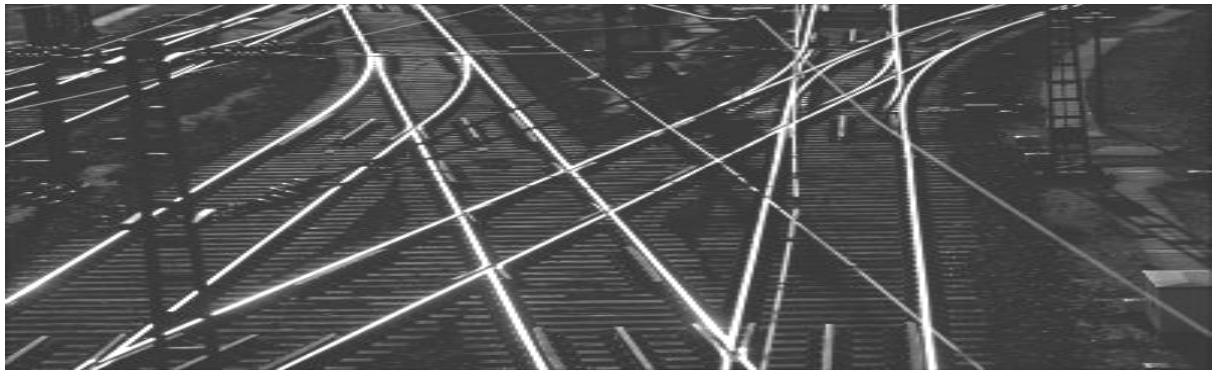




Untersuchungsbericht



Entgleisung

Strecke

Nürnberg-Stein - Nürnberg Rbf

07.08.2009

Bonn, den 10.02.2011

Untersuchungsbericht

Entgleisung zwischen Nürnberg-Stein und Nürnberg Rbf am 07.08.2009

Veröffentlicht durch:

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung,
Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes
Robert-Schuman-Platz 1
53175 Bonn

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Ereignisbezogene Angaben	4
2.1	Ereignis	4
2.1.1	Datum, Uhrzeit und Ort des Ereignisses	4
2.1.2	Beschreibung des Geschehens	4
2.1.3	Ziel und Zweck der Eisenbahn-Unfalluntersuchung	5
2.1.4	Mitwirkende	5
2.2	Hintergrund des Ereignisses	6
2.2.1	Beteiligte Züge und ihre Zusammenstellung	6
2.2.2	Beschreibung der Infrastruktur und des Signalsystems	7
2.3	Folgen des Ereignisses	7
2.3.1	Personenschäden	7
2.3.2	Sachschäden	7
2.4	Wetterbedingungen	7
3	Untersuchungsprotokoll	8
3.1	Feststellungen am Ereignisort	8
3.2	Betriebsvorschriften, örtliche Vorschriften, Instandhaltungsvorschriften, Anforderungen an das Personal	10
3.3	Funktion von Fahrzeugen und technischen Einrichtungen	10
3.3.1	Zugsicherungssysteme einschließlich elektronische Fahrtenregistrierung	10
3.3.2	Entgleiste Güterwagen	11
3.4	Untersuchung der Infrastruktur und Signalsystem	11
3.4.1	Untersuchung des Oberbaus	11
3.4.2	Untersuchung der Signalgebung und Zugsteuerung/Zugsicherung einschließlich automatischer Datenaufzeichnung	18
3.4.3	Untersuchung der Erdung von Speiseleitungen	19
3.5	Dokumentation der betrieblichen Handlungen	20
3.5.1	Maßnahmen des zuständigen Personals für die Verkehrssteuerung und Signalgebung	20
3.5.2	Aufzeichnungen der Sicherungstechnik	20
4	Auswertung und Schlussfolgerungen	21
5	Durchgeführte Maßnahmen	23
5.1	DB Netz AG	23
6	Sicherheitsempfehlungen	23

1 Zusammenfassung

Am 07.08.2009 entgleiste der Güterzug FIR 51629, Laufweg Seelze – Nürnberg Rbf, auf der Strecke zwischen Nürnberg-Stein und Nürnberg Rangierbahnhof.

Der Zug, gezogen von der E-Lok 152 068, bestand aus 24 Wagen und hatte ein Wagenzuggewicht von 1483 Tonnen bei einer Länge von 466 Metern. Das verantwortliche Eisenbahnverkehrsunternehmen war die DB Schenker Rail Deutschland AG. Die Entgleisungsstelle liegt in einem Gleisbogen mit einem Radius von 310 Metern. Das verantwortliche Eisenbahninfrastrukturunternehmen ist die DB Netz AG. Die entgleisten Wagen liefen an 6. bis 18. Stelle im Zugverband. Zwischen dem 6. und dem 7. Wagen trat eine Zugtrennung ein. Durch die Entgleisung sind hohe Sachschäden an den Fahrzeugen und an der Infrastruktur entstanden.

Die Entgleisung des Güterzuges erfolgte aufgrund einer Spurerweiterung unter dem rollenden Rad. Bei der Untersuchung der beteiligten Eisenbahnfahrzeuge wurden keine Schäden oder Mängel festgestellt, die für die Entgleisung ursächlich waren.

Eine nicht ausreichende Spurhaltefähigkeit, verursacht durch fehlende und gebrochene oder ungenügend vorgespannte Schwellenschrauben, war ursächlich für die Spurerweiterung und damit für die Entgleisung.

2 Ereignisbezogene Angaben

2.1 Ereignis

2.1.1 Datum, Uhrzeit und Ort des Ereignisses

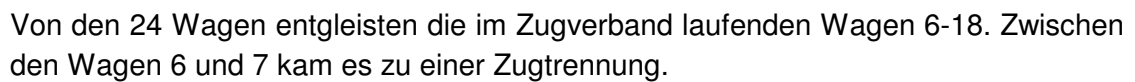
Datum: 07.08.2009

Uhrzeit: 15:07 Uhr

Ort: Strecke 5951, km 4,1 im Streckengleis Nürnberg-Stein – Abzweigstelle Hohe Marter der Strecke 5951 Nürnberg Rbf – Nürnberg-Stein

2.1.2 Beschreibung des Geschehens

Der Güterzug FIR 51629 entgleiste auf der Fahrt von Nürnberg-Stein-Abzweigstelle Hohe Marter in km 4,1 der Strecke 5951 Nürnberg Rbf – Nürnberg-Stein (ab/bis Minervabrücke 2-gleisige Hauptbahn, für Güterverkehr, Streckenhöchstgeschwindigkeit 80 km/h, Bremsweg 700 Meter, PZB und ZF vorhanden, elektrifiziert). Die Entgleisung erfolgte im Gleisbogen mit Radius von 310 m.



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.

2.1.4 Mitwirkende

- EBA Ast Nürnberg Sb 2 – Bauaufsicht und Überwachung IOH-Anlagen, LEA
- EBA Ast Nürnberg Sb 4 – Überwachung Betrieb, Gefahrguttransporte, LEA, Arbeits- und Umweltschutzaufsicht

2.2 Hintergrund des Ereignisses

2.2.1 Beteiligte Züge und ihre Zusammenstellung

Güterzug 51629 von Seelze nach Nürnberg Rbf bestehend aus

Triebfahrzeug 152 068 DB Schenker Rail Deutschland und
24 Wagen (16 beladen, 8 leer, davon ein Wagen mit Gefahrgut UN-Nr. 3266) mit
einem Wagenzuggewicht von 1483 Tonnen und einer Länge von Länge 466 Metern.

Das verantwortliche Eisenbahnverkehrsunternehmen war die DB Schenker Rail
Deutschland AG.

Weitere Informationen zu den Wagen sind folgender Aufstellung zu entnehmen:

Nr.	Wagennummer	km = Fahrzeugspitze
01	31804671095-6	(km 3,731)
02	21802462549-1	
03	21802458458-4	
04	33802744535-6	
05	33802742476-5	
06	33802744286-6	entgleist (nur hinteres Drehgestell) (km 3,829) Stelle der Zugtrennung, ab hier Entgleisungsspuren
07	33802744274-2	entgleist (km 3,852)
08	33802743315-4	entgleist
09	33802744895-4	entgleist
10	33817932405-2	entgleist, UN 3266, ungereinigt, leer (=Gefahrguttransport), Bremse ausgeschaltet
11	21802458542-2	entgleist, umgestürzt, hängt am Fahrleitungsmast
12	31813991007-5	entgleist, unter Wagen 11 geschoben
13	31813991573-6	entgleist
14	31813504328-5	entgleist
15	31805376330-2	entgleist
16	31804552606-4	entgleist
17	31804552853-2	entgleist, ab hinterem Drehgestell linke Schiene nicht mehr in umgestürzte Lage (km 4,064)
18	31804552864-9	entgleist (nur vorderes Drehgestell) (km 4,084) ab hier erste Entgleisungsspuren sichtbar, Entgleisungsstelle ca. km 4,105
19	31804552883-9	
20	33807921673-9	Stickstoffkesselwagen gereinigt, leer (=kein Gefahrgut)
21	23807416118-9	Stickstoffkesselwagen gereinigt, leer (=kein Gefahrgut)
22	31804723275-2	
23	31804723255-4	Weiche 8201 Bf Nürnberg Stein
24	31804723155-6	(km 4,215)

2.2.2 Beschreibung der Infrastruktur und des Signalsystems

2.2.2.1 Infrastruktur

Unmittelbar nach dem Bf Nürnberg-Stein trennen sich das Streckengleis Nürnberg Rbf – Nürnberg-Stein (dieses überquert die Strecke von/nach Fürth) und das Gegengleis Nürnberg-Stein – Nürnberg Rbf. Zwischen diesen beiden Gleisen verlaufen die zwei Streckengleise der Güterzugstrecke Nürnberg Rbf – Fürth/Bay.

Alle diese Gleise sind elektrifiziert.

In Fahrtrichtung gesehen rechts vom Gleis Nürnberg-Stein – Nürnberg Rbf befindet sich an den Fahrleitungsmasten eine Speiseleitung.

2.2.2.2 Signalsystem/Stellwerk

Die Signalisierung erfolgt durch Lichthaupt- und Lichtvorsignale nach Eisenbahn-Signalordnung Abschnitt B I und II.

2.2.2.3 Kommunikationsmittel

Zur Kommunikation steht Zugfunk (GSM-R) zur Verfügung.

2.2.2.4 Bauarbeiten am Ort des Ereignisses oder in dessen Nähe

Zum Unfallzeitpunkt fanden keine Bauarbeiten statt.

2.3 Folgen des Ereignisses

2.3.1 Personenschäden

Es waren keine Personenschäden zu verzeichnen.

2.3.2 Sachschäden

Die durch DB Netz AG geschätzten Sachschäden setzen sich wie folgt zusammen:

Schienenfahrzeuge:	ca. 283.048 €
bauliche Anlagen:	ca. 300.000 €
maschinen- u. elektrotechnische Anlagen	ca. 30.000 €
Betriebserschwerungskosten	ca. 17.560 €
<u>sonstige:</u>	<u>ca. 2.001 €</u>
Gesamtsumme:	ca. 632.609 €

Bei den ersten Schätzungen vor Ort wurde noch eine Schadenshöhe von 3.000.000 € veranschlagt.

2.4 Wetterbedingungen

Trockener und heißer Sommertag.

3 Untersuchungsprotokoll

3.1 Feststellungen am Ereignisort

Gegen 15:40 Uhr wurde die Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes von der Notfall-Leitstelle der DB Netz AG in München von der Güterzugentgleisung verständigt.

Eine erste fernmündliche Rückfrage beim Notfall-Manager der DB Netz AG ergab, dass kein Personenschaden und kein Austritt von gefährlichen Gütern oder Stoffen vorliegen.

Die Unfalluntersuchung wurde gegen 16: 50 Uhr vor Ort aufgenommen. Folgende Situation wurde vorgefunden und folgende Feststellungen getroffen:

- Zuglok 152 068 stand ca. bei km 3,7 und war gekuppelt mit den Wagen 01 bis 06, das erste entgleiste Fahrzeug war Wagen 06. Am Wagen 06 war die Kupplung abgerissen und der Zug getrennt.
- Wagen 07 bis Wagen 18 waren entgleist. Davon war Wagen 11 umgestürzt und wurde von einem Fahrleitungsmast gehalten, Wagen 12 hatte sich unter Wagen 11 geschoben. Bei Wagen 18 war nur das vordere Drehgestell entgleist und befand sich ca. beim Strecken-km 4,1.
- Die Wagen 19 bis 24 waren nicht entgleist, der Zugschluss stand ca. bei km 4,25 im Bf Nürnberg-Stein auf der stumpf befahrenen Weiche 8201.
- Die erste Meldung, dass durch einen Kurzschluss der Brand eines Gartenhauses verursacht worden war, bestätigte sich vor Ort nicht.
- Nur der Wagen 10 war ein Gefahrguttransport (ungereinigt und leer, UN-Nummer 3266); die Wagen 20 und 21 (Stickstoffkesselwagen) liefen leer und gereinigt im Zug und stellten daher keine Gefahrguttransporte dar.
- An den Fahrzeugen konnten keine offensichtlich unfallrelevanten Mängel festgestellt werden.
- Es wurden starke Beschädigungen der Bahnanlagen (ab Wagen 13 bis etwa Höhe hinteres Drehgestell Wagen 17 ist die bogenäußere Schiene gekippt) vorgefunden. An dem Oberbau unter dem hinteren, nicht entgleisten Zugteils (Wagen 19 folgende) wurden abgerissene, lose oder fehlende Befestigungsmittel festgestellt. Diese Feststellungen wurden auch im nicht betroffenen Streckengleis der Gegenrichtung Nürnberg Rbf - Nürnberg Stein getroffen. DB Netz AG würde hiervon in Kenntnis gesetzt und reagierte dahingehend, dass dieses gegenwärtig noch aus Unfallverhütungsgründen gesperrte Gleis nur mit einer zulässigen Geschwindigkeit von 20 km/h freigegeben werden sollte.
- Die eingesetzte Berufsfeuerwehr Nürnberg führte Klage darüber, dass zwar die Oberleitung zügig abgeschaltet und geerdet wurde, die parallel zum

Streckengleis an den Fahrleitungsmasten verlaufende Speiseleitung zwar auch umgehend ausgeschaltet, jedoch erst nach Stunden geerdet wurde.

Zur weitergehenden Sachverhaltsermittlung wurden gegenüber den Beteiligten Eisenbahnen folgende Maßnahmen festgelegt:

- Mit DB Netz AG:
Bis Montag 10.08.2009 um 12:00 Uhr werden keinerlei Veränderungen am Oberbau des Gleises Nürnberg-Stein – Nürnberg Rbf vorgenommen.
- Mit DB Schenker Rail AG:
Alle Wagen werden nach Aufgleisung nach Nürnberg Rbf überführt. Alle entgleisten Wagen werden dort der EUB zu weiteren Untersuchungen bereitgestellt. Die nicht an der Entgleisung beteiligten Wagen werden durch eigenverantwortlich untersucht das Ergebnis dokumentiert und der EUB übergeben.

Ergänzende Feststellungen hinsichtlich des nicht betroffenen Streckengleises der Gegenrichtung Nürnberg Rbf – Nürnberg Stein:

- Wie bereits ausgeführt wurde die Geschwindigkeit aufgrund der Feststellungen durch die DB Netz AG auf 20 km/h reduziert.
- Bei einer weiteren Inspektion durch die DB Netz wurde der Kraftschluss mit einem Schwellenschraubenschlüssel überprüft mit dem Ergebnis, dass mehrere Schwellenschrauben in Folge abgerissen waren. Da diese Schwellenschrauben zwischen den Rippenplatten und den Schwellen eingeklemmt waren, konnte der Sachverhalt erst bei dieser zweiten Inspektion festgestellt werden. Als sofortige Erstmaßnahme wurde das Gleis Rbf – Stein gesperrt.
- Um die geplanten Bergungsarbeiten nicht zu gefährden, wurden Spurstangen zur Gewährleistung der Spurhaltefähigkeit des Gleises eingebaut und das Gleis als befahrbar mit Schrittgeschwindigkeit freigegeben.
- Um die Befahrbarkeit des Gleises Rbf – Stein für den Regelzugverkehr schnellstens zu ermöglichen, wurden in der Nacht vom 09. auf 10.08.2009 die betroffenen Schwellen ausgetauscht.



entgleiste Wagen 9 und 10 (Bogenaußenseite)



entgleiste Wagen 11 und 12 (Bogeninnenseite)



Entgleisungsstelle



Detail gebrochene /lockere Schwellenschrauben

3.2 Betriebsvorschriften, örtliche Vorschriften, Instandhaltungsvorschriften, Anforderungen an das Personal

Im Rahmen der Unfalluntersuchung wurden insbesondere folgende Vorschriften herangezogen:

- Konzernrichtlinie 408 der DB AG – „Züge fahren und rangieren“
- Konzernrichtlinie 123 der DB AG – „Notfallmanagement, Brandschutz“
- DB Netz AG Richtlinie 821 „Oberbau inspizieren“
- DB Netz AG Richtlinie 824 „Oberbauarbeiten durchführen“.

3.3 Funktion von Fahrzeugen und technischen Einrichtungen

3.3.1 Zugsicherungssysteme einschließlich elektronische Fahrtenregistrierung

Das Triebfahrzeuges 152 068 des Eisenbahnverkehrsunternehmens DB Schenker ist mit einer induktiven Zugsicherungsanlage der Bauform LZB80/I80, System PZB 90 mit elektronischer Fahrtenregistrierung auf Datenspeicherkassette 20 ausgerüstet. Die Auswertung der Elektronischen Fahrten-Registrierung ergab, dass die nach den

Fahrplanunterlagen zulässige Geschwindigkeit im untersuchten unfallrelevanten Abschnitt nicht überschritten war.

Die gefahrene Geschwindigkeit vor dem Ereignis betrug ca. 57 km/h.

3.3.2 Entgleiste Güterwagen

Bei der weitergehenden Untersuchung der entgleisten Güterwagen konnten keine entgleisungsursächlichen Fahrzeugmängel festgestellt werden. Die vorgefundenen Gewaltschäden lassen sich auf Unfallfolgeschäden zurückführen. Die in diesem Zusammengang durchgeführten Verwiegungen zur Überprüfung der zulässigen Beladungen waren ohne Befunde. Auch bei der Überprüfung der Gefahrguttransportdurchführung wurden keine Abweichungen festgestellt.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass die durch die DB Systemtechnik, TTZ 222, Minden durchgeführten Untersuchungen ebenfalls keine Hinweise auf primär entgleisungsursächliche Fahrzeugmängel lieferten.

3.4 Untersuchung der Infrastruktur und Signalsystem

3.4.1 Untersuchung des Oberbaus

Die Entgleisungsstelle befindet sich in einem Gleisbogen mit einem Radius von 310 m. Die verwendete Oberbauart ist K-54-B58. Das Einbaujahr der Betonschwellen ist mit 1971 angegeben. Als Zwischenlagen wurden überwiegend Pappelholzzwischenlagen verwendet.

Im Rahmen der Unfalluntersuchung wurde der Oberbau von der Weiche 8201 bis zur Entgleisungsstelle aufgenommen und hierbei insbesondere folgendes festgestellt:

Schwellen und Schotter:

Die Holzschwellen der Innenbogenweiche (IBW) 8201 sowie die an dem Weichenanfang und –ende anschließenden Holzschwellen sind längsrissig. Ca. 10 % dieser Schwellen sind von fortgeschrittenem biologischem Zerfall betroffen.

Die Betonschwellen weisen mit Ausnahme von vier Schwellen mit Querrissen in Schwellenmitte keine Schäden auf. Die im Bereich der Entgleisungsstelle verwendeten Betonschwellen B 58 hatten zur Aufnahme der Schwellenschrauben den original Kunststoffdübel Sdü 9.

In den Schwellenfächern sowie im Bereich der Schwellenköpfe ist ausreichend Schotter vorhanden.

Zwischenlagen:

Die Zwischenlagen zwischen Schiene und Rippenplatte bestehen von der Weiche 8201 bis ca. km 4,1+49,95 beidseitig aus Kunststoff. Der anschließende Abschnitt besteht aus Pappelholzzwischenlagen, die fortgeschritten bis vollständig biologisch zerfallen sind. An 8 Stützpunkten der linken sowie 17 der rechten Schiene waren die abgängigen Holzzwischenlagen durch Kunststoff ersetzt worden. Etwa 10 dieser Kunststoffzwischenlagen sind verrutscht bzw. haben keine passende Größe.

Durch den fortgeschrittenen Zerfall bzw. nicht mehr vorhandenen Zwischenlagen wird die Schienenbefestigung an den betroffenen Stützpunkten hinsichtlich Kraftschlüssigkeit ungünstig beeinflusst.

Schrauben:

Bei der verwendeten Oberbauform wird die Schiene mit zwei Hakenschrauben auf der Rippenplatte und die Rippenplatte mit zwei Schwellenschrauben auf der Schwelle befestigt. Zur Ableitung der Kräfte ist eine jeweilige kraftschlüssige Verbindung erforderlich.

Zusammenfassend ist bezüglich der Verspannung festzustellen, dass in beiden Schienensträngen die Hakenschrauben (bogenaußen ab ca. km 4,1+44,33, bogeninnen ab ca. 4,1+69,95) bis auf wenige Ausnahmen nicht kraftschlüssig verspannt waren. Im bogeninneren Strang waren die Schwellenschrauben beidseitig bis auf wenige Ausnahmen ordnungsgemäß verspannt. Die Schwellenschrauben in bogenäußeren Strang waren bis in km 4,1+24,95 bis auf 5 Ausnahmen ordnungsgemäß verspannt. Im Bereich von km 4,1+24,33 bis km 4,1+23,70 waren die Schwellenschrauben beidseitig nicht kraftschlüssig verbunden, fehlten oder waren gebrochen.

Schienen:

An den Schienen beider Stränge wurden insgesamt keine übermäßigen, unzulässigen Abnutzungen festgestellt. An den Fahrkanten beider Stränge waren außerhalb des Weichenbereiches Gratbildung erkennbar. Die bogenäußere Schiene wies dar-

über hinaus Head Checks unterschiedlicher Ausprägung sowie Schienenfehler an fünf Stellen auf.

Spurweite und Überhöhung:

Die Spurweite wurde mit Spurmaß ohne Belastung an jeder 3. Schwelle gemessen und hierbei Spurweiten im zulässigen Bereich zwischen 1441-1451 mm ermittelt.

Die in diesem Zusammenhang ebenfalls ermittelte gegenseitige Höhenlage bewegte sich im Bereich zwischen 69-90 mm. Die Sollüberhöhung gemäß Gleisvermar-kungsplan beträgt 70 mm.

Zur Beurteilung des Oberbaus wurden weitere Unterlagen gemäß § 5a Abs. 5 Allgemeines Eisenbahngesetz in Verbindung mit § 2 Abs. 4 Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung (EUV) bei der DB Netz AG angefordert, die mit Schreiben vom 19.11.2009, 20.01.2010 und 22.03.2010 vorgelegt wurden.

Bei den vorgelegten und geprüften Unterlagen handelte sich um:

1. Inspektionsaufträge und Inspektionsniederschriften aus 2008 und 2009
2. Gleismessschriebe und Überschreitungsprotokolle GMTZ vom 25.09.2006 und 07.04.2008
3. Prüfbericht Schienenprüfzug vom 30.10.2005 und 18.10.2007 einschl. Protokoll der Nachortung
4. Verspannprotokolle vom 27.01.2006 und 15/16.12.2007
5. Untersuchungsbericht 09-P-11393-TTZ35-UN-2180 der DB Systemtechnik (TTZ 35) zur werkstofftechnischen Untersuchung an Schwellen- und Schienenbefestigungsmaterial
6. Bericht der DB Systemtechnik (TTZ 115) vom 05.03.2010 über die Auswertung der Sonderinspektion an Betonschwellen B 55 und B58.

Zu 1.

Die Inspektionsart „Gleisbegehung nach Ril 821.2003“ wurde eingeschränkt turnusmäßig unter Einhaltung der regelkonformen Fristen (alle 6 Monate bei $v < 120$ km/h) durchgeführt. Die letzte dokumentierte Gleisbegehung fand am 21.01.2009 durch Teamleiter Fahrbahn statt. Hier wurde lediglich der Befund „15 m stopfen von Hand“

im Km 3,7-3,1 aufgeführt. Weitere Angaben über oberbautechnische Mängel sind der Niederschrift nicht zu entnehmen. Im Monat 7/2009 hätte eine erneute Gleisbegehung dokumentiert werden müssen. Diesbezügliche Unterlagen lagen nicht vor. Ebenso fehlt die Dokumentation über die 24-monatige Gleisbegehung durch den Anlagenverantwortlichen.

Zu 2.

Die Inspektionsart „Prüfung der Gleisgeometrie mit Gleismessfahrzeugen nach Ril 821.2001“ wurde turnusmäßig unter Einhaltung der regelkonformen Fristen (alle 18 Monate bei $v \leq 80\text{km/h}$ durchgeführt). Die aktuelle Messfahrt wurde am 07.04.2008 vom GMTZ 005 (gezogene Fahrtrichtung des Messzuges) durchgeführt. Im maßgebenden Streckenabschnitt stellen lediglich die Prüfgrößen „Längshöhe“ (mit einzelnen Maximalwerten bis 27 mm in Km 3,618) und „Verwindung“ (mit Maximalwerten bis 111 % in Km 3,867) SR-100-Überschreitungen dar. Diese Überschreitungen müssen gemäß Ril 821.1000 bis zur nächsten Gleismessfahrt beseitigt werden und sind bzgl. der betrachteten Entgleisung keinesfalls relevant. Die übrigen Prüfgrößen wurden nicht überschritten.

Die Soll-Überhöhung im Gleisbogen bei Km 4,1 beträgt laut Gleisvermarkungsplan 70mm. Wie bereits ausgeführt ergab die im Nachgang zum Unfall durchgeführte Handmessung, Überhöhungen bis 90 mm. Auch der Gleismessschrieb weist hier in Teilbereichen Überhöhungen bis ca. 95 mm auf, im Mittel beträgt die Überhöhung ca. 80mm.

Dies entspricht einer Differenz von ca. 25mm im Soll-/ Ist-Vergleich der Überhöhung. Gemäß Ril 821.2001 Abschnitt 5, Abs. 6 müssen in Bögen Abweichungen der Ist-Überhöhung von der Soll-Überhöhung um mehr als +/- 15mm mit einer Langsamfahrstelle (Reduzierung der VzG-Geschwindigkeit um 10 km/h) belegt werden. Eine Langsamfahrstelle wurde jedoch nicht eingerichtet.

Die ausgleichende Überhöhung beträgt: $u_o = 11,8 \cdot v^2 / r = 11,8 \cdot 60^2 / 310 = 137\text{mm}$

Die vorhandene (maximal-)Überhöhung beträgt: $u = 95\text{ mm}$

Der Überhöhungsfehlbetrag errechnet sich: $u_f = u_o - u = 137\text{mm} - 95\text{mm} = 42\text{mm}$

Der Überhöhungsfehlbetrag liegt gemäß Ril 800.0110 Abschn. 3 im Ermessensbereich und entspricht den anerkannten Regeln der Technik.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Gleisgeometrie (Gleislage) weitestgehend der Ril 821.2001 entspricht und für die Entgleisung nicht ursächlich ist.

Zu 3.

Die Inspektionsart „Zerstörungsfreie Prüfung von Schienen nach Ril 821.2007“ wurde turnusmäßig unter Einhaltung der regelkonformen Fristen (alle 24 Monate Befahrung mit Schienenprüfzug bei $v < 80$ km/h) durchgeführt. Die letzte Befahrung SPZ fand am 18.10.2007 statt. Die Nachortung der F1- und F2-Fehler mittels Schienenprüfgerät wurde nahezu fristgerecht (wenige Tage Überschreitung) durchgeführt und dokumentiert (Bericht des SPZ ca. am 24.10.2007 im Netzbezirk. Die Nachortung fand am 15.11.2007 statt.

Da im betrachteten Gleisabschnitt keine Schienenbrüche auftraten, und die Schienen keine übermäßigen Verschleißerscheinungen aufwiesen, ist der materielle Zustand der Schienen für die Entgleisung nicht ursächlich.

Zu 4.

Die durch Nachortung festgestellten F1-Fehler im maßgeblichen Gleisabschnitt von km 3,8 bis km 4,0 wurden am 15./16.12.2007 durch Ersatzschienenwechsel beseitigt. Die Niederschrift über den Spannungsausgleich lückenloser Gleise und die Niederschrift über die Wiederherstellung des alten Spannungszustandes gemäß Ril 824.5010 „Lückenlose Gleise herstellen“ wurden korrekt ausgefüllt. Es ist davon auszugehen, dass der Einbau der Ersatzschienen regelkonform abgelaufen ist.

Zu 5.

Um die Ursache für den Bruch der Schrauben zu klären, wurden mehrere Schwellen des Unfallgleises einschl. der Befestigungsmittel mit gerissenem Schraubenschaft und Schwellendübel Sdü9, ein Schwellendübel Sdü13, mehrere abgerissene Schwellenschraubenköpfe, einige stark beschädigte Rippenplatten mit Haken- und Schwellenschrauben einschl. der Dübel, sowie zwei verbogene Schwellenschrauben werkstofftechnisch untersucht.

Im Ergebnis wurde das Versagen der untersuchten Schwellenschrauben auf einen Ermüdungsbruch infolge Wechselbiegebeanspruchung zurückgeführt. In diesem Zusammenhang wurde nicht ausgeschlossen, dass weitere Schrauben als Folge der bereits gebrochenen Schrauben durch Gewaltbruch versagt haben könnten.

Die erhöhte Biegebeanspruchung der Schwellenschrauben wurde darauf zurückgeführt, dass

- zwischen Schwellendübel und Schwellenschraube im Bereich des 1. und 2. Gewindegangs ein gewisses Spiel vorhanden sei und
- die Lastabtragung aufgrund der Oberbauform nur durch zwei Schwellenschrauben erfolge und die Rippenplatte horizontal nicht durch die Schwelle fixiert sei.

Aufgrund dieser Biegebeanspruchung, sei es zu einer Relativbewegung zwischen Schraubenschaft und Rippenplattenbohrung gekommen, die die Rissentstehung bzw. das Risswachstum entsprechend weiter begünstigt habe.

Die festgestellten Festigkeiten der zwischen 1973 und 1986 hergestellten Schrauben haben zum Zeitpunkt des Einbaus der geforderten Festigkeitsklasse 4.6 entsprochen.

Die vor Ort durchgeführten Drehmomentmessungen und in diesem Zusammenhang festgestellten Unterschreitungen der Anzugsdrehmomente an einigen Schwellenschrauben und einem überwiegenden Teil der Hakenschrauben sei als Abweichung vom Soll-Zustand zu bewerten.

Eine Einschätzung inwieweit die Beanspruchung der Schwellenschrauben hierdurch beeinflusst worden sein könnte, wurde nicht vorgenommen.

Zu 6.

Aufgrund der Tatsache, dass durch weitere Inspektionen im RB Süd mehrere, Schwellenschrauben Ss8 an zum Teil hintereinanderliegenden Schwellen B 58 gebrochen waren, wurde seitens der DB Netz AG mit einer Technischen Mitteilung

eine bundesweite Sonderinspektion von Haupt- und Nebengleisen angeordnet worden.

Im vorliegenden Bericht wurde das Ergebnis differenziert nach Radienbereiche und Schadensklassen ausgewertet.

Radienbereiche:

- Radius < 500m
- Radius 500m bis 800m
- Radius >800m

Schadensklassen:

- SK0 = nicht kraftschlüssig verspannte Schwellenschrauben oder Hakenschrauben
- SK1 = Einzelschwellen mit mindestens einer gebrochenen Ss
- SK2 = zwei hintereinanderliegende Schwellen mit gebrochenen Ss
- SK3 = drei hintereinanderliegende Schwellen mit gebrochenen Ss
- SK4 = vier und mehr hintereinanderliegende Schwellen mit gebrochenen Ss

Hierbei wurde festgestellt:

- | | |
|----------------------------|---|
| • Bei Radius < 500m | insgesamt 283 Ss gebrochen |
| • Bei Radius 500m bis 800m | insgesamt 616 Ss gebrochen |
| • Bei Radius >800m | insgesamt 318 Ss gebrochen |
| | |
| • SK0 | = 7731 Stück nicht kraftschlüssig verspannte Ss oder Hs |
| • SK1 | = 872 gebrochene Ss (ca. 800 Einzelfälle) |
| • SK2 | = 157 gebrochene Ss (ca. 75 Einzelfälle) |
| • SK3 | = 66 gebrochene Ss (ca. 22 Einzelfälle) |
| • SK4 | = 122 gebrochene Ss (ca. 21 Einzelfälle) |

Innerhalb der SK 4 gab es 9 Fälle, bei denen Schwellenschrauben an fünf bis sieben hintereinanderliegenden Schwellen (stets im bogenäußeren Strang) gebrochen waren. An drei Streckenabschnitten war eine lokale Konzentration an losen Schwellenschrauben (etwa 250 lose Ss auf 1 km Länge) aufgetreten. Die übrigen losen Schwellenschrauben waren einzeln verteilt.

Eine statistische Auswertung der je Untersuchungsabschnitt festgestellten gebrochenen Schwellenschrauben in Bezug auf die Abschnittslänge (z.B. Schadenshäufigkeit je 100 km Gleisbogenlänge) wurde nicht vorgenommen.

Das Ergebnis der Sonderinspektion zeige, dass die überwiegende Anzahl gebrochener bzw. loser Schwellenschrauben als Einzelfall auftrete, ohne Konzentration an einer Schwelle oder an mehreren Schwellen in Folge. In Einzelfällen, bei denen an mehr als 4 Schwellen hintereinander mehrere Schwellenschrauben gebrochen seien, wird eine Beeinträchtigung der Spurführung erwartet. Darüber hinaus sei infolge der Verminderung des Ersatzträgheitsmomentes des Gleisrostes mit einer verminderten Gleislagestabilität in der heißen Jahreszeit zu rechnen.

Es wird festgestellt, dass

- für eine sichere Betriebsführung ein ordnungsgemäßer Verspannungszustand der Schienenbefestigung unabdingbar sei und dadurch die Biegebeanspruchung und die Gefahr eines frühzeitigen Abscherens vermindert würde,
- die auftretenden horizontalen Kräfte bei den Betonschwellen B 58 und B 55 mit K-Befestigung lediglich auf 2 Schwellenschrauben je Schienenstützpunkt wirken, bei fehlender SS diese nur noch von 1 Ss aufgenommen werden könnten und damit die Gefahr des Abscherens erhöht würde,
- die Spurführung sichergestellt sein müsse und mehr fehlende, gebrochene oder lose Befestigungsmittel an aufeinanderfolgenden Schwellen nicht zulässig seien.

Darüber hinaus wird ausgeführt, dass der ordnungsgemäße Verspannzustand im Rahmen von Gleisbegehungen bei B58/B55-Abschnitten besonders zu prüfen sei. Neben der Überprüfung der Vollständigkeit der Schienenbefestigungselemente sowie der kraftschlüssigen Verspannung der Haken- und Schwellenschrauben auf Sicht, sollten diese zusätzlich bspw. durch stichprobenartiges Anschlagen überprüft werden.

3.4.2 Untersuchung der Signalgebung und Zugsteuerung/Zugsicherung einschließlich automatischer Datenaufzeichnung

Es ergeben sich keine Anhaltspunkte, dass die Entgleisung hierdurch begünstigt wurde.

3.4.3 Untersuchung der Erdung von Speiseleitungen

Die Ermittlungen ergaben, dass eine feste Zeitvorgabe, zu welchem Zeitpunkt eine Ober- bzw. Speiseleitung etc. nach einem Ereignis geerdet sein muss, nicht existiert. In diesem Zusammenhang konnten auch bei elektrischen Anlagen außerhalb des Systems Eisenbahn keine bindenden Vorgaben identifiziert werden. Unter Einhaltung entsprechender Vorgaben wie der DIN VDE 0132 „Brandbekämpfung und Technische Hilfeleistung im Bereich elektrischer Anlagen“ sind erste Hilfeleistungsmaßnahmen auch möglich, wenn Leitungen noch unter Spannung stehen.

Die Vorgabe einer pauschalen Zeitvorgabe ist darüber hinaus schwierig, da bei einer notwendigen Erdung im Einzelfall immer die örtlichen Verhältnisse wie bspw. Schaltgruppeneinteilung, Anzahl der erforderlichen Erdungspunkte berücksichtigt werden müssen. Bezüglich der Bahnerdung von Ober- bzw. Speiseleitung ist festzustellen, dass der Notfallmanager – der nach 30 min den Rettungskräften als Fachberater zur Verfügung steht – in der Bahnerdung von Oberleitungen ausgebildet und entsprechend materiell ausgestattet ist. Für Speiseleitungen trifft dies nicht zu. Für das Bahnerden von Speiseleitungen sind spezielle Erdungsvorrichtungen erforderlich und darüber hinaus erfolgt die Erdung über entsprechend ausgerüstete Oberleitungsmasten. Daher erfolgen Speiseleitungserdungen grundsätzlich nur durch den elektrotechnischen Fachdienst.

Wenn bspw. aufgrund eines Kurzschlusses die Zentrale Schaltstelle (Zes) nicht unmittelbar Kenntnis von einer Unregelmäßigkeit an den Leitungen erhält und entsprechende Maßnahmen einleitet, wird in der Regel die Notwendigkeit einer Freischaltung und Bahnerdung erst nach dem Eintreffen von Rettungskräften bzw. dem Notfallmanager erkannt werden. Im Falle einer notwendigen Oberleitungserdung kann der Notfallmanager unmittelbar mit der Einleitung von Maßnahmen vor Ort beginnen, wohingegen bei einer notwendigen Speiseleitungserdung erst entsprechend geschulte Fachkräfte herangeführt werden müssen. Die Heranführung der elektrotechnischen Fachkräfte erfolgte mit einem TVT (Turm-Verbrennungstriebfahrzeug). Im vorliegenden Fall wäre durch Wahl eines anderen Transportmittels ggf. eine kürzere Anfahrtszeit realisierbar gewesen.

3.5 Dokumentation der betrieblichen Handlungen

3.5.1 Maßnahmen des zuständigen Personals für die Verkehrssteuerung und Signalgebung

Es ergeben sich keine Anhaltspunkte, dass die Entgleisung hierdurch begünstigt wurde.

3.5.2 Aufzeichnungen der Sicherungstechnik

Es ergeben sich keine Anhaltspunkte, dass die Entgleisung hierdurch begünstigt wurde.

4 Auswertung und Schlussfolgerungen

Die mangelhafte Verspannung des Schienenkleineisens (Hakenschauben mit Klemmplatte) an der Entgleisungsstelle, ist vermutlich weitgehend auf den fortgeschrittenen biologischen Zerfall der Pappelholzzwischenlagen zurückzuführen. Durch die so freigewordene „Lücke“ zwischen Schienenfuß und Rippenplatte können über die Hakenschauben und die Klemmplatten keine ausreichenden Niederhaltekräfte auf den Schienenfuß eingebracht werden. Der Reibungswiderstand der Schiene in diesen Bereichen ist somit stark herabgesetzt und die Kraftübertragung in den Unterbau insgesamt beeinträchtigt.

Die Zug- und Druckkräfte in der Schiene, die auch in erheblichem Maße durch den Lastfall Temperatur verursacht werden, können ebenfalls nicht mehr planmäßig in die Schwelle bzw. in den Unterbau eingeleitet werden. Insbesondere in der heißen Jahreszeit bauen sich Druckspannungen in der Schiene auf. Am Ereignistag lagen die Schienentemperaturen nach Schätzung der vor Ort tätigen Personen deutlich über +40 °C. Im Gleisbogen entstehen enorme zur Bogenaußenseite gerichtete (Längs) -druckkräfte. Durch diese aufgrund von Temperaturänderungen alternierend auftretenden Kräfteverhältnisse unterliegen die Schwellenschrauben unverhältnismäßig hohen Querkräften/Biegebeanspruchungen auf Ebene der Rippenplatte.

Die indirekte Befestigung durch lediglich zwei Schwellenschrauben der Oberbauart B 58 K hat zur Folge, dass Horizontalkräfte ausschließlich über die beiden Schwellenschrauben in die Schwelle eingeleitet werden. Anders als z.B. bei der Oberbauart „W“ in Verbindung mit den dort verwendeten Winkelführungsplatten, erfolgt bei dieser Oberbauart keine direkte Aufnahme der Horizontalkräfte am Schienenfuß durch die Schwelle.

Eine zusätzliche Biegebeanspruchung der Schwellenschrauben Ss8 (Schaftdurchmesser 24mm) wurde womöglich, wie in Kapitel 3.4.1 zu 5. ausgeführt, auch durch ein zwischen der Schraube und dem konisch zulaufenden Schaft der Schwellendübel Sdü9 (Innendurchmesser 25mm am Schaft, konisch zulaufend) vorhandenes Spiel hervorgerufen.

Diese sich wiederholenden Beanspruchungen führten zur Rissbildung und letztlich zum Abscheren der Schwellenschrauben infolge von Ermüdungsbrüchen.

Ab einer unbestimmten Anzahl gebrochener Schienenbefestigungsmittel ist eine ausreichende Spurhaltefähigkeit nicht mehr gegeben, es kommt zu Spurerweiterungen und letztlich zur Entgleisung.

Die teilweise stark verwitterten Schrauben-Bruchflächen machen darüber hinaus deutlich, dass die Schwellenschrauben bereits vor längerer Zeit bzw. über einen längeren Zeitraum hinweg, gebrochen sein müssen. Die gebrochenen/angerissenen

Schwellenschrauben, sowie der nicht ausreichende Verspannungszustand der Hakenschrauben, wie in Ril 824.5050 Anhang 1 gefordert, wurden weder bei Gleisbegehungen erkannt noch wurden Spurerweiterungen bei den letzten Gleismessfahrten festgestellt, sodass auch durch diese Inspektionsart in vorliegenden Fall nicht auf eine übermäßige Anzahl von gebrochenen oder losen Kleineisen geschlossen werden konnte.

Die dargestellten sicherheitsrelevanten Mängel wurden durch die derzeit gültigen Regelinspektionen (Prüfung „auf Sicht“ während der Streckenbegehung, Prüfung durch Gleismesszug) offensichtlich nicht vollumfänglich frühzeitig erkannt.

Da zwei Gleisbegehungen, wie in Kapitel 3.4.1 zu 1. ausgeführt, nicht nachgewiesen werden konnten, könnte auch eine nachlässige Instandhaltung zu einer Häufung schadhafter Schienenbefestigungsmitteln beigetragen haben. Da der Zeitraum über den die untersuchten Schwellenschrauben versagt haben nicht näher bestimmt werden konnte, sind hierzu keine näheren Aussagen möglich.

Grundsätzlich wird jedoch davon ausgegangen, dass die o. g. Mängel an den Befestigungsmittel durch keine der nach Ril 821.xxxx „Oberbau inspizieren“ zu tätigen Inspektionsarten festgestellt werden konnten und daher unter bestimmten Randbedingungen nur als bedingt geeignet erscheinen.

Weiterhin ist anzumerken, dass bzgl. der Verspannung von Befestigungsmitteln (Schienenkleineisen, Schwellenkleineisen) Sollwerte zum jeweils erforderlichen Drehmoment lediglich in Ril 824.5050 „Oberbauarbeiten durchführen“ Anhang 1, festgelegt sind. Im Anhang 2 der gleichen Ril ist aufgeführt, welche Maximalgeschwindigkeiten von Zugfahrten vorliegen dürfen, damit die Befestigungsmittel teilweise gelöst oder ausgebaut werden können. In den einschlägigen Regelwerken zur Inspektion finden sich zur Verspannung explizit keine Vorgaben, so dass Ril 824 unter entsprechenden Randbedingungen wie bspw. Temperaturbereiche der Schiene mittelbar anwendbar sein könnte.

Auch die in Ril 824.5050 genannten Überprüfungsmethoden (Fühlerlehre an Federring bzw. Spannklemme) sind nur bedingt geeignet um Schwellenschrauben mit fortgeschrittener Rissbildung, oder bereits abgescherte aber noch eingeklemmte Schwellenschrauben zu erkennen. Das Messen der Abstände zwischen den Wölbungen des Federrings oder zwischen Mittelschleife der Spannklemme und Führungsrippe wird somit als nicht hinreichendes Kriterium für das Erreichen der Sollverspannung mit dem erforderlichen Drehmoment gesehen. Dies gilt insbesondere für Oberbauformen, bei denen Stoffe verwendet werden, die dem natürlichen biologischen Zerfall unterliegen und die nicht vollumfänglich augenscheinlich beurteilt werden können (z.B. bei Pappelholzzwischenlagen oder bei Holzschwellen). Besondere Linienführungen wie sie beispielsweise bei Bögen mit engen Radien gegeben sind, müssen ebenfalls besonders beachtet werden.

5 Durchgeführte Maßnahmen

5.1 DB Netz AG

Die Zentrale der DB Netz AG ordnete mit der Technischen Mitteilung TM 2009-260 I.NVT4 (F) zur Ril 821.2003 vom 01.10.2009 eine Sonderinspektion von Gleisen mit kleinen Radien mit Betonschwellen B 58 K und B 55K an. Bis auf weiteres wurde die TM 2009-149 I.NVT4 (F) bezüglich der Erweiterung des Einsatzbereiches von aufgearbeiteten Betonschwellen B 58 K außer Kraft gesetzt.

6 Sicherheitsempfehlungen

Gemäß § 6 Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung sowie Artikel 25 Abs. 2 der Richtlinie 2004/49/EG ergehen nachfolgende Sicherheitsempfehlungen:

Ldf. Nr.	Sicherheitsempfehlung	betrifft Unternehmen
Die Sollverspannung der Befestigungsmittel ist ein wesentliches Kriterium der Spurhaltefähigkeit bei Oberbauanlagen und gewährleistet somit die Entgleisungssicherheit. Es wird empfohlen, das oberbautechnische Regelwerk der DB Netz AG, hinsichtlich der Inspektion von Gleis- und Weichenanlagen der Oberbauart K-54-B58 zeitnah anzupassen und zu erweitern.		
1	Festlegung eines abgestuften Inspektionsturnusses für die Untersuchung der Verspannung von Befestigungsmitteln in Gleisen und Weichen. Bei der Abstufung sollen Streckengeschwindigkeit/Streckenbelastung sowie exponierte Lagen im Netz (z.B. enge Bögen, Holzschwellengleise mit langer Liegedauer, Oberbauformen mit „indirekter Befestigung“, bei sonstigen Zwangspunkten) berücksichtigt werden.	DB Netz AG
2	Festlegung einer Prüfmethode zur Kontrolle des Verspannungszustandes von Befestigungsmitteln sowie von entsprechenden Prüfgrößen Als geeignete Prüfung wird bspw. die Messung der Sollverspannung mittels Drehmomentschlüssel angesehen.	DB Netz AG