

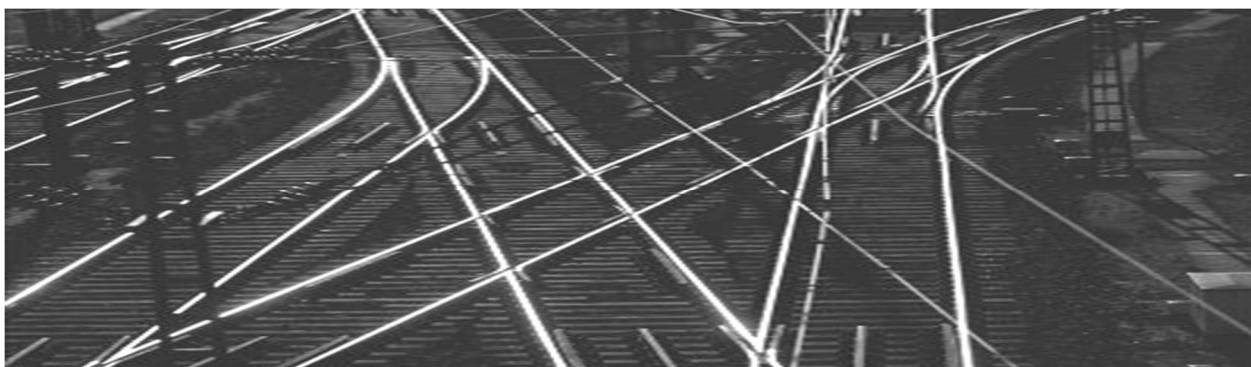


# Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: 60uu2013-05/056-3323

Stand: 08.01.2021 Version: 1.0

Erstveröffentlichung: 18.01.2021



## Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb

Ereignisart:	Zugentgleisung
Datum:	10.05.2013
Zeit:	20:05 Uhr
Bahnhof:	Frankfurt (Main) Süd
Gleis:	510
Kilometer:	0,28

Veröffentlicht durch:

Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung

Heinemannstraße 6

53175 Bonn

## Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Änderungsverzeichnis:</b> .....	<b>II</b>
<b>II.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis:</b> .....	<b>III</b>
<b>III.</b>	<b>Tabellenverzeichnis:</b> .....	<b>III</b>
<b>IV.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis:</b> .....	<b>IV</b>
<b>1</b>	<b>Vorbemerkungen</b> .....	<b>1</b>
1.1	Organisatorischer Hinweis .....	1
1.2	Ziel der Eisenbahnunfalluntersuchung.....	2
<b>2</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
2.1	Kurzbeschreibung des Ereignisses.....	3
2.2	Folgen .....	3
2.3	Ursachen.....	3
2.4	Sicherheitsempfehlungen .....	3
<b>3</b>	<b>Allgemeine Angaben</b> .....	<b>4</b>
3.1	Lage und Beschreibung des Ereignisortes.....	4
3.2	Beteiligte und Mitwirkende.....	6
3.3	Äußere Bedingungen.....	6
3.4	Todesopfer, Verletzte und Sachschäden.....	6
<b>4</b>	<b>Untersuchungsprotokoll</b> .....	<b>9</b>
4.1	Zusammenfassung von Aussagen und Stellungnahmen .....	9
4.2	Notfallmanagement .....	9
4.3	Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur .....	9
4.4	Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik (LST) .....	11
4.5	Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers.....	11
4.6	Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU .....	12

4.7	Untersuchung von Fahrzeugen .....	14
4.8	Untersuchung der Längsdruckkräfte .....	16
<b>5</b>	<b>Auswertung .....</b>	<b>18</b>
5.1	Ereignisrekonstruktion .....	18
5.2	Bewertung und Schlussfolgerung.....	19
<b>6</b>	<b>Bisher getroffene Maßnahmen .....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen .....</b>	<b>19</b>

## I. Änderungsverzeichnis:

Änderung	Stand

## II. Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Lageplan .....	5
Abbildung 2: Gleislageskizze .....	5
Abbildung 3: Überblick Entgleisungsstelle .....	7
Abbildung 4: Seitenansicht Entgleisungsstelle.....	7
Abbildung 5: Entgleisungsbereich .....	8
Abbildung 6: IVL-Plan Weiche 255 und Gegenbogen .....	10
Abbildung 7: Grafische Darstellung EFR.....	13
Abbildung 8: Grafische Darstellung EFR, Detail .....	14

## III. Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Übersicht der geschätzten Schadenshöhe .....	6
Tabelle 2: Zugbildung Lr 73543 .....	15

**IV. Abkürzungsverzeichnis:**

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
Betra	Betriebs- und Bauanweisung
BEU	Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung
BEVVG	Bundeseisenbahnverkehrsverwaltungsgesetz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EFR	Elektronische Fahrdatenregistrierung
EU	Europäische Union
EUB	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
GSM-R	Global System for Mobile Communications Railway
Lr	Leerreisezug
LST	Leit- und Sicherungstechnik
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
Ril	Richtlinie
SMS	Sicherheitsmanagementsystem
Tf	Triebfahrzeugführer / Triebfahrzeugführerin
Tfz	Triebfahrzeug
VzG	Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten

## **1 Vorbemerkungen**

Das Kapitel Vorbemerkungen befasst sich mit allgemeinen Informationen zur Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung (BEU). Dabei wird die gesetzliche Grundlage genannt und die Aufbauorganisation kurz umrissen.

### **1.1 Organisatorischer Hinweis**

Mit der Richtlinie 2004/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, über Eisenbahnsicherheit (Eisenbahnsicherheitsrichtlinie), wurden die Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) erstmals verpflichtet, unabhängige Untersuchungsstellen für die Untersuchung bestimmter gefährlicher Ereignisse einzurichten.

Die Richtlinie wurde mit dem 5. Gesetz zur Änderung eisenbahnrechtlicher Vorschriften vom 16.04.2007 umgesetzt und die Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes (EUB) eingerichtet.

Mit dem Gesetz zur Neuordnung der Eisenbahnunfalluntersuchung vom 27.06.2017 wurden u. a. die rechtlichen Grundlagen zur Errichtung der Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung (BEU) geschaffen. Hierdurch wurde das Allgemeine Eisenbahngesetz (AEG) und das Bundeseisenbahnverkehrsverwaltungsgesetz (BEVVG) geändert, wobei Zuständigkeiten und Kompetenzen auf die neue Behörde, die BEU, übertragen wurden. Mit Errichtung der BEU wurde die EUB, bestehend aus der Leitung der EUB im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und der Untersuchungszentrale der EUB im Eisenbahn-Bundesamt (EBA), aufgelöst. Mit dem Organisationserlass des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur zur Errichtung der Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung vom 14.07.2017 wurde die BEU als selbstständige Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des BMVI zur Erfüllung der Aufgaben nach § 7 BEVVG errichtet. Die Aufgaben zur Untersuchung bestimmter gefährlicher Ereignisse im Eisenbahnbetrieb gingen dabei nahtlos von der EUB auf die BEU über.

Da das gefährliche Ereignis vor der Errichtung der BEU eintrat, wurden bestimmte Untersuchungshandlungen noch durch die EUB vorgenommen, auf die im Bericht entsprechend verwiesen wird. Alle während der Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse wurden kontinuierlich mit den betroffenen Eisenbahnen und der Sicherheitsbehörde geteilt und einzelfallbezogene Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

Näheres hierzu ist im Internet unter [www.beu.bund.de](http://www.beu.bund.de) eingestellt.

## **1.2 Ziel der Eisenbahnunfalluntersuchung**

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

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



## **2 Zusammenfassung**

Das Kapitel befasst sich mit einer kurzen Darstellung des Ereignisherganges, den Folgen und den Primärursachen. Abschließend werden eventuell erteilte Sicherheitsempfehlungen aufgeführt.

### **2.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses**

Am 10.05.2013 gegen 20:05 Uhr entgleiste die Zugfahrt Lr 73543 der DB Regio AG auf dem Weg von Aschaffenburg nach Frankfurt (Main) Hbf im Bahnhof Frankfurt (Main) Süd im Gleis 510 mit dem dritten und vierten Wagen.

### **2.2 Folgen**

Bei dem Ereignis wurden keine Personen verletzt oder getötet. Es entstanden Sachschäden an der Infrastruktur und an den Schienenfahrzeugen.

### **2.3 Ursachen**

Die Entgleisung ist auf dynamische Längsdruckkräfte im Zugverband im Zusammenhang mit der Zugbildung und Bremsvorgängen während der Bogenfahrt nach Gleis 510 im Bahnhof Frankfurt (Main) Süd zurückzuführen.

### **2.4 Sicherheitsempfehlungen**

Es wurden keine Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

### **3 Allgemeine Angaben**

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

#### **3.1 Lage und Beschreibung des Ereignisortes**

Der Bahnhof Frankfurt (Main) Süd lag an der zweigleisigen elektrifizierten Hauptbahn Frankfurt (Main) Hbf – Göttingen. Die Strecke wurde im Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten (VzG) unter der Streckennummer 3600 geführt. Im Bahnhof begann die zweigleisige Hauptbahn Frankfurt (Main) Süd – Aschaffenburg mit der Streckennummer 3660. Südlich zweigte die Strecke 3650 in Richtung Frankfurt (Main) Stadion über die Abzweigstelle Forsthaus ab. Der Bahnhof wurde noch von weiteren Strecken unter anderem aus dem S-Bahn-Netz tangiert. Alle Strecken waren durchgängig mit punktförmiger Zugbeeinflussung (PZB) und digitalem Zugfunk Global System for Mobile Communications Rail (GSM-R) ausgerüstet.

Die Entgleisungsstelle befand sich im Einfahrbereich der Strecke 3660 aus Richtung Frankfurt (Main) Ost im Gleis 510 ca. in km 0,28. Der entgleiste Leerreisezug sollte auf die Strecke 3650 übergehen.

Die folgende Abbildung veranschaulicht die geografische Lage des Ereignisortes.

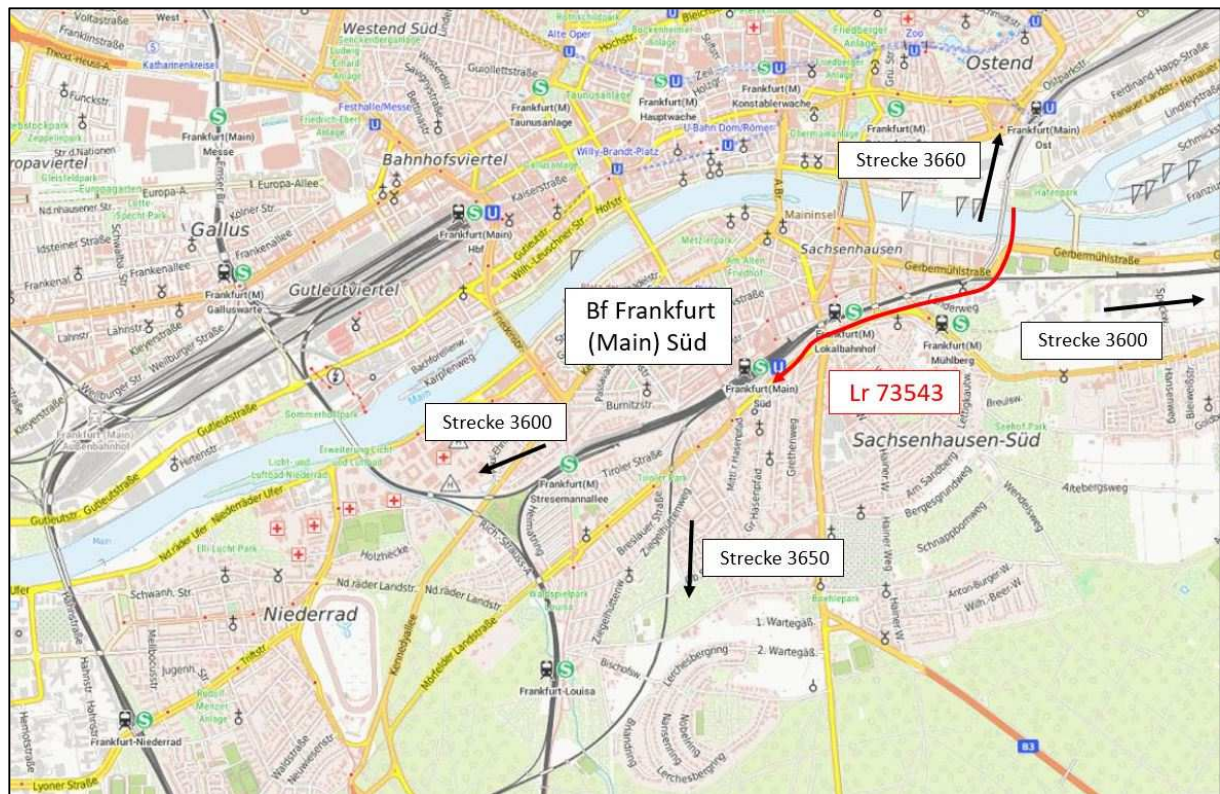


Abbildung 1: Lageplan¹

In der folgenden Gleislageskizze sind der Fahrweg des Lr 73543, die maßgeblichen Fahrwegelemente sowie der Standort des Zuges nach dem Ereignis dargestellt.

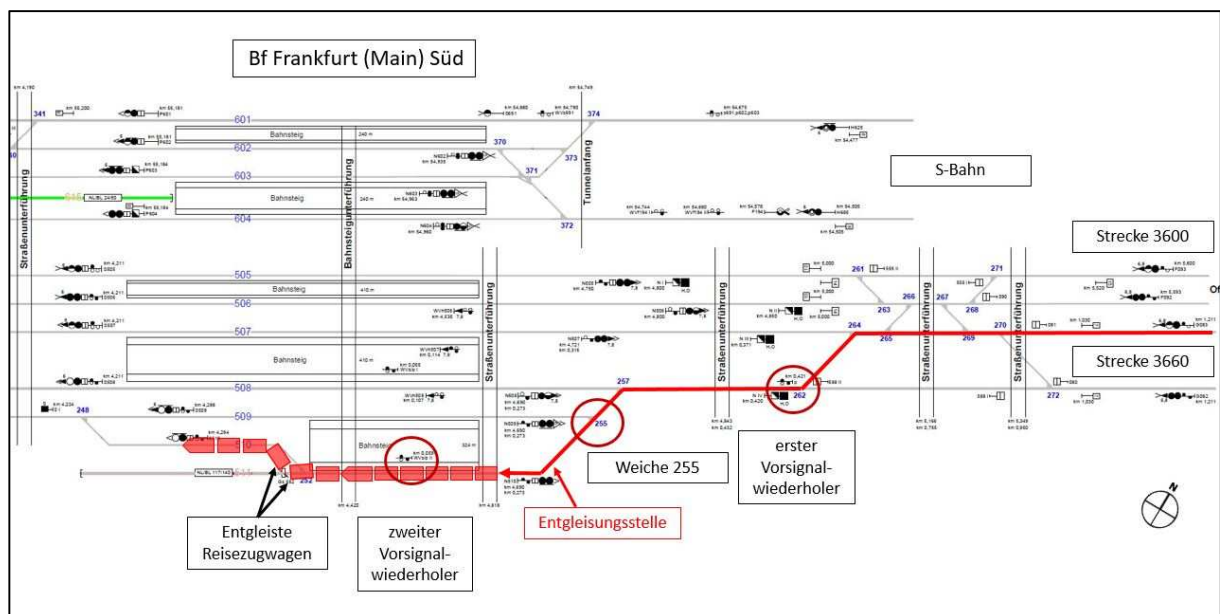


Abbildung 2: Gleislageskizze²

¹ Quelle: Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG [2019], bearbeitet durch BEU

² Quelle: DB Netz AG, bearbeitet durch BEU

### 3.2 Beteiligte und Mitwirkende

Am Ereignis waren folgende Stellen beteiligt:

- DB Regio AG, Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)
- DB Netz AG, Eisenbahninfrastrukturunternehmen

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

- Universität Stuttgart, Institut für Maschinenelemente –  
Forschungsbereich Schienenfahrzeugtechnik

### 3.3 Äußere Bedingungen

Die äußeren Bedingungen, wie z. B. das Wetter, standen in keinem erkennbaren kausalen Zusammenhang mit der Ereignisursache.

### 3.4 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden

Es traten keine Personenschäden ein. Die geschätzte Höhe der Sachschäden in Euro setzt sich wie folgt zusammen:

	geschätzte Kosten in Euro
Fahrzeuge	k. A. (die entgleisten Reisezugwagen wurden ausgemustert)
Infrastruktur	90.000
Dritte	-
Gesamtschadenshöhe	90.000

Tabelle 1: Übersicht der geschätzten Schadenshöhe

Die folgenden Abbildungen geben einen Überblick über die Entgleisungsstelle und die entstandenen Schäden.





Abbildung 3: Überblick Entgleisungsstelle<sup>3</sup>



Abbildung 4: Seitenansicht Entgleisungsstelle

---

<sup>3</sup> Quelle: Bundespolizei

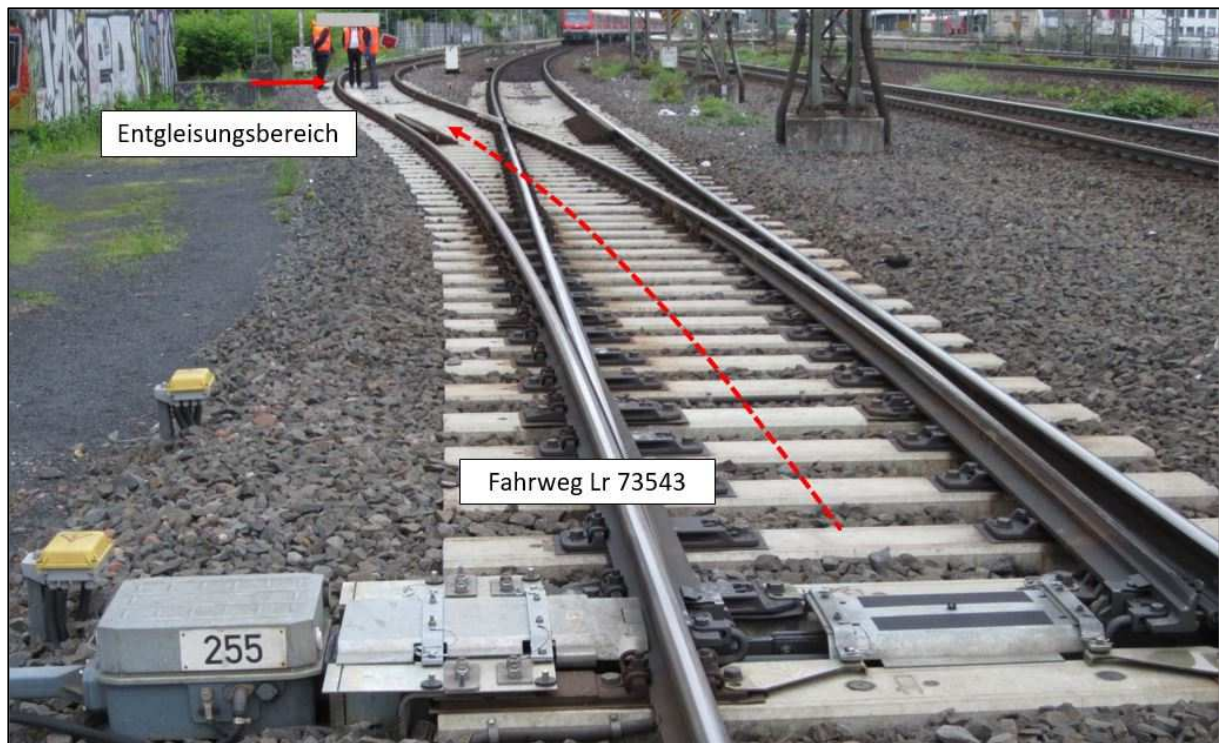


Abbildung 5: Entgleisungsbereich<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Abb. zeigt Entgleisungsstelle zu späterem Zeitpunkt. Weichenstellung entspricht nicht der Fahrt Lr 73543.

## **4 Untersuchungsprotokoll**

In diesem Kapitel werden die ermittelten Ergebnisse zu einzelnen in Zusammenhang mit dem Ereignis stehenden Teilbereichen des Eisenbahnwesens dargestellt. Daneben wurden auch die entsprechenden Schnittstellen sowie das Sicherheitsmanagement (SMS) im betroffenen Bereich betrachtet. Die jeweilig relevanten Erkenntnisse werden fortlaufend aufgeführt.

### **4.1 Zusammenfassung von Aussagen und Stellungnahmen**

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

### **4.2 Notfallmanagement**

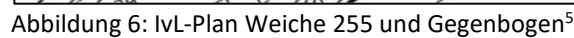
Nach § 4 Abs. 3 AEG haben die Eisenbahnen die Verpflichtung, an Maßnahmen des Brand-schutzes und der technischen Hilfeleistung mitzuwirken. In einer Vereinbarung zwischen den Innenministerien der Länder und der DB AG hat man sich auf eine Verfahrensweise verständigt. Für die DB Netz AG gelten die entsprechenden Brand- und Katastrophenschutzgesetze der Länder. Das Notfallmanagement der DB AG ist in der Konzernrichtlinie 123, das der DB Netz AG in der Richtlinie (Ril) 423 näher beschrieben und geregelt.

Unregelmäßigkeiten oder Verzögerungen in Bezug auf das Einleiten von Rettungsmaßnahmen wurden der BEU im Rahmen der Unfalluntersuchung nicht bekannt.

### **4.3 Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur**

Die ersten Entgleisungsspuren waren bereits im Rechtsbogen zwischen der Weiche 255 und dem Standort des Ausfahrsignals N 510 der Gegenrichtung zu erkennen. Augenscheinlich war mindestens ein Radsatz auf den Schienenkopf aufgeklettert und entgleist. Weitere Entgleisungsspuren deuteten darauf hin, dass in der Folge noch weitere Radsätze im Bereich dieses Rechtsbogens entgleist sind. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Trassierung im IvL-Lageplan.





Daher wurde die bautechnische Infrastruktur ab der Weiche 257 über die Weiche 255 hinweg bis zum Ende des Gleises 510 ebenfalls einer näheren Untersuchung unterzogen. Die Messungen mit dem Kleinmesswagen Krabbe ergaben keine Auffälligkeiten. Es waren weder Grenzwerte erreicht noch überschritten worden. Die Trassierung entsprach den Regelwerksvorgaben.

Seite 10 von 19



Die Überprüfung der bautechnischen Infrastruktur ergab keine Hinweise auf Unregelmäßigkeiten. Instandhaltungsdefizite im Zusammenhang mit dem Ereignis sind auszuschließen. Die Schäden an der Fahrbahn waren zweifellos Folgeschäden des Ereignisses.

#### **4.4 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik (LST)**

Der Bahnhof Frankfurt (Main) Süd wurde örtlich von einem Drucktastenstellwerk der Bauart SpDrS 60 gesteuert. Die LST-Anlagen arbeiteten zum Zeitpunkt des Ereignisses fehlerfrei, Störungen lagen nicht vor. Die Einfahrt vom Einfahrsignal G 083 bis zum Zwischensignal S 510 im Gleis 510 erfolgte auf Signalstellung Hp 2 mit 40 km/h. Dem Zwischensignal S 510 waren zwei Vorsignalwiederholer in km 0,421 und 0,059 zugeordnet.

Die Überprüfung der Leit- und Sicherungstechnik ergab keine Hinweise auf Unregelmäßigkeiten. Ein unmittelbarer Zusammenhang zur Unfallursache ist daher auszuschließen.

#### **4.5 Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers**

Der vom entgleisten Leerreisezug befahrene Strecken- und Bahnhofsbereich wurde gemäß den Örtlichen Richtlinien für Mitarbeiter auf den Betriebsstellen vom Fahrdienstleiter 1 „Fernbahn“ im Stellwerk Frankfurt (Main) Süd gesteuert. Zum Ereigniszeitpunkt war die Betriebs- und Bauanweisung (Betra) F 5125555 13 für Weichenerneuerungsarbeiten an den Weichen 235, 236 und 239 in Kraft. Die Fahrt über das durchgehende Hauptgleis war daher nicht möglich. Der Lr 73543 wurde gemäß dem an die Erfordernisse der Betra angepassten Fahrplan für Zugmeldestellen über Gleis 510 geleitet. Die Weiterfahrt Richtung Frankfurt (Main) Hbf war nur über die Strecke 3650 in Richtung Abzweigstelle Forsthaus möglich. Der Fdl konnte sowohl das Einfahrsignal G 083 als auch das Zwischensignal S 510 ordnungsgemäß bedienen. Im Arbeits- und Störungsbuch, dem Nachweis der vorübergehenden Änderungen und weiteren betrieblichen Unterlagen fanden sich keine für die Zugfahrt relevanten Einträge. Im Stördrucker wurden keine zählpflichtigen Bedienhandlungen im Zusammenhang mit dieser Zugfahrt registriert.

Das Handeln der am Ereignis beteiligten Mitarbeiter im Bahnbetrieb hatte keinen unmittelbaren ursächlichen Einfluss auf die Entstehung des Unfalls.

#### 4.6 Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU

Der Zug Lr 73543 war eine Überführungsfahrt zweier Wagengarnituren von Aschaffenburg nach Frankfurt (Main) Hbf. Vor Beginn der Zugfahrt wurde in Aschaffenburg nach dem Zusammenkuppeln der beiden Zuggarnituren eine vereinfachte Bremsprobe gemäß Ril 915.0104 durch den Tf und eine Zugbegleiterin durchgeführt. Die mitgeführte Wagenliste und der vorliegende Bremszettel waren korrekt erstellt worden.

Zur Untersuchung der Abläufe wurden die registrierten Fahrdaten der Elektronischen Fahrdatenregistrierung (EFR) des führenden Triebfahrzeugs (Tfz) 143 580 durch die Zentrale Auswertestelle der DB AG ausgewertet. Die Ergebnisse wurden durch die BEU verifiziert. Das Fahrzeug war mit einer punktförmigen Zugbeeinflussungsanlage PZ 80 R mit dem Betriebsprogramm PZB 90 ausgerüstet. Die Datenspeicherung erfolgte in einer elektronischen Registriereinrichtung DSE8-GMR der Firma messMa GmbH. Das PZB-Fahrzeuggerät war eingeschaltet. Die Daten waren vollständig und fehlerfrei aufgezeichnet.

Um 19:59:22 Uhr intern registrierter Zeit wurde am Standort des Ausfahrtsignals Frankfurt (Main) Ost bei einer Geschwindigkeit von ca. 52 km/h eine 1.000 Hz-Beeinflussung und die Bedienung der Wachsamkeitstaste registriert. Entsprechend wurde die Geschwindigkeit des Zuges bis auf ca. 18 km/h reduziert und anschließend wieder erhöht. Um 20:01:31 Uhr wurde bei der Vorbeifahrt am Einfahrtsignal des Bahnhofs Frankfurt (Main) Süd bei 31 km/h eine 1.000 Hz-Beeinflussung mit Bedienung der Wachsamkeitstaste aufgezeichnet. Im weiteren Fahrtverlauf wurde die Geschwindigkeit wieder bis auf 37 km/h erhöht.

Um 20:02:52 Uhr wurde am Standort des ersten Vorsignalwiederholers in km 0,421 der Strecke 3660 bei 36 km/h nochmals eine 1.000 Hz-Beeinflussung registriert. Nach 211 m war um 20:03:14 Uhr aus 37 km/h heraus der Beginn einer Geschwindigkeitsreduzierung erkennbar. Nach weiteren 63 m wurde um 20:03:20 Uhr bei 35 km/h eine leichte Druckabsenkung in der Hauptluftleitung aufgezeichnet. Es wurde eine Bremsung eingeleitet und nach 54 m bei ca. 30 km/h wieder ausgelöst. Bei der Vorbeifahrt am zweiten Vorsignalwiederholer, etwa in Bahnsteigmitte, wurde die Wachsamkeitstaste bei 28 km/h bedient. Die Geschwindigkeit sank weiter. Nach weiteren 182 m wurde um 20:03:59 Uhr bei einer Geschwindigkeit von 13 km/h eine starke Absenkung des Drucks der Hauptluftleitung registriert. Die Ursache könnte die Einleitung einer Schnellbremsung durch den Triebfahrzeugführer (Tf) oder die Folge der Entgleisung gewesen sein. Der Zug kam nach weiteren 10 m um 20:04:04 Uhr intern registrierter Zeit

zum Stillstand. Die Zugspitze befand sich dabei unmittelbar nach dem Zwischensignal S 510 ca. in km 4,290 der Strecke 3650. Die folgende Abbildung verdeutlicht diesen Fahrtverlauf.

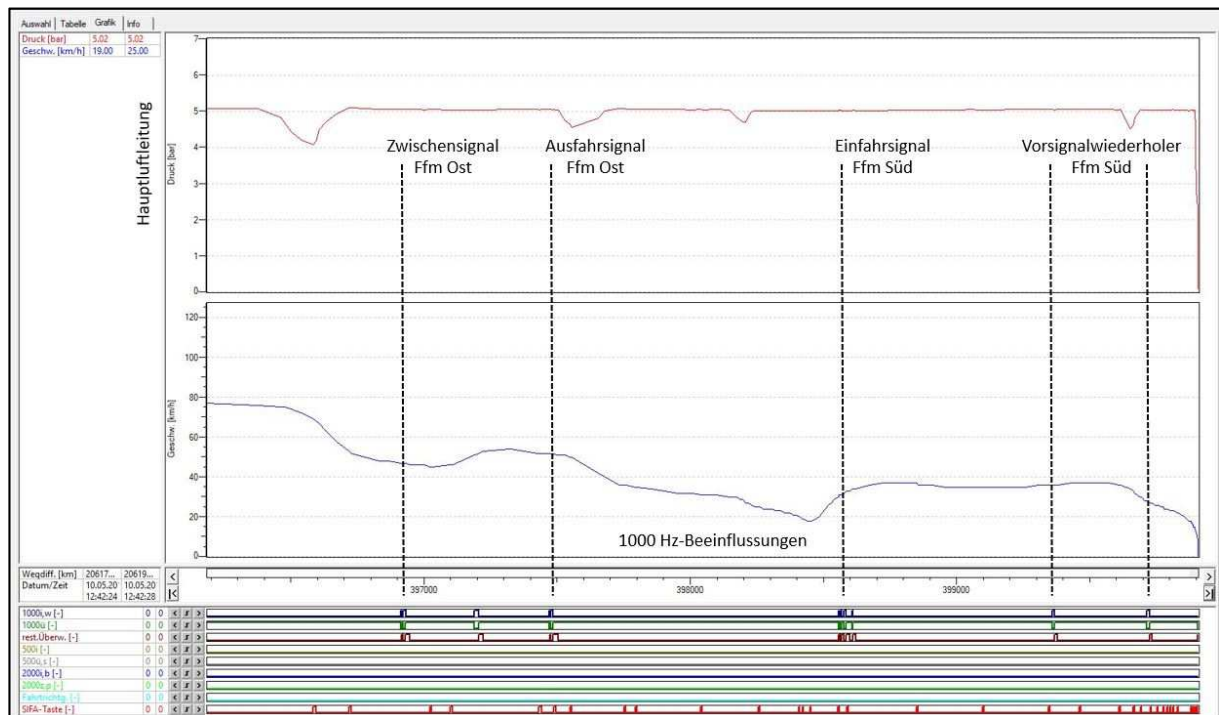


Abbildung 7: Grafische Darstellung EFR

Ausgehend vom Standort der Zugspitze nach dem Ereignis konnte anhand der registrierten und zurückgelegten Wegstrecken unter Berücksichtigung der Reihung der entgleisten Wagen im Zugverband der Entgleisungszeitpunkt näherungsweise in die Fahrverlaufsdaten übertragen werden. Zeitlich ließ sich die Entgleisung auf die um 20:03:20 Uhr eingeleitete Bremsung und Geschwindigkeitsreduzierung eingrenzen. Der Zug hatte zu diesem Zeitpunkt eine Geschwindigkeit von ca. 35 km/h, mit fallender Tendenz. Die nachfolgende Abbildung enthält eine vergrößerte Darstellung der Fahrverlaufsdaten bei der Einfahrt des Lr 73543 in den Bahnhof Frankfurt (Main) Süd. Die ermittelte Entgleisungsstelle ist rot markiert.

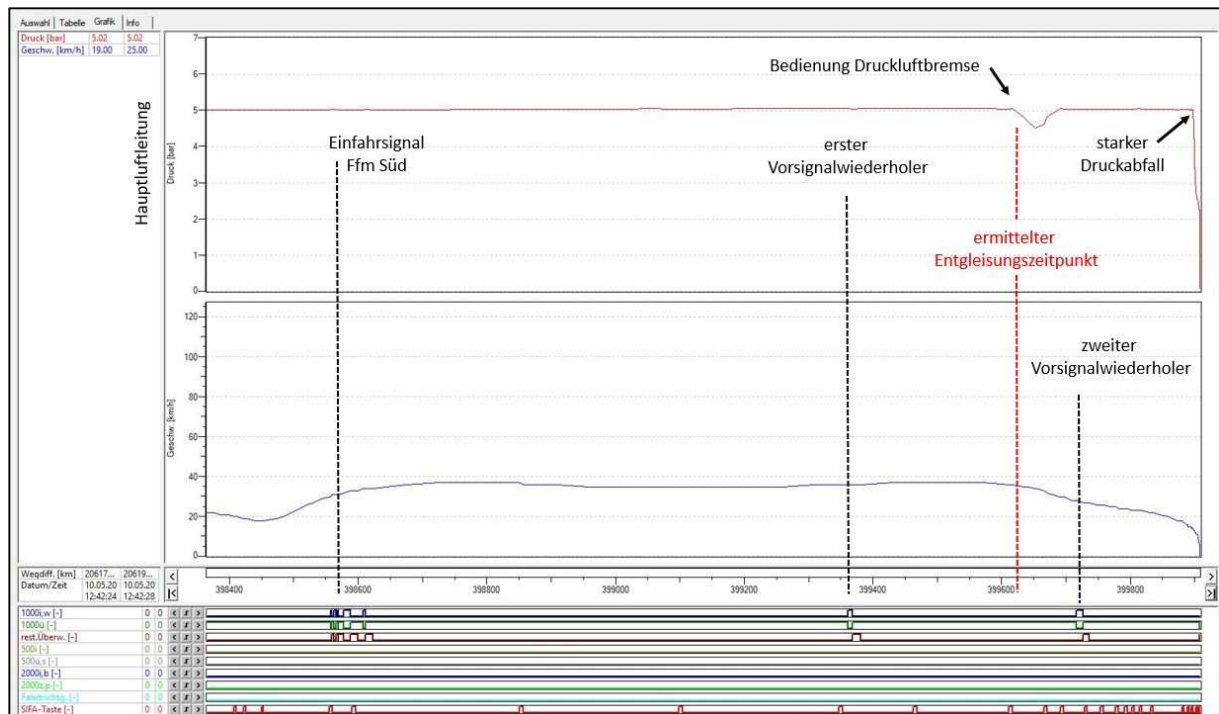


Abbildung 8: Grafische Darstellung EFR, Detail

Die Einfahrt nach Gleis 510 des Bahnhofs Frankfurt (Main) Süd erfolgte auf Signalstellung Hp 2. Der Tf hatte die Geschwindigkeit des Zuges an die Streckenführung und die jeweilige Signalisierung angepasst. Im Betrachtungszeitraum wurden die zulässigen Geschwindigkeiten nicht überschritten.

Das Handeln der direkt am Ereignis beteiligten Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen im Bahnbetrieb hatte keinen unmittelbaren ursächlichen Einfluss auf die Entstehung des Unfalls.

#### 4.7 Untersuchung von Fahrzeugen

Die Zugfahrt Lr 73543 bestand aus zwei Garnituren von Nahverkehrswagen mit je einem Tfz der Baureihe 143. Das zweite Tfz war in der Zugmitte eingestellt und wurde ohne eigene Traktionsleistung als Wagenlok abgerüstet mitgeführt.

Die Wagenzuglänge betrug gemäß Wagenliste 280 m, die Gesamtzuglänge gemäß Bremszettel 297 m. Laut Bremsberechnung verfügte der Zug bei einem Zuggewicht von 563 t über 146 Brems Hundertstel. Gemäß Fahrplan waren 104 Mindestbrems Hundertstel in Bremsstellung R/P erforderlich. Die Fahrplanvorgaben waren somit erfüllt. Die Höchstgeschwindigkeit betrug gemäß Fahrplan 120 km/h.

Die Einzelheiten der Zugbildung können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

	Gattung	Bauart	Länge [m]	Brems- stellung	Fahrzeugnummer
Tfz (arbeitend)		143	16,64	R+E	91 80 6143 580-9
Wagen 1	Bnrz	451.4	26,4	R	50 80 22-34 334-9
Wagen 2	ABnrz	418.3	26,4	R	50 80 31-34 132-6
Wagen 3 (entgl.)	Bnrz	451.4	26,4	R	50 80 22-34 252-3
Wagen 4 (entgl.)	Bnrdz	451.9	26,4	R	50 80 84-34 233-8
Wagen 5	Bnrdzf	483.1	26,4	R	50 80 80-35 161-4
Tfz (abgerüstet)		143	16,64	P	91 80 6143 644-3
Wagen 6	Bnrz	451.1	26,4	R	50 80 22-34 191-3
Wagen 7	ABnrz	418.3	26,4	R	50 80 31-34 165-6
Wagen 8	Bnrz	436.0	26,4	R	50 80 22-34 045-1
Wagen 9	Bnrdz	451.9	26,4	R	50 80 84-34 107-4
Wagen 10	Bnrbdzf	480.1	26,4	R	50 80 80-34 112-8

Tabelle 2: Zugbildung Lr 73543

Alle Bremsen im Zug waren eingeschaltet und funktionsfähig. Die Reisezugwagen waren mit Scheibenbremsen ausgestattet, an allen Wagen war die Bremsstellung R eingestellt. Das mittig im Zugverband mitgeführte Tfz besaß Klotzbremsen und lief in Bremsstellung P. Die Bremsstellung P war bei abgerüsteten Tfz mit Klotzbremse einzustellen, da die dynamische Bremse nicht wirksam war. Am führenden Tfz war die Bremsstellung R eingestellt. Die Bremsstellungen entsprachen den Vorgaben der Ril 915.0101Z01.

Halter aller Fahrzeuge war die DB Regio AG, die auch die Funktion der für die Instandhaltung zuständigen Stelle wahrnahm.

Die beteiligten Fahrzeuge wurden nach dem Ereignis der Werkstatt der DB Regio AG in Frankfurt (Main) zur Untersuchung zugeführt. Die beiden entgleisten Fahrzeuge wurden dabei einer eingehenderen Untersuchung unterzogen. Die Ergebnisse wurden der BEU vorgelegt. Es ergaben sich keine auffälligen Sachverhalte, die ursächlich für eine Entgleisung gewesen wären.

Zur Beurteilung der bisherigen technischen Wagenbehandlung wurden anhand der Werkstattshistorie die durchgeführten Arbeiten überprüft. Die vorgelegten Nachweise der letzten Fristenarbeiten, die Messblätter Drehgestelle und Messblätter der Radsatzprofile zeigten

keine Auffälligkeiten. Die letzten Revisionen und regelmäßigen Fristenarbeiten wurden nachgewiesen. Gemeldete Störungen wurden beseitigt. Die verbauten Hülsenpuffer entsprachen der Zeichnungsnummer FWP000.06.004.02 und stammten aus den Jahren 2001 bis 2004. Die Puffer zeigten keine Mängel oder Vorschäden. Die letzte wagentechnische Untersuchung beider Fahrzeuge wurde nachweislich planmäßig am 08.05.2013 in Aschaffenburg durchgeführt. Die Bremseinrichtungen des mitgeführten Tzf 143 644 wurde ebenfalls eingehend untersucht. Unregelmäßigkeiten oder Besonderheiten wurden nicht festgestellt. Die Bremseinrichtung arbeitete ordnungsgemäß.

Die Untersuchung der beteiligten Fahrzeuge ergab keinen Hinweis auf fahrzeugtechnische Mängel, die ursächlich oder begünstigend auf das Ereignis eingewirkt haben könnten.

#### **4.8 Untersuchung der Längsdruckkräfte**

Im Bereich der Entgleisungsstelle befand sich eine S-förmige Bogenführung des Gleises von der Spitze der Weiche 255 bis zum Signal N 510 der Gegenrichtung. Während des Befahrens dieses Gleisbogens hatte der Tf eine Betriebsbremsung im Hinblick auf das Halt zeigende Zwischensignal S 510 eingeleitet. Daher richtete sich die Aufmerksamkeit bei der weiteren Untersuchung auf mögliche Längsdruckkräfte im Zugverband.

Dieser Aspekt wurde vom Institut für Maschinenelemente – Forschungsbereich Schienenfahrzeugtechnik der Universität Stuttgart im Rahmen einer Masterarbeit zum Einfluss der Längsdruckkräfte im Zugverband bei Bremsvorgängen in engen Gleisbögen näher betrachtet. Mit dem Mehrkörper-Simulationsprogramm SIMPACK lassen sich Untersuchungen zur Spurführung von Schienenfahrzeugen durchführen. Nach der Festlegung von Randbedingungen und Variablen wurden die zu untersuchenden Komponenten in allen Details modelliert. Festzuhalten war jedoch, dass nicht alle in das Modell einzupflegenden Parameter und Variablen bekannt waren und daher einige Annahmen zu treffen waren.

Abschließend kam die Studie zum Ergebnis, dass die Längsdruckkräfte im Zugverband bei Zugstauchungen in Gleis- und Weichenbögen das Kräfteverhältnis ungünstig beeinflussten. Ein ruckartiges Auflaufen des relativ schweren im Zugverband mitgeführten Tzf auf die im Bogen vorauslaufenden Reisezugwagen könnte dieses Verhältnis zusätzlich negativ beeinträchtigt haben. Die Führungswiderstandskräfte waren im jeweils nachlaufenden Drehgestell des dritten und vierten Wagens signifikant höher als im vorauslaufenden Drehgestell des jeweiligen Wagens. Im Bereich der vorliegenden niedrigen Fahrgeschwindigkeiten und der getroffenen

Annahmen führte dies in der Simulation jedoch nicht zu einem Versagen der Spurführung. Daher kam diese Studie zum Schluss, dass weitere ungünstige Faktoren wie z. B. der Kuppelzustand der Fahrzeuge, die Schmierung der Pufferteller und -hülsen sowie der Zustand der Federsteifigkeit in den Drehgestellen das Kräfteverhältnis ungünstig beeinflusst und die Entgleisung begünstigt haben könnten.

## 5 Auswertung

Das Kapitel 5 Auswertung befasst sich mit der Ereignisrekonstruktion. Anhand der oben genannten Feststellungen wird ein plausibler Ablauf des gefährlichen Ereignisses zusammengetragen. Relevante Erkenntnisse werden anschließend bewertet und führen ggf. zu entsprechenden Schlussfolgerungen.

### 5.1 Ereignisrekonstruktion

Der Zug Lr 73543 erhielt zunächst beim Zulauf von Frankfurt (Main) Ost keine Einfahrt in den Bahnhof Frankfurt (Main) Süd. Infolge dessen reduzierte der Tf die Geschwindigkeit vor dem Einfahrsignal G 083 bis auf 18 km/h. Bedingt durch Bauarbeiten im Bahnhof Frankfurt (Main) Süd musste die Fahrt über das nicht durchgehende Hauptgleis 510 durchgeführt werden. Nachdem der Fahrdienstleiter die Einfahrt nach Gleis 510 gestellt hatte, beschleunigte der Tf wieder bis auf maximal 37 km/h um dann in den Bahnhof hineinzurollen. Da das nachfolgende Zwischensignal S 510 zunächst noch Halt zeigte, erhielt der Tf bei der Vorbeifahrt am zugehörigen Vorsignal am Standort des Einfahrsignals die Warnstellung Vr 0 und eine 1.000 Hz-Beeinflussung. Die Vorbeifahrt am ersten Vorsignalwiederholer in km 0,421 vor der Weiche 257 erfolgte mit ca. 36 km/h. Nachdem der Tf mit dem führenden Tzf in das Gleis 510 eingefahren war, bestand Sichtkontakt auf den ebenfalls noch Vr 0 zeigenden zweiten Vorsignalwiederholer in km 0,059. Der Tf leitete nun zunächst durch Bedienung des Führerbremsventils eine Bremsung ein. Zu diesem Zeitpunkt befanden sich die Wagen drei und vier im Bereich des S-Bogens von der Weiche 255 in das Gleis 510. Das hintere Drehgestell des Wagens drei sowie mindestens das führende Drehgestell des vierten Wagens entgleisten. Unmittelbar darauf erhielt der Tf am Zwischensignal S 510 den Fahrtbegriff Hp 2. Er löste die eingeleitete Bremsung wieder aus. Die Geschwindigkeit betrug nun noch 30 km/h mit weiter sinkender Tendenz. Im Bereich des S-Bogens und einer anschließenden Handweiche im Gleis 510 wurden die mitgeführten bereits entgleisten Wagen völlig aus der Spur gedrängt. Infolge dessen wurde die Hauptluftleitung bei einer Geschwindigkeit von 13 km/h unterbrochen. Der Tf erkannte entsprechend seiner eigenen Aussage den Luftverlust und leitete eine unterstützende Schnellbremsung ein. Die Zugspitze kam unmittelbar nach dem Zwischensignal S 510 zum Stillstand.



## **5.2 Bewertung und Schlussfolgerung**

Im Rahmen der Untersuchungen konnten keine Mängel an der bautechnischen Infrastruktur festgestellt werden, die zum Ereignis beigetragen haben könnten. Hinweise auf eine Fehlfunktion der Leit- und Sicherungstechnik haben sich nicht ergeben. An den beteiligten Fahrzeugen konnten keine Faktoren festgestellt werden, die Einfluss auf das Ereignis gehabt haben. Die betrieblichen Abläufe sowohl des Infrastrukturbetreibers als auch das Handeln der direkt am Ereignis beteiligten Mitarbeiter des EVU hatten keinen ursächlichen Einfluss auf die Entstehung des Unfalls.

Als ursächlich für das Ereignis kann das Zusammentreffen mehrerer Faktoren wie Zugbildung, Fahrtverlauf und Bremsvorgänge sowie die Gleisgeometrie bei der Einfahrt des Lr 73543 in den Bahnhof Frankfurt (Main) Süd angesehen werden. Dadurch überstiegen die dynamischen Längsdruckkräfte punktuell die Spurführungskräfte und begünstigten das Aufklettern eines Radsatzes. Es ist zu vermuten, dass weitere, nicht mehr quantifizierbare individuelle Einflussfaktoren das Ereignis begünstigt haben.

## **6 Bisher getroffene Maßnahmen**

Der BEU wurden keine Maßnahmen bekannt, die infolge des Ereignisses durch die beteiligten Eisenbahnunternehmen oder durch die Sicherheitsbehörde getroffen wurden.

Die Anzahl der am Ereignis beteiligten Wagenbaureihen sind bundesweit bei der DB Regio AG von 1.076 im Jahre 2013 auf 49 noch im Einsatz befindliche Fahrzeuge im Jahr 2020 gesunken. Die alten Fahrzeuge werden sukzessive durch Neubaufahrzeuge ersetzt.

## **7 Sicherheitsempfehlungen**

Es wurden keine Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.