



# **Schlussbericht**

## **der Schweizerischen**

### **Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST**

über die Entgleisung eines Güterzuges mit nachfolgender Kollision mit einem auf dem Nachbargleis stehenden Güterzug

vom 16. August 2018

in Basel SBB RB (BL)

Reg.-Nr. 2018081602

## Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Bericht wurde ausschliesslich zum Zweck der Verhütung von Unfällen und schweren Vorfällen beim Betrieb von Eisenbahnen, Seilbahnen und Schiffen erstellt. Gemäss Artikel 15 des Eisenbahngesetzes vom 20. Dezember 1957 (EBG), Stand am 1. Januar 2021 (SR 742.101) sind Schuld und Haftung nicht Gegenstand der Untersuchung.

Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, Schuld- und Haftungsfragen zu klären.

Alle Personenbezeichnungen in diesem Bericht sind in der männlichen Form gehalten und gelten für die die Funktion ausübende Person, ungeachtet ihres Geschlechts.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>5</b>
Überblick .....	5
Untersuchung .....	5
Kurzdarstellung .....	6
Ursache .....	6
Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise .....	6
<b>Glossar</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Sachverhalt</b> .....	<b>8</b>
1.1 Ort des Ereignisses .....	8
1.2 Vorgeschichte .....	9
1.2.1 Vorgeschichte Güterzug 1 .....	9
1.2.2 Vorgeschichte Güterzug 2 .....	9
1.3 Ablauf des Ereignisses .....	9
1.4 Schäden .....	10
1.4.1 Personen .....	10
1.4.2 Infrastruktur .....	10
1.4.3 Fahrzeuge .....	11
1.4.4 Umwelt .....	12
1.5 Beteiligte und betroffene Personen .....	12
1.5.1 Lokführer 1 .....	12
1.5.2 Lokführer 2 .....	12
1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen .....	12
1.6.1 Infrastrukturbetreiberin .....	12
1.6.2 Eisenbahnverkehrsunternehmen .....	12
1.6.3 Fahrzeughalter .....	12
1.7 Infrastruktur .....	13
1.7.1 Bahnanlage .....	13
1.7.2 Stellwerk .....	13
1.7.3 Gleis D63 .....	13
1.8 Fahrzeuge .....	14
1.8.1 Güterzug 1 .....	14
1.8.2 Güterzug 2 .....	14
1.9 Kommunikation .....	14
1.10 Auswertung der Datenaufzeichnung .....	15
1.10.1 Fahrdaten .....	15
1.10.2 Stellwerkdaten .....	15
1.10.3 Gesprächsaufzeichnung .....	15

---

1.11	Besondere Untersuchungen .....	15
1.11.1	Schadenanalyse zur gebrochenen Schiene .....	15
1.11.2	Instandhaltung .....	21
1.12	Regelungen und Funktionsbeschreibungen .....	24
1.12.1	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung, AB-EBV .....	24
1.12.2	Regelungen zum Einbau, Kontrollen und Unterhalt der Gleise .....	24
1.12.3	Regelwerkanpassungen als Folge der Entgleisung eines Güterzuges in Cornaux am 24. März 2006 .....	25
1.12.4	Ermüdungsfestigkeit von Eisenbahnschienen .....	25
<b>2</b>	<b>Analyse .....</b>	<b>27</b>
2.1	Technische Aspekte .....	27
2.1.1	Fahrzeuge .....	27
2.1.2	Einsatz der Schiene .....	27
2.1.3	Instandhaltung der Schiene .....	27
2.1.4	Schädigung und Versagen der Schiene .....	27
2.2	Organisatorische Aspekte .....	28
2.3	Betriebliche Aspekte .....	28
<b>3</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>29</b>
3.1	Befunde .....	29
3.1.1	Technische Aspekte .....	29
3.1.2	Organisatorische Aspekte .....	29
3.1.3	Betriebliche Aspekte .....	29
3.2	Ursachen .....	30
<b>4</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen .....</b>	<b>31</b>
4.1	Sicherheitsempfehlungen .....	31
4.2	Sicherheitshinweise .....	31
4.3	Seit dem Unfall getroffene Massnahmen .....	31

## Zusammenfassung

### Überblick

**Verkehrsmittel** Eisenbahn

### Beteiligte Unternehmen

**Eisenbahnverkehrsunternehmen** Güterzug 1: Rheinland Cargo Schweiz GmbH (RCCH), Basel  
Güterzug 2: SBB Cargo AG (SBB C), Olten

**Infrastrukturbetreiberin** SBB AG, Infrastruktur (SBB I), Bern

**Weitere Unternehmen** GATX Rail Germany GmbH, Hamburg (D)  
GATX Rail Austria GmbH, Wien (A)  
VTG Aktiengesellschaft, Hamburg (D)  
VTG Rail Europe GmbH, Hamburg (D)  
VTG Schweiz GmbH, Steinhausen

**Beteiligte Fahrzeuge** Güterzug 1: Lok mit 20 Güterwagen  
Güterzug 2: Lok mit 38 Güterwagen

**Ort** Basel SBB RB (BL)

**Datum und Zeit** 16. August 2018, 02:08 Uhr

### Untersuchung

Am 16. August 2018 um 02:47 Uhr traf die Meldung über eine Entgleisung eines Güterzuges mit nachfolgender Kollision mit einem auf dem Nachbargleis stehenden Güterzug in Basel SBB RB beim Untersuchungsdienst der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) ein. Es wurde eine Untersuchung eröffnet.

Für die Untersuchung standen zur Verfügung:

- Bestandsaufnahme auf der Unfallstelle;
- Fotos;
- Gutachten;
- Fahrdaten des Zuges;
- Aufzeichnungen der Stellwerkdaten;
- Gleis- und Signalpläne;
- Befragungen der Beteiligten und Betroffenen;
- Hoheitliche und interne Regelungen für den Eisenbahnbetrieb.

## Kurzdarstellung

Am 16. August 2018 um 02:08 Uhr entgleisten fünf mit Zement beladene Silowagen eines Güterzuges in Basel SBB RB und kippten teils stark zur Seite. Ein Güterwagen kollidierte mit einem Flachwagen eines auf dem Nachbargleis stehenden Güterzuges und wurde von diesem seitlich aufgeschlitzt.

## Ursache

Die Entgleisung eines Güterzuges bei der Durchfahrt in Basel SBB RB im Gleis D63 in Fahr- richtung Pratteln ist darauf zurückzuführen, dass die Bogenaussenschiene während des Be- fahrens aufgrund einer Materialermüdung im Innern des Schienenkopfs brach. In der Folge brach die Schiene in der Nähe des ersten Bruchs an sieben weiteren, ebenfalls vorgeschädig- ten Stellen.

Zum Unfall haben folgende Faktoren beigetragen:

- Seit Einbau der Schienen wurde keine Ultraschallprüfung durchgeführt.
- Die Infrastrukturbetreiberin erkannte nicht, dass für einzelne Gleise keine Ultraschallprü- fungen durchgeführt wurden.
- Die zum Erreichen der Lebensdauer einer Fahrbahn notwendigen Instandhaltungsmass- nahmen wie Schleifen und Stopfen wurden nicht ausgeführt.
- Die Termine für geplante Instandhaltungsmassnahmen wurden mehrfach verschoben.

Im Rahmen der Untersuchung konnten folgende Risiken erkannt werden:

- Das im Gleis D63 verwendete Schienenprofil (Form 46 E1) ist nicht geeignet, den entste- henden Belastungen ohne entsprechenden Gleisunterhalt (Schleifen und Stopfen) über den ganzen Lebenszyklus standzuhalten.
- Die fehlende Berücksichtigung von Rangierbewegungen kann zu einer Unterschätzung der Gesamtbelastung führen.
- Bei einer Belastung von weniger als 25 000 Gesamtbruttotonnen während eines Tages finden keine Wirbelstromprüfungen statt.

## Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

Mit diesem Bericht werden weder Sicherheitsempfehlungen noch Sicherheitshinweise ausge- sprochen.

## Glossar

### Vorgaben und Regelwerke

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung vom 15. Dezember 1983, Stand am 1. Juli 2016 (SR 742.141.11)
D RTE 22040	Dokumentation Regelwerk Technik Eisenbahn; Fahrbahnpraxis Normalspur vom 1. Dezember 2009
EBG	Eisenbahngesetz vom 20. Dezember 1957, Stand am 1. Januar 2018 (SR 742.101)
EBV	Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung) vom 23. November 1983, Stand am 18. Oktober 2016 (SR 742.141.1)
FDV	Schweizerische Fahrdienstvorschriften (R 300.1-.15) vom 2. November 2015, Stand am 1. Juli 2016 (SR 742.173.001)
R I-22070	Regelwerk SBB; Einbau; Kontrollen und Unterhalt von Gleisen vom 25. Mai 2009 sowie die neue Version vom 1. April 2020
R I-22220	Regelwerk SBB; Ultraschallprüfungen von Schienen und Weichenbauteilen vom 15. Februar 2007
R I-50149	Regelwerk SBB; Streckeninspektion vom 1. Juni 2016

### Literatur

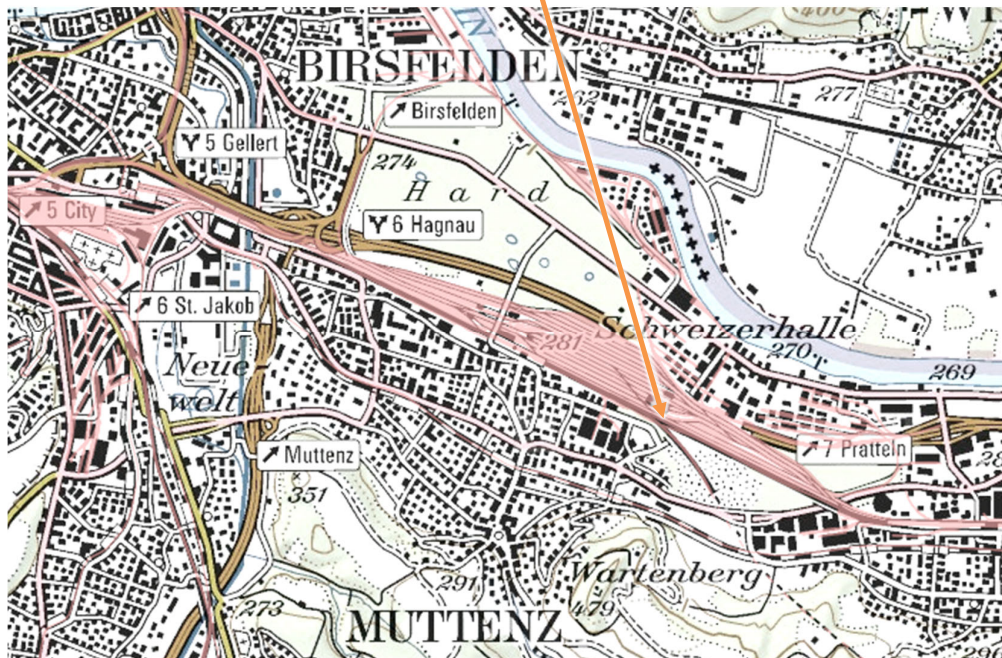
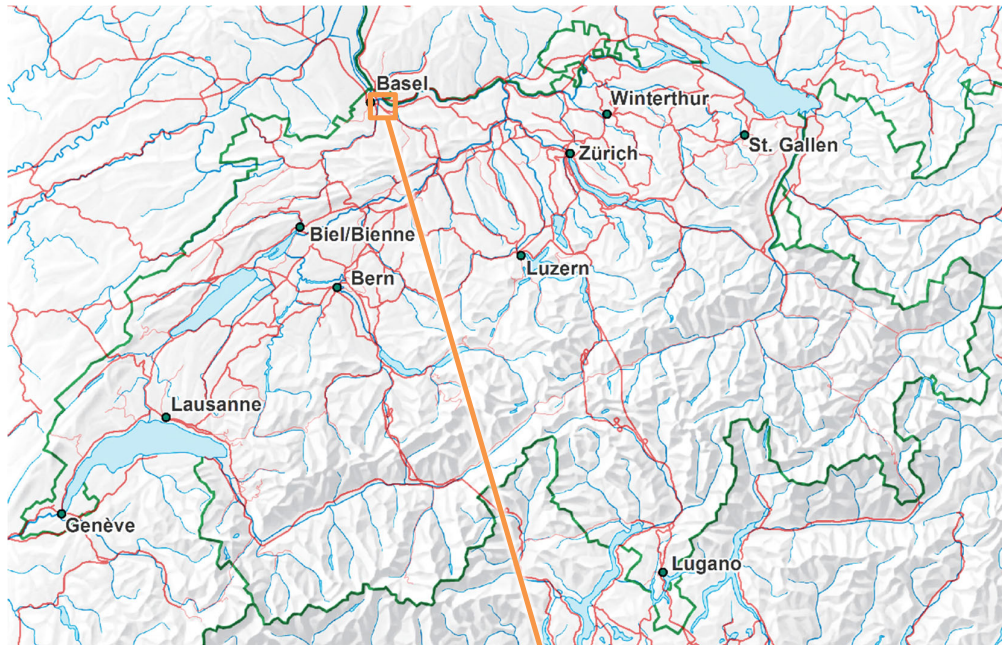
[Fastenrath 1977]	Dr.-Ing. E.h. Fastenrath, Fritz Hrsg. (1977): Die Eisenbahnschiene – Theoretische und praktische Hinweise zur Beanspruchung, Werkstoffbeschaffenheit, Profilwahl, Verschweissung und Behandlung in Gleis und Werkstatt; Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin/München/Düsseldorf
[Jörg 2004]	Jörg, Albert (2004): Ermüdungsfestigkeit von Eisenbahnschienen, Diplomarbeit; TU Graz 2004

