



Schlussbericht

der Schweizerischen

Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über die Entgleisung eines Kessel-
wagens

vom 5. Juli 2018

in Eglisau (ZH)

Reg.-Nr. 2018070501

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 (EBG, SR 742.101) vom 20. Dezember 1957 (Stand am 1. Januar 2022) 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

Zusammenfassung	5
Überblick	5
Untersuchung	5
Kurzdarstellung	5
Ursache	6
Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise	6
Glossar	7
1 Sachverhalt	9
1.1 Ort des Ereignisses	9
1.2 Vorgeschichte	10
1.3 Ablauf des Ereignisses	10
1.4 Schäden	11
1.4.1 Personen	11
1.4.2 Infrastruktur	11
1.4.3 Fahrzeuge	11
1.5 Beteiligte und betroffene Personen	11
1.5.1 Lokführer	11
1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen	11
1.6.1 Infrastrukturbetreiberin	11
1.6.2 Eisenbahnverkehrsunternehmen	11
1.6.3 Wagenmieter	11
1.6.4 Wagenhalter	11
1.6.5 Instandhaltungswerkstätten	12
1.7 Infrastruktur	12
1.7.1 Bahnanlage	12
1.7.2 Sicherungsanlagen und Leittechnik	13
1.7.3 Zugkontrolleinrichtungen (ZKE)	13
1.8 Fahrzeuge	16
1.8.1 Güterzug 47044	16
1.8.2 Kesselwagen Uacs von Nacco	17
1.9 Auswertung der Datenaufzeichnung	18
1.9.1 Fahrdaten	18
1.9.2 Stellwerkdaten	18
1.9.3 Zugkontrolleinrichtung (ZKE)	19
1.10 Besondere Untersuchungen	20
1.10.1 Be- und Entladeprozess der Firma Holcim	20
1.10.2 Untersuchung an den Kesselwagen	21

1.10.3	Ersatz Drehgestelle	27
1.10.4	Ecklastvermessung	28
1.10.5	Technische Kontrolle an den Kesselwagen.....	29
1.10.6	Prozesse / Zusammenarbeit.....	29
1.10.7	Untersuchung in der Instandhaltungswerkstatt Inveho UFO, Orval	29
1.10.8	Untersuchung in der Instandhaltungswerkstatt Inveho Ferifos, Fos-sur-Mer ..	31
1.10.9	Safety Management System (SMS) von SBB Cargo	33
1.10.10	Safety Management System (SMS) des Wagenhalters Nacco	33
1.10.11	Fettanalyse	34
1.11	Regelungen und Funktionsbeschreibungen	34
1.11.1	Regelungen zu ECM	34
1.11.2	Fehlerkatalog für die Kontrolle von Zügen und Wagen	35
1.11.3	Frühere Untersuchung mit Mängel bei der Instandhaltung von Güterwagen ..	36
2	Analyse	37
2.1	Technische Aspekte	37
2.1.1	Infrastruktur	37
2.1.2	Wagen	37
2.2	Organisatorische Aspekte.....	38
2.2.1	Entladeprozess der Kesselwagen	38
2.2.2	Wagenhalter	38
2.2.3	ECM Prozess - Instandhaltung Werkstatt.....	39
2.3	Betriebliche oder prozessuale Aspekte	39
2.3.1	Zugkontrolleinrichtungen der Infrastruktur.....	39
2.3.2	Technische Kontrolle der Wagen durch das EVU	40
3	Schlussfolgerungen.....	41
3.1	Befunde	41
3.1.1	Technische Aspekte	41
3.1.2	Organisatorische Aspekte	42
3.1.3	Betriebliche oder prozessuale Aspekte	42
3.2	Ursachen	43
4	Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen	44
4.1	Sicherheitsempfehlungen	44
4.1.1	ECM-Zertifizierung der Instandhaltungserbringer.....	44
4.2	Sicherheitshinweise	45
4.3	Seit dem Unfall getroffene Massnahmen.....	45

Zusammenfassung

Überblick

Verkehrsmittel Eisenbahn

Beteiligte Unternehmen

Eisenbahnverkehrsunternehmen	SBB Cargo AG, Olten
Infrastrukturbetreiberin	SBB AG, Infrastruktur, Bern
Weitere Unternehmen	Holcim (Schweiz) AG (Holcim), Zürich Nacco SAS (Nacco), Paris (FR) Inveho UFO (UFO), Orval (FR) Inveho Ferifos (UFF), Fos-sur-Mer (FR)

Beteiligte Fahrzeuge Eine Lokomotive und 13 Kesselwagen

Ort Eglisau (ZH)

Datum und Zeit 5. Juli 2018, 20:20 Uhr

Untersuchung

Am 5. Juli 2018 um 20:57 Uhr traf die Meldung über die Entgleisung eines Kesselwagens in Eglisau beim Untersuchungsdienst der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) ein. Es wurde eine Untersuchung eröffnet.

Für die Untersuchung standen zur Verfügung:

- Bestandsaufnahme auf der Unfallstelle und in Werkstätten;
- Fotos;
- Fahrdaten des Zuges;
- Zugliste;
- Ittis-Aufzeichnung;
- Aufzeichnungen von Zugkontrollenrichtungen;
- Gutachten Fettanalyse;
- Gleispläne;
- Befragungen der Beteiligten und Betroffenen.

Kurzdarstellung

Am 5. Juli 2018 um ca. 20:20 Uhr entgleiste zwischen Glattfelden und Eglisau das vordere Drehgestell des fünften Wagens eines Kesselwagengüterzuges in Fahrtrichtung nach rechts. Rund 1.5 km nach der Entgleisung hielt der Lokführer den Zug vor der ersten Weiche in Eglisau an. Die Kesselwagen wurden zum Transport von Ölschiefer verwendet und waren gemäss Zugliste leer. Es entstand grosser Sachschaden an der Fahrbahn und am Drehgestell des Kesselwagens. Personen wurden keine verletzt.

Ursache

Die Entgleisung des fünften Kesselwagens des Güterzuges 47044 zwischen Bülach und Eglisau in einer leichten Linkskurve ist darauf zurückzuführen, dass infolge einer asymmetrischen Radlast aufgrund unvollständiger Entleerung des Transportgutes das rechte Rad des vorderen Drehgestells entlastet, dadurch angehoben wurde und in der Folge entgleiste.

Zum Unfall haben beigetragen:

- Das Nichterkennen von ungleichmässig verteilten Restmengen von Ölschiefer nach dem Entladen.
- Der erhöhte Ausdrehwiderstand des vorderen Drehgestells aufgrund von Beschädigungen des Drehzapfens und der Drehpfanne.

Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

Mit diesem Bericht werden weder Sicherheitsempfehlungen noch Sicherheitshinweise ausgesprochen.

Glossar

Vorgaben

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung vom 15. Dezember 1983, Stand am 1. Juli 2016 (SR 742.141.11)
EBV	Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung) vom 23. November 1983, Stand am 18. Oktober 2016 (SR 742.141.1)
EU 445/2011	Verordnung (EU) Nr. 445/2011 der Kommission vom 10. Mai 2011 über ein System zur Zertifizierung von für die Instandhaltung von Güterwagen zuständigen Stellen und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 653/2007
FDV	Schweizerische Fahrdienstvorschriften (R 300.1–.15) vom 2. November 2015, Stand am 1. Juli 2016 (SR 742.173.001)
VPI 04	Leitfaden Instandhaltung von Güterwagen - Radsätze, Stand 15.11.2017 Herausgegeben durch den VPI

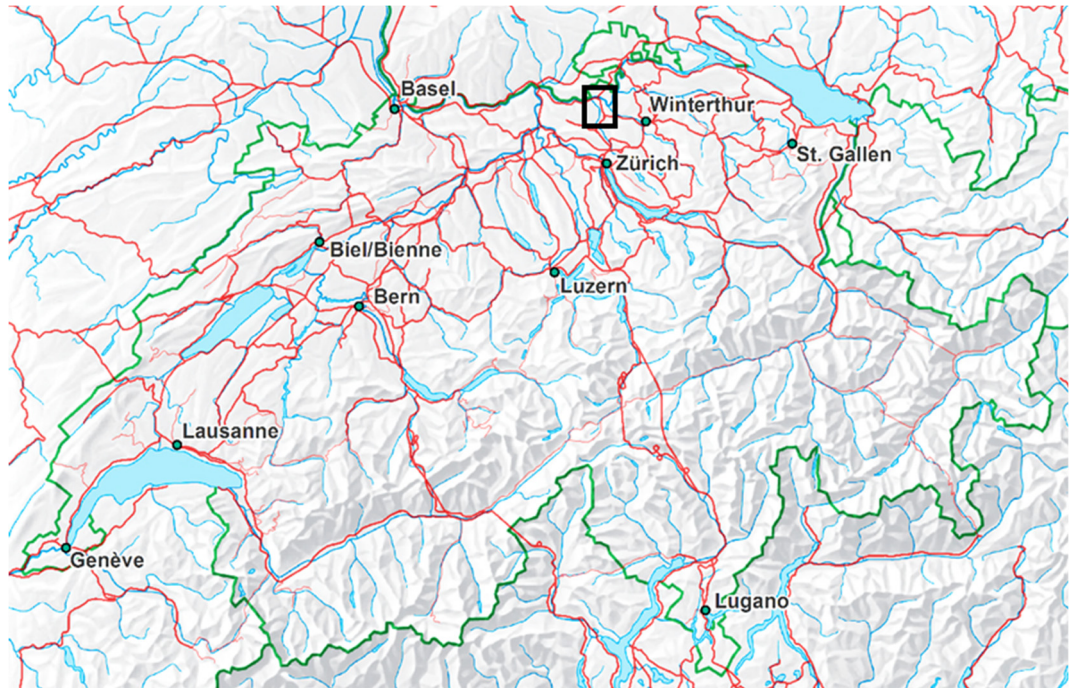
Begriffe

AVV	Allgemeiner Vertrag für die Verwendung der Güterwagen
BAV	Bundesamt für Verkehr
BEA-TT	Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre, Frankreich
CIS	Cargo-Information-System
DED	Dragging Equipment Detection – Profilortung nach unten; System der ZKE.
DG	Drehgestell
ECM	Entity in Charge of Maintenance. Die für die Instandhaltung von Fahrzeugen zuständige Stelle kann folgende Funktionen übernehmen: - Managementfunktion (Teil 1; bzw. ECM a) - Instandhaltungsentwicklung (Teil 2; bzw. ECM b) - Fuhrparkmanagement (Teil 3; bzw. ECM c) - Instandhaltungsfunktion (Teil 4; bzw. ECM d)
EU	Europäische Union
EUV	Eisenbahnverkehrsunternehmen
GP-Wechsel	Umstellvorrichtung für Bremswirkung P-Bremse: Schnell wirkende Bremse. Diese Betriebsart wird bei Personen- und Güterzügen verwendet. G-Bremse: Langsam wirkende Bremse. Diese Betriebsart wird bei Güterzügen verwendet.
G 4.8	Gem. dem durch den VPI herausgegebenen Leitfaden VPI 01 Instandhaltung von Güterwagen; Allgemeiner Teil einer Instandhaltungsstufe, die vereinfachte Revision gemäss Instandhaltungsplan alle 4, bzw. 5 Jahren vorgibt.
HFO	Heissläufer- und Festbremsortungsanlagen; System der ZKE.

Itis	Integrales Leit- und Informationssystem. Das System erlaubt eine weitgehend automatisierte Betriebsabwicklung eines Bahnbetriebsprozesses. Dazu gehören unter anderem die Fernsteuerung mehrerer Stellwerke, die Überwachung des Betriebs und die Steuerung der Fahrgastinformationssysteme in den Bahnhöfen.
Instandhaltung	<i>Kombination aller technischen und administrativen Massnahmen sowie Massnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Einheit zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustands oder der Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.</i> (Quelle: EN 13306:2001-09)
Instandhaltungsstufen	<i>Komplex von Instandhaltungsmaßnahmen, der als Einheit geplant und zu einem festgelegten Zeitpunkt durchzuführen ist.</i> (Quelle: VPI 01) Für Radsätze sind gem. VPI 04 folgende Instandhaltungsstufen definiert: - IL Lageruntersuchung - IS1 Profilbearbeitung im ausgebauten Zustand - IS2 IS1 mit Lageruntersuchung und erweiterter zerstörungsfreier Prüfung - IS3 Bewellen, Bescheiben mit IS2 ggf. ohne Reprofilierung
Instandsetzung	<i>Massnahmen zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand, mit Ausnahme von Verbesserungen.</i> (Quelle: DIN 31051)
Lf	Lokführer
OTIF	Organisation intergouvernementale pour les transports internationaux ferroviaires (Zwischenstaatliche Organisation für den internationalen Eisenbahnverkehr)
Ölschiefer	Sedimentgestein, das brennbare organische Anteile enthält. Verbrannter Ölschiefer wird als Zementzusatzstoff eingesetzt.
RLC	Radlast-Checkpoints; System der ZKE.
SNCF	Société nationale des chemins de fer français
SWEG	Südwestdeutsche Landesverkehrs-AG, Lahr/Schwarzwald (DE)
TKI	Technische Kontrolle der Infrastruktur
Uacs, Uacns	Güterwagenbezeichnung nach UIC U Sonderwagen a vier Radsätze c Entladung durch Druckluft oder Luftstösse n Lademasse bei Lastgrenze C: $m > 60\text{ t}$ s zugelassen für Züge bis 100 km/h
UIC	Union internationale des chemins de fer (Internationaler Verband von Eisenbahnunternehmen)
VPI	Verband der Güterwagenhalter in Deutschland (vorher Vereinigung der Privatgüterwagen-Interessenten)
VPI 01	Leitfaden «Instandhaltung von Güterwagen, Allgemeiner Teil»
VPI 04	Leitfaden «Instandhaltung von Güterwagen, Radsätze»
ZKE	Zugkontrolleinrichtungen
ZUB	Zugbeeinflussung

1 Sachverhalt

1.1 Ort des Ereignisses



Abbildungen 1 und 2: Übersichtskarten zum Ort des Unfalls.
Quelle der Basiskarten: Bundesamt für Landestopografie.

1.2 Vorgeschichte

Nach dem Entladen von Ölschiefer im Zementwerk der Firma Holcim in Untervaz (GR) fuhr der Zug 47044, bestehend aus einer Lokomotive und 13 Kesselwagen, am 5. Juli 2018 um 17:25 Uhr in Zizers (GR) in Richtung Schaffhausen ab. Der Fahrweg führte ab Zizers über Sargans, Thalwil, Dietikon, Würenlos, Zürich Seebach, Rümlang nach Bülach. Unterwegs befuhr der Zug sieben Zugkontrolleinrichtungen. Die Fahrt bis zur Entgleisung verlief ereignislos.

Vor dem Ereignis befuhren um ca. 20:13 Uhr eine S-Bahn in Richtung Zweidlen und um ca. 20:17 Uhr ein Ganzzug in Richtung Hüntwangen die Stelle, an der der nachfolgende Zug 47044 entgleiste.

Bereits am 23. Mai 2018 kam es in Dotternhausen (DE) zu einer Entgleisung, an der ein gleicher, ebenfalls leerer Kesselwagentyp beteiligt war.

1.3 Ablauf des Ereignisses

Nach einem kurzen Halt in Bülach fuhr der Zug 47044 um ca. 20:15 Uhr zwei vorausfahrenden Zügen, einem S-Bahnzug und einem Ganzzug, im Blockabstand nach. Nach der Haltestelle Glattfelden in einer leichten Linkskurve entgleiste der fünfte Wagen beim Bahn-km 20.473 um ca. 20:20 Uhr mit dem vorderen Drehgestell (DG). Der Lokführer bemerkte die Entgleisung vorerst nicht. Der ihm entgegenkommende Lokführer einer S-Bahn machte ihn auf einen entgleisten Wagen aufmerksam, so dass er nach dem Einfahrsignal von Eglisau und noch vor der ersten Weiche anhalten konnte. Die Zugspitze kam beim Bahn-km 21.988 um ca. 20:23 Uhr zum Stillstand.

Die ersten Untersuchungshandlungen zeigten, dass nebst dem fünften auch der siebte Kesselwagen Unregelmässigkeiten aufwies. Deshalb wurde auch dieser genauer untersucht.



Abbildung 3: Entgleistes Drehgestell des fünften Kesselwagens (Quelle: Kantonspolizei Zürich).

1.4 Schäden

1.4.1 Personen

Es kamen keine Personen zu Schaden.

1.4.2 Infrastruktur

Auf einer Länge von rund 1.5 km wurden Schwellen sowie verschiedene sich im Gleis befindende Komponenten für die Sicherungsanlage stark beschädigt.

1.4.3 Fahrzeuge

Das erste Drehgestell des entgleisten Kesselwagens wurde stark beschädigt.

1.5 Beteiligte und betroffene Personen

1.5.1 Lokführer

Person	Anstellung bei SBB Cargo AG, Dienstort Bülach.
Berechtigung	Ein BAV-Ausweis der Kategorie B zum Ausführen aller Rangierbewegungen und zum Führen aller Züge war vorhanden und gültig. Eine Bescheinigung zum Befahren aller Schweizer Normalspur-Infrastruktur und zum Bedienen u. a. der gefahrenen Lok war vorhanden.

1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen

1.6.1 Infrastrukturbetreiberin

SBB AG, Infrastruktur, Bern

1.6.2 Eisenbahnverkehrsunternehmen

SBB Cargo AG, Olten

1.6.3 Wagenmieter

Holcim (Schweiz) AG, Zürich mietete die 13 Kesselwagen.

1.6.4 Wagenhalter

1.6.4.1 Triebfahrzeug

SBB Cargo AG, Olten	Re 620 056-2
---------------------	--------------

1.6.4.2 Kesselwagen

Nacco SAS (Nacco), Paris (FR)	Uacs 37 80 9325 549-5 (Wagen 5) Uacs 37 80 9325 529-7 (Wagen 7)
-------------------------------	--

Das Unternehmen Nacco war als Wagenhalter für die auf jeden einzelnen Güterwagen bezogene Bestimmung des ECM gemäss der Verordnung (EU) Nr. 445/2011 verantwortlich und trug damit die Gesamtverantwortung. Die Instandhaltung (Funktion d) wurde an verschiedene Instandhaltungswerkstätten delegiert.

1.6.5 Instandhaltungswerkstätten

Die nachfolgenden Instandhaltungswerkstätten wurden vom Wagenhalter mit der Ausführung der Instandhaltung entsprechend der ECM Funktion d (gemäss der Verordnung (EU) Nr. 445/2011) beauftragt. Eine Übersicht ist in Anlage 1, Abbildung 27 ersichtlich.

1.6.5.1 Instandhaltungswerkstatt der Wagen 5 und 7

Inveho UFO (UFO), Orval (FR)

1.6.5.2 Instandhaltungswerkstätten der Achsen

RailMaint GmbH (ERMK), Kaiserslautern (DE), (Wagen 5, Achsen)

Vleka in Tehnika d.o (PT), Ljubljana (SI) (Wagen 7, Achsen)

Inveho Ferifos (UFF), Fos-sur-Mer (FR) (Wagen 7, Achsen)

Fahrzeugwerk Niedersachswerfen GmbH (FWN), Ellrich (DE) (Achsen der Ersatzdrehgestelle)

1.7 Infrastruktur

1.7.1 Bahnanlage

1.7.1.1 Beschreibung

Von Bülach führt eine zweispurige Strecke in leichten sich abwechselnden Kurven mit einem maximalen Gefälle von 9 ‰ nach Eglisau. Die Distanz zwischen den beiden Bahnhöfen Bülach und Eglisau beträgt 6.116 km. Dazwischen befindet sich die Haltestelle Glattfelden. Die Strecke ist in drei Blockabschnitte unterteilt. Die maximal zulässige Streckengeschwindigkeit zwischen Glattfelden und Eglisau für den Güterzug betrug gemäss der Streckentabelle 95 km/h.

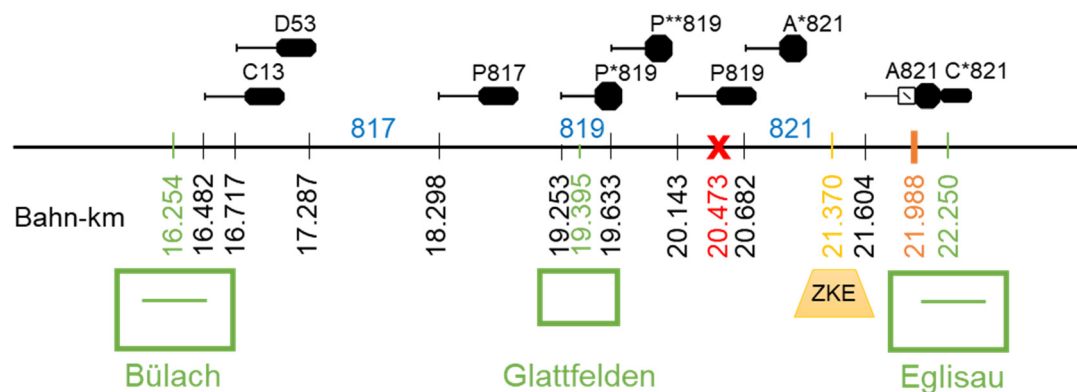


Abbildung 4: Schematische Darstellung des linken Streckengleises zwischen Bülach und Eglisau mit den für das Ereignis relevanten Angaben (siehe auch Anlage 3, Tabelle 5).

X: Entgleisungsstelle;

I: Zugspitze nach dem Anhalten.

1.7.1.2 Feststellung

1.7.1.2.1 Spuren an der Schiene

Die erste sichtbare Spur wurde beim Bahn-km 20.473 in einer leichten Linkskurve auf dem Schienenkopf der in Fahrtrichtung rechten Schiene festgestellt. Diese Spur, verursacht durch einen Spurkranz, verlief über eine Länge von 8.4 m über den Schienenkopf. Danach wurden erste Schäden an den Schwellen rechts der Schienen sichtbar.

1.7.1.2.2 Gleisvermessung

Am 26. März 2018 wurde das Gleis letztmals mit dem Diagnosefahrzeug von SBB Infrastruktur statisch und dynamisch vermessen. Die Daten von Gleislage, Verwindung, Einsenkung und Spur im Bereich des Bahn-km 20.400 bis 20.490 zeigen zulässige Werte.

Am 6. Juli 2018 wurde das Gleis hinsichtlich Gleislage und Spur im Bereich des Bahn-km 20.435 bis 20.493, d. h. 38 m vor und 20 m nach der Entgleisungsstelle, statisch vermessen. Die Daten zeigen, dass Gleislage und Spur innerhalb der zulässigen Toleranz lag.

1.7.2 Sicherungsanlagen und Leittechnik

Die Sicherungsanlagen und die Leittechnik sind für den Unfallhergang nicht relevant.

1.7.3 Zugkontrolleinrichtungen (ZKE)

1.7.3.1 Allgemeines

Auf dem Normalspurnetz der Schweizer Bahnen sind mehrere, unterschiedliche Systeme von Zugkontrolleinrichtungen (ZKE) installiert. Sie führen Messungen an vorbeifahrenden Zügen durch, reagieren bei Abweichungen durch Alarmmeldungen und leisten dadurch einen wichtigen Beitrag für die Sicherheit des Eisenbahnverkehrs.

Im Folgenden werden nur die Überwachungssysteme beschrieben, die mit dem vorliegenden Ereignis im Zusammenhang stehen.

- Heissläufer- und Festbremsortungsanlage (HFO)
- Radlastcheckpoint (RLC)
- Dragging Equipment Detection (DED)

Das Interventionszentrum in Erstfeld hat die Aufgabe, empfangene Meldungen zu analysieren und bei Alarmen Massnahmen zu treffen. Bestimmte Alarme werden automatisch ausgelöst und gleichzeitig dem zuständigen Fahrdienstleiter übermittelt.

Die gesammelten elektronischen Daten werden gespeichert und können nach einem Zwischenfall bei Bedarf im Detail analysiert werden.

1.7.3.2 Heissläufer- und Festbremsortungsanlagen (HFO)

1.7.3.2.1 Beschreibung

Die HFO erkennen Heissläufer und Festbremsungen bei vorbeifahrenden Zügen. Die Anlagen sind mit Infrarotsensoren zur Temperaturmessung ausgestattet.

1.7.3.2.2 Alarm-Eingriffswerte

Die Alarm-Eingriffswerte sind wie folgt festgelegt:

Heissläufer Differenzalarm	≥ 45 °C
Heissläufer heiss	≥ 100 °C
Heissläufer warm	≥ 80 °C < 100 °C
Festbremser heiss	≥ 250 °C
Festbremser Scheibenbremse	≥ 350 °C
Festbremser Trendalarm Klotzbremse	≥ 200 °C < 250 °C

1.7.3.3 Radlast-Checkpoints (RLC)

1.7.3.3.1 Beschreibung

Dieses System wurde ursprünglich als «Radlastwaage» entwickelt. Es misst statisch und dynamisch die Radlasten vorbeifahrender Züge.

Der Radlast-Checkpoint überprüft gleichzeitig die Radaufstandskraft und das Radlastverhältnis links-rechts, um die Verteilung der Last auf die Räder zu kontrollieren. Die Radaufstandskraft ist ein Indikator für den Zustand eines Fahrzeugrades. Damit lassen sich Unrundheiten oder Schäden an der Lauffläche des Rades sowie Flachstellen erkennen, die zu Schäden an der Infrastruktur oder Folgeschäden an den Fahrzeugen führen können. Sobald eine markante Flachstelle auf einer Lauffläche eines Rades vorhanden ist, steigt der dynamische Beiwert.

Auszug aus dem Handbuch Zugkontrolleinrichtungen¹:

Mit den RLC werden folgende Messungen und Nutzen erzielt:

- **Rad- und Achslasten**
Verhinderung von Überbelastungen der Infrastruktur (z.B. alte Stahlbrücken), aber auch Verhinderung von Achsbrüchen aufgrund der Überbelastungen mit möglicher Entgleisung in der Folge.
- **Radlastverhältnis links zu rechts**
Verhinderung von Entgleisungen und allenfalls auch Profilverletzungen aufgrund von Ladeverschiebungen oder Falschverladung.
- **Radunrundheiten und Drehgestellschäden**
Verhinderung von Überbelastungen der Infrastruktur bzw. von Entgleisungen durch Rad- bzw. Drehgestellschäden (gebrochene oder verrutschte Federn, fehlende Bolzen, sicherheitskritische Flachstellen). Zudem stellen Flachstellen eine empfindliche Komforteinbusse für Reisende sowie u.U. eine starke Lärmbelästigung für Anwohner dar. Auch Erschütterungen in nahe am Gleis liegenden Unternehmungen können sich sehr störend auswirken.
- **Zuggesamtgewicht, Abgleich mit den entsprechenden Daten in CIS-Infra**
Verhinderung von Signalfällen bzw. Zusammenstössen infolge falscher Bremsrechnungen.

¹ Quelle: Regelwerk SBB, I-50099, IB 50/18, Handbuch Zugkontrolleinrichtungen, Version 7-0, gültig ab 01.07.2018

1.7.3.3.2 Alarm-Eingriffswerte, bzw. Warn-Werte

Folgende Alarm-Eingriffswerte und Warn-Werte wurden festgelegt:

- Alarm-Eingriffswerte
 - Radlastverhältnis $\geq 1:1.7$ und Achslast ≥ 10 t
 - Achslast ≥ 25.5 t
 - Radfehler dyn. Radkraft ≥ 40 t
 - Zuggewicht Abweichungen ≥ 20 % (Messung – CIS-Daten)

Im Alarmfall fährt der Lf mit einer Geschwindigkeit von maximal 60 km/h bis zum nächsten Interventionsbahnhof und hält den Zug an.

- Warn-Werte
 - Radlastverhältnis $\geq 1:1.6$ und Achslast ≥ 10 t
 - Achslast ≥ 24.5 t
 - Radfehler dyn. Radkraft ≥ 30 t

Warnmeldungen werden automatisch als Mail generiert und an die EVU übermittelt, die diese behandeln und i. d. R im Endbahnhof geeignete Massnahmen treffen.

Alle Wagen werden vom System gemessen und erfasst. Bei leeren Wagen bzw. Wagen, die eine Achslast kleiner als 10 t aufweisen, wird jedoch auch bei Überschreiten des Radlastverhältnisses 1:1.7 keine automatische Überwachungsmeldung ausgelöst.

1.7.3.4 Profilortung nach unten – Dragging Equipment Detection (DED)

1.7.3.4.1 Beschreibung

Dieses System detektiert am Zug herunterhängende Objekte, die das Lichtraumprofil unterhalb des Zuges verletzen und für die schienenseitige Infrastruktur eine Gefahr darstellen. Bei einer Beschädigung von infrastrukturseitigen Komponenten kann dies zum Ausfall von Anlageteilen und Zugsverspätungen führen.

1.7.3.4.2 Alarme

Herunterhängende Objekte, die das Lichtraumprofil unterhalb des Zuges verletzen, führen zu einem Alarm «Profilüberschreitung unten».

1.7.3.5 Feststellung zu den ZKE-Anlagen

Die ZKE-Anlagen funktionierten einwandfrei. Die für die Untersuchung angeforderten Daten wurden der SUST zugestellt.

1.8 Fahrzeuge

1.8.1 Güterzug 47044

1.8.1.1 Beschreibung

Der Güterzug 47044 war aus der Lokomotive Re 620 056 und 13 leeren Kesselwagen vom Typ Uacs des Wagenhalters Nacco SAS gebildet. Der Zug hatte eine Länge von 198 m, 58 Achsen und ein Gewicht von 437 t.

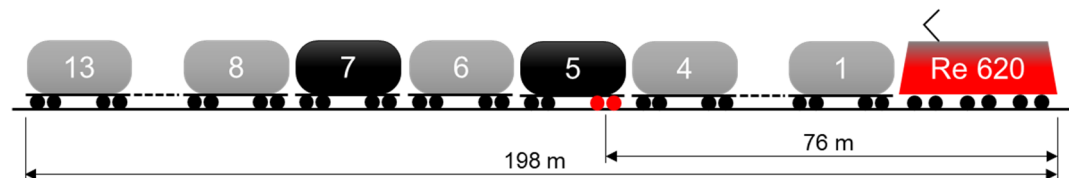


Abbildung 5: Zugformation.

Rote Räder: Entgleistes Drehgestell.

Schwarze Kesselwagen: Für die Untersuchung gesicherte Fahrzeuge.

- Wagen 5: Uacs 37 80 9325 549-5
- Wagen 7: Uacs 37 80 9325 529-7

1.8.1.2 Feststellungen vor Ort

Die Lokomotive und die Kesselwagen waren korrekt untereinander gekuppelt, die Hauptluftleitungen waren verbunden und die Lufthähne waren offen.

Bei allen Wagen waren die Bremsen eingeschaltet, die Umstellvorrichtungen zum Lastwechsel standen auf «Leer» und diejenige für die Bremsart (GP-Wechsel) auf der Position «P».

Die vier Räder des in Fahrtrichtung vorderen Drehgestells von Wagen 5 befanden sich rechts neben den Schienen (Abbildung 3). Folgendes wurde an diesem Drehgestell festgestellt:

- Am Rad 1L:
Das vordere Federpaket und der vordere Bremsklotz fehlten.
- Am Rad 1R:
Das vordere Federpaket und der vordere Bremsklotz fehlten; der hintere Bremsklotz war angerissen.
- Am Rad 2L:
Der vordere Bremsklotz war teilweise zerstört, und der hintere fehlte.
- Am Rad 2R:
Das vordere Federpaket und beide Bremsklötze fehlten.

Nach der Entgleisung wurden alle von dem entgleisten Drehgestell des Wagens 5 verlorenen Teile auf der Strecke gesucht, gefunden und sichergestellt.

1.8.1.3 Feststellungen am Folgetag

Am 6. Juli 2018, am Tag nach der Entgleisung, wurden alle 13 Wagen im Bahnhof Eglisau inspiziert. Am Wagen 7 wurden an allen vier Achslagern erhöhte Erwärmungsspuren festgestellt. An der Achse 4 wurde Ölaustritt an einem Achslagergehäuse festgestellt. An diesem Gehäuse war eine der drei Achsdeckelschrauben lose. Nach der Inspektion wurden der entgleiste Wagen 5 und der Wagen 7 mit den Erwärmungsspuren an den Achslagern durch die SUST beschlagnahmt und für weitere Untersuchungshandlungen (Kapitel 1.10.2) in eine Werkstatt überführt.

1.8.2 Kesselwagen Uacs von Nacco

1.8.2.1 Beschreibung

Die Wagen vom Typ Uacs sind vierachsige Kesselwagen mit pneumatischer Entleerung. Sie haben eine Länge von 13.75 m, ein Leergewicht von 19.190 t und eine Kapazität von 84 m³ für Schüttgut. Der Kessel besteht aus einer Kammer und ist speziell geeignet für staubförmige Schüttgüter wie Zement, Gips, Kalk, Filler, Dolomit oder Ölschiefer. Oben im Kessel befinden sich drei Öffnungen (Domdeckel) für das Befüllen der Wagen. Unterhalb des Kessels sind je Seite Armaturen für den Entlad des Schüttguts vorhanden. Eine Armatur dient dem Anschluss der Druckluftleitung und zwei Armaturen dienen dem Anschluss der Entladeschläuche. Im Kesselboden sind zur Auflockerung noch verdichteten Schüttguts sogenannte «Tücher» bzw. «Matten» eingebaut.

1.8.2.2 Feststellung vor Ort

Beim Öffnen der Domdeckel und Blick ins Innere des Kessels zeigte sich bei beiden Wagen, dass diese noch Reste von Ölschiefer enthielten. Das Material war kompakt, aber immer noch pulverförmig. Es wurde nicht detaillierter untersucht. Beim Wagen 5 war im vorderen Bereich, über der entgleisten Achse, bis in die Mitte des Kessels das Restmaterial gleichmässig verteilt. Im hinteren Bereich war das Restmaterial im Kessel in Fahrtrichtung auf der linken Seite abgelagert (Anlage 2, Abbildung 28). Beim Wagen 7 waren im vorderen und mittleren Bereich des Kessels kleine Restmengen gleichmässig verteilt vorhanden. Im hinteren Bereich waren grössere Restmengen ebenfalls auf der in Fahrtrichtung linken Seite abgelagert (Anlage 2, Abbildung 29).

Es gab keine Anzeichen von Feuchtigkeit im Bereich der Domdeckeldichtungen.

1.8.2.3 Instandhaltung der Kesselwagen

Die zwei Wagen 5 und 7 wurden am 22.12.2017 im Atelier Inveho UFO einer Instandhaltung G 4.8 unterzogen.

1.8.2.4 Laufleistung der Kesselwagen nach der Instandhaltung im Dezember 2017

Gemäss Angaben des Wagenmieters Holcim haben die Wagen 5 und 7 seit Februar 2018 ca. 3000 km zurückgelegt, davon 2400 km auf dem Netz der Schweizer Infrastruktur.

1.8.2.5 Frühere Vorkommnisse

Gemäss eigenen Angaben hatte Holcim seit Anfang 2011 von der Firma Nacco 22 Kesselwagen vom Typ Uacns 84 m³ (mit 4 Domdeckeln) in Betrieb. Diese waren zuerst im Wagenladungsverkehr mit Zement, dann die letzten zwei Jahre im Ganzzugverkehr mit Flugasche von Herne (DE) nach Münchenstein im Einsatz. Als einziger Zwischenfall ist Holcim Ladeverschiebungen (stirnseitig) im Zementverkehr von Eclépens nach Giubiasco bekannt. Die Vermutung war, dass entweder starke Bremsungen oder Aufprälle dies verursacht haben könnten. Staubbügel verteilen sich beim Befüllen der Wagen fast wie Wasser, so dass eine einseitige Befüllung bei einer Kammer ausgeschlossen werden kann.

Von 2011 bis Anfangs 2018 fuhr Holcim mit den eigenen Kesselwagen vom Typ Uacns 70 m³ Ölschiefer ohne Zwischenfälle vom Zementwerk in Dotternhausen (DE) in die Schweiz. Die Bahnwagen wurden jeweils durch einen SWEG-Lokführer im Zementwerk in Dotternhausen beladen und durch Holcim-eigenes Personal im Zementwerk in der Schweiz entladen.

Anfangs 2018 hatte Holcim von Nacco zusätzlich 30 Kesselwagen des Typs Uacs 84 m³ (mit 3 Domdeckeln) für den Ersatz der eigenen Kesselwagen Uacns 70 m³ für den Ölschiefer-Verkehr angemietet. Die Wagen wurden in zwei Kompositionen aufgeteilt. Beim ersten Entlad der Wagen der ersten Komposition wurde festgestellt, dass die Entladezeit viel länger dauerte als dies bei den eigenen Kesselwagen der Fall war. Daraufhin wurde veranlasst, die Wagen der zweiten Komposition vor dem Beladen auf Feuchtigkeit kontrollieren zu lassen. Es wurde festgestellt, dass es Wasser im Kessel hatte. Daraufhin wurden alle 30 Kesselwagen durch Holcim aus dem Verkehr genommen und durch den Halter und ECM-Verantwortlichen Nacco der Werkstatt zugeführt. Die Wagen wurden instandgesetzt, geprüft und danach wieder in Verkehr genommen. Die Wagen 5 und 7 sind zwei der 30 Kesselwagen.

1.9 Auswertung der Datenaufzeichnung

1.9.1 Fahrdaten

In der Lokomotive Re 620 056 standen eine Farbscheibe, ein Tachostreifen sowie ZUB-Diagnosedaten für die Analyse des Fahrverlaufs des Zuges 47044 zur Verfügung. Die Farbscheibe zeichnet die Geschwindigkeit der letzten 1200 m auf; somit konnte sie keine Angaben zum Fahrverlauf unmittelbar vor und nach der Entgleisung liefern, die 1500 m vor dem Anhalten stattgefunden hat.

Die Auswertung von Tachostreifen² und ZUB-Diagnosedaten der Fahrdaten (Anlage 3, Abbildung 30 und Tabelle 5) zeigen, dass der Zug in Bülach ca. 160 m nach dem Signal C13, das eine «Warnung» auslöste (1) und bei dem die Lok mit 11 km/h vorbei fuhr, kurz anhielt. Danach beschleunigte der Zug (2) und fuhr mit 19 km/h am Signal D53 vorbei. Dann beschleunigte der Zug unterschiedlich, bis er eine Geschwindigkeit von rund 60 km/h (3) erreichte. Es folgte eine Verzögerung und die Vorbeifahrt an den «Warnung» zeigenden Signalen P*819 (Vorsignal) (4) und P**819 (Wiederholungssignal) (5) mit 55 bzw. 36 km/h. Kurz danach beschleunigte der Zug wieder, fuhr mit 42 km/h am nachfolgenden Hauptsignal P819 vorbei und erreichte eine Geschwindigkeit von rund 45 km/h (6). Am nachfolgenden, «Warnung» zeigenden Vorsignal A*821 fuhr er mit 42 km/h vorbei (7). Danach erfolgte eine Verzögerung bis auf 25 km/h. Mit dieser Geschwindigkeit fuhr der Zug am Hauptsignal A821 vorbei (8). Rund 300 m später erfolgte eine starke Verzögerung bis zum Stillstand (9).

Am Entgleisungsort (A) und nach der Distanz von 76 m (B) – dem Abstand zwischen Zugspitze und erstem Drehgestell des entgleiten, fünften Kesselwagens – war die Geschwindigkeit der Lokomotive und des 5. Kesselwagens praktisch konstant.

1.9.2 Stellwerkdaten

Die Auswertung der Ittis-Aufzeichnung zeigt Folgendes:

In Eglisau fuhr eine S-Bahn von Bülach herkommend um ca. 20:13 Uhr in das Gleis 3 ein und fuhr dort ca. 20:15 Uhr Richtung Zweidlen ab. Nachfolgend fuhr der Ganzzug um ca. 20:20 Uhr in das Gleis 2 ein und verliess dieses um 20:21 Uhr in Richtung Hüntwangen. Gleichzeitig mit dem Freiwerden des Gleises 2 wurde die Einfahrt für den Zug 47044 eingestellt.

² Weg-Geschwindigkeitsdiagramm

Um ca. 20:18 Uhr fuhr eine S-Bahn von Hüntwangen herkommend in das Gleis 1 in Eglisau ein. Danach wurde die Ausfahrt für den Ganzzug aus Gleis 2 in Richtung Hüntwangen eingestellt. Die S-Bahn fuhr in Eglisau ca. 20:20 Uhr in Richtung Bülach ab.

Etwa zeitgleich mit der Vorbeifahrt des Zuges 47044 am Einfahrsignal in Eglisau, das am Hauptsignal «Fahrt» und am Ausfahrsvorsignal «Warnung» signalisierte, wechselte das Ausfahrtsignal von «Halt» auf «Fahrt».

1.9.3 Zugkontrolleinrichtung (ZKE)

1.9.3.1 Messungen am 5. Juli 2018

Entlang der Fahrstrecke von Zizers nach Eglisau fuhr der Zug an sieben Zugkontrolleinrichtungen vorbei. Nachfolgend ist eine Übersicht der befahrenen ZKE-Anlagen aufgeführt:

Zeit	Ort	Anlagen	Alarm	v [km/h]	Anzahl Achsen
17:42	Mels	HFO	-	82	58
17:42	Mels	DED	-	82	58
17:58	Mühlehorn	HFO	-	75	58
18:35	Au ZH	HFO	-	87–86	58
19:01	Dietikon	RLC	Zuggewicht Abklärung	29–41	58
19:02	Dietikon	DED	-	38–41	58
20:22	Eglisau	HFO	Heissläufer untergeordnet	28–25	56

Tabelle 1: Zuglaufübersicht der vom Zug 47044 befahrenen ZKE-Anlagen.

Grün: Kein Alarm, bzw. unkritische Meldung.

Gelb: Unkritischer Alarm, ohne unmittelbare Massnahme.

Aus obiger Zuglaufübersicht und der Detailanalyse der letzten drei befahrenen Anlagen können folgende Aussagen gemacht werden:

- Keine der sieben Anlagen löste einen Alarm aus, die eine unmittelbare Massnahme zur Folge hatte.
- Um 19:01 Uhr befuhr der Zug die RLC-Anlage in Dietikon. Die Anlage generierte eine Meldung «Zuggewicht Abklärung», stellte ein Beschleunigen des Zuges fest und zählte 58 Achsen.
In den Detailauswertungen in Anlage 4, Abbildung 31 und Abbildung 32 ist Folgendes ersichtlich:
 - Die Anlage stellte eine Differenz von 66.4 t zwischen dem Soll- und Ist-Gewicht des Zuges (Soll: 371 t; Ist: 437.4 t) fest. Dies führte zur Meldung «Zuggewicht Abklärung» an SBB Cargo in Form eines Mails. Der Prozess bei SBB Cargo sah vor, im Endbahnhof (Schaffhausen GB) den Zug durch einen Technischen Kontrolleur Cargo (TKC) kontrollieren zu lassen.
 - Die Anlage detektierte beim Wagen 5 und Wagen 7 auffällige Radlastverhältnisse (bis Faktor 3.57 bei Wagen 5) sowie erhöhte Achslasten gegenüber dem Sollwert für leere Wagen, was jedoch aufgrund des Achsgewichts kleiner als 10 t keinen unmittelbaren Alarm auslöste.
 - Die Messungen ergaben zudem, dass das Gesamtgewicht des Wagens 5 34 t anstatt 19.2 t war.
 - Die DED-Anlagen die befahren wurden, erkannten keine Verletzung des unteren Lichtraumprofils. In der Anlage 4, Abbildung 33 bis Abbildung 36, sind die Bilder der Aufzeichnung der DED-Anlage in Dietikon am 5. Juli 2018 um 19:02 Uhr von der in Fahrtrichtung linken Seite des

Wagens 5 ersichtlich. Die Bilder zeigen keine Beschädigungen der Achsen oder der Achsenaufhängung.

- Die HFO-Anlage in Eglisau, die nach der Entgleisungsstelle lag und um 20:22 Uhr befahren wurde, zählte 56 Achsen. Die zwei Achsen des entgleiten Drehgestells wurden nicht mehr detektiert. Die Messung der Geschwindigkeit zeigt, dass der Zug abbremste. Als Folge der Entgleisung wurde die Anlage beschädigt und die Messwerte waren nicht mehr verlässlich. Der Alarm «Heissläufer untergeordnet» wurde vom System zurückgestuft und vom Fachspezialisten im Interventionszentrum als nicht sicherheitsrelevant beurteilt. Der Alarm hatte keine Massnahme ausgelöst. Gleichzeitig wurde die Anlage dem Fachspezialisten als gestört angezeigt.

1.9.3.2 Messungen vor dem Ereignistag

1.9.3.2.1 Heissläufer (HFO)

Die zwischen dem 22. Dezember 2017 und dem Ereignistag vom 5. Juli 2019 von mehreren HFO aufgezeichneten Daten wurden analysiert. In diesem Zeitraum wurde bei den Wagen 5 und 7 eine maximale Achslagergehäusetemperatur von max. 50 °C sowie eine maximale Temperatur im Bereich der Bremsen von 108 °C gemessen. Alle Messwerte lagen unter 50 % des Alarmwertes.

1.9.3.2.2 Radlast-Checkpoints (RLC)

Die zwischen dem 27. Juni 2018 und dem Ereignistag vom 5. Juli 2018 von verschiedenen RLC aufgezeichneten Daten wurden analysiert. In diesem Zeitraum wurden folgende Werte bezüglich «Radlastverhältnis» links-rechts detektiert (Tabelle 2). Es wurde nie ein Alarm ausgelöst.

Datum	Beladung	Max. Achslast		Max. Radlastverhältnis links:rechts	
		Wagen 5 [t]	Wagen 7 [t]	Wagen 5	Wagen 7
27.06.2018	leer	4.8	4.9	1.36:1	1.19:1
28.06.2018	beladen	19.5	18.4	1:1.15	1:1.18
29.06.2018	leer	7.1	6.9	2.73:1	1.83:1
03.07.2018	beladen	19.4	19.1	1:1.10	1:1.06
05.07.2018	leer	8.9	8.6	3.57:1	1.96:1

Tabelle 2: Messwerte der maximalen Achslasten sowie der maximalen Radlastverhältnisse (links:rechts) der Wagen 5 und 7.
Grün: Werte < 1.7
Rot: Werte ≥ 1.7

1.10 Besondere Untersuchungen

1.10.1 Be- und Entladeprozess der Firma Holcim

Für den Transport und Umschlag von Ölschiefer hat Holcim ein Handbuch³ verfasst, worin Gesundheits- und Sicherheitsregeln, Arbeitsanweisungen und Schutzmassnahmen sowie Prozeduren für den LKW- und Bahnumschlag beschrieben sind. Im Kapitel 7 «Prozedur für den Bahnumschlag» findet sich eine Kurzanleitung

³ Transport und Umschlag von Staubgut – Handbuch für Chauffeure und Terminal-Mitarbeitende, Holcim, Ausgabe 2015

für den Bahnentlad (Anlage 5, Abbildung 37) sowie eine Kurzanleitung für die Beladung von Bahnwagen.

Gemäss Auskunft von Holcim wurde der Entladeprozess der 13 Kesselwagen zwischen dem 3. und 5. Juli 2018 im Zementwerk in Untervaz entsprechend dem Handbuch durchgeführt. Nach dem Entladevorgang, bei dem keine Besonderheiten oder Abweichungen festgestellt wurden, wurden die Wagen abgeklopft, um Restmengen zu eruieren. Im Zementwerk in Untervaz gab es keine Durchflussmessung und keine Waage, mittels derer das vollständige Entleeren der Kesselwagen hätte überprüft werden können.

Am 28. November 2018 wurde in Aarau der Umschlag eines Bahnkesselwagens in einen LKW-Silobehälter im Freiverladebereich besichtigt. Der Bahnkesselwagen war mit zwei Kammern ausgestattet. Nach Anschliessen der Schläuche wurde über den Kompressor des LKW der erforderliche Druck aufgebaut und anschliessend mit dem Umschlag begonnen. Der Chauffeur sah auf seinem Smartphone, wieviel Ladegut er pro Kammer in seinen LKW-Silobehälter umladen musste. Nach dem Druckabfall und Umstellen des Auflockerungshahns am Bahnkesselwagen war der Umschlag beendet. An einer Anzeige am LKW-Silobehälter konnte der Chauffeur überprüfen, dass die geladene Menge mit der auf dem Smartphone angegebenen Menge übereinstimmt.

Es wurde festgestellt, dass der Prozess entsprechend dem Handbuch stattgefunden hat und der LKW-Chauffeur, der alleine für den Umschlag zuständig war, auf grossen Erfahrungsschatz (Bewegen der Schläuche, Geräusch beim Umschlag) abstützte.

1.10.2 Untersuchung an den Kesselwagen

Am 13. September 2018 wurden die Wagen 5 und 7 in der Serviceanlage des Rangierbahnhofs Limmattal untersucht.

Zum besseren Verständnis werden in diesem Bericht die Wagenachsen in Fahrtrichtung des Zuges von 1 bis 4 nummeriert. Aus diesem Grund sind Abweichungen von der Achsennummerierung in den Wartungsunterlagen möglich.

Eine Übersicht der Untersuchungsergebnisse ist in der Anlage 6, Abbildung 38 dargestellt.

1.10.2.1 Feststellung am Wagen 5 (37 80 9325 549-5, entgleist)

1.10.2.1.1 Wagenkasten, Wagenuntergestell

Bei der Instandhaltung G 4.8 am 22.12.2017 wurden zwei neue Drehzapfen eingebaut. Dazu wurden alle alten Befestigungsschrauben beider Drehzapfen durch neue ersetzt.

Der vordere Drehzapfen zum Drehgestell 1 (DG 1) war in neuwertigem Zustand und wies keine Abnutzungsspuren auf. Der hintere Drehzapfen zum Drehgestell 2 (DG 2) wies im oberen Bereich Rillen bis zu einer Tiefe von ca. 1 mm auf (Abbildung 6 und Abbildung 7).



Abbildung 6: Drehzapfen zum Drehgestell 2 mit Reibungsspuren aussen.

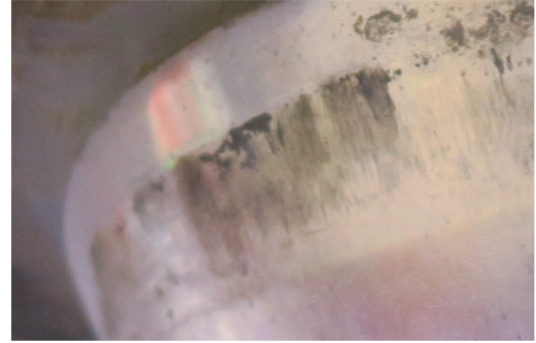


Abbildung 7: Detailfoto der Abbildung 6.

Eine der vier Befestigungsschrauben des Drehzapfens 2 war lose (Abbildung 8).

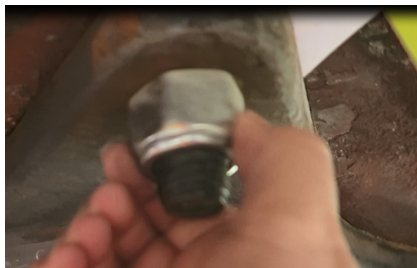


Abbildung 8: Lose Befestigungsschraube; Drehzapfen 2.

Nach der Demontage des Drehzapfens wurden auf der Innenseite des Drehzapfens Reibungsspuren festgestellt. Das am Untergestell geschweisste Gegenstück des Drehzapfens wies ebenfalls Reibungsspuren auf.

1.10.2.1.2 Drehgestelle

1.10.2.1.2.1 Drehpfanne

- Vorderes Drehgestell, Drehgestell 1

Die Kunststoffgleiteinlage der Drehpfanne des vorderen Drehgestells (DG 1) wies im oberen Bereich Schleifspuren auf. Das Kunststoffmaterial wurde fein geschliffen und teilweise zu Staub reduziert (Abbildung 9 und Abbildung 10).



Abbildung 9: Beschädigte Kunststoffgleiteinlage der Drehpflanzen und metallische Schleifspuren im oberen Bereich der Drehpfanne.



Abbildung 10: Detailansicht von Abbildung 9.

- Hinteres Drehgestell, Drehgestell 2

Die Kunststoffgleiteinlage der Drehpfanne des hinteren DG 2 war in neuwertigem Zustand (Abbildung 11).



Abbildung 11: Kunststoffgleiteinlage der Drehpfannen DG 2.

1.10.2.1.2.2 Gleitplatten

Die Stahlgleitplatte des Wagenuntergestells (DG 1, rechts) wies Rillen auf (Abbildung 12). Die referenzierende Kunststoffgleitplatte des Drehgestells (DG 1, rechts) wies ebenfalls Rillen auf (Abbildung 13).



Abbildung 12: Stahlgleitplatte am Wagenuntergestell (DG 1, rechts).



Abbildung 13: Kunststoffplatte im Drehgestell 1, rechts.

1.10.2.1.2.3 Achsen

Die vier Achsen wurden von der ECM Werkstatt, RailMaint GmbH, in Kaiserslautern (ERMK) im November 2017 einer Instandhaltung der Stufe IL unterzogen.

1.10.2.1.2.4 Achslagergehäuse

Beim Achslagergehäuse 2 rechts konnten alle vier Schrauben von Hand gelöst werden. Der Deckel lag nicht dicht am Achslagergehäuse an. Auf der oberen Seite war ein Spalt von ca. 2 mm sichtbar (Abbildung 14).



Abbildung 14: Achslagerdeckel 2 rechts.

Mit den auf der Unfallstelle gesammelten Teilen war das vordere entgleiste Drehgestell vollständig.

1.10.2.1.2.5 Nothalterungsträger der Bremsgestänge

Die acht Befestigungsschrauben und die selbstsichernde Mutter der zwei Nothalterungsträger der Bremsgestänge beim hinteren Drehgestell wurden bei der Instandhaltung neu eingebaut. Zwei Befestigungsschrauben bei der Achse 3 waren nicht angezogen. Die Gewinde der Schrauben wiesen starke Abnützungsspuren auf (Abbildung 16). Die VPI-Norm schreibt kein Anzugsmoment für diese Schraube vor. Die SNCF Norm schreibt ein Anzugsmoment von 31 Nm vor.



Abbildung 15: Nothalterungsträger des Bremsgestänges.



Abbildung 16: Befestigungsschraube des Nothalterungsträgers der Bremsgestänge, Gewinde abgenutzt.

1.10.2.2 Feststellung am Wagen 7 (37 80 9325 529-7, nicht entgleist)

1.10.2.2.1 Kasten, Untergestell

Die zwei Drehzapfen waren in neuwertigem Zustand. Die vier Stahlgleitplatten des Wagenuntergestells waren in Ordnung. Von den vier Befestigungsschrauben des hinteren Drehzapfens des Drehgestells 2 war eine Schraube lose (Abbildung 17), zwei wiesen ein Anzugsmoment von 100 Nm auf und die vierte Schraube wies ein

Anzugsmoment von 900 Nm auf. Das für diese Schrauben vorgeschriebene Anzugsmoment beträgt 500 Nm.



Abbildung 17: Drehzapfen 2, lose Befestigungsschraube. Ausschnitt aus einem Video.

1.10.2.2.2 Drehgestelle

1.10.2.2.2.1 Drehpfannen

Die zwei Kunststoffgleiteinlagen der Drehpfannen waren in neuwertigem Zustand.

1.10.2.2.2.2 Gleitplatten

Die vier Kunststoffgleitplatten des Wagenuntergestells waren in Ordnung.

1.10.2.2.2.3 Achsen

Die vier Achsen wurden von den ECM Werkstätten Vleka in Tehnika d.o im März 2015 (IS 3, gemäss VPI 04⁴) und Inveho Ferifos im November 2016 (3 IL und 1 IS 1) instand gehalten. Die Historie der vier Achsen ist in der Anlage 7, Abbildung 39 dargestellt.

Zwischen dem 18. März 2015 und dem 6. Oktober 2016 waren die Achsen unter einem anderen Nacco Wagen eingebaut und in Betrieb.

Gemäss Berechnung von Nacco wiesen die vier Achsen zwischen dem 18. März 2015 und dem Unfalltag eine Laufleistung von 107 398 km auf. Während dieser Periode war keine Schadenmeldung bei Nacco eingegangen.

1.10.2.2.2.4 Radprofile

Alle acht Radprofile lagen innerhalb der betrieblichen Verschleissgrenzen.

⁴ Leitfaden des VPI für die Instandhaltung von Radsätzen, Stand 15.11.2017.

1.10.2.2.2.5 Achslagergehäuse

Alle acht Achslagergehäuse wiesen Erwärmungs- und Oxydationsspuren auf. Das Fett hatte sich zum Teil zu Öl zersetzt (Abbildung 18 und Abbildung 19).



Abbildung 18: Achse 1, rechts.



Abbildung 19: Achse 2, rechts.

Bei der Demontage der Lager der Achsen 2 bis 4, wies das Fett einen Farbunterschied auf. Das Fett des vorderen Rollenlagers wies eine gelb-weiße Farbe auf (Abbildung 20). Das Fett des hinteren Rollenlagers wies eine dunkelbraune Farbe auf. Die Fettreste auf dem Achswellenschenkel wiesen passend zu den Rollenlagern die gleichen Farbunterschiede auf (Abbildung 21).

Aus den Achslagergehäusen wurden Fettproben für eine Laboranalyse entnommen.



Abbildung 20: Rollenlager von Achse 2, rechts.



Abbildung 21: Achswellenschenkel von Achse 2, rechts.

Die Achse 4, rechts, wies im unteren Bereich des Achslagerdeckels Ölaustritt auf (Abbildung 22).



Abbildung 22: Achse 4, rechts, Ölaustritt, Detail im unteren Bereich des Achslagergehäuse nach der Öffnung des Deckels.

1.10.3 Ersatz Drehgestelle

1.10.3.1 Historie der Drehgestelle

Da die Drehgestelle des entgleisten Wagens 5 stark beschädigt waren, wurden vom Wagenhalter zwei Ersatzdrehgestelle in den Rangierbahnhof Limmattal speidiert, um den Wagen wieder lauffähig zu machen.

Die zwei Ersatzdrehgestelle wurden aus einem in der Instandhaltungswerkstatt Inveho UFO abgestellten Reservewagen von Nacco ausgebaut.

Diese zwei Drehgestelle waren instandgehalten. Die Achsen waren neu und hatten keinen Kilometer zurückgelegt. Die Achsen wurden von der ECM Werkstatt Fahrzeugwerk Niedersachswerfen GmbH im November 2017 instandgehalten.

1.10.3.2 Feststellung

Die Bolzen der Bremsgestänge wurden bei der Montage nicht geschmiert (Abbildung 23). Alle Splinte waren neu.

Alle 32 Achslagerdeckelschrauben wiesen ein Anzugsmoment von 320 Nm auf (Abbildung 25). Das vorgeschriebene Anzugsmoment für solche Schrauben beträgt 128 Nm.



Abbildung 23: Bolzen der Bremsgestänge ohne Schmierung.



Abbildung 24: Überprüfung des Anzugsmoments der Achslagerdeckelschrauben.



Abbildung 25: Gemessenes Anzugsdrehmoment von 320 Nm.

1.10.4 Ecklastvermessung

Am 10. Oktober 2018 wurden die zwei Kesselwagen einer Ecklastvermessung unterzogen. Dabei wurden die Frontraversen und die Längsträger auf Verwindung mit einer 4 Punkt Laser-Messeinrichtung vermessen und die Gewichtsauflage ermittelt.

Die Messresultate sind in den nachstehenden Tabellen zusammengefasst:

Messstelle	Lage Innenträger	Lage Aussenträger	Gewicht
Vorne, rechts	627.5 mm	672.0 mm	2.633 t
Vorne, links	626.0 mm	667.5 mm	2.507 t
Δ	1.5 mm	4.5 mm	0.126 t
Hinten, rechts	626.5 mm	670.0 mm	2.594 t
Hinten, links	626.0 mm	675.5 mm	2.564 t
Δ	0.5 mm	5.5 mm	0.030 t

Tabelle 3: Messresultate von Wagen 5.

Messstelle	Lage Innenträger	Lage Aussenträger	Gewicht
Vorne, rechts	630.0 mm	672.5 mm	2.645 t
Vorne, links	632.5 mm	678.0 mm	2.529 t
Δ	2.5 mm	6.5 mm	0.116 t
Hinten, rechts	631.5 mm	686.0 mm	2.643 t
Hinten, links	631.5 mm	678.5 mm	2.561 t
Δ	0 mm	7.5 mm	0.082 t

Tabelle 4: Messresultate von Wagen 7.

1.10.5 Technische Kontrolle an den Kesselwagen

Zwischen dem 29. Januar 2018 und dem Unfalltag wurden die betroffenen Kesselwagen nach der Zugbildung mehrmals betrieblich und technisch durch die EVU kontrolliert. Gemäss Aussage von SBB Cargo wurden bei diesen Kontrollen keine Unregelmässigkeiten festgestellt.

1.10.6 Prozesse / Zusammenarbeit

1.10.6.1 Vertrag Eisenbahnverkehrsunternehmen SBB Cargo – Holcim

Für die Beförderung von Zügen zwischen den verschiedenen Standorten von Holcim wurde für das Jahr 2018 zwischen Holcim und SBB Cargo ein Vertrag unterzeichnet. Darin ist festgeschrieben, dass SBB Cargo nur der Beförderer der Wagen ist.

1.10.6.2 Vertrag zwischen Holcim und Nacco

Anfang 2018 hatte Holcim bei Nacco 30 Kesselwagen des Typs Uacs 84 m³ eingemietet.

1.10.7 Untersuchung in der Instandhaltungswerkstatt Inveho UFO, Orval

1.10.7.1 Einleitung

Am 30. Oktober 2018 besichtigte die SUST zusammen mit dem BEA-TT die Instandhaltungswerkstatt Inveho UFO (UFO) in Orval (Frankreich).

Die Werkstatt Inveho UFO ist in zwei Abteilungen aufgeteilt. Eine Abteilung ist verantwortlich für die Wageninstandhaltung und die andere für die Entwicklung und Produktion von Neubauwagen. Die Werkstatt Inveho UFO ist für die Instandhaltung von Achsen nicht zertifiziert. Bei Bedarf werden der Werkstatt Inveho UFO durch den Wagenhalter instandgehaltene Achsen zugestellt.

Zwischen Nacco und Inveho UFO wurde der Prozess für die Instandhaltung eines Wagens standardisiert. Wenn ein Wagen für eine Instandhaltung in der Werkstatt eintrifft, wird zuerst sein Zustand erfasst und dokumentiert. Die Arbeiten, die ausserhalb der definierten Instandhaltungsarbeiten ausgeführt werden sollten, werden vorgängig mit dem Wagenhalter abgesprochen. Der Wagenhalter bestellt die zusätzlich notwendigen Leistungen. Die Instandhaltungswerkstatt stellt die zusätzlichen Aufwände separat in Rechnung.

Nach der Instandhaltung wird ein Instandhaltungsprotokoll erstellt und dem Wagenhalter zugestellt.

1.10.7.2 Feststellungen

1.10.7.2.1 ECM-Zertifikation, Fachtechnische Begutachtung VPI, SNCF Zertifizierung

Die Instandhaltungswerkstatt Inveho UFO verfügt über die folgenden Zertifikationen:

- ECM Teil d für die Instandhaltungserbringung;
- VPI für fachtechnische Begutachtung;
- SNCF Zertifizierung u. a. auch für die Instandhaltungserbringung.

1.10.7.2.2 Audit

Für die Erneuerung der ECM- und VPI-Zertifikationen wurde am 3. Mai 2018 durch die ECM-Zertifizierungsstelle Sconrail und durch einen VPI Auditor ein gemeinsames Audit durchgeführt. Jede Stelle hat ein eigenes Protokoll verfasst. Die resultierenden Bemerkungen und Auflagen waren für die Sicherheit und das vorliegende Ereignis nicht relevant.

1.10.7.2.3 Organisation

Die Wageninstandhaltung ist wiederum in zwei separate Werkstätten aufgeteilt; eine Drehgestellwerkstatt für die Instandhaltung der Drehgestelle und eine Wagenwerkstatt, in der Instandhaltungen an den Wagenkasten durchgeführt werden. Nach der Instandhaltung der Wagenkasten werden in der Wagenwerkstatt die instandgehaltenen Drehgestelle wieder eingebaut.

1.10.7.2.4 Werkzeuge

In der Drehgestellwerkstatt steht den Mitarbeitenden ein Satz von drei verschiedenen Drehmomentschlüsseln zur Verfügung. Die Schlüssel wurden im Mai 2018 kalibriert.

In der Wagenwerkstatt ist ein einziger Drehmomentschlüssel vorhanden. Das maximale Anzugsmoment des Schlüssels liegt bei 600 Nm. Der Schlüssel wurde im Mai 2018 kalibriert.

1.10.7.2.5 Arbeitsanweisungen und Normen für die Arbeitsdurchführungen

Die für die Durchführung der Instandhaltungsarbeiten nötigen Arbeitsanweisungen und VPI-Normen stehen den Mitarbeitenden über Intranet oder in Papierform am Arbeitsplatz zu Verfügung.

1.10.7.2.6 Dokumentation der durchgeführten Arbeiten

Die am instandgehaltenen Kesselwagen durchgeführten Arbeiten sind mittels einer «Fiche suivieuse, Instandhaltung G 4.8, Wagon à bogies» bis zur Endkontrolle protokolliert. Die Rückverfolgbarkeit der durchgeführten Arbeiten ist gewährleistet.

1.10.7.2.7 Safety Manual der Firma

Die Firma Inveho UFO ist im Besitz eines Safety Manuals, das die Zuständigkeiten regelt.

- Aufgabe der Direktion
Die Direktion ist zuständig für die Koordination der Aktivitäten und setzt die Qualitätsziele vor.

- Aufgabe der Verantwortlichen für die Qualität und Umwelt
Die qualitätsverantwortlichen Mitarbeiter sind zuständig für:
 - Die Überprüfung von Arbeitsanleitungen und Prozessen.
 - Die Verwaltung der Qualitätsdokumentation.
 - Die Durchführung von internen Audits.
 - Die Verwaltung von Unregelmässigkeiten und Ableitungen der Korrekturmassnahmen.
- Aufgabe der Verantwortlichen für die Aus- und Weiterbildung des Personals
Die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeitenden wird durch die Ausbildungsverantwortlichen geplant und durchgeführt und in der Ausbildungskontrolle dokumentiert. Eine jährliche Überprüfung der Kenntnisse der Mitarbeitenden über den Prozess und die anzuwendenden Dokumentationsunterlagen findet statt. Die Abweichungen sind dokumentiert und die nötigen Korrekturmassnahmen werden durch eine Nachschulung umgesetzt. Diese werden auch durch die Ausbildungsverantwortlichen im Rahmen des Qualitätsmanagements protokolliert.

1.10.8 Untersuchung in der Instandhaltungswerkstatt Inveho Ferifos, Fos-sur-Mer

1.10.8.1 Einleitung

Am 28. März 2019 besichtigte die SUST zusammen mit dem BEA-TT die Instandhaltungswerkstatt für Fahrzeugachsen Inveho Ferifos (UFF) in Fos-sur-Mer (FR).

Die Dokumentation zu Organisation und Prozesse wurde untersucht und mit den Feststellungen anlässlich einer Werkstattbesichtigung verglichen. Die durchgeführten Arbeiten an den vier Achsen des Wagens 7 vom November 2016 wurden an Hand der Dokumentation von Inveho Ferifos verifiziert.

1.10.8.2 Feststellungen

1.10.8.2.1 ECM-Zertifikation, Fachtechnische Begutachtung VPI

Die Instandhaltungswerkstatt Inveho Ferifos (UFF) verfügt über die folgenden Zertifikationen:

- ECM Teil d, für die Instandhaltungserbringung; Rezertifizierung im Mai 2018.
- VPI, für fachtechnische Begutachtung; Zertifizierung im August 2018.

1.10.8.2.2 Audit

Inveho Ferifos (UFF) beauftragt eine externe Firma für die Durchführung von internen Audits. Das letzte Audit fand im November 2018 statt.

Die Schlussfolgerung der Auditfirma lautet:

Globalement les processus sont bien pilotés et le suivi des indicateurs est démontré. Les actions nécessaires sont définies, leur mise en œuvre est gérée et leur efficacité est évaluée.

1.10.8.2.3 Organisation

Die Fertigungsorganisation der Achsenwerkstatt ist in Reihenproduktion organisiert. Nach der Demontage, Reinigung und Kontrolle werden die Achslagergehäuse und die Lager auf einem Rollenförderband zum Montageort transportiert.



Abbildung 26: Montage der Achslager und Gehäuse.

Das einzig verwendete Fett für die Achslagergehäuse ist vom Typ Schell Gadus-Rail S3 EUFR (Farbe Hellbraun). Dieses wird von einer zentralisierten Befettungsanlage direkt am Ende der Montagekette in die Achslager eingebracht. Das System ist so konzipiert, dass die richtige Fettmenge automatisch dosiert im Lager einfließt. Die Distributionsdüse ist rotierend, um sicherzustellen, dass das Fett gleichmässig im Lager verteilt wird.

Beidseits der Achslagergehäusemontagekette sind mehrere Anzugsmomentschlüssel vorhanden. Jeder Schlüssel hat ein bestimmtes Anzugsmoment und ist mit einer eigenen Farbe gekennzeichnet. Ein Fehler bei der Einstellung des Anzugsmomