leer) |
| Niedrigste zulässige Geschwindigkeit:                | 100 km/h                  |
| Gesamt-Achsenzahl des Zuges:                         | 118                       |
| Zuglänge:                                            | 553 m                     |
| Wagenzuggewicht:                                     | 1360 t                    |
| Triebfahrzeuggewicht:                                | 83 t                      |
| Gesamtzuggewicht:                                    | 1443 t                    |
| Gesamtbremsgewicht in Bremsstellung P:               | 1098 t                    |
| Mindestbremshundertstel:                             | 51                        |
| Vorhandene Bremshundertstel:                         | 76                        |
| Führendes Triebfahrzeug Baureihe 140:                | Nr. 9180 140 772-5        |
| Baujahr:                                             | 1970                      |
| Letzte Untersuchung nach EBO §32 (3) gem. Anschrift: | 20.06.08 im Werk Nürnberg |
| Zulässige Geschwindigkeit:                           | 110 km/h                  |

### **4.6.2 Untersuchung des Triebfahrzeugs**

#### **Angaben zum Triebfahrzeug 140 772-5**

|                                     |              |                                     |           |
|-------------------------------------|--------------|-------------------------------------|-----------|
| Letzte Revision:                    | 20.06.2008   | Laufleistung seit letzter Revision: | 287338 km |
| Letzte Frist:                       | 01.04.2011   | Laufleistung seit letzter Frist:    | 1636 km   |
| Letzte Nachschau:                   | 01.04.2011   | Laufleistung seit letzter Frist:    | 1636 km   |
| Gesamtlaufleistung seit 01.01.1970: | 5.358.977 km |                                     |           |

Zur Klärung der möglichen Ursachen der Zugentgleisung am 08.04.2011 wurde das Triebfahrzeug 140 772-5 am 03.05.2011 in einer Werkstatt der Servicestelle Seelze untersucht. Der Schwerpunkt der Untersuchungen lag aufgrund der Entgleisungscharakteristik bei den Fahrwerken des Triebfahrzeugs. Die Untersuchung wurde von Untersuchungsbeauftragten der EUB und DB AG Mitarbeitern der Fachabteilungen T.TVI 45 und T.TVI 21 DB Systemtechnik durchgeführt. Weiterhin anwesend waren Mitarbeiter von DB Schenker Rail GmbH, Technische Inspektion & Ereignismanagement, DB Netz AG NL Nord und Werkstattpersonal. Zu Beginn der Untersuchung wurde am Fahrzeug eine Besichtigung der Fahrwerksbauteile und der Radsätze vorgenommen.

**Festgestellte Unfallspuren:** Da die Lok mit beiden Radsätzen des ersten Drehgestells in Fahrtrichtung nach rechts entgleiste, waren am Längsträger der Lokomotive vorne rechts und am Drehgestellrahmen vorne rechts sowie am Längsträger Mitte links und am Drehgestellrahmen hinten links entsprechende Anschlagsspuren erkennbar.

Festgestellte Schäden an den Drehgestellen

#### Drehgestell 1:

- LZB-Halter verbogen
- Beide Bahnräumer verbogen
- Vorderer Bremsbalken nach oben durchgebogen
- Der untere Bremsklotz vorne rechts fehlte
- Alle 4 Zahnradschutzkästen sind im unteren Bereich beschädigt
- Alle 4 Radsätze weisen im Bereich der Spurkränze Entgleisungsspuren auf
- An der rechten Unterseite des Fahrmotor 1 sowie dem Fahrmotor 2 befinden sich Schleifspuren, vermutlich durch aufsetzen und rutschen auf der Schienenoberkante
- Die Federspannschraube an der Achse 1 hinten rechts ist ausgehängt
- Der Schmierbehälter der oberen Achslagerführung rechts der Achse 1 ist abgebrochen

Alle hier aufgeführten Schäden wurden als Folgeschäden der Entgleisung eingestuft.

#### Drehgestell 2:

Am Drehgestell 2 wurden keine Spuren hinsichtlich der Entgleisung festgestellt.

#### 4.6.3 Befunde zu den Radsätzen

Besichtigt wurden an den Radsätzen die Lauffläche, die Spurkränze und die Markierungen zum Radreifensitz (Radreifenverdrehung). Bei den Radsätzen wurden die Maße Spurkranzhöhe (sh), Spurkranzdicke (sd) und Spurkranzflankenmaß (qR) gemessen, wobei sich die Entgleisung nur auf das Drehgestell 1 beschränkte. Die mit einem Radprofilmessgerät ermittelten Maße (Tabelle 1) zur Spurkranzhöhe Sh, Spurkranzdicke Sd und Spurkranzflankenmaß qR lagen bei allen vier Radsätzen innerhalb der Betriebsgrenzmaße.

| Radsatz               | 1      |       | 2      |       | 3      |       | 4      |       |
|-----------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|                       | rechts | links | rechts | links | rechts | links | rechts | links |
| <b>Sd (36,0)</b>      | 29,0   | 28,5  | 28,0   | 28,0  | 28,0   | 28,0  | 28,3   | 28,0  |
| <b>Sh (33,0/26,0)</b> | 32,0   | 32,0  | 31,0   | 32,0  | 31,5   | 32,0  | 32,0   | 31,5  |
| <b>qR (6,5)</b>       | 11,3   | 11,0  | 10,2   | 10,5  | 10,8   | 11,0  | 11,0   | 10,8  |

Tabelle 1: Radsatzmaße

Die Radreifendicke Rd und der Abstand der inneren Stirnflächen wurde nicht gemessen. Am Radsatz 1 wurde eine Radreifenverdrehung festgestellt, da eine rote Markierung für eine einmalige Verdrehung angebracht wurde. Die Radreifenverdrehung hatte keinen Einfluss auf die Zugentgleisung.

Die an den Spurkränzen der Räder der Radsätze 1 und 2 erkennbaren Schäden werden als Folge der Entgleisung bewertet. Die Radsätze wurden am 15.11.2010 neu profiliert

#### 4.6.4 Befunde zur Primärfederung (Achsfederung), Radsatzlagerführung und Radsatzhubbegrenzung

Die Bauteile der Primärfederung wurden besichtigt und auf Festsitz geprüft. Hierbei ist zu bemerken, dass die Ausgleichshebel und die Federspannschrauben nicht oder nur eingeschränkt einsehbar sind. Beim Radsatz 1 rechts wurde die zweite Feder vom Fahrzeugende 1 in Schräglage vorgefunden. Das Radsatzlager des Radsatzes 1 lag an der oberen Hubbegrenzung an. Somit war die Solllage nach den konstruktiven Vorgaben mit dem definierten Spiel zwischen oberer und unterer Hubbegrenzung nicht mehr gegeben. Beide Befunde wurden als Folge der Entgleisung eingeordnet. Am Radsatz links und allen weiteren Radsätzen wurden keine Abweichungen zum Sollzustand festgestellt.

Auf eine Verwiegung der Lok zur Feststellung der Achsaufstandskräfte wurde verzichtet, da diese zu keinen brauchbaren Ergebnissen geführt hätte.

Anmerkung: Bei der letzten Verwiegung des Fahrzeugs am 18. 06.2008 lagen die Radaufstandskräfte im unteren Bereich des Toleranzfeldes. Gemäß den Fahrzeugunterlagen sind die Radsätze seit 2008 im Fahrzeug eingebaut.

#### **4.6.5 Befunde zur Sekundärfederung, Dämpfung und seitlichen Abstützung**

Die Schraubenfedern und hydraulischen Schwingungsdämpfer sowie die Konsolen und Befestigungen wiesen keine sichtbaren Schäden auf. Um die seitliche Abstützung zu begutachten wurde der Fahrzeugkasten angehoben und die Drucklinsen auf oberflächliche Schäden untersucht. Hierbei wurden keine Oberflächenschäden in Form von Kerben oder Schleifspuren festgestellt. Somit kann davon ausgegangen werden, dass das Gewicht des Fahrzeugkastens auf die Drehgestelle ohne Einschränkungen gegeben war.

#### **4.6.6 Radaufstandskräfte**

Da eine Federspannschraube der Achse 1 ausgehängt war, war es nicht möglich die Radaufstandskräfte festzustellen. Gemäß den vorliegenden Unterlagen wurden die Radaufstandskräfte bei der letzten Rev. entsprechen den vorgegeben Toleranzen eingestellt. Seit diesem Zeitpunkt wurde kein Radsatz- oder Motortausch durchgeführt so dass die Radaufstandskräfte nicht verändert wurden.

#### **4.6.7 Befunde zum Drehzapfenlager**

Bei der Sichtprüfung am Drehzapfen und Drehzapfenlager wurde ein bedingungsgemäßer Zustand festgestellt. Es wurden keine gelösten, beschädigten oder fehlenden Befestigungselemente vorgefunden.

#### **4.6.8 Befunde zu weiteren Bauteilen der Fahrwerke**

Zum Abschluss wurden weitere Bauteile wie Gummischubfedern zur Fahrmotoraufhängung und des Drehgestellrahmens (Langträger – Obergurt) sowie einige Anbauteile wie Schienenräumer, Sandungsanlage, Bremsgestänge, Spurkranzschmiereinrichtung auf Schäden oder fehlende Teile untersucht. Die vorgefundenen Schädigungen am Schienenräumer Drehgestell 1 und dem Bremsgestänge am Drehgestell 1 werden als Folge der Entgleisung eingestuft. Die besichtigten weiteren Bauteile der beiden Drehgestelle wurden in einem bestimmungsgemäßen Zustand vorgefunden.

#### **4.6.9 Resümee zur Fahrzeuguntersuchung**

Die am 03.05.2011 durchgeführte Untersuchung am entgleisten Tf 140 772-5 wurde durchgeführt, um den technischen Zustand der Radsätze und Fahrwerke des Fahrzeugs zu dokumentieren. Es wurden augenscheinlich keine Mängel festgestellt, die für eine Entgleisung ursächlich sein könnten. Die Schäden an den Laufwerken, mit den Radsätzen, Drehgestellen, Federn sowie die Lager und die Lagerführungen wurden als Folgeschäden durch die Entgleisung eingestuft. Die Maße der Radsätze lagen im Toleranzbereich.

Bei der Achsfederung, den Gleitstücken der Federtröge sowie den Federn und der Achslagerführungen aller 4 Achsen war keine ungewöhnliche Abnutzung feststellbar.

Die Radaufstandkräfte wurden bei der letzten Revision 2008 eingestellt und nach den vorliegenden Unterlagen nicht mehr verstellt.

Es wurden keine weiteren Hinweise auf fahrzeugtechnische Mängel im Bereich des Fahrwerks festgestellt, die eine Entgleisung begünstigen oder herbeiführen könnte.

#### **4.7 Auswertung der Dokumentationen vom Unfallort und der Registrierung einzelner Steuergeräte**

Es wurden nachfolgende Dokumentationen und Steuergeräte ausgewertet:

- Elektronische Fahrten-Registrierung (EFR) der Zuglokomotive 140 772 des Zuges FZT 53820
- Inspektionsnachweise gemäß Ril 821 Oberbau inspizieren
- Gleisgeometriemessung am Tag der Entgleisung mit dem RAILab

##### **4.7.1 Auswertung der Elektronischen Fahrtenregistrierung (EFR) für das führende Triebfahrzeug 140 772-5**

Das Fahrzeug ist mit einer Einrichtung der punktförmigen Zugbeeinflussung (PZB) ausgerüstet. Die Fahrdaten wurden auf einer elektronischen Datenspeicherkassette (DSK 10) aufgezeichnet.

Die abgebildete Uhrzeit (DSK Zeit) ist systemintern und kann von der tatsächlichen Uhrzeit abweichen.

Die Auswertung der EFR – Daten ergeben folgenden Sachverhalt:

Der letzte Fahrtabschnitt des Zuges 53820 hatte eine Länge vom 4,8 km. Nach dem letzten Halt wurde der Zug um 08:21:57 (DSK-Zeit) zunächst bis auf ca. 37 km/h beschleunigt. Nach Ablauf der Geschwindigkeitsüberwachung aus einer 1000Hz – Beeinflussung wurde die Geschwindigkeit des Zuges bis auf ca. 70 km/h weiter erhöht. Kurz darauf wurde ein kurzer sprunghafter Anstieg der Geschwindigkeit auf 78 km/h und ein anschließender rapider Geschwindigkeitsabfall bis auf 0 km/h registriert. Vom sprunghaften Ansteigen der Geschwindigkeit bis zum Halt wurde ein Weg von ca. 110 Meter aufgezeichnet.

Das Absinken des Druckes in der Hauptluftleitung unterhalb des Schwellwertes von 2,2 bar wurde nicht abgebildet.

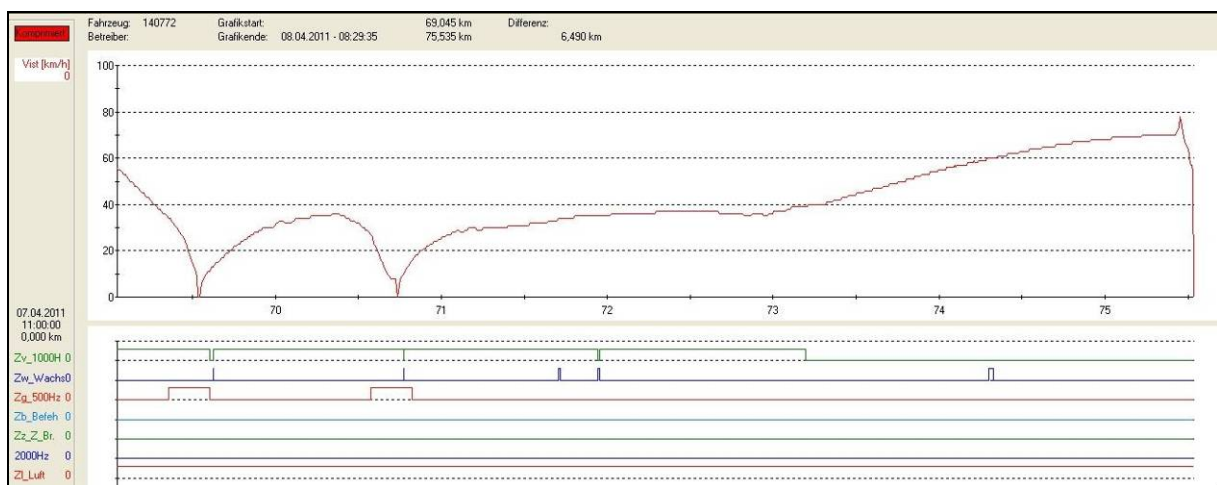


Abb. 10: Aufzeichnung der Fahrdaten (DSK 10)

### Bewertung:

Unter Bezug auf die Ergebnisse der Unfalluntersuchung lässt sich der aufgezeichnete Fahrtverlauf wie folgt bewerten:

- Bis zum Eintritt der Entgleisung wurden im ausgewerteten Zeitraum keine Unregelmäßigkeiten festgestellt.
- Die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten des Zuges und der Strecke wurden nicht überschritten.

- Der sprunghafte Anstieg der Geschwindigkeit von 70 km/h auf 78 km/h ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf ein kurzzeitiges Entlasten der Geberachse und somit auf die Entgleisung zurückzuführen. Die Entgleisungsgeschwindigkeit lag demnach bei ca. 70 km/h.
- Die nachfolgend aufgezeichneten Werte für Weg und Geschwindigkeit sind fehlerbehaftet und stimmen, aufgrund der Entgleisung und den damit wechselnden Reibwerten zwischen Rad und Untergrund, nicht mit der Realität überein. Der zurückgelegte Bremsweg war mit ca. 350 Meter deutlich länger als der registrierte Weg von 110 Meter.

Eine durch den Triebfahrzeugführer eingeleitete Schnellbremsung wurde nicht aufgezeichnet. Auf die Entgleisung selbst hat dies jedoch keinen Einfluss. Darüber hinaus steht die volle Bremskraft bereits ab einem Wert von 3,5 bar zur Verfügung.

#### **4.7.2 Dokumentation zu den Inspektionen gemäß Konzernrichtlinie (Ril) 821 – Oberbau inspizieren –**

##### **4.7.2.1 Zur Ril 821.1000 - Grundsätze und Beurteilungsmaßstäbe –**

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 bei z.B. den Gleislagemessungen und den Beurteilungsmaßstäben Ril 821.2001 Tabelle 2. 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 -SRlim- ohne zwischenzeitige Instandsetzung überschritten wird. Das bedeutet demnach, dass eine SR100 Überschreitung auf die weitere Fehlerentwicklung bewertet werden muss. Denn sollte der nächste höhere SRlim Wert überschritten werden, ist eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit zu erwarten. Für Gleisla-gefehler bedeutet dies in der Regel die Herabsetzung der zulässigen Geschwindigkeit (zul

v). 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.

#### 4.7.2.2 Zur Richtlinie(Ril) 821.2001 – Gleisgeometriemessung –

Die letzten zwei vor der Entgleisung durchgeführten Gleislagemessungen erfolgten am 29.10.10 und 04.03.11. Der vorgegebene Regelinspektionsabstand nach Ril 821.2001 Tabelle 1 wurde eingehalten.

Regelinspektion am 04.03.11

Bei der letzten Regelinspektion am 04.03.11, fünf Wochen vor der Entgleisung, lag die tiefste Tagestemperatur gemäß DWD bei -6,3 °C und die tiefste bodennahe Temperatur bei -8,7 °C. Es herrschte im Boden Dauerfrost bis in eine Tiefe von annähernd 20 cm. Niederschlag war in dem diesem Zeitraum nicht messbar. Mit dem RAILab wurden bei der Inspektion der Gleislage im späteren Entgleisungsbereich die in nachstehender Tabelle 2 aufgeführten Messwerte im Überschreitungsprotokoll aufgezeichnet.

| km     | Längshöhe (LH)             | Querhöhe (GH) | Verwindung (VW)            | Überhöhung<br>Soll / Ist         |
|--------|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------------------------|
| 21,256 |                            |               | 104 % (SR <sub>100</sub> ) | 90 / ca.125 (SR <sub>lim</sub> ) |
| 21,257 |                            |               | 110 % (SR <sub>100</sub> ) | 90 / ca.125 (SR <sub>lim</sub> ) |
| 21,259 | 18 mm (SR <sub>100</sub> ) |               |                            | 90 / ca.125 (SR <sub>lim</sub> ) |

Tabelle 2: RAILab – Messung vom 04.03.2011 (vor der Entgleisung)

Nach Tabelle 2 -Beurteilungsmaßstäbe der Einzelfehler der Gleislage- in Kapitel 2001 der Richtlinie (Ril) 821 „Oberbau inspizieren“ handelt es sich bei den in Tabelle 2 dargestellten Werten um Fehler der Längshöhe und der Verwindung die SR<sub>100</sub> überschreiten. Gleislagefehler, die den Wert SR<sub>100</sub> überschreiten sind gemäß 4.7.2.1 dieses Berichts vom Anlagenverantwortlichen zu beurteilen und zur Instandsetzung einzuplanen. Die Mängel sind spätestens bis zur nächsten Regelinspektion zu beseitigen. Da die Inspektion bei dem Streckengleis 1750-2 in einem Intervall von 12 Monaten erfolgen soll, sind festgestellte SR<sub>100</sub> Mängel innerhalb eines Jahres zu beseitigen.

Die gemessene Überhöhung der Schiene im späteren Entgleisungsbereich beträgt etwa 120 mm und liegt damit ca. 30 mm über dem Sollwert der Trassierung von 90 mm. Gemäß Ril 821.2001 Abschnitt 5 Absatz 6 ist die Abweichung der Ist-Überhöhung von der Soll-Überhöhung in Bögen in engen Grenzen zu halten. Für  $SR_{100}$  ist eine Abweichung von  $\pm 10$  mm und für  $SR_{lim}$  von  $\pm 15$  mm definiert. Werden diese Tolleranzen über- oder unterschritten, ist die örtlich zulässige Geschwindigkeit um 10 km/h zu reduzieren. Die zulässige örtliche Geschwindigkeit aus dem Lageplan ist mit 90 km/h angegeben. Tatsächlich wird der Gleisabschnitt gemäß dem Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeit (VZG) mit 80 km/h befahren. Ob eine Reduzierung der Geschwindigkeit um 10 km/h auf 70 km/h die Entgleisung des Triebfahrzeugs beeinflusst oder verhindert hätte, wurde nicht näher untersucht.

Nach der Gleisgeometriemessung Anfang März kam es anschließend frühjahrsbedingt zur Erwärmung und der gefrorene Boden taute vollständig auf. Nennenswerter Niederschlag war bis Ende März nicht zu verzeichnen. Am 03. und 04.04.11 wurde an der Messstelle Hannover Herrenhausen eine Niederschlagsmenge von insgesamt 31,4 mm gemessen. Dies entspricht einer Regenmenge von 31,6 l /m<sup>2</sup>. Da die Entwässerung im Bereich km 21,250 offensichtlich nicht vollständig intakt war, konnte anfallendes Oberflächenwasser in den bereits geschädigten Untergrund eindringen und den Boden weiter aufweichen. Die vorhandenen  $SR_{100}$  Überschreitung der Längshöhe entwickelten sich innerhalb kurzer Zeit zur  $SR_{lim}$  Überschreitung und führte letztendlich zu einer Grenzwertüberschreitung (GW) bei der Gleisverwindung.

Bei der Messung der Gleisgeometrie nach der Entgleisung wurden mit dem RaiLab nachfolgende in Tabelle 3 dargestellte Werte im Überschreitungsprotokoll aufgezeichnet. Hierbei ist zu beachten, dass die Kilometerangabe zu den Gleislagefehlern bei den Messungen durchaus um einige Meter variieren kann, aber jeweils der gleiche Gleislagefehler dargestellt wird.

| km                 | Längshöhe (LH)       | Querrhöhe (GH) | Verwindung (VW)      | Überhöhung<br>Soll / Ist (mm) |
|--------------------|----------------------|----------------|----------------------|-------------------------------|
| 21,270 /<br>21,271 | 24 mm ( $SR_{lim}$ ) |                | 125 % ( $SR_{100}$ ) | 90 / ca.125 ( $SR_{lim}$ )    |
| 21,201 /<br>21,202 | 24 mm ( $SR_{lim}$ ) |                | 134 % (GW)           | 90 / ca.125 ( $SR_{lim}$ )    |

Tabelle 3: RaiLab Messung nach der Entgleisung

### **Bemerkungen zur RAILab-2 Messung am 08.04.2011**

Nach der Entgleisung des Triebfahrzeugs auf der Strecke 1750-2 wurde der noch bis zur Entgleisungsstelle zu befahrende Bereich durch eine Sondermessung mit dem RAILab-2 inspiziert. Die Messung fand am 08.04.11 abends gegen 20 Uhr statt. Bei der ersten Messung, die in Fahrtrichtung des verunfallten Zuges erfolgte, wurde bis zur maximal erreichbaren Stelle vor Beginn der unbefahrten Entgleisungsschäden gefahren und -nach Umschalten der Algorithmen- wieder zurückgefahren. Beide Messungen wurden nebeneinander auf dem Messprotokoll dokumentiert, wobei die Rückfahrt nicht korrekt verortet wurde. Bei der ersten Messung ergaben sich die in Tabelle 3 aufgeführte Gleislagefehler im Grenzwertüberschreitungsprotokoll. Der ausgegebene Verwindungsfehler von 7,5 ‰ auf kurzer Basislänge von 1,5 m in km 21,201 wurde vom Messzugleiter direkt nach der Messung als Messfehler eingestuft. Auf Nachfrage bei I. NPI 31, Fahrwegmessung der DB Netz AG in Minden, wurde diese Aussage dahingehend revidiert, dass es sich nicht um einen Messfehler der Geometriemesseinrichtung handelt. Begründet wird dies darin, dass sich die Verwindung aus der Gegenseitigen Höhenlage (GH) errechnet und diese Werte akkurat vorlagen. Lediglich am Umkehrpunkt führten die Messergebnisse, bedingt durch den Messablauf, zu Irritationen. Durch die Messrichtungsumkehr und einem Vorzeichenwechsel der Gegenseitigen Höhenlage (GH) erklärt sich die grau hinterlegte Irritation der ORE-Verwindung über eine Länge von 19,5 m direkt am Umkehrpunkt. Hierbei ist zu erwähnen, dass die 19,5 m die größte Basislänge einer Einzelverwindung darstellt. Die Einzelverwindung A in km 21,201 liegt außerhalb dieser Irritation und ist somit als real einzustufen. Die Ursache wird in der „Elastizität des Untergrundes“ vermutet, welche in Abhängigkeit des Messablaufs mit vorsichtiger Anfahrt / schneller Abfahrt sowie geschoben / gezogen in einer Bogensituation, generell zu einer abweichenden Messung führen kann. Mit der Sonderstellung der kürzesten Basislänge innerhalb seiner Definition reagiert die ORE-Verwindung in Einzelfällen besonders empfindlich auf Details bei einer Einzelverwindung von 1,50 m. Sie wird innerhalb des Algorithmus zur ORE-Verwindung immer dann ignoriert, wenn sie die anderen Einzelverwindungen mit längeren Basen nicht wenigstens über 2,5 m Fahrweg dominiert.

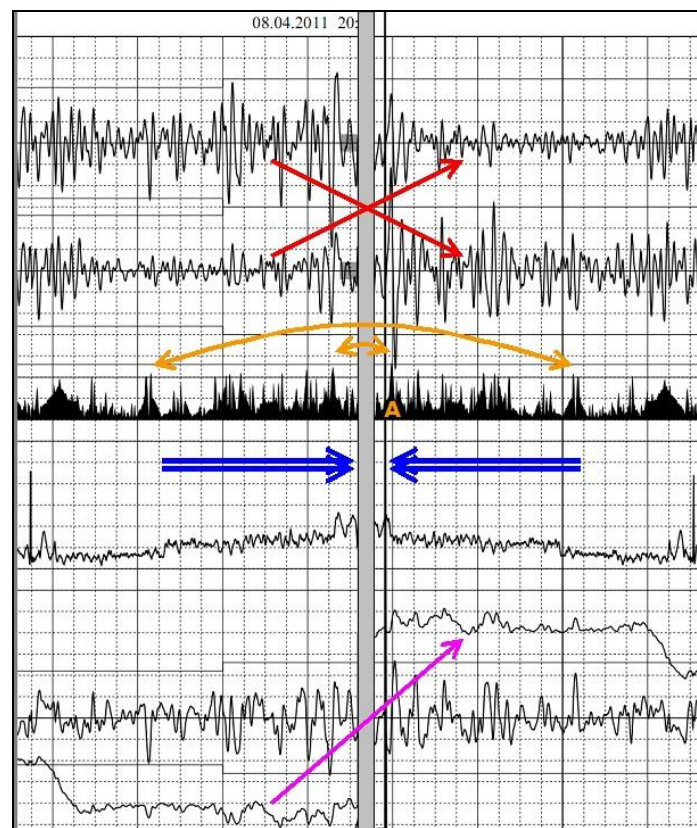


Abb. 11: RAILab Meßschrieb vom 08.04.2011

| 1750-2 Wunstorf - Lehrte |                                    |                                          |                                   |                                     |                    |                                          |                                             |                 |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|
| 08.04.2011 20:03         |                                    |                                          |                                   |                                     | RL11040802.srh (2) |                                          |                                             |                 |
| km                       | vzul<br>aus<br>IIS-Daten<br>[km/h] | LH li/re<br>Dreipunkt<br>> SRLim<br>[mm] | GH<br>Hochpass<br>> SRLim<br>[mm] | ORE-Vw<br>> Grenzwert<br>([cm]/Typ) | nicht<br>belegt    | PH li/re<br>Dreipunkt<br>> SRLim<br>[mm] | Spw 1435<br>Min/Max<br><1428/>SRLim<br>[mm] | nicht<br>belegt |
| 21,656 + 000             | 90                                 |                                          |                                   |                                     |                    | 19                                       |                                             |                 |
| 21,271 + 000             | 80                                 | 24                                       |                                   |                                     |                    |                                          |                                             |                 |
| 21,202 + 000             | 80                                 | 24                                       |                                   |                                     |                    |                                          |                                             |                 |
| 21,201 + 000             | 80                                 |                                          |                                   | 7,5‰ (150/3)                        | A                  |                                          |                                             |                 |
| 21,223 + 000             | 80                                 |                                          |                                   |                                     |                    | 322                                      |                                             |                 |
| 21,223 + 000             | 80                                 |                                          |                                   |                                     |                    | 321                                      |                                             |                 |
| 21,196 + 000             | 80                                 | 23                                       |                                   |                                     |                    |                                          |                                             |                 |
| 21,198 + 000             | 80                                 |                                          |                                   |                                     |                    | 151                                      |                                             |                 |

Abb. 12: Auszug aus dem Protokoll der Grenzwertüberschreitung

# Untersuchungsbericht

Zugentgleisung, 08.04.2011, Bf Hannover-Linden

| 1750-2 Wunstorf - Lehrte |                                    |                                          |                                   |                                     | 08.04.2011 20:03                  |                                          | RL11040802.srh (2)                          |                 |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|
| km                       | vzul<br>aus<br>IIS-Daten<br>[km/h] | LH li/re<br>Dreipunkt<br>> SRlim<br>[mm] | GH<br>Hochpass<br>> SRlim<br>[mm] | ORE-Vw<br>> Grenzwert<br>[(cm)/Typ] | nicht<br>belegt                   | PH li/re<br>Dreipunkt<br>> SRlim<br>[mm] | Spw 1435<br>Min/Max<br><1428/>SRlim<br>[mm] | nicht<br>belegt |
| 21,554 + 000             |                                    |                                          |                                   | 102                                 | G'                                |                                          |                                             |                 |
| 21,484 + 000             |                                    |                                          |                                   | 110                                 | F'                                |                                          |                                             |                 |
| 21,409 + 000             |                                    |                                          |                                   | 102                                 | E'                                |                                          |                                             |                 |
| 21,392 + 000             |                                    | 14                                       |                                   |                                     |                                   |                                          |                                             |                 |
| 21,378 + 000             |                                    |                                          |                                   | 111                                 | D'                                |                                          |                                             |                 |
| 21,330 + 000             |                                    |                                          |                                   | 111                                 | C'                                |                                          |                                             |                 |
| 21,301 + 000             |                                    |                                          |                                   | 118                                 | B'                                |                                          |                                             |                 |
| 21,300 + 000             |                                    |                                          |                                   | 112                                 | B'                                |                                          |                                             |                 |
| 21,271 + 000             |                                    | 24                                       |                                   |                                     | A'                                |                                          |                                             |                 |
| 21,270 + 000             |                                    |                                          |                                   | 125                                 |                                   |                                          |                                             |                 |
| 21,202 + 000             |                                    | 24                                       |                                   |                                     | KM21.235                          |                                          |                                             |                 |
| 21,201 + 000             |                                    |                                          |                                   | 134                                 | A                                 |                                          |                                             |                 |
| 21,223 + 000             |                                    |                                          |                                   |                                     |                                   | 322                                      |                                             |                 |
| 21,223 + 000             |                                    |                                          |                                   |                                     |                                   | 321                                      |                                             |                 |
| 21,196 + 000             |                                    | 23                                       |                                   |                                     |                                   |                                          |                                             |                 |
| 21,198 + 000             |                                    |                                          |                                   |                                     |                                   | 151                                      |                                             |                 |
| 21,198 + 000             |                                    |                                          |                                   |                                     |                                   | 148                                      |                                             |                 |
| 21,170 + 000             |                                    |                                          |                                   | 119                                 |                                   |                                          |                                             |                 |
| 21,141 + 000             |                                    |                                          |                                   | 109                                 | B                                 |                                          |                                             |                 |
| 21,081 + 000             |                                    | 16                                       |                                   |                                     | C                                 |                                          |                                             |                 |
| 21,093 + 000             |                                    |                                          |                                   | 111                                 | D                                 |                                          |                                             |                 |
| DB Netz / Fahrwegmessung |                                    |                                          |                                   |                                     | Überschreitungsprotokoll RAILab-I |                                          | Version 4.0                                 |                 |

Abb. 13: Auszug aus dem Protokoll der Überschreitungsprotokoll RAILab

| Parameter                               | Beurteilungsmaßstäbe der Gleis-<br>geometrie gemäß Konzernrichtlinie<br>821.2001 für v zul = 80 km/h |                   |                | Ermittelte Maximalwerte im Entgleisungs-<br>bereich km 21,250 - 21,270 |                                     |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|                                         | SR <sub>100</sub>                                                                                    | SR <sub>lim</sub> | Grenzwert      | Am 04.03.11 bei<br>Regelinspektion                                     | Am 08.04.11 nach<br>der Entgleisung |
| Längshöhe (LH)<br>in mm                 | 15                                                                                                   | 21                |                | 18                                                                     | 24                                  |
| Verwindung<br>(Vw) in ‰                 | 3,5                                                                                                  |                   | 7,0            | 5,2                                                                    | 7,5                                 |
| Spurweite in<br>mm                      | 1462                                                                                                 |                   | 1465 /<br>1430 | 1447/1440                                                              | 1447/1440                           |
| Gegenseitige<br>Höhenlage<br>(GH) in mm | ±13                                                                                                  |                   |                | +7 / -11                                                               | +8 / -13                            |
| Pfeilhöhe (PH)<br>in mm                 | 15                                                                                                   |                   |                | 6                                                                      | 12                                  |

Tabelle 4: Beurteilungsmaßstäbe und Vergleich der Messwerte 04.03.11 und 08.04.11

#### 4.7.2.3 Zur Ril 821.2003 – Gleisbegang –

Der Oberbau und die anderen Bahnanlagen sind von der Verkehrsebene Gleis oder vom Geländeniveau Randweg zu inspizieren bzw. zu überwachen. Die Gleisbegehung erfolgt durch Augenschein mit dem Ziel Schäden oder Schadensentwicklungen zu erkennen. Die Zuständigkeit und der Abstand der Regelinspektionen richtet sich nach Ril 821.2003 Tabelle 1. Hiernach beträgt der Regelinspektionsabstand bei  $v \leq 120$  km/h in durchgehenden Hauptgleisen 6 Monate. Eine ausnahmsweise Verlängerung der Frist wird im Gegensatz zu Sonstigen Haupt- und Nebengleisen nicht zugelassen.

Die Schlammstelle, kurz vor dem Entgleisungsbereich, liegt etwa in km 21,250 auf der Strecke 1750-2. Gemäß der Inspektionsplanung des Infrastrukturbetreibers liegt die Schlammstelle quasi im Schnittpunkt von zwei separat zu betrachtenden Inspektionsabschnitten (technische Plätze). Der technische Platz 1750019GL-2 beginnt auf der freien Strecke in km 20,0 und endet bei km 21,2. Der daran angrenzende technische Platz HLI-GL 0000004 beginnt bei km 21,2 und endet im Bf Hannover – Linden bei km 23,2.

Die Inspektion des technischen Platzes 1750019GL-2 wurde für den Zeitraum 01.02.2011 bis 03.03.2011 im Wartungsplan in SAP/R 3 beauftragt. Die Durchführung der Inspektion erfolgte am 09.03.11 mit sechs Tagen Verspätung. Beim Gleisbegang wurden im Inspektionsabschnitt von km 20,0 - km 21,2 diverse, die Entgleisung nicht betreffende, Oberbaumängel festgestellt und dokumentiert. Die Schlammstelle in ca. km 21,250, die in unmittelbarer Nähe (ca. 50 m außerhalb) des zu inspizierenden Bereichs liegt, wurde im Bericht nicht erwähnt.

Die Inspektion des technischen Platzes HLI-GL 0000004 wurde für den Zeitraum 01.03.2011 bis 31.03.2011 beauftragt. Die Durchführung erfolgte am 12.04.11, mit 12 Tagen Verspätung, vier Tage nach der Zugentgleisung. Auch bei diesem Gleisbegang wurden diverse Oberbaumängel festgestellt und dokumentiert. Unter anderem wurde unter Pkt. 1 der Inspektionsniederschrift in km 21,250 ein über fünf Schwellen reichendes Schlammloch festgestellt und dokumentiert. Unter Pkt. 3 wurde von km 21,250 – km 21,7 eine „schlechte Längshöhe“ dokumentiert.

Auffällig war an der Inspektionsniederschrift, dass das Original der Inspektionsniederschrift kein Datum und keine Unterschrift enthielt. Beides wurde nachträglich ergänzt. Weiterhin wurden in der Spalte „Beseitigt am, durch:“ Originaleintragung beseitigt bzw. unkenntlich gemacht und mit IH Auftragsnummern überschrieben. Nicht nachvollziehbar ist auch, wie beim Gleisbegang am 12.04.11 Mängel festgestellt werden konnten, die durch die bereits

---

erfolgte Instandsetzung bereits behoben waren, denn die Wiederaufnahme des Eisenbahnbetriebs an der Unfallstelle erfolgte einen Tag später, am 13.04.11.

#### **4.7.2.4 Zur Ril 821.2004 -Gleisbefahrung-**

Die letzten zwei vor dem Ereignis durchgeführten Gleisbefahrungen erfolgten am 06.09.10 und 04.01.11 durch den Alv. Der Regelinspektionsabstand von vier Monaten nach Ril 821.2004 wurde eingehalten. Mängel wurden durch den Alv (Ob) nicht dokumentiert.

#### **4.7.2.5 Überschreitung von Inspektionsfristen**

Die Inspektion des technischen Platzes 1750019GL-2 wurde für den Zeitraum 01.02. – 03.03.11 und die des technischen Platzes HLI-GL 0000004 wurde für den Zeitraum 01.03. - 31.03.11 beauftragt. Die Durchführung erfolgte am 09.03.11 sowie am 12.04.11 also mit 6 bzw. 12 Tagen Verspätung. Als Begründung der verspäteten Inspektion wurden vom Anlagenverantwortlichen (Alv Ob) Witterungseinflüsse genannt. Um eine Gleisbegehung fachlich korrekt durchführen zu können, muss eine visuelle Beurteilung des Gleises möglich sein. Nach den Wetterdaten des DWD herrschte bis zum 09.03.11 Dauerfrost im Boden. Danach war es bis Ende März relativ frostfrei. Lediglich die tiefsten Lufttemperaturen (Tag und Nacht) erreichten den Minusbereich. Behinderungen durch Schnee und Eis können somit ausgeschlossen werden. Andere Einschränkungen sind nicht bekannt.

Nach Ril 821.2003 (gültig ab 01.01.2010) Tabelle 1 beträgt der Regelinspektionsabstand bei Gleisbegehungen von durchgehenden Hauptgleisen mit  $v \leq 120$  km/h 6 Monate. Eine Fristverlängerung ist bei durchgehenden Hauptgleisen nicht vorgesehen. Für die ordnungsgemäße Durchführung der Gleisbegehung nach Tabelle 1 ist der Alv zuständig

Gemäß Ril 821.2003 Abschnitt 3 (2) sollen die Inspektionsabstände der Gleisbegehung mit denen der Gleisbefahrung (Ril 821.2004) zeitversetzt so abgestimmt werden, dass sie möglichst in gleichbleibenden Abständen erfolgen.

Bei fristgerechter Durchführung der beauftragten Inspektion wäre die Schlammstelle vor dem Datum der Entgleisung aufgefallen.

#### **4.7.2.6 Beurteilung der Inspektionsergebnisse im Bereich der Entgleisungsstelle durch den Anlagenverantwortlichen Oberbau (Alv Ob)**

##### **Gleislagemessung**

Der am 04.03.2011 vor der Entgleisung bei der Gleislagemessung in km 21,259 festgestellte Gleislagefehler wurde vom Alv Ob als SR 100 Überschreitung bei  $v_{zul} = 80$  km/h eingestuft.

Eine Bewertung des Gleislagefehlers bzw. ein IH-Auftrag mit Frist zur Mängelbeseitigung konnte nicht nachgewiesen werden.

#### Streckenbefahrung

Bei der Befahrung der Strecke 1750 durch den Alv Ob am 04.01.11 wurden von km 0,5 – km 27,0 weder in Richtung 1 noch in Richtung 2 Mängel festgestellt.

#### Streckenbegang

Beim Streckenbegang am 12.04.2011 im Gleis 034, vier Tage nach der Entgleisung, wurde in km 21,250 (Entgleisungsstelle) ein Fehler in der Längshöhe festgestellt, der daraufhin am 15.04.11 zur Durcharbeitung mit einer Stopfmaschine (Sprinter) angemeldet wurde. Als Frist für die geplante Instandsetzung wurde der 15.06.11 mit der Priorität L (Betriebliche Beeinflussung) angemeldet, obwohl die Betriebsfreigabe des Gleises nach Beseitigung der Entgleisungsschäden ebenfalls am 12.04.11 erfolgte und somit alle Mängel behoben sein müssten.

#### **4.7.2.7 Zur Dauerlangsamfahrstelle (La) im Bereich der Entgleisung**

Nach den örtlichen Trassierungsparametern beträgt die mögliche Höchstgeschwindigkeit im Bereich der Unfallstelle 90 km/h. Gemäß dem derzeit gültigen VzG darf dieser Streckenabschnitt aber höchstens mit 80 km/h befahren werden. Nach Auskunft des Alv besteht diese ständige La schon seit mehreren Jahren. Der Grund hierfür konnte nicht genannt werden. Die Angaben in der La haben keinen Einfluss auf die Zugentgleisung.

#### **4.7.3 Fachtechnische Stellungnahme des Fachbeauftragten Oberbau der DB Netz AG**

Erste Entgleisungsspuren waren mittig auf den Betonschwellen in ca. km 21,250 erkennbar. Schwellen, Befestigungsmittel und Schienen wiesen bis auf einige Oberflächenfehler keine weiteren Abnutzungen oder Mängel auf. Der Abnutzungsvorrat für Schwellen und Schienen war durchgängig gegeben. Im Bereich vor der Entgleisungsstelle waren zwei Störstellen, in diesem Fall Schlammstellen, erkennbar. Die erste Störstelle in km 21,330 wies auf einer Länge von fünf Schwellen (ca. 3 m) einen kaum wahrnehmbaren Gleislagefehler auf. Die zweite Störstelle in km 21,265 wies auf einer Länge von 7 Schwellen (ca. 4,5 m) einen einseitigen Längshöhenfehler, der in Fahrtrichtung linken Schiene, erkennen.

Der entgleiste Zug kam ca. 6 m vor dem Oberleitungsmast 20/35 in ca. km 20,875 zum Stillstand und beschädigte dabei die von ihm stumpf befahrene Weiche 3, die spitz befahrene Weiche 2 sowie ca. 255 m Gleis mit ca. 425 Betonschwellen.

Auffällig war hier, dass die Abweichung von der Sollüberhöhung um bis zu 35 mm und die Überschreitung der Frist zur Inspektionsart Gleisbegehung im Bericht nicht erwähnt wurde.

#### 4.7.4 Beurteilung des Gleises bezüglich der Gleislage

Hierzu wurden die zwei letzten Gleisgeometriemessungen im Rahmen der Regelinspektionen im Abstand von sechs Monaten betrachtet und die Gleislagefehler  $\geq SR_{100}$  auf der Strecke 1750-2 von km 27,5 – km 15,0 in der nachfolgenden Tabelle 5 verglichen.

| km                     | Längshöhe linke/rechte Schiene (mm) | ORE-Verwindung in % |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------|
|                        |                                     |                     |
| <b>27,309</b>          | <b>14 li</b>                        |                     |
|                        |                                     |                     |
| 24,784 – 24,789        | 18 re                               | 128                 |
| <b>24,675</b>          | <b>15 li / 14 re</b>                |                     |
|                        |                                     |                     |
|                        |                                     |                     |
| <b>24,306</b>          |                                     | <b>104</b>          |
|                        |                                     |                     |
|                        |                                     |                     |
| <b>22,954</b>          | <b>14 li / 17 re</b>                |                     |
|                        |                                     |                     |
| <b>22,340 - 22,341</b> | <b>14 li</b>                        | <b>120</b>          |
| 21,672                 | 15 li                               | 106                 |
| 21,651 – 21,656        | 20 re                               | 106                 |
|                        |                                     |                     |
|                        |                                     |                     |
|                        |                                     |                     |
|                        |                                     |                     |
| <b>21,301</b>          |                                     | <b>101</b>          |
|                        |                                     |                     |
|                        |                                     |                     |
|                        |                                     |                     |
| <b>18,746</b>          |                                     | <b>101</b>          |
| <b>18,644</b>          |                                     | <b>102</b>          |

| km                     | Längshöhe linke/rechte Schiene (mm) | ORE-Verwindung in % | Gegenseitige Höhenlage in mm |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| <b>27,314</b>          | <b>17 li</b>                        |                     |                              |
|                        |                                     |                     |                              |
| 25,874                 | 14 re                               |                     |                              |
|                        |                                     |                     |                              |
|                        |                                     |                     |                              |
| <b>24,659</b>          | <b>14 re</b>                        |                     |                              |
| 24,663                 |                                     | 103                 |                              |
| <b>24,316</b>          |                                     | <b>105</b>          |                              |
|                        |                                     |                     |                              |
| 23,191                 | 14 li                               |                     |                              |
| <b>22,966 - 22,967</b> | <b>15 li / 19 re</b>                |                     |                              |
|                        |                                     |                     |                              |
| <b>22,354</b>          | <b>21 li / 15 re</b>                |                     |                              |
|                        |                                     |                     |                              |
|                        |                                     |                     |                              |
|                        |                                     |                     |                              |
| 21,541                 |                                     | 101                 |                              |
| 21,471                 |                                     | 107                 |                              |
| 21,383                 |                                     | 102                 |                              |
| 21,366                 |                                     | 108                 |                              |
| <b>21,317</b>          |                                     | <b>107</b>          |                              |
|                        |                                     |                     |                              |
| 21,288                 |                                     | 114                 |                              |
| 21,256 – 21,259        | Entgleisungsstelle! 18 li           | 110                 |                              |
| 19,900 – 19,902        | 22 re                               | 106                 | 14                           |
|                        |                                     |                     |                              |
|                        |                                     |                     |                              |

|               |                      |  |               |                      |            |  |
|---------------|----------------------|--|---------------|----------------------|------------|--|
|               |                      |  | 18,901        |                      | 106        |  |
|               |                      |  | <b>18,742</b> |                      | <b>102</b> |  |
|               |                      |  | <b>18,655</b> |                      | <b>109</b> |  |
| 17,199        | 18 li                |  |               |                      |            |  |
| 17,173        | 17 li / 18 re        |  |               |                      |            |  |
| 17,067        | 19 li / 17 re        |  |               |                      |            |  |
|               |                      |  |               |                      |            |  |
| <b>15,319</b> | <b>15 li / 16 re</b> |  | <b>15,322</b> | <b>16 li / 17 re</b> |            |  |
|               |                      |  |               |                      |            |  |

Tabelle 5 Ergebnisse der Inspektionen vom 20.09.2010 (links) und 04.03.11 (rechts)

Die hervorgehoben dargestellten Gleislagefehler sind Störstellen im definierten Gleisabschnitt, die sowohl bei der Inspektion am 20.09.10 als auch am 04.03.11 festgestellt wurden. Die Instandsetzung der Gleislagemängel war, sofern sie durchgeführt wurde, zumindest nicht so nachhaltig, dass die ausgewiesenen Gleislagemängel dauerhaft beseitigt werden konnten. Bei der überwiegenden Anzahl hat sich die Größe des Gleislagefehlers noch weiter erhöht.

Der kurz vor der Entgleisungsstelle befindliche einseitige Längshöhenfehler in ca. km 21,250 trat bei der Inspektion am 29.09.10 nicht besonders in Erscheinung. Bei der darauf folgenden Inspektion am 04.03.11 wurde ein Längshöhenfehler von 18 mm auf der nicht überhöhten linken Innenschiene dokumentiert, der innerhalb eines Monats auf 24 mm anwuchs. Es ist daher naheliegend, dass der Gleislagefehler bereits bei der Inspektion am 04.03.11 aufgrund des vorherrschenden Dauerfrostes im Boden unterbewertet wurde. Aus der einseitigen Weiterentwicklung des Längshöhenfehlers resultierte der Anstieg der Gleisverwindung von 5,2 ‰ auf 7,5 ‰. Hierbei ist zu erwähnen, dass die Gleisverwindung über eine Basislänge von 1,5 m bis 19,5 m aus dem Unterschied der gegenseitigen Höhenlage der rechten und linken Schiene des Gleises berechnet wird. Im Messschrieb wird dann die Verwindung optisch und im Grenzwertüberschreitungsprotokoll numerisch dargestellt. Der Grenzwert wurde bei einer kurzen Basislänge von 1,5 m überschritten.

#### 4.7.5 Bericht der Fachabteilung I.NVT8 der DB AG

Durch die Fachabteilung I.NVT8 der DB Netz AG wurde eine Untersuchung des Entgleisungsvorgangs der beteiligten Lok der Baureihe (BR) 140 sowie zum Vergleich der Lok BR 185 und dem ICE-Triebkopf mit Hilfe von Simulationsrechnungen durchgeführt. Für die Nachrechnung des Unfallhergangs wurde ein Simulationsmodell im Mehrkörpersimulationsprogramm SIMPACK erstellt.

Nach der Untersuchung der Lok in der Servicestelle von DB Schenker in Seelze wurde das Fahrzeug als bedingungsgemäß eingestuft und festgestellte Schäden als Folgeschäden nach der Entgleisung gewertet. Bei einer am 10.05.11 von T.TVI 23 durchgeführten Radprofilmessung mit dem Messgerät Miniprof entsprachen die Radprofilmaße gemäß Tabelle 1 den zulässigen Betriebsgrenzmaßen nach EBO.

Bei der letzten Regelinspektion nach Ril 821.2001 wurde die Gleislage der Strecke 1750-2 am 04.03.2011 mit dem Messfahrzeug RAILab überprüft. Hierbei wurden im späteren Entgleisungsbereich  $SR_{100}$  Überschreitungen der Parameter Längshöhe und Verwindung gemäß Tabelle 2 aufgezeichnet. Am Tag der Entgleisung wurde eine erneute Messung mit dem RAILab durchgeführt. Hierbei wurde bei der Längshöhe  $SR_{lim}$  und bei der Verwindung der Grenzwert überschritten. Bei der Nachrechnung der Verwindung, bezogen auf die jeweiligen Radstände der untersuchten Fahrzeuge BR 140, ICE TK und BR 185, ist zu bemerken, dass die effektive Verwindung der Fahrzeuge unter dem Wert von 7 ‰ blieb. Die Maximalwerte bei der BR 140 lagen mit einem Radsatzstand von 3,40 m bei 5,89 ‰, bei ICE TK mit dem Radsatzstand von 3,0 m bei 6,19 ‰ und bei BR 185 mit dem Radsatzstand 2,6 m bei 6,6 ‰.

#### Informationen zum Simulationsmodell / Triebfahrzeug

Die Triebfahrzeuge der BR 140 dienten seit 1957 als Einheitselektrolokomotive E 40 dem Güterverkehr. Da die Datenlage über diese Lok bei der Fachabteilung I.NVT8 nicht vollständig war, mussten für das Modell in der Simulation mehrere Annahmen getroffen werden, auf die hier im Detail nicht weiter eingegangen wird. In Tabelle 1 des Untersuchungsberichts sind die wesentlichen Fahrzeugdaten des Triebfahrzeugs 140 772-5 für die Simulation dargestellt. Da das dynamische Fahrverhalten von Eisenbahnfahrzeugen durch die Berührgeometrie von Rad und Schiene beeinflusst wird, wurden die nach der Entgleisung gemessenen Rad- und Schienenprofile sowie das Soll-Profil S1002 in das SIMPAC-Modell importiert. Im direkten Vergleich wurde ersichtlich, dass die gemessenen Werte unwesentlich vom theoretischen Sollprofil abwichen. Die Auswertung der DQM-Messung vom rechten und linken Schienenprofil im Entgleisungsbereich ergab einen regelkonformen Verschleißzustand bei der Schienen. Nach Erstellung des Simulationsmodells der Lokomotive BR 140 wurden zur Plausibilitätsprüfung Eigenfrequenzen und Eigenformen des Fahrzeugmodells mit den Fahrzeugmodellen ICE TK und BR 185 verglichen. Da die Eigenfrequenz des Simulationsmodells nicht signifikant von der Eigenfrequenz der anderen beiden Fahrzeuge abwich, kann davon ausgegangen werden, dass das SIMPACK-Modell der BR 140 für weitere Simulationen ge-

eignet erscheint. Die vom RAILab nach der Entgleisung gemessenen Daten wurden für die Simulation in formtreue 50m HP-Profile umgerechnet. Weiterhin war noch zu berücksichtigen, dass der vom Messfahrzeug am 08.04.11 aufgezeichnete Gleisabschnitt für eine Simulation nicht ausreichte, da der Oberbau kurz nach der Entgleisungsstelle in km 21,3 nicht mehr befahrbar war. Um den fehlenden Gleisabschnitt zu ergänzen wurde auf den Datensatz der Gleislagemessung vom 04.03.11 zurückgegriffen. Da beide Messschriebe bis km 21,3 vor der Schlammstelle übereinstimmten, wurde die Simulation nach der Schlammstelle mit der Geometrie der Regelinspektion fortgesetzt. Aufgrund einer Differenz in der RAILab Ortung erfolgte eine Synchronisierung beider Messungen. Anhand der Umrechnung in ein formtreues Signal beträgt der maximale Längshöhenfehler im Bereich der Entgleisungsstelle am 08.04.11 nun 29,3 mm. Mit den formtreuen Messsignalen der Längs- und Pfeilhöhe wurden die Räder im Modell angeregt. Die gemessene Krümmung und Überhöhung wurde im SIMPACK-Modell als Trassierung verwendet.

Da die Längs- und Quersteifigkeit der Silentbloc Elemente im Drehgestellrahmen nicht bekannt waren, wurde für die theoretische Untersuchung zum Entgleisungsvorgang die Überfahrt des definierten Fahrzeugmodells sowohl mit starrer als auch mit sehr steifer Radsatzführung im Übergang von Gerade in den Linksbogen mit dem Radius von 507 m bei einer Geschwindigkeit von 78 km/h simuliert. Hierbei ist anzumerken, dass die Lok tatsächlich mit ca. 70 km/h entgleiste und die 78 km/h lediglich den Maximalwert aus der EFR (siehe Pkt. 4.7.1) darstellt. Um die Fahrzeugreaktionen vergleichen zu können, wurden zusätzlich Überfahrten mit dem ICE TK und der BR 185 simuliert. Als für die Entgleisung relevantes Beurteilungskriterium gilt der vertikale Radanhub  $dz$ , des bogenäußeren Rades am vorlaufenden Radsatz sowie das Verhältnis der lateralen Führungskraft  $Y$  zur Radaufstandskraft  $Q$ . Bei der Simulation mit starrer Radsatzführung ist am  $Q$ -Kraft-Verlauf am vorderen Radsatz zu erkennen, dass die Lok bereits vor der eigentlichen Entgleisungsstelle empfindlich reagiert und es zu Radentlastungen am linken Rad kommt. Der Grenzwert des Entgleisungskoeffizienten  $(Y/Q)_{lim} = 0,8$  wird mehrmals vor und an der Entgleisungsstelle überschritten. Aufgrund der aus den unterschiedlichen Längshöhenfehlern resultierenden Verwindung von 5,89 ‰ und dem relativ engen Bogenradius von 507 m kam es am ersten Radsatz zu einer ungünstigen Kombination der Radaufstands- und Radführungskräfte. Bei Überfahrt der Schlammstelle wird aufgrund des ausgeprägten Längshöhenfehlers auf der linken Schiene und der damit einhergehenden Schienenabsenkung zuerst das linke, bogeninnere Rad vollständig entlastet. Nach Erreichen des tiefsten Punktes der Senke, wird das linke Rad angehoben, dabei steigt die  $Q$ -Kraft um mehr als den doppelten Wert der statistischen Radlast von 250 N an. In der weiteren Simulation wird dabei das rechte Rad, um Gleichgewicht zu erzielen, entlastet.

---

In Folge der Bogenfahrt drückt das rechte führende Rad gegen die bogenäußere Schiene und der Entgleisungskoeffizient  $Y/Q$  steigt für kurze Zeit auf einen Wert von 2,25 an und übersteigt den Grenzwert deutlich. Als direkte Folge beginnt das rechte Rad in der Simulation auf einen maximalen Radanhub von 19,4 mm aufzuklettern aber nicht zu entgleisen. Dennoch ist eine Sicherheit gegen Entgleisen beim Befahren von Gleisverwindungen nur sicher gegeben, wenn das bogenäußere Rad nicht mehr als 5 mm aufklettern kann. Der in der Simulation ermittelte maximale Radanhub von 19,4 mm überschreitet den zulässigen Wert von 5 mm um ein Vielfaches und stellt daher einen betriebsgefährlichen Zustand dar.

Um den Einfluss der Verwindung zu verdeutlichen wurde eine weitere Simulation mit zwei gleichgroßen Längshöhenfehlern auf der rechten und der linken Schiene durchgeführt. Hierbei traten keine Radentlastungen und kein Aufklettern des bogenäußeren Rades auf. Der Grenzwert des Entgleisungskoeffizient  $Y/Q = 0,87$  wurde leicht überschritten

Bei der Simulation mit steifer Radsatzführung mit geringer Beweglichkeit in Quer und Längsrichtung im Drehgestell, traten weder Radentlastungen noch Aufklettern des bogenäußeren Rades auf. Trotz eines Anstiegs des  $Y/Q$ - Wertes auf 1,1 an der Entgleisungsstelle kam es zu einem signifikant besseren Fahrverhalten im untersuchten Bereich. Auch bei den zum Vergleich durchgeführten Simulationen mit der BR 185 und dem ICE TK kam es weder zur Radentlastung noch zum Aufklettern des bogenäußeren Rades. Der Entgleisungskoeffizient  $Y/Q$  lag bei dem Versuch bei beiden Fahrzeugen unter dem Grenzwert von 0,8.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen der alten BR 140 und den neuen Loks besteht in der Geometrie und der vertikalen Steifigkeit der Sekundärstufe sowie der elastischen Ankopplung der Radsätze an das Drehgestell.

#### Resümee

Es ist davon auszugehen, dass die Kombination aus dem einseitig mehr ausgeprägten Längshöhenfehler und der daraus resultierenden Gleisverwindung und der Fahrt im relativ engen Bogen zur Entgleisung der Lok 140 772-5 geführt hat. Deutlich ist aber auch erkennbar, dass die Lok der BR 140 bauartbedingt auf Gleislagefehler, insbesondere Verwindungsfehler, empfindlich reagiert hat. Lokomotiven neuerer Baureihen reagieren auf derartige Gleislagefehler nicht so empfindlich.

#### **Feststellungen beim Anlagenverantwortlichen Oberbau (Alv Ob)**

Die für die Oberbauanlagen verantwortliche Person (Alv Ob) ist von der Qualifikation gemäß Ril 821 geeignet, derartige Tätigkeiten durchzuführen. Auffällig ist jedoch, dass es bereits am

06.11.2010 ebenfalls zu einer Zugentgleisung im Bf Hannover Linden, Gleis 396 aufgrund von Oberbaumängeln in Form von biologisch verfallenen Holzschwellen und dem daraus resultierenden Verlust der Spurhaltefähigkeit gekommen ist.

Obwohl im Entgleisungsbereich nach dem Trassierungsentwurf 90 km/h gefahren werden darf, ist zul v im VzG schon seit mehreren Jahren auf 80 km/h begrenzt, was aus fahrdynamischer und oberbautechnischer Sicht nicht zu beanstanden ist. Die Hintergründe hierzu konnte der Anlagenverantwortliche nicht benennen. Ein aus oberbautechnischer Sicht plausibler Grund wäre, die vorhandene unzulässige Abweichung der Soll- zur Ist-Überhöhung. Zudem verändert sich zwischen den Geschwindigkeitsstufen 80 km/h und 90 km/h die Eingriffsschwelle beim Auftreten von Gleislagefehlern. Der Geschwindigkeitsbereich  $\leq 80$  km/h ist der unterste definierte Bereich gemäß der Ril 821 mit der höchsten Toleranz bei Gleislagefehlern.

Die, auf Streckenabschnitte bezogen, eigentlich bei jeder Messfahrt mehrfach auftretenden  $SR_{lim}$  Überschreitungen bei der Gleisgeometriemessung (siehe Tabelle 5) basieren überwiegend auf Mängeln im Untergrund des Gleises. Derartige Mängel können entstehen, wenn eine ausreichende Entwässerung des Gleises nicht in allen Abschnitten gegeben ist.

Regelinspektion durch Streckenbegang des Meisters (Fb) am 09.03.11

Bei der Regelinspektion *Strecken- und Gleisbegang* wurden am 09.03.2011 im Abschnitt von km 20,000 – km 21,200 keine Mängel festgestellt. Dieser inspizierte Abschnitt endet direkt an der W 2. Der Entgleisungsbereich in km 21,250 liegt von dieser Abschnittsgrenze lediglich ca. 50 m entfernt, wird aber bezüglich der Inspektion separat beauftragt. Beide Abschnitte müssen nicht an einem Inspektionsdatum begangen werden.

#### **4.8 Interpretation der Unfallspuren**

Aufgrund der Entgleisungsspuren und der Ergebnisse der RAILab Messung am 08.04.11 kann folgender Unfallhergang abgeleitet werden.

- Tfz 140 772-5 überfährt die Schlammstelle unter der in Fahrtrichtung linken Schiene innerhalb eines Linksbogen in ca. km 21,230

- Das führende vordere bogenäußere rechte Rad der ersten Achse wird infolge des Gleislagefehlers entlastet was zum Aufsteigen des Rades und letztendlich zur Entgleisung führt.



Abb. 14: Schlammstelle in km 21,265

- Das rechte Rad rollt noch etwa 3,5 m auf dem rechten Schienenkopf und fällt dann vor W 3 bogenaußenseitig in Fahrtrichtung nach rechts ins Gleis.



Abb. 15: Entgleisungsspuren

- Im weiteren Fahrtverlauf wird die Weiche 3 stumpf befahren und hierbei Schwellen Knaggen, Gleitstühle sowie Befestigungsmittel beschädigt.



Abb. 16: Beschädigte Schwellen linke Schiene

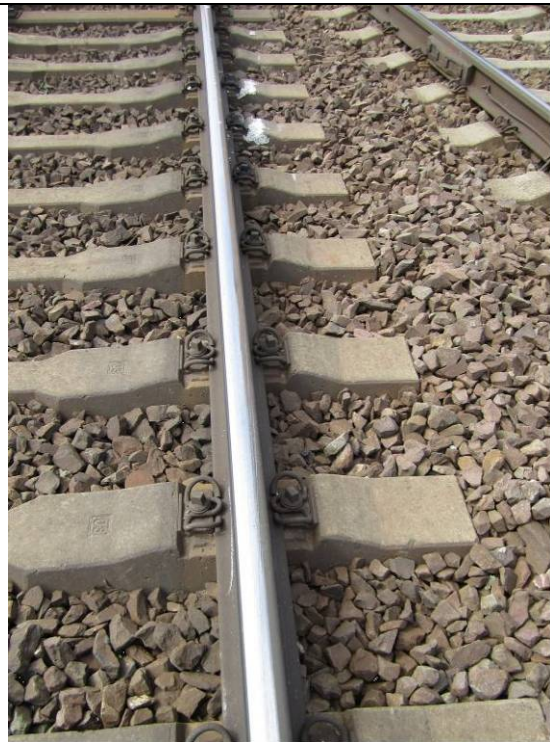


Abb. 17: Beschädigte Schwellen rechte Schiene



Abb. 18: Schäden vor W 3 linke Schiene



Abb. 19: Schäden in W 3 rechte Schiene

- Bei der Weiterfahrt durch W 2 kollidiert das Tfz mit der rechten Zunge und dem rechten Radlenker was einen Bruch der rechten Flügelschiene zur Folge hat.



Abb. 20: Zungenbereich W 2



Abb. 21: rechter Radlenker W 2



Abb. 22: gebrochene rechte Flügelschiene in W 2



Abb. 23: verbogene rechte Weichenzunge in W 2

- Bis zum Stillstand des Zuges ca. 6 m vor dem Oberleitungsmast 20/35 in ca. km 20,875 werden weitere Betonschwellen beschädigt (Abb. 23)



Abb. 24: beschädigte Betonschwellen hinter Weiche 2

## 5 Auswertung und Schlussfolgerungen

Aufgrund von Gleislagefehlern in der Schlammstelle in ca. km 21,250 kam es in der Linkskrümmung des Gleises 034 zur Entlastung des rechten vorderen führenden Rades am ersten Drehgestell des Triebfahrzeugs. In Folge der Entlastung des Rades entgleiste das erste Drehgestell des Tfz wenige Meter nach Befahrung der Schlammstelle kurz vor der Weiche 3.

Die gemäß Ril 821.2003 durchzuführende Inspektion der Gleise durch eine Gleisbegehung wurde 6 bzw. 12 Tage später als das dafür vorgesehene Zeitfenster durchgeführt. Wären die Inspektionen innerhalb des dafür vorgesehenen Zeitkorridors vom 01.03.- 31.03.11 durchgeführt worden, hätte die Schlammstelle mit dem Gleislagefehler mit hoher Wahrscheinlichkeit rechtzeitig wahrgenommen und entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden können.

Aufgrund unzulässiger Abweichungen der Soll zur Ist-Überhöhung von bis zu 35 mm hätte zul v gemäß Ril 821 von 80 km/h auf 70 km/h reduziert werden müssen. Da das Tfz nach den EFR Aufzeichnungen aber bei einer tatsächlichen Geschwindigkeit von ca. 70 km/h entgleiste, hat die nicht durchgeführte Geschwindigkeitsreduzierung auf die Entgleisung keine Auswirkungen.

Das beteiligte Triebfahrzeug 140 772-5 wurde am 01.01.1970 in Betrieb gestellt und war zum Unfallzeitpunkt 41 Jahre mit einer Laufleistung von 5.358.977 km im Einsatz. Aufgrund der vergleichenden Simulationsergebnisse mit den Triebfahrzeugen der BR 185 und der ICE TK ist ersichtlich, dass das die Baureihe 140 einer älteren Generation von Tfz angehört, die wegen ihrer Konstruktion, aber auch der großen Laufleistung und dem damit einhergehenden

Verschleiß empfindlicher auf ausgeprägte Gleislagefehler reagieren. Die hierzu parallel verglichenen neueren Tfz der BR 185 und ICE TK wären aufgrund der Simulationsergebnisse mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit bei Befahrung des in km 21,250 vorgefundenen Gleislagefehler nicht entgleist. Da die Baureihe 140, in diesem Fall die 140 772-5, jedoch ein für den öffentlichen Eisenbahnverkehr zugelassenes Fahrzeug ist und anhand der Untersuchungsergebnisse auch ohne relevante Mängel war, muss der Fahrweg in einer derartigen Qualität vorgehalten werden, dass auch ältere Fahrzeuge mit ihren Eigenheiten die Gleise sicher befahren können.

Dass Gleislagefehler, auch bei Überschreitung von vorgegebenen Grenzen, nicht zwangsläufig zu Entgleisungen führen müssen, ist an den nachlaufenden Wagen hinter der Lok ersichtlich. Hierbei kam es trotz Überfahung des Gleislagefehlers zu keiner weiteren Entgleisung.

Zu einer Entgleisung kann es insbesondere dann kommen, wenn die letztendlich empirisch, aufgrund von fahrtechnischen Versuchen an Güterwagen in Verbindung mit verschiedenen gleisgeometrischen Messungen ermittelten Grenzwerte in ungünstiger Konstellation zueinander auftreten. Mit den festgelegten Grenzwerten für die zulässige Überhöhung des Gleises, der zulässigen Gleisverwindung und den Prüfbedingungen für die Fahrzeuge mit den einzuhaltenden Grenzwerten, beträgt die statistische Aussagewahrscheinlichkeit  $P = 95 \%$ , dass ein Eisenbahnfahrzeug in Gleisverwindungen nicht entgleist.

Hierbei ist noch zu erwähnen, dass die Simulation mit den vor Ort tatsächlich gemessenen unzulässigen Überhöhungswerten durchgeführt wurde. Weiterhin wurde die Simulation mit einer Geschwindigkeit von 78 km/h durchgeführt. Die tatsächliche Geschwindigkeit bei der Entgleisung betrug allerdings ca. 70 km/h. Die Geschwindigkeitsspitze bis auf 78 km/h bei der EFR Auswertung ist auf den eigentlichen Entgleisungsvorgang durch eine Entlastung der Geberachse zurückzuführen.

Von I.NVT8 wurde die effektive Verwindung unter Berücksichtigung der tatsächlichen Radsatzabstände der drei Tfz BR 140, 185 und ICE TK ermittelt. Hiernach steigt die Verwindung mit den kleineren Radsatzabständen an. Allerdings liegt die ermittelte maximale effektive Gleisverwindung bei allen drei Tfz mit Werten von 5,89 ‰ bis 6,60 ‰ unter dem Grenzwert von 7 ‰ aus der Ril 821. Somit ist die aufgezeichnete Grenzwertüberschreitung für Fahrzeuge mit Basislängen von 1,5 m zwar existent, aber für die simulierten Baureihen mit Radsatzabständen zwischen 2,6 m und 3,4 m nicht in so hohem Maß relevant. Letztendlich hat die Kombination aus Längshöhenfehler und Verwindung in der Schlammstelle bei der Bogenfahrt zur Entgleisung der Lok 140-772-5 geführt.

## **6 Bisher getroffene Maßnahmen**

### **6.1 Maßnahmen der Sicherheitsbehörde**

Aufgrund der Entgleisung am 08.04.11 und der Wiederaufnahme des Eisenbahnbetriebs nach erfolgter Instandsetzung am 12.04.11 wurde bezüglich der Schlammstellenproblematik im Bereich der Entgleisungsstelle am 03.05.11 durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) als zuständige Sicherheitsbehörde eine örtliche Sonderüberwachung durch den Sachbereich 2 der Außenstelle Hannover durchgeführt. Hierbei wurde trotz der ca. drei Wochen zuvor instand gesetzten Gleisanlagen erneut ein optisch sichtbarer Gleislagefehler im Bereich der zur Entgleisung geführten Schlammstelle in km 21,261 festgestellt. Angaben über die festgestellte Fehlergröße wurden im Protokoll der Überwachung nicht vermerkt.

Bei Überprüfung der Mehrkanalaufzeichnungen zur Betriebsfreigabe am 12.04.11 wurde im Bereich der Entgleisungsstelle weiterhin eine unzulässige Abweichung bei der Soll-Überhöhung von ca. 20 mm festgestellt. Als Maßnahmen wurden der DB Netz AG vorgegeben, die Schlammstelle nachhaltig instand zu setzen und die Soll-Überhöhung gemäß vorgegebener Trassierung herzustellen. Bis zur Umsetzung dieser Maßnahmen ist die zulässige Geschwindigkeit ( $v_{\text{zul}}$ ) um 10 km/h zu reduzieren und es sollen alle zwei Wochen Sonderinspektionen durch den Anlagenverantwortlichen Oberbau (Alv Ob) durchgeführt werden.

### **6.2 Maßnahmen des Infrastrukturbetreibers**

Die von der Sicherheitsbehörde geforderte Reduzierung um 10 km/h auf dann  $v_{\text{zul}}$  70 km/h wurde vom Infrastrukturbetreiber nicht umgesetzt. Begründet wurde dies damit, dass nach der Streckentrassierung  $v_{\text{zul}}$  = 90 km/h möglich ist, nach VzG aber tatsächlich nur 80 km/h gefahren wird und somit auf eine weitere Reduzierung um 10 km/h verzichtet werden kann. Dieses Vorgehen entspricht allerdings nicht den Vorgaben der Ril 821.1000 Abschnitt 2 Absatz 6. Hiernach ist für geschwindigkeitsabhängige Beurteilungsmaßstäbe jeweils die örtlich zulässige Geschwindigkeit nach dem Verzeichnis der zulässigen Geschwindigkeiten (VzG) maßgebend und nicht die nach Streckentrassierung mögliche Geschwindigkeit. Bei Anwendung dieser Vorgabe hätte  $v_{\text{zul}}$  = 80 km/h im Bereich der abweichenden Überhöhung um 10 km/h auf 70 km/h reduziert werden müssen.

Zur Durchführung der geforderten Herstellung der Sollüberhöhung wurde vom Infrastrukturbetreiber als Umbautermin der 17.07.11 vorgesehen. Die tatsächliche Ausführung der Baumaßnahme erfolgte dann am 25.09.11. Hierbei wurde der Unterbau des Gleises im Bereich der Schlammstelle auf ca. 24 m Länge ausgetauscht und eine geneigte Planumsschutz-

---

schicht (PSS) aus KG 1 mit einer Tiefenentwässerung (TE) eingebaut. Die Überhöhung im Bogen wurde vom vorhandenen Istwert 125 mm auf einen Sollwert 90 mm korrigiert.