### Begriffe

BAV	Bundesamt für Verkehr
GBRT	Gesamtbruttotonnen: Gesamtgewicht eines Zuges inklusive Lokomotive(n) und Wagen.
GBRT/Tag	Gesamtbruttotonnen während eines Tages.
Head Checks	Oberflächenrisse auf dem Schienenkopf, die durch Rollkontaktermüdung Rad/Schiene an der Schiene entstehen (englisch: Rolling Contact Fatigue RCF).
Lastkollektiv	Zusammensetzung von Einzellasten über eine bestimmte Zeitdauer (meist Lebensdauer)
RTE	Regelwerk Technik Eisenbahn

# 1 Sachverhalt

## 1.1 Ort des Ereignisses



**Abbildungen 1 und 2:** Übersichtskarten zum Ereignisort.  
Quelle der Basiskarten: Bundesamt für Landestopografie.

Das Ereignis erfolgte im Rangierbahnhof Basel SBB (Basel SBB RB) auf dem Gebiet der Gemeinde Muttenz (BL).



## 1.2 Vorgeschichte

### 1.2.1 Vorgeschichte Güterzug 1

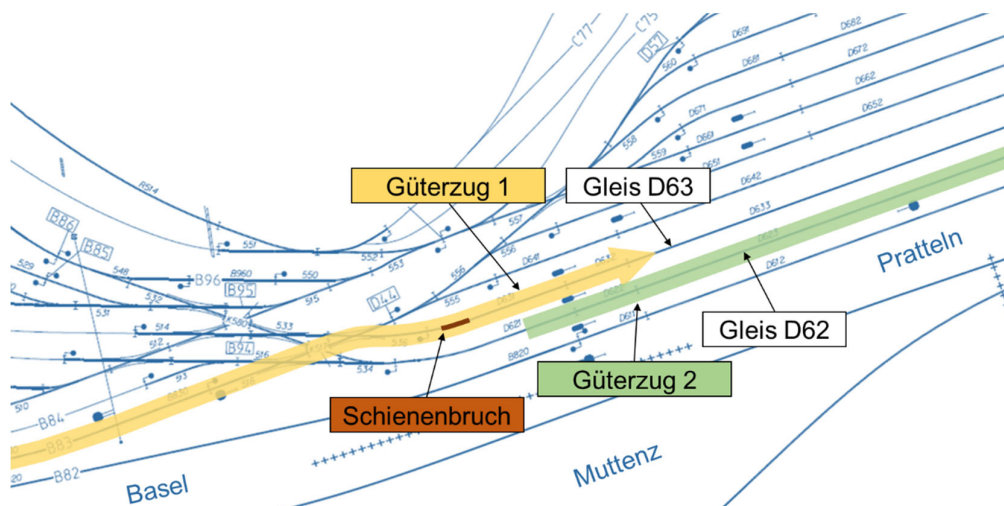
Der Güterzug 1 der Rheinland Cargo Schweiz GmbH (RCCH) war mit einer Lokomotive (BR 185) und 20 Wagen unterwegs von Deutschland (Deuna Werkbahnhof) nach Heerbrugg. Der Zug hatte Zement (Schüttgut) in Silowagen geladen. Die Detektion durch die Zugkontrolleinrichtung Gellert war ohne Auffälligkeiten.

### 1.2.2 Vorgeschichte Güterzug 2

Der Güterzug 2 der SBB Cargo AG (SBB C) mit einer Lokomotive (Re 620) und 38 Wagen wurde für die Fahrt von Basel SBB RB Richtung Rangierbahnhof Limmattal (RBL) vorbereitet und wartete auf dem Gleis D62 auf die Weiterbehandlung. Die Wagen hatten unterschiedliche Ladungen und verschiedene Bestimmungsbahnhöfe.

## 1.3 Ablauf des Ereignisses

Der Güterzug 1 war am 16. August 2018, kurz nach 02:00 Uhr als Zugfahrt in Basel SBB RB über die Gleise B4–B83–D63 Richtung Pratteln unterwegs (Abbildung 3). Die Zugfahrstrasse war bis ins Gleis D63 eingestellt. Die maximal zulässige Geschwindigkeit betrug in diesem Abschnitt 40 km/h.

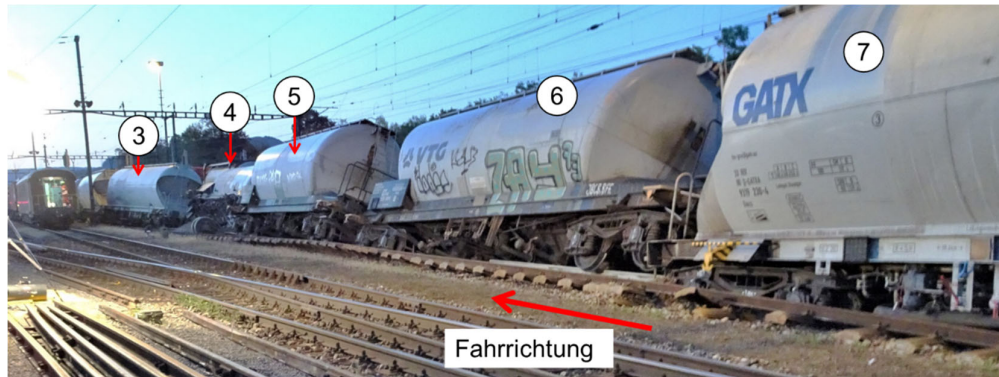


**Abbildung 3:** Situation in der Gleisgruppe D. Quelle: Übersichtsplan SBB I, bearbeitet durch SUST.

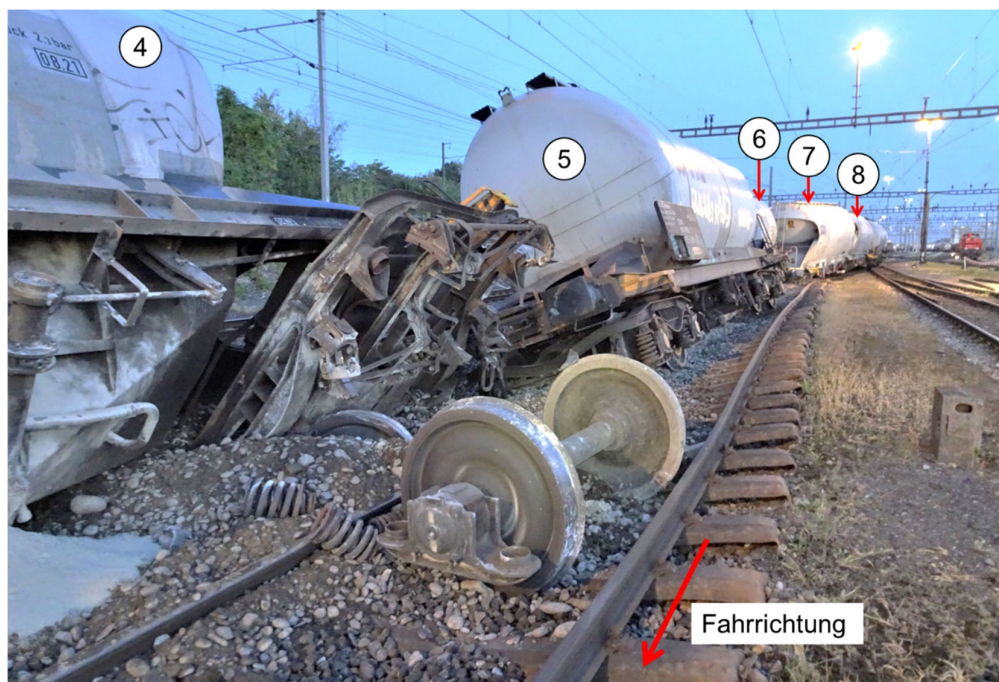
Bei der Fahrt durch das Gleis D63 spürte der Lokführer des Güterzuges 1 einen kleinen Ruck und ca. 3 Sekunden später einen deutlichen Ruck im Zug, worauf er eine Schnellbremsung einleitete. Der Lokführer stellte eine Entgleisung fest und informierte umgehend um 02:08 Uhr den Fahrdienstleiter.

Die Entgleisung des Güterzuges 1 fand rund 27 m nach dem Weichenende der Doppelkreuzungsweiche 536 im Linksbogen zu Beginn des Gleises D63 statt. An dieser Stelle befand sich der erste von mehreren festgestellten Schienenbrüchen bei der in Fahrrichtung rechten Schiene. Mehrere Wagen entgleisten und ein Wagen kollidierte mit dem letzten Wagen des im benachbarten Gleis D62 stehenden Güterzuges 2 (Abbildungen 4 und 5). Eine Skizze der Unfallsituation ist der Abbildung 7 zu entnehmen.

Der Lokführer des Güterzuges 2 war zum Zeitpunkt der Kollision mit der Bremsprobe beschäftigt und stellte das Entweichen von Luft aus der Hauptluftleitung fest.



**Abbildung 4:** Unfallstelle Gleis D63 bei Bahn-km 5.9; entgleiste Wagen 3, 4, 5, 6 und 7.



**Abbildung 5:** Unfallstelle Gleis D63 bei Bahn-km 5.9; entgleiste Wagen 4, 5, 6, 7 und der nicht entgleiste, aber beschädigte Wagen 8.

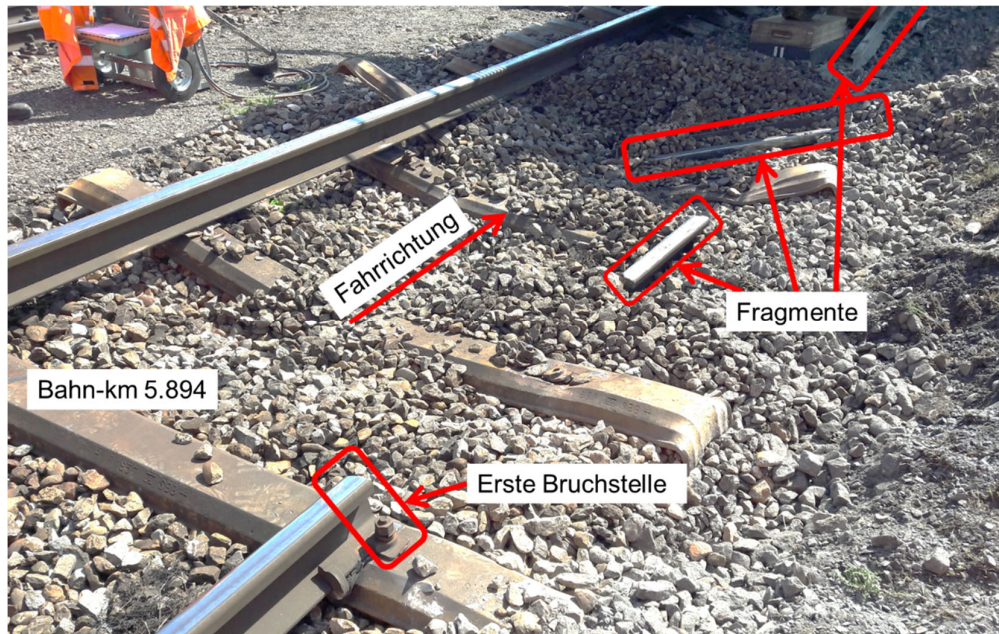
## 1.4 Schäden

### 1.4.1 Personen

Es kamen keine Personen zu Schaden.

### 1.4.2 Infrastruktur

Die Fahrbahn im Bereich der Entgleisungsstelle im Gleis D63 wurde auf über 40 m teilweise stark beschädigt. Die in Fahrrichtung rechte Schiene ist im Bereich der Entgleisungsstelle in Stücke zerbrochen. Die Abbildung 6 zeigt die Situation bei der ersten Bruchstelle direkt nach dem Bergen der Güterwagen.



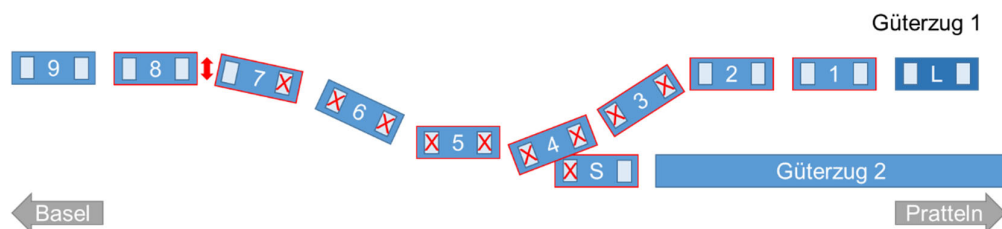
**Abbildung 6:** Erste Bruchstelle und einzelne Fragmente nach dem Bergen der Güterwagen.

### 1.4.3 Fahrzeuge

Acht Güterwagen vom Güterzug 1 und ein Güterwagen vom Güterzug 2 wurden unterschiedlich stark beschädigt.

Beim Güterzug 1 waren an den Radsätzen der ersten beiden Wagen in Fahrrichtung auf der rechten Seite Schlag- und Aufkletterspuren ersichtlich. Die Wagen 3, 4, 5 und 6 entgleisten mit allen vier Achsen und wurden stark beschädigt. Der Wagen 7 ist nur mit den beiden vorderen Achsen entgleist. Der entgleiste Wagen 4 kollidierte mit dem letzten Wagen des im Gleis D62 stehenden Güterzuges 2. Durch diese Kollision wurde die Silowand des Wagens 4 aufgeschlitzt und Ladegut (Zement) konnte entweichen.

Beim Güterzug 2 entgleisten als Folge der Kollision durch den Güterzug 1 die hinteren beiden Achsen (1 Drehgestell) des letzten Wagens. Dieser Wagen wurde stark beschädigt.



**Abbildung 7:** Betroffene Fahrzeuge in Gleis D63 (Güterzug 1) und Gleis D62 (Güterzug 2). Rot umrandet sind die beschädigten Fahrzeuge.

Legende: X entgleiste Drehgestelle  
 ↑↓ Überpufferung  
 L Lok  
 S letzter Wagen Güterzug 2

#### 1.4.4 Umwelt

Es gab keine Beeinträchtigungen der Umwelt. Die trockene Witterung ermöglichte ein relativ problemloses Bergen des ausgelaufenen Zements.

### 1.5 Beteiligte und betroffene Personen

#### 1.5.1 Lokführer 1

Person	Jahrgang 1985, Anstellung bei MEV Schweiz AG, Dienstort Basel
Berechtigung	Gültiger BAV-Ausweis der Kategorie B zum Ausführen aller Rangierbewegungen und zum Führen aller Züge vorhanden. Bescheinigung zum Befahren der SBB Infrastruktur und zum Bedienen der BR 185 vorhanden.
Letzte Fähigkeitsprüfung	2016

#### 1.5.2 Lokführer 2

Person	Jahrgang 1976, Anstellung bei SBB Cargo AG, Dienstort Basel
Berechtigung	Gültiger BAV-Ausweis der Kategorie B zum Ausführen aller Rangierbewegungen und zum Führen aller Züge vorhanden. Bescheinigung zum Befahren der SBB Infrastruktur und zum Bedienen der Re 620 vorhanden.
Letzte Fähigkeitsprüfung	2017

### 1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen

#### 1.6.1 Infrastrukturbetreiberin

SBB AG, Infrastruktur, Bern

#### 1.6.2 Eisenbahnverkehrsunternehmen

Güterzug 1, Rheinland Cargo Schweiz GmbH, Basel

Güterzug 2, SBB Cargo AG, Olten

#### 1.6.3 Fahrzeughalter

Im Folgenden sind die Fahrzeughalter der geschädigten Wagen aufgeführt:

GATX Rail Austria GmbH, Wien (Güterzug 1, Wagen 7)

GATX Rail Germany GmbH, Hamburg (Güterzug 1, Wagen 3)

VTG Aktiengesellschaft, Hamburg (Güterzug 1, Wagen 5 und 6)

VTG Rail Europe GmbH, Hamburg (Güterzug 1, Wagen 4 und 8)

VTG Schweiz GmbH, Steinhausen (Güterzug 2, letzter Wagen)

## 1.7 Infrastruktur

### 1.7.1 Bahnanlage

#### 1.7.1.1 Beschreibung

Die Gleisgruppe D ist Teil des Rangierbahnhofs Basel SBB RB. In der Gleisgruppe D sind 12 Gleise vorhanden mit der Bezeichnung D61 bis D72. Die Mehrheit der Gleise dient dem Bereitstellen von Güterzügen in Richtung Süden. Zudem dient ein Teil der Gleise durchfahrenden Zügen.

#### 1.7.1.2 Feststellung

Zum Zeitpunkt der Entgleisung waren die Schienen trocken und es war Nacht. Die Beleuchtung im Rangierbahnhof war eingeschaltet.

### 1.7.2 Stellwerk

#### 1.7.2.1 Beschreibung

Die Gleisgruppe D in Basel SBB RB wird mit einer Sicherungsanlage des Typs SIMIS W von Siemens gesteuert und überwacht. Die Bedienung erfolgt über die Bedienoberfläche Ittis.

#### 1.7.2.2 Feststellung

Für den Güterzug 1 war eine Zufahrstrasse aus dem Gleis B4 ins Gleis D63 eingestellt und gesichert. Zum Entgleisungszeitpunkt lagen keine Störungen vor.

### 1.7.3 Gleis D63

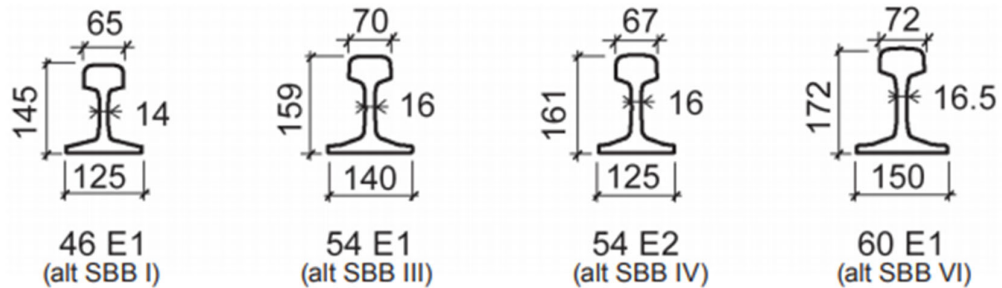
#### 1.7.3.1 Beschreibung

Der Beginn der Entgleisungsstelle liegt bei Bahn-km 5.894 und befindet sich in einem Linksbogen mit einem Radius von 290 m. Das Schienenprofil hat die Form 46 E1<sup>1</sup>. Es handelt sich dabei um das kleinste Standardschienenprofil (Abbildung 8), das im Schweizer Normalspurnetz zum Einsatz kommt. Die Schiene wurde 1996 eingebaut, lückenlos verschweisst und auf Stahlschwellen (Einbaujahr 1957) verlegt. Dieses Gleis ist der Gleiskategorie Hauptgleis 5 (HG 5, früher als Nebengleis 2 bezeichnet) zugeteilt. Nach Angaben von SBB I beträgt die Gleisbelastung durch Zugfahrten auf dem Gleis D63 rund 11 800 GBRT/Tag. Nicht eingerechnet sind die Rangierbewegungen. Durch die fast ausschliessliche Nutzung im Güterverkehr wird die Gleisbelastung durch hohe Einzellasten aufgebracht.

Das Gleis D63 darf mit einer maximalen Geschwindigkeit von 40 km/h befahren werden.

---

<sup>1</sup> Stahlgüte VQ 260 mit 46.16 kg/m, Hersteller Thyssenkrupp AG.



**Abbildung 8:** Standardschienenprofile im Schweizer Normalspurnetz.  
Quelle: D RTE 22040 Fahrbahnpraxis Normalspur.

### 1.7.3.2 Feststellung

Die in Fahrrichtung rechte Schiene (Aussenschiene) ist auf rund 15 m in acht Stücke zerbrochen. Der erste Schienenbruch befindet sich bei Bahn-km 5.894 und liegt auf einer Schwelle am Ende der dazugehörigen Schienenbefestigung. Bei den meisten Schienentrümmerstücken wiesen die Bruchstellen rötlich oxidierte Bereiche im Schienenkopf auf.

## 1.8 Fahrzeuge

### 1.8.1 Güterzug 1

#### 1.8.1.1 Beschreibung Güterzug 1

Der Güterzug 1 war mit einer Lok der Baureihe BR 185 bespannt. Die Lok erreicht eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h und verfügt über eine Masse von 85 t. Die Last bestand aus 20 Güterwagen vom Typ Uacs, die mit Zement beladen waren. Die Zuglänge betrug 300 m und die Zugmasse 1580 t.

#### 1.8.1.2 Feststellung

Der Güterzug 1 wies zum Zeitpunkt des Unfalls keine Störungen auf. Bei der Inspektion der Fahrzeuge konnten keine Schäden festgestellt werden, die nicht durch den Unfall verursacht worden sind.

### 1.8.2 Güterzug 2

#### 1.8.2.1 Beschreibung Güterzug 2

Der Güterzug 2 setzte sich aus einer Lok der Baureihe Re 620 und 38 Güterwagen zusammen. Die Güterwagen hatten unterschiedliche Ladungen und Bestimmungsbahnhöfe.

#### 1.8.2.2 Feststellung

Der Güterzug 2 stand störungsfrei in Betrieb. Er war während des Ereignisses nicht in Bewegung.

## 1.9 Kommunikation

Die Kommunikation ist für den vorliegenden Fall nicht relevant.

## **1.10 Auswertung der Datenaufzeichnung**

### **1.10.1 Fahrdaten**

#### 1.10.1.1 Fahrdaten Güterzug 1

Die Fahrdaten der Lok von Güterzug 1 wurden ausgewertet und zeigen, dass die Geschwindigkeit zum Zeitpunkt der Entgleisung 25 km/h betrug.

#### 1.10.1.2 Fahrdaten Güterzug 2

Die Fahrdaten der stillstehenden Lok von Güterzug 2 wurden nicht sichergestellt und ausgewertet, da sie für den Ereignisablauf nicht relevant sind.

### **1.10.2 Stellwerkdaten**

Die Stellwerkdaten wurden ausgewertet. Es lagen keine Unregelmässigkeiten oder Störungen vor.

### **1.10.3 Gesprächsaufzeichnung**

Die Gesprächsaufzeichnung ist im vorliegenden Fall nicht relevant.

## **1.11 Besondere Untersuchungen**

### **1.11.1 Schadenanalyse zur gebrochenen Schiene**

#### 1.11.1.1 Vorgehen

Die SUST beauftragte die Swiss Safety Center AG (SSC) mit einer metallurgischen Schadenanalyse der an acht Stellen gebrochenen Aussenschiene bei Bahn-km 5.894. Ziel der Schadensanalyse war, die Ursache des Schienen-Trümmerbruchs zu eruieren.

Die von SBB I geborgenen Schienenbruchstücke wurden vor Ort visuell und mit Ultraschall untersucht. Anschliessend wurden die Schienenbruchstücke für den Transport wo nötig mit Trennschnitten unterteilt (was insgesamt 23 Fragmente ergab) und an die SSC überführt.

In der Anlage 1 sind die Schienenfragmente mit einer Gesamtlänge von rund 15 m in der Seitenansicht abgebildet. Die 23 Fragmente sind entgegen der Fahrrichtung von 1 bis 23 nummeriert. Die Bruchpositionen sind in Fahrrichtung von 1 bis 8 nummeriert und mit schwarzen Pfeilen gekennzeichnet. Die mit dem Hand-Ultraschallmesssystem vor Ort festgestellten Rissanzeigen sind mit roten Pfeilen markiert (siehe 1.11.1.3). Die Trennschnitte für den Transport sind nicht markiert.

#### 1.11.1.2 Visuelle Beurteilung vor Ort

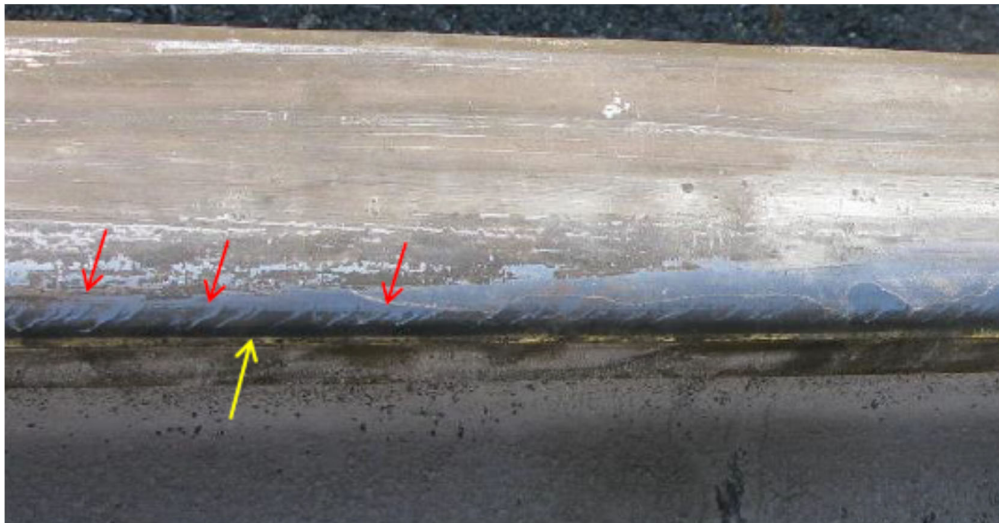
Eine erste Besichtigung der Schienenfragmente erfolgte vor Ort am 20. August 2018. Vertreter von SBB I, SSC und SUST stellten fest, dass die meisten Bruchflächen vertikal ausgerichtet sind. Auffällig sind die bei allen vertikalen Bruchflächen im seitlichen Schienenkopf in unterschiedlichen Grössen ausgebildeten Anrisszonen. Sie sind teilweise metallisch glänzend oder mit Oxiden (Rost) belegt (Abbildungen 9 und 10). Der Schienenkopf zeigt auf der Seite der Anrisse (Fahrkantenseite) starke Verschleisspuren wie Head Checks und Überwalzungen (Lippen) (Abbildung 11).



**Abbildung 9:** Dunkle Anrisszone seitlich im Schienenkopf (roter Pfeil).



**Abbildung 10:** Metallisch glänzende Anrisszone im Schienenkopf (roter Pfeil) und Lippe am Schienenkopf (gelber Pfeil).

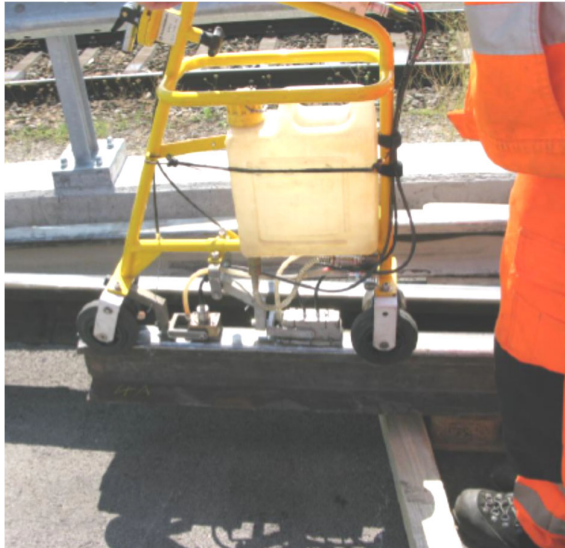


**Abbildung 11:** Head Checks (rote Pfeile) oberhalb der Lippe (gelber Pfeil).

#### 1.11.1.3 Ultraschallprüfung vor Ort

Mit einem Ultraschallmesssystem (Abbildung 12) prüfte ein Mitarbeiter von SBB I die Schienenfragmente auf innere Fehler im seitlichen Schienenkopf. Durch Abkippen des Prüfgeräts wurden mehrere leichte Rissanzeigen am seitlichen Schienenkopf detektiert und auf den Schienenfragmenten markiert (Anlage 1, Abbildungen 20-22, rote Pfeile).

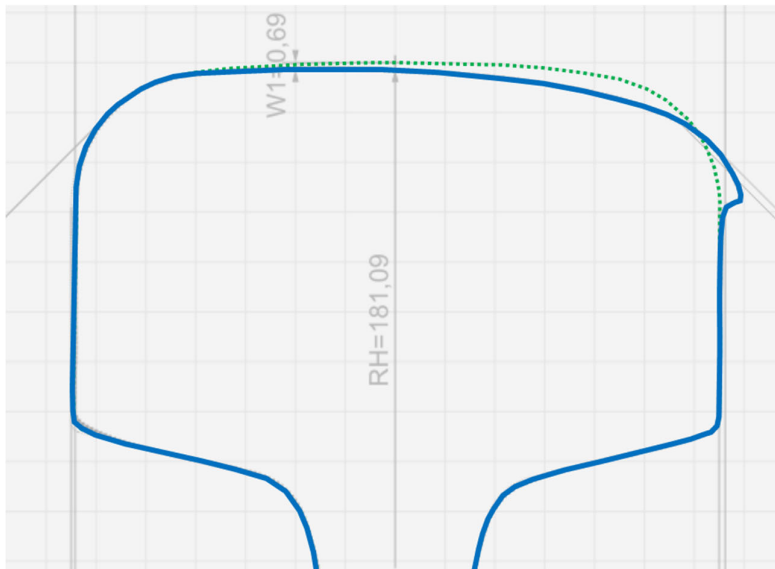




**Abbildung 12:** Messaufbau für die Ultraschallprüfung.

#### 1.11.1.4 Messungen des Schienenprofils

Das Schienenprofil wurde von SBB I mit einem Lasermesssystem an mehreren Stellen ausgemessen. In Abbildung 13 ist das gemessene Profil nahe der Bruchposition 1 (Anlage 1, Abbildung 20) in Blau dargestellt. Zum Vergleich ist das Ausgangsprofil in Grün abgebildet. Gut erkennbar ist die Abnutzung sowie die ausgeprägte Lippenbildung auf der Fahrkantenseite.



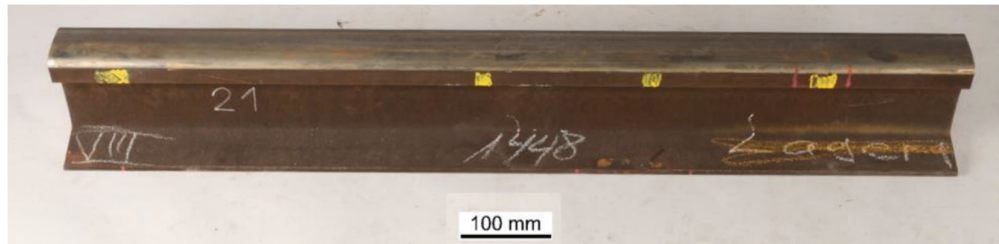
**Abbildung 13:** Gemessenes Schienenprofil bei Bruchposition 1.

#### 1.11.1.5 Ultraschallprüfung mittels Phased-Array-Methode

Da Anrisse am seitlichen Schienenkopf mittels konventioneller Ultraschallprüfung schwer zu detektieren sind, wurde eine Prüfung mit der Phased-Array-Methode durchgeführt.

Die Phased-Array-Methode ist eine Erweiterung der konventionellen Ultraschallprüfung. Anstatt nur ein Element zur Detektion zu haben, wird ein "Array" aus mehreren kleinen piezoelektrischen Elementen nach einer bestimmten Geometrie angeordnet. Es können Ultraschallstrahlen mit vielen verschiedenen Winkeln und Schärfentiefen erzeugt werden. Daher eignet sich diese Methode sehr gut, um die komplexe Geometrie des Schienenkopfs, insbesondere im Bereich zwischen Fahrfläche und Fahrkante, zu untersuchen.

Mit der Phased-Array-Methode konnten die bereits zuvor mit der herkömmlichen Methode festgestellten Rissanzeigen (Kap. 1.11.1.3) bestätigt und enger lokalisiert werden. Zusätzlich festgestellte Rissanzeigen wurden Gelb markiert (Abbildung 14).



**Abbildung 14:** Beispiel eines Abschnitts mit Rissanzeigen herkömmlich detektiert (Rot) und Rissanzeigen mittels Phased-Array-Methode detektiert (Gelb).

Zwei Rissanzeigen gemäss der Phased-Array-Methode, eine mit von aussen erkennbarem und eine ohne erkennbarem Riss, die aber auch mit dem herkömmlichen Verfahren identifiziert werden konnten, wurden im Verlaufe der Untersuchung metallographisch untersucht. Beim äusserlich erkennbaren Riss wurde auch ein ausgeprägtes Rissssystem im Innern gefunden. Bei der Anzeige, bei der äusserlich keine Schädigung sichtbar war, wurde im Innern ein rund 2 mm langer Riss gefunden.

#### 1.11.1.6 Fraktographische Untersuchungen

Insgesamt wurden in der Aussenschiene neun Brüche vorgefunden, wovon acht einen ausgeprägten vertikalen Verlauf aufweisen. Der einzige horizontale Bruch wurde als Folgebruch der Entgleisung eingestuft.

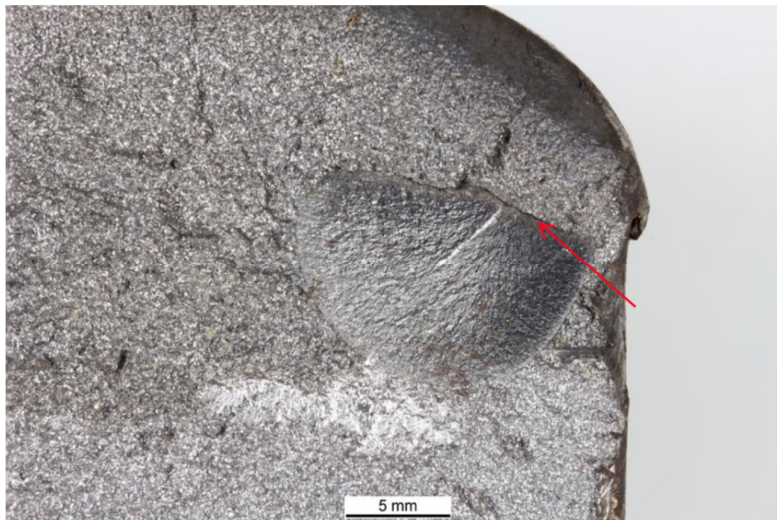
Bei allen acht vertikalen Brüchen konnte ein halbkreisförmiger Bruchausgangsbereich identifiziert werden. Es handelt sich dabei um eine relativ glatte Fläche seitlich im Schienenkopf auf der Fahrkantenseite (Abbildung 15). Die meisten Bruchausgangsbereiche sind mit dunklen Oxiden belegt. Zwei der Bereiche sind metallisch glänzend und weisen rastlinienartige Strukturen auf (Abbildung 16). Alle Bruchausgangsbereiche haben jeweils einen Initialriss hinter der späteren Bruchebene.

Mikroskopisch zeigen sich im Bruchausgangsbereich starke, sekundäre Beschädigungen. Die ursprüngliche Oberfläche des Anrisses ist verrieben. Dennoch lassen sich Anzeichen für einen Schwingungsriss in Form von Schwingungstreifen sowie parallel angeordneten Nebenrissen finden.

Die Restbruchfläche zeigt mikroskopisch die typischen Merkmale eines mikroduktilen Gewaltbruchs in Form von Spaltflächen mit verformten Graten.



**Abbildung 15:** Fläche der Bruchposition Nr. 3 (gemäss Anordnung in Anlage 1) mit dunklem Bruchausgangsbereich und davon ausgehendem Rissfortschrittslinien im Restbruch.



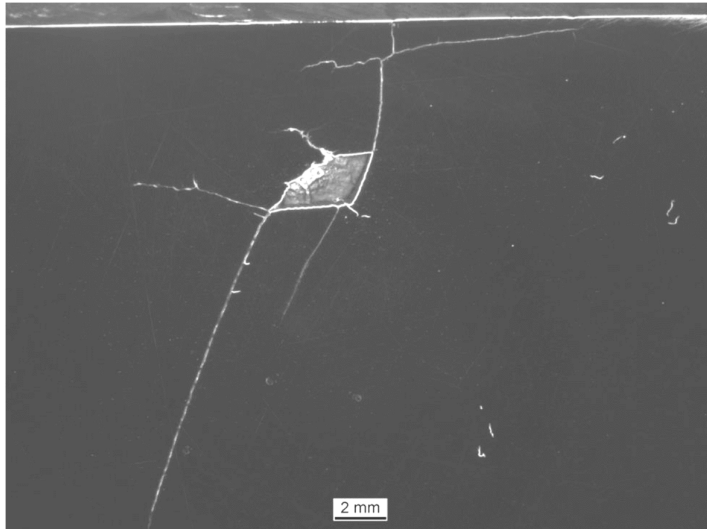
**Abbildung 16:** Ausschnitt der Bruchposition Nr. 8 (gemäss Anordnung in Anlage 1) mit kleinem Bruchausgangsbereich und Anzeichen eines Rissverlaufs ins Innere der Schiene.

#### 1.11.1.7 Metallographische Untersuchungen

In der metallographischen Untersuchung wurden Risse erkannt, die im Innern des Schienenkopfs annähernd horizontal verlaufen, weiter innen nach oben und zur Bruchfläche hin nach unten abdrehen.

Ein polierter Mikroschliff macht ein Rissssystem erkennbar, das aus mehreren horizontalen Rissen besteht, die sich im Innern der Schiene jeweils nach oben und

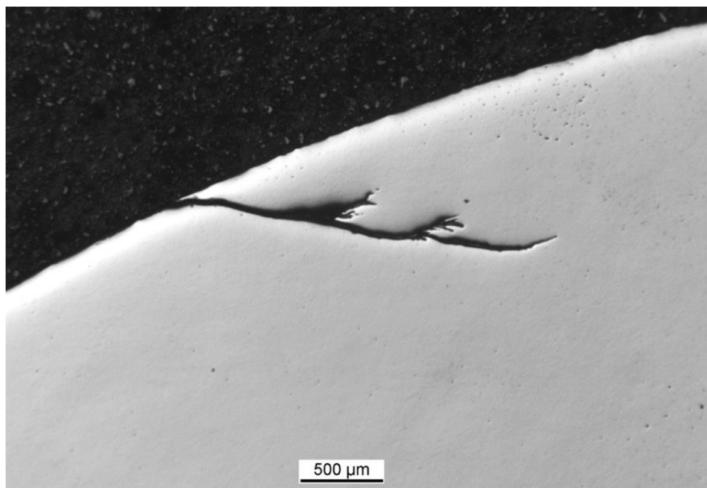
unten verzweigen (Abbildung 17). Der Hauptriss liegt ca. 7 mm unterhalb der Fahrfläche.



**Abbildung 17:** Rissystem nahe der Bruchfläche 5.

An der stärker abgefahrenen Fahrkantenseite wurden deutliche Gefügeveränderungen aufgrund plastischer Deformation erkannt.

Der klaffende Riss eines typischen Head Checks reicht bis in eine Tiefe von ca. 2.5 mm (Abbildung 18).



**Abbildung 18:** Polierter Mikroschliff bei Schnitt durch Head-Check im Fragment Nr. 20.

#### 1.11.1.8 Zusammenfassung der Untersuchungen

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Schiene ist auf einer Länge von rund 15 m an 9 Stellen gebrochen.
- Acht Bruchflächen sind vertikal ausgerichtet und weisen eine sichtbare Anrisszone im Schienenkopf auf der Fahrkantenseite auf. Die einzige horizontal ausgerichtete Bruchfläche wurde als Folgebuch der Entgleisung eingestuft.

- Sechs der acht Anrisszonen sind mit Oxiden belegt. Bei den zwei metallisch glänzenden konnten rastlinienartige Strukturen festgestellt werden.
- Merkmale eines Schwingbruchs wurden festgestellt.
- Der Bruchausgangsbereich ist auf einen horizontalen Riss ca. 7 mm unter der Fahrfläche zurückzuführen.
- Die Restbruchfläche zeigt einen mikroduktilen Gewaltbruch.
- Profilmessungen zeigen eine einseitige Abnutzung des Schienenkopfs gegenüber dem Ausgangsprofil.
- Der Schienenkopf zeigt auf der Seite der Anrisse (Fahrkantenseite) starke Verschleisspuren wie Head Checks und Überwalzungen (Lippen).
- Der klaffende Riss eines typischen Head Checks reicht bis in eine Tiefe von ca. 2.5 mm
- Mit der Ultraschallprüfung von SBB I konnten mehrere leichte Rissanzeigen im seitlichen Schienenkopf detektiert werden.
- Mit der Ultraschallprüfung nach der Phased-Array-Methode konnten die mit der Ultraschallprüfung von SBB I detektierten Stellen bestätigt und genauer lokalisiert werden. Zusätzlich wurden weitere Rissanzeigen detektiert.

## 1.11.2 Instandhaltung

### 1.11.2.1 Visuelle Kontrolle Gleis D63

Die entsprechende Vorgabe sieht aufgrund der Gleiskategorie und Gleisbelastung vor, dass das Gleis D63 alle drei Monate einer Streckenkontrolle unterzogen wird (R I-50149). Diese hat zum Ziel, die Verfügbarkeit und Sicherheit des Bahnbetriebs zu gewährleisten, indem die festen Anlagen inspiziert werden. Äusserlich sichtbare Veränderungen, die die Betriebssicherheit beeinflussen können, lassen sich dadurch erkennen. Diese müssen gemeldet und behoben werden.

Die letzte visuelle Streckenkontrolle (Regelinspektion zu Fuss im Gleis) von Gleis D63 durch den Streckeninspektor fand am 11. Juli 2018 statt. Abweichungen wurden auf der Basis des Abweichungskatalogs aufgenommen und dokumentiert. Einzelne, von aussen sichtbare Vorschädigungen der Schienen im Gleis D63 wurden vom Streckeninspektor erkannt und festgehalten. Von aussen deutlich sichtbare Überwalzungen (Lippen) wurden nicht festgehalten (vgl. Kap. 1.11.1.4).

Anlässlich einer Inspektion am 31.01.2012 wurde ein Spröbruch der Schiene im Gleis D63 festgestellt und im Inspektionsrapport festgehalten. Der Mangel wurde umgehend behoben.

Bis 2015 ist im Inspektionsrapport ersichtlich, dass die Feststellungen des Streckeninspektors zu Einzelmassnahmen führten. Ab diesem Zeitpunkt sind die zu treffenden Massnahmen in diesem Rapport als «offen mit Massnahme» deklariert. Unter den Feststellungen mit offenen Massnahmen befinden sich zwei Feststellungen vom 23. und 28.03.2017, die der Kategorie 2 (Dringlichkeit hoch, rasch beheben, < 12 Monate) zugeordnet sind.

#### 1.11.2.2 Gleisgeometriemessfahrten

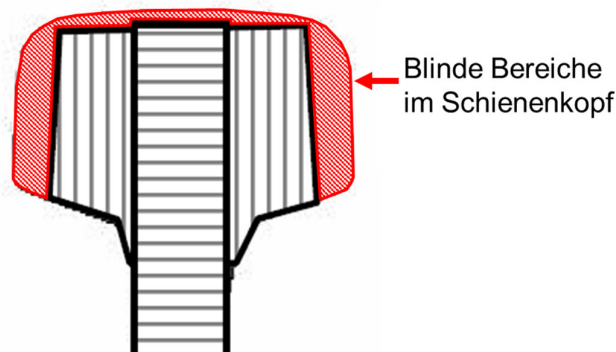
Bei der Gleisgeometriemessung mit dem Diagnosefahrzeug werden verschiedene Parameter der Gleisgeometrie gemessen und protokolliert. Allfällige Abweichungen und Grenzwertüberschreitungen gegenüber dem Sollzustand können somit festgestellt werden. Eine ungeeignete Gleisgeometrie kann zu punktueller Überbelastung der Schiene führen.

Gemäss R I-22070 ist bei einer maximalen Abschnittsgeschwindigkeit von weniger oder gleich 80 km/h alle 6 Monate eine Gleisgeometriemessfahrt vorgesehen.

Für das betroffene Gleis D63 sind während der ganzen Lebensdauer keine Gleisgeometriemessfahrten dokumentiert.

#### 1.11.2.3 Ultraschallprüfung der Schiene

Eine Ultraschallprüfung ist eine zerstörungsfreie Prüfung, die von Hand oder vom fahrenden Inspektionszug aus vorgenommen wird. Mit der Ultraschallprüfung können Inhomogenitäten und Fehlstellen im Querschnitt der Schiene detektiert werden. Das Verfahren beruht auf der Wechselwirkung zwischen einem in die Schiene eingebrachten Ultraschallimpuls und dessen Reflexion beim Auftreffen auf Grenzflächen bzw. der Oberfläche eines anderen Werkstoffes. Diese Beeinflussung kann mit Impuls-Echo-Technik gemessen werden und dient dem Nachweis von Fehlern sowie der Bestimmung deren Lage, Form und Grösse in der Schiene. Der Nachteil des Ultraschallverfahrens ist, dass gewisse Bereiche der Schiene mit diesem Verfahren nicht detektiert werden können. Die sogenannten «blinden Bereiche» umfassen unter anderem die schienenoberflächennahen Bereiche, insbesondere Bereiche bis ca. 2 mm unter dem Schienenkopf sowie Bereiche im seitlichen Schienenkopf (Abbildung 19).



**Abbildung 19:** Blinde Bereiche im Schienenkopf bei Ultraschallprüfung. Quelle: R I-22220, bearbeitet durch SUST.

Für die Ultraschallprüfung ist gemäss R I-22070 vorgeschrieben, bei Gleisbelastungen von weniger als 15 000 GBRT/Tag das Intervall auf maximal 36 Monate zu begrenzen (Anlage 2, Abbildung 23).

Für das betroffene Gleis D63 ist während der ganzen Lebensdauer keine Ultraschallprüfung der Schiene dokumentiert.

#### 1.11.2.4 Wirbelstromprüfung der Schiene

Elektrisch leitende Werkstoffe können mit Hilfe der Wirbelstromprüfung auf Unregelmässigkeiten an und in der Nähe der Oberfläche geprüft werden. Jede im Ma-

terial enthaltene Unregelmässigkeit besitzt eine spezifische elektrische Leitfähigkeit und Permeabilität. Weichen die Messwerte von den Sollwerten ab, sind dies Hinweise auf Schadstellen oder Materialveränderungen.

Im Gegensatz zur Ultraschallprüfung können bei der Wirbelstromprüfung oberflächennahe Fehler (z. B. Risse) detektiert werden. Daher ist die Wirbelstromprüfung eine optimale Ergänzung zur Ultraschallprüfung.

Eine Wirbelstromprüfung ist gemäss R I-22070 bei Gleisen unter 25 000 GBRT/Tag nicht vorgeschrieben (Anlage 2, Abbildung 23).

Für das betroffene Gleis D63 ist während der ganzen Lebensdauer keine Wirbelstromprüfung der Schiene dokumentiert.

#### 1.11.2.5 Gleisunterhalt

Während der ganzen Lebensdauer der Schiene erfolgte kein Gleisunterhalt wie Schleifen und Stopfen.

#### 1.11.2.6 Planung und Organisation der Schienenprüfung

Bei der Planung und Durchführung der reglementarisch vorgeschriebenen Ultraschallprüfung werden von SBB I zwei verschiedene Verfahren angewandt. Netzweit kommt auf den Streckengleisen der Schienenprüfzug zum Einsatz und wird zentral geplant. Die übrigen Gleise werden in drei Regionen geplant und primär manuell mit dem Schienenprüfgerät ausgeführt. Eine über alle Regionen konsolidierte Übersicht über die Planung und Ausführung der Prüfungen existiert nicht. Die netzweiten Kontrollen werden gegenüber den regionalen Kontrollen priorisiert.

#### 1.11.2.7 Planung der Fahrbahnerneuerung Gleis D63

Ursprünglich war die Fahrbahnerneuerung im Jahre 2017 geplant. Dieser Termin wurde mehrfach verschoben. Anhand der vorliegenden Dokumentation sind folgende Terminverschiebungen der Fahrbahnerneuerung des Gleises D63 rekonstruierbar:

- Die Fahrbahnerneuerung wurde anlässlich der Fahrbahnerneuerungsbegehung am 30.04.2013 von 2017 auf 2019 verschoben.
- Bei der Fahrbahnerneuerungsbegehung am 17.10.2014 wurde die Fahrbahnerneuerung von 2019 auf 2021 verschoben.
- Am 17.11.2016 wurde die Fahrbahnerneuerung 2021 durch eine weitere Fahrbahnerneuerungsbegehung bestätigt.
- Am 26.09.2017 erfolgte ein Bestelländerungsauftrag für die Vorverschiebung der Fahrbahnerneuerung von 2021 auf 2018.
- Ein anstehendes Projekt in der D-Gruppe war am 31.05.2018 Auslöser für eine weitere Terminverschiebung der Fahrbahnerneuerung von 2018 auf 2021.
- Ab 2017 sind keine Fahrbahnerneuerungsbegehungen als Entscheidungsgrundlage dokumentiert.

#### 1.11.2.8 Weitere betroffene Gleise

Auf Nachfrage hat sich gezeigt, dass neben dem Gleis D63 in Basel SBB RB noch weitere Hauptgleise im Netz von SBB I nicht gemäss den Vorgaben überprüft wurden. Betroffen waren Gleise derselben Kategorie wie das Gleis D63.

#### 1.11.2.9 Zusammenfassung Instandhaltung

- Die visuelle Inspektion wurde gemäss dem vorgegebenen Zyklus durchgeführt. Die deutlich sichtbaren Überwalzungen (Lippen) wurden dabei nicht festgehalten.
- Während der ganzen Lebensdauer der Schiene wurden keine Gleisgeometriemessfahrten, Ultraschall- oder Wirbelstromprüfungen durchgeführt.
- Während der ganzen Lebensdauer der Schiene erfolgte kein Gleisunterhalt wie Schleifen und Stopfen.
- Eine über alle Regionen konsolidierte Übersicht über die Planung und Ausführung der Ultraschall- und Wirbelstromprüfungen existiert nicht.
- Die für das Jahr 2017 geplante Fahrbahnerneuerung wurde mehrfach verschoben und war schliesslich für das Jahr 2021 geplant.
- Neben dem Gleis D63 waren weitere Hauptgleise im Netz von SBB I nicht gemäss den Vorgaben überprüft worden.

## 1.12 Regelungen und Funktionsbeschreibungen

### 1.12.1 Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung, AB-EBV

Gemäss den Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung, AB-EBV Art. 31 Abs. 6 ist für schwache Gleisbelastungen ein Einsatz des Profils 46 E1 zulässig. Der Begriff «schwach» ist in den AB-EBV nicht definiert.

### 1.12.2 Regelungen zum Einbau, Kontrollen und Unterhalt der Gleise

#### 1.12.2.1 Handbuch D RTE 22040 «Fahrbahnpraxis Normalspur»

Die RTE-Dokumentation D RTE 22040 «Fahrbahnpraxis Normalspur» (Ausgabe vom 1. Dezember 2009) ist ein Handbuch für die Mitarbeitenden im Fahrbahn-Ausendienst der Schweizer Normalspurbahnen (Baupoliere, Bauvorarbeiter, Verkehrswegbauer). Es enthält allgemeine Inhalte sowie zahlreiche Praxistipps von erfahrenen Fachdienstspezialisten, die sich an alle Betreiberinnen von normalspurigen Infrastrukturen richten.

Im Kapitel 6.2 sind die Standardschienenprofile beschrieben.

#### 1.12.2.2 Regelung R I 22070 «Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen»

Die Regelung der SBB, R I-22070 «Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen» (Ausgabe vom 25. Mai 2009) basiert auf dem D RTE 22040 und ist für die Anwendung bei SBB I angepasst worden. Sie definiert die Massnahmen, welche hinsichtlich Einbau, Kontrollen und Unterhalt von Gleisen einzuhalten sind.

Im Kapitel 5 sind die periodischen Kontrollen beschrieben und definiert. Für das Gleis D63 gelten folgende Periodizitäten:

- Alle 6 Monate eine Gleisgeometriemessfahrt.
- Alle 36 Monate eine Ultraschallprüfung.
- Eine Wirbelstromprüfung ist für diese Kategorie (Gleisbelastung kleiner als 25 000 GBRT/Tag) nicht vorgeschrieben.



Im Kapitel 6 sind die Unterhaltsarbeiten definiert, die bei festgestellten Mängeln und Abweichungen auszuführen sind. Dies beinhaltet insbesondere Schleifen und Stopfen (Heben und Richten) des Gleises.

#### 1.12.2.3 Regelung R I-22220 «Ultraschallprüfungen von Schienen und Weichenbauteilen»

Die Regelung R I-22220 «Ultraschallprüfungen von Schienen und Weichenbauteilen» (Ausgabe vom 15. Februar 2007) gilt für die Ultraschallprüfung von Schienen, Weichenbauteilen und Dilatationsvorrichtungen von SBB I. Sie richtet sich an die Ultraschallprüfgruppen und Anlageverantwortlichen.

#### 1.12.2.4 Regelung R I-50149 «Streckeninspektion»

Das Regelwerk R I-50149 «Streckeninspektion», vom 1. Juni 2016, regelt die Art und Durchführung der Streckenkontrolle.

Im Kapitel 2.3 ist die Periodizität für die Streckenkontrolle festgelegt. Für die Kategorie des Gleises D63 gilt eine Periodizität von 3 Monaten.

Im Kapitel 2.6 sind Überwalzungen als Beobachtungsschwerpunkte aufgeführt.

#### 1.12.3 Regelwerkanpassungen als Folge der Entgleisung eines Güterzuges in Cornaux am 24. März 2006

Am 24. März 2006 wurde in Cornaux ein Kesselwagenzug auf das Überholgleis B1 geleitet und entgleiste dort. Bei diesem Überholungsgleis handelte es sich nach der damaligen Zuteilung um ein Nebengleis. Im Bereich verfallener Schwellen wurde eine unzulässige Spurweite von 1505 mm gemessen. Das Gleis war generell in einem schlechten Zustand und die Holzschwellen am Ende der Lebensdauer (42 Jahre). Im Bericht<sup>2</sup> der damaligen Unfalluntersuchungsstelle Bahnen und Schiffe UUS wurde eine Sicherheitsempfehlung ausgesprochen, worauf das Regelwerk R I-22220 geändert (Ausgabe 1. März 2007) und das R I-22070 (Erstausgabe 1. Februar 2007) neu geschaffen wurde. Im Regelwerk R I-22220 wurde neu festgelegt, dass auch die Nebengleise 1 und 2 periodisch zu untersuchen sind. Bei einer Gleisbelastung kleiner/gleich 15 000 GBRT/Tag wurde das Ultraschallprüfintervall auf 36 Monate festgelegt.

#### 1.12.4 Ermüdungsfestigkeit von Eisenbahnschienen

Eisenbahnschienen unterliegen generell einer Materialermüdung. Die Schiene kann modellhaft als «einfacher Stahlbalken», der auf den Schwellen aufliegt, angesehen werden. Das überrollende Rad führt zu einem Lastwechsel. Die dadurch entstehenden Spannungen führen – abhängig von Intensität und Dauer – zu Schädigung im Metallgefüge der Schienen. Die betroffene Schiene der Form 46 E1 gilt als nicht dauerfest. Das heisst, die Anzahl der Überrollungen, gemessen in Gesamtbruttotonnen über die Lebensdauer, ist beschränkt. Gemäss [Fastenrath 1977] wird für das etwas ermüdungsfestere Schienenprofil S49, eine Grenzbelastung von rund 125 bis 155 Mio. GBRT (je nach Anteil hoher Achslasten) oder gemäss [Jörg 2004] minimal 200 Mio. GBRT (schlechtester Fall) angegeben. Dabei spielt das Alter der Schiene eine untergeordnete Rolle. Diese rund 125 bis 200 Mio. GBRT gelten jedoch nur unter der Voraussetzung, dass entstehende Schädigungen an der Schiene (Risse am Schienenkopf) rechtzeitig weggeschliffen und die richtige Berührgeometrie Rad/Schiene wieder hergestellt sowie die auftre-

---

<sup>2</sup> Rapport final, Service d'enquête sur les accidents des transports publics SEA, N° reg.: [4020483](#), 14 décembre 2006

tenden Vertikallasten regelmässig über mehrere Schwellen in den Unterbau abgetragen werden. Ansonsten führen die Spannungsspitzen zu Gefügeüberbelastungen, die sich in Form von wachsenden Rissen äussern und mit der Zeit zu einem Schienenbruch führen. Diese Risse im Innern der Schiene können in der Entstehung und Ausbreitung nur durch Ultraschall- oder Wirbelstromprüfung entdeckt werden.

## **2 Analyse**

### **2.1 Technische Aspekte**

#### **2.1.1 Fahrzeuge**

Die Fahrzeuge wiesen keine vorbestehenden Mängel auf, die einen Schienenbruch hätten begünstigen oder auslösen können.

#### **2.1.2 Einsatz der Schiene**

Das im Gleis D63 eingesetzte Schienenprofil der Form 46 E1 ist das kleinste Standardschienenprofil im Schweizer Normalspurnetz. Das Gleis wurde im Jahr 1996 eingebaut. In den 22 Jahren bis zum Unfallzeitpunkt im Jahr 2018 ergibt sich aufgrund der täglichen Belastung von 11 800 GBRT eine Gesamtbelastung von rund 100 Mio. GBRT. Diese liegt deutlich unter den Grenzwerten für die Lebensdauer eines Schienenprofils der Form 46 E1.

Für die Schätzung der täglichen Gleisbelastung werden ausschliesslich die Zugfahrten berücksichtigt. Die Belastungen durch Rangierbewegungen werden nicht berücksichtigt, obschon sie im Rangierbahnhof einen signifikanten Anteil an der Gesamtbelastung darstellen können. Im betroffenen Gleis D63 ist jedoch die Belastung durch Rangierbewegungen im Vergleich mit den Zugfahrten gering. Es liegen somit keine Anhaltspunkte vor, dass die fehlende Berücksichtigung der Rangierbewegungen in diesem Fall einen wesentlichen Beitrag zur Rissbildung geleistet hätten.

#### **2.1.3 Instandhaltung der Schiene**

Im Laufe der Lebensdauer der Schiene erfolgte keine Pflege durch Schleifen der Schiene, was die Anrisse an der Schienenkopfoberfläche entfernt und die Berührgeometrie Rad/Schiene verbessert hätte. Stopfungen zur Wiederherstellung der Sollgleislage und damit zur regelmässigen Ableitung der Kräfte sind nicht dokumentiert. Eine ungünstige Gleislage verstärkt die auf die Schiene einwirkenden Kräfte und begünstigt so die Rissbildung zusätzlich.

Die getroffenen Instandhaltungsmassnahmen waren nicht hinreichend, um die Betriebssicherheit der Schiene zu gewährleisten.

#### **2.1.4 Schädigung und Versagen der Schiene**

Die Ergebnisse der Schadenanalyse der rechten, gebrochenen Schiene zeigen, dass Anrisse, die unterhalb der Fahrfläche im Innern der Schiene entstanden sind, als Auslöser für das Versagen der Schiene feststehen. Die fraktographischen Merkmale der Risse, die bei den Anrissen auf ein Schwingungsrisswachstum hinweisen, lassen die Rissbildung einer Form der Rollermüdung zuordnen. Die Schiene war bereits vor dem Ereignis an mehreren Stellen durch Rollermüdungsmechanismen stark vorgeschädigt.

Die ungenügenden Instandhaltungsmassnahmen trugen dazu bei, dass die Vertikalkräfte durch die Achslasten punktuell verstärkt wurden und die Risse im Schieneninnern wachsen konnten. Verstärkend kommt hinzu, dass im vorgeschädigten Bereich fast ausschliesslich Güterverkehr stattfindet. In der Regel weist dieser hohe Achslastkollektive auf. Die Schädigung der Schiene durch hohe Achslasten verläuft hierbei überproportional.

Der Initialbruch ereignete sich an einer vorgeschädigten Stelle, bei der der verbliebene Schienenquerschnitt die Kräfte der üblichen Radlasten nicht mehr aufnehmen konnte und sich ein Restgewaltbruch ereignete. Durch die Vorschädigung der angrenzenden Bereiche mit weiteren Anrissen konnten diese die zusätzlich auftretenden Kräfte nicht mehr aufnehmen. Dies führte in der Folge zum vorliegenden Trümmerbruch der Schiene.

## 2.2 Organisatorische Aspekte

Die letzte visuelle Streckenkontrolle durch den Streckeninspektor fand am 11. Juli 2018 statt. Die Periodizität der Streckenkontrolle entsprach den Vorgaben. Der Streckeninspektor hat die generell sichtbare Beanspruchung der Schiene punktuell erkannt und festgehalten. Die im Inspektionsrapport vorgesehenen Massnahmen sind seit 2015 als offen deklariert. Gemäss Aussage der SBB müsste die Einschätzung des Streckeninspektors durch den Anlageverantwortlichen erneut beurteilt werden. Eine Neubeurteilung blieb offen, obwohl die als Fehler der Kategorie 2 bezeichneten Feststellungen (Dringlichkeit hoch) innert 12 Monaten zur Behebung festgehalten wurden.

Warum die deutlichen Überwalzungen (Lippen) am Schienenkopf im Rahmen der Streckenkontrolle nicht erfasst wurden, obwohl diese als Beobachtungsschwerpunkt festgelegt sind, ist nicht nachvollziehbar.

Der systematische Gleisunterhalt zur Gewährleistung der Betriebssicherheit, insbesondere Schleifen und Stopfen fand nicht statt. Dies führte zu erhöhten Spannungen in der Schiene und begünstigte die Rissbildung. Die nicht durchgeführten Ultraschallprüfungen führten dazu, dass der Initialbruch mit einem Schädigungsbeginn bei etwa 7 mm unter der Schienenoberkante sowie weitere Schadstellen nicht erkannt wurden.

Im Netz von SBB I wurden die vorgeschriebenen Ultraschallprüfungen nicht bei allen Gleisen durchgeführt. In durchgehenden Bahnhofsgleisen wurden systematisch nur einzelne Hauptgleise gemessen. Es gab daher Gleise, die während ihrer Gesamtlebensdauer nie auf mögliche Schienenschädigungen mittels Ultraschall geprüft wurden. Dieser Fehler wurde während Jahren nicht erkannt. Bei der SBB I-internen Analyse des Ereignisses konnte diese Lücke aufgedeckt werden.

Für die Planung der Gleiserneuerung des Gleises D63 sind bis 2016 Fahrbahnerneuerungsbegehungen als Entscheidungsgrundlage aufgeführt. Am 26.09.2017 wurde aus nicht dokumentierten Gründen ein Vorziehen der Erneuerung von 2021 auf 2018 beantragt. Es ist naheliegend, dass der Zustand der Fahrbahn dies erforderte. Ohne Begehung vor Ort wurde am 31.05.2018 infolge eines anstehenden Projektes in der Gleisgruppe D die für 2018 vorgezogene Erneuerung wieder auf 2021 hinausgeschoben. Anlässlich dieser Verschiebung der Fahrbahnerneuerung hätte eine erneute Beurteilung der Feststellungen sowie eine Definition der notwendigen Ersatzmassnahmen erfolgen sollen.

## 2.3 Betriebliche Aspekte

Der Güterzug 1 verkehrte auf einer eingestellten und gesicherten Zugfahrstrasse. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit wurde nicht überschritten.

### **3 Schlussfolgerungen**

#### **3.1 Befunde**

##### **3.1.1 Technische Aspekte**

- Die gebrochene Schiene im Gleis D63 war 22 Jahre lang im Einsatz.
- Die ungenügenden Instandhaltungsmassnahmen und die hohen Lastkollektive aus dem Güterverkehr begünstigten die Rissbildung.
- Der Initialbruch ereignete sich an einer vorgeschädigten Stelle, bei der der verbliebene Schienenquerschnitt die Kräfte der üblichen Radlasten nicht mehr aufnehmen konnte und ein Restgewaltbruch erfolgte.
- Der Initialbruch führte zu Überbelastungen in den angrenzenden, ebenfalls vorgeschädigten Bereichen, was unter der Last des Zuges zu einem Trümmerbruch der Schiene führte.
- Die Fahrzeuge wiesen keine vorbestehenden Mängel auf.
- Bei der Bestimmung der Schienenbelastung werden die Beanspruchungen durch Rangierbewegungen nicht berücksichtigt.

##### **3.1.2 Organisatorische Aspekte**

- Die Periodizität der Streckenkontrolle entsprach den Vorgaben.
- Die im Inspektionsrapport vorgesehenen Massnahmen sind seit 2015 als offen deklariert. Eine Neubeurteilung blieb offen, obwohl die als Fehler der Kategorie 2 bezeichneten Feststellungen (Dringlichkeit hoch) innert 12 Monaten zur Behebung vorgesehen sind.
- Die deutlichen Überwalzungen (Lippen) am Schienenkopf wurden im Rahmen der Streckenkontrolle nicht erfasst, obwohl diese als Beobachtungsschwerpunkt festgelegt sind.
- Nach mehreren Verschiebungen der Fahrbahnerneuerung (bis ins Jahr 2021) wurde am 26.09.2017 vorgesehen, diese doch 2018 durchzuführen. Infolge eines anderen anstehenden Projekts in der Gleisgruppe D wurde die für 2018 vorgesehene Erneuerung am 31.05.2018 ohne Begehung wieder auf 2021 verschoben. Die bekannten Feststellungen wurden durch den Anlageverantwortlichen nicht neu zu beurteilen.
- Die zum Erreichen der vorgesehenen Lebensdauer einer Fahrbahn notwendigen Instandhaltungsmassnahmen, wie Schleifen der Schienen und Stopfen wurden nicht vorgenommen.
- Die vorgesehene Ultraschallprüfung im Gleis D63 wurde nicht durchgeführt. In der Folge konnten die inneren Schädigungen der Schiene nicht erkannt werden.
- Die Infrastrukturbetreiberin erkannte nicht, dass es Hauptgleise im Netz von SBB I gab, die im Widerspruch zu den Vorgaben nicht mittels Ultraschallprüfung überwacht wurden.

##### **3.1.3 Betriebliche Aspekte**

Der Zug hielt die vorgeschriebene Geschwindigkeit ein.

### 3.2 Ursachen

Die Entgleisung eines Güterzuges bei der Durchfahrt in Basel SBB RB im Gleis D63 in Fahrrichtung Pratteln ist darauf zurückzuführen, dass die Bogenausenschiene während des Befahrens aufgrund einer Materialermüdung im Innern des Schienenkopfs brach. In der Folge brach die Schiene in der Nähe des ersten Bruchs an sieben weiteren ebenfalls vorgeschädigten Stellen.

Zum Unfall haben folgende Faktoren beigetragen:

- Seit Einbau der Schienen wurde keine Ultraschallprüfung durchgeführt.
- Die Infrastrukturbetreiberin erkannte nicht, dass für einzelne Gleise keine Ultraschallprüfungen durchgeführt wurden.
- Die zum Erreichen der Lebensdauer einer Fahrbahn notwendigen Instandhaltungsmassnahmen wie Schleifen und Stopfen wurden nicht ausgeführt.
- Die Termine für geplante Instandhaltungsmassnahmen wurden mehrfach verschoben.

Im Rahmen der Untersuchung konnten folgende Risiken erkannt werden:

- Das im Gleis D63 verwendete Schienenprofil (Form 46 E1) ist nicht geeignet, den entstehenden Belastungen ohne entsprechenden Gleisunterhalt (Schleifen und Stopfen) über den ganzen Lebenszyklus standzuhalten.
- Die fehlende Berücksichtigung von Rangierbewegungen kann zu einer Unterschätzung der Gesamtbelastung führen.
- Bei einer Belastung von weniger als 25 000 Gesamtbruttotonnen während eines Tages finden keine Wirbelstromprüfungen statt.

## **4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen**

### **4.1 Sicherheitsempfehlungen**

Keine

### **4.2 Sicherheitshinweise**

Keine

### **4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen**

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.

Als Sofortmassnahme wurden in Basel SBB RB alle Gleise der Gleisgruppe A, D, E und G mit dem Ultraschallverfahren geprüft und gefundene Auffälligkeiten umgehend behoben.

Weitere Gleise auf dem SBB Netz wurden identifiziert, die nicht entsprechend den Vorgaben mittels Ultraschall überprüft waren. Im Rahmen einer Sonderprüfung wurden diese Gleise mittels Ultraschall überprüft und gefundene Auffälligkeiten umgehend behoben.

Nachinstruktion R I-22220 für Prüfer und Prüfplaner mit dem Ziel der einheitlichen Auslegung und Anwendung des Reglements.

Geplante Einführung einer Applikation für die netzweite Planung der Schienenprüfungen sowie Überwachung des Zustandes und der Prüfzyklen ab Mitte 2021.

Dieser Schlussbericht wurde von der Kommission der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) genehmigt (Art. 10 Bst. h der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014).

Bern, 30. März 2021

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

## Anlage 1

### Schienefragmente

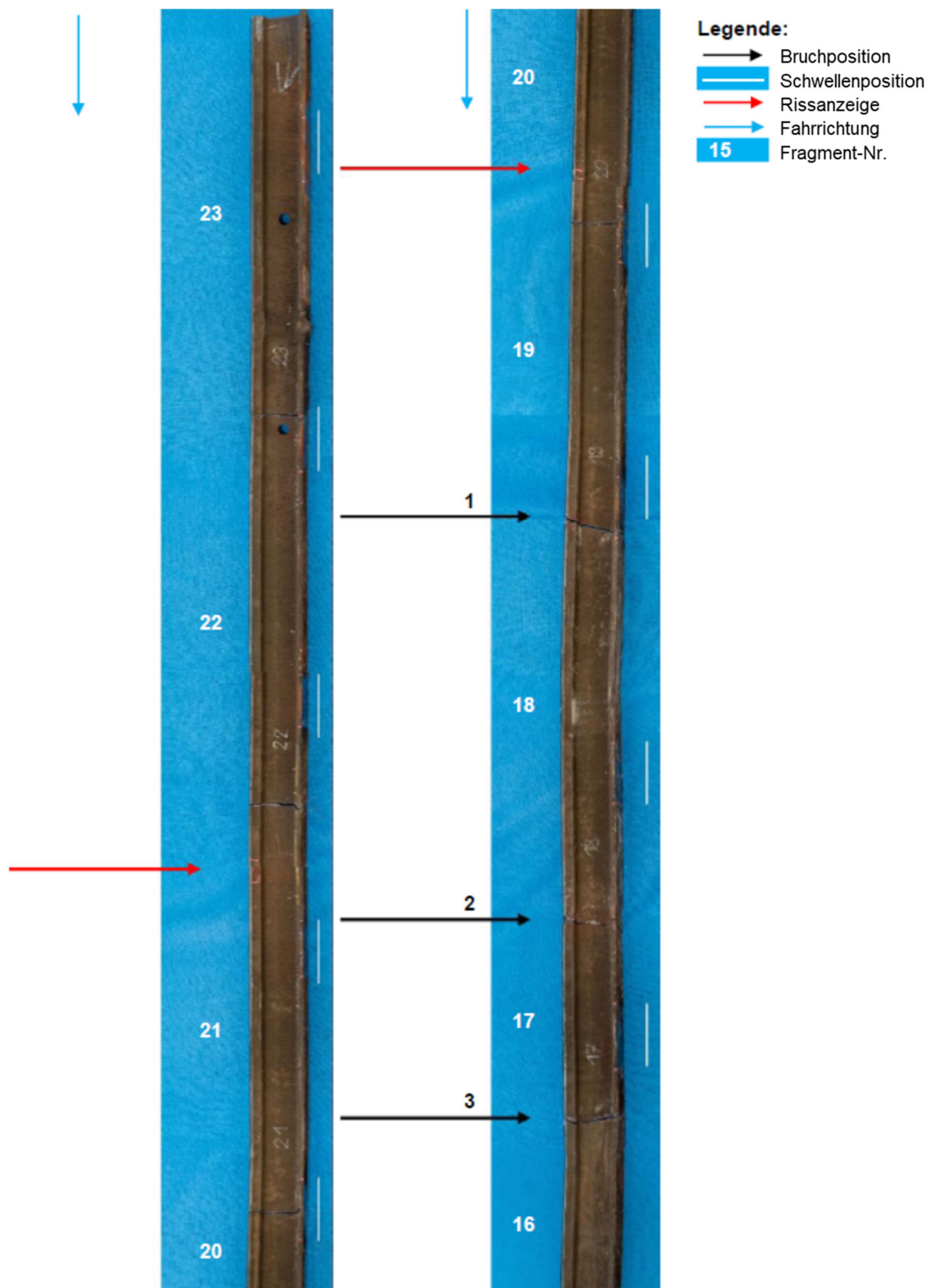


Abbildung 20: Schienenfragmente 16-23



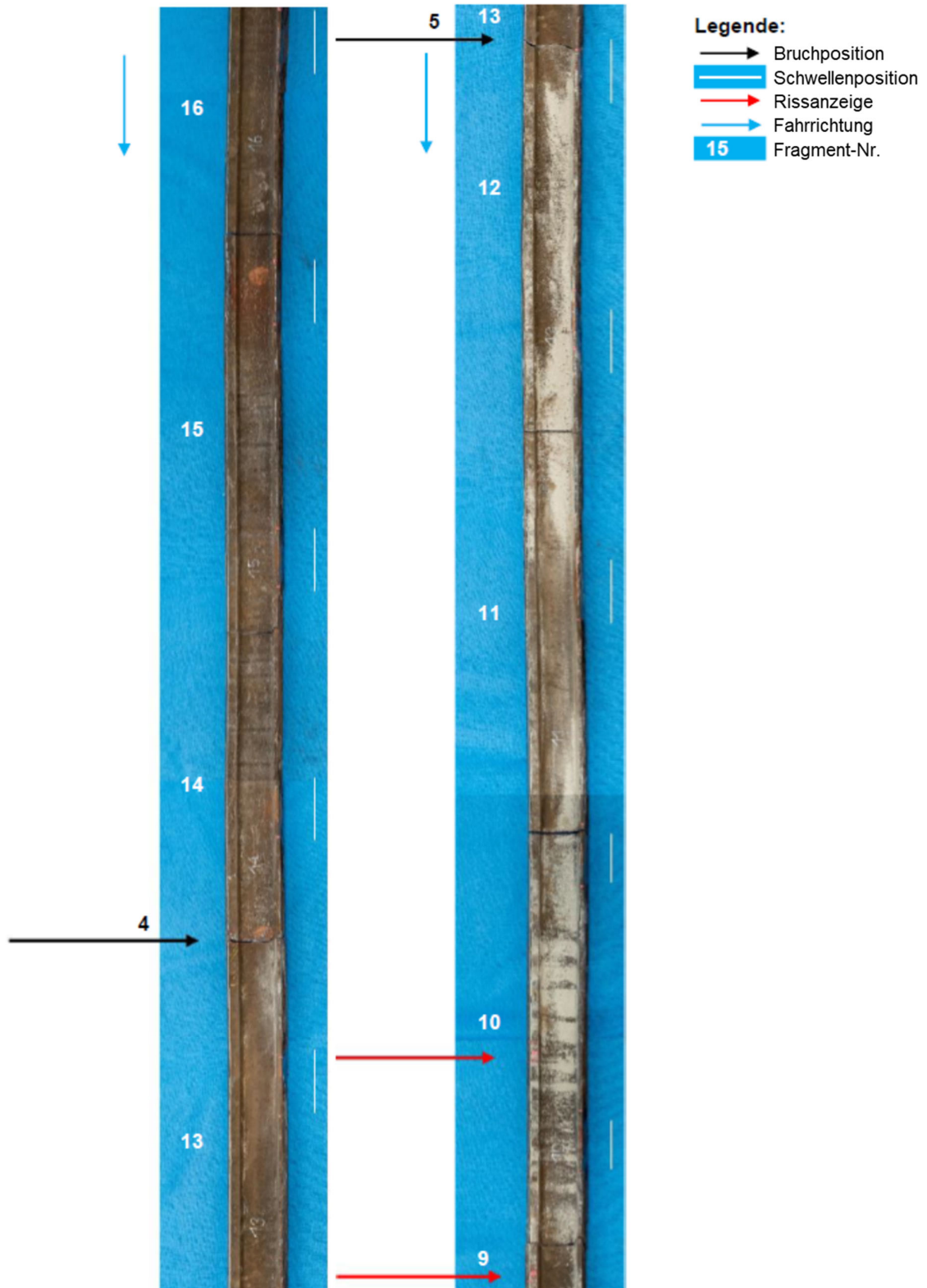


Abbildung 21: Schienenfragmente 9-16

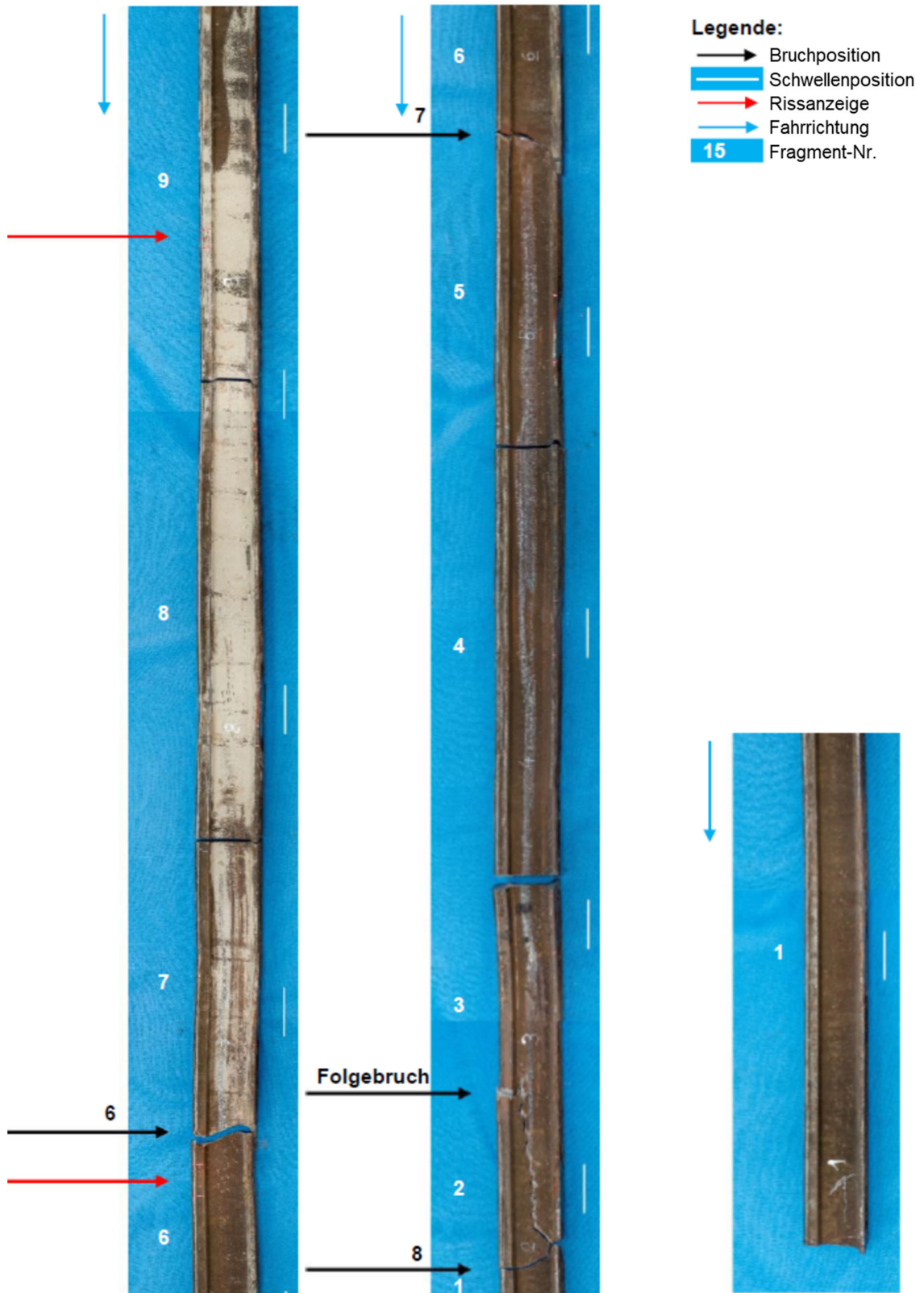


Abbildung 22: Schienenfragmente 1-9

## Anlage 2

## Überwachungstätigkeiten gemäss R I-22070, Version vom 25. Mai 2009.

			$V_R \leq 80$ km/h	$80 < V_R \leq 120$ km/h	$120 < V_R \leq 160$ km/h	$160 < V_R \leq 200$ km/h
<b>Streckenkontrolle gem. D I-FW-AM 4001</b>			alle 14 Tage	alle 14 Tage	alle 14 Tage	alle 14 Tage
<b>Gleisgeometriemessfahrt</b>			alle 6 Monate	alle 6 Monate	alle 6 Monate	alle 3 Monate
<b>Fahrzeugreaktionsmessfahrt</b>			---	---	---	alle 6 Monate
<b>Wiederholungsfahrten für Neigezüge auf Strecken mit <math>V_N &gt; V_R</math></b>			alle 18 Monate	alle 18 Monate	alle 18 Monate	$V_N = V_R$
<b>Ultraschall- prüfung</b> gem. R I-22220	$V_R$	Gleisbelastung $\leq 15'000$ GBRT/Tag	alle 36 Monate	alle 36 Monate	alle 24 Monate	alle 6 Monate
		$15'000$ GBRT/Tag < Gleisbelastung $\leq 25'000$ GBRT/Tag	alle 24 Monate	alle 24 Monate	alle 12 Monate	alle 6 Monate
		$25'000$ GBRT/Tag < Gleisbelastung $\leq 65'000$ GBRT/Tag	alle 12 Monate	alle 12 Monate	alle 12 Monate	alle 6 Monate
		Gleisbelastung > $65'000$ GBRT/Tag	alle 6 Monate	alle 6 Monate	alle 6 Monate	alle 6 Monate
	$V_N > V_R$ (Neigezüge)	alle 6 Monate	alle 6 Monate	alle 6 Monate	$V_N = V_R$	
<b>Wirbelstrom- prüfung</b>	$25'000$ GBRT/Tag < Gleisbelastung $\leq 65'000$ GBRT/Tag		alle 12 Monate	alle 12 Monate	alle 12 Monate	alle 6 Monate
	Gleisbelastung > $65'000$ GBRT/Tag		alle 6 Monate	alle 6 Monate	alle 6 Monate	alle 6 Monate

Abbildung 23: Überwachungstätigkeiten gemäss R I-22070, Version vom 25. Mai 2009.

### Überwachungstätigkeiten gemäss R I-22070, Version vom 1. April 2020.

	$V_R \leq 80$ km/h	$80 < V_R \leq 120$ km/h	$120 < V_R \leq 160$ km/h	$160 < V_R \leq 230$ km/h
<b>Streckeninspektion</b>	Siehe I-50149			
<b>Gleisgeometriemessfahrt</b> auf Streckengleisen, direkten durchgehenden Bahnhofsgleisen, sowie allen anderen Bahnhofsgleisen mit $V_R > 80$ km/h	alle 6 Monate	alle 6 Monate	alle 6 Monate	alle 3 Monate
<b>Fahrzeugreaktionsmessfahrt</b>	---	---	---	alle 6 Monate
<b>Wiederholungsfahrten für Neigezüge auf Strecken mit <math>V_N &gt; V_R</math></b>	alle 18 Monate	alle 18 Monate	alle 18 Monate	Keine, da $V_N = V_R$
<b>Ultraschallprüfung</b>	Siehe I-22220			
<b>Wirbelstromprüfung</b>	Analog zur Periodizität der Ultraschallprüfung mit dem Schienenprüfzug nach I-22220			

Abbildung 24: Überwachungstätigkeiten gemäss R I-22070, Version vom 1. April 2020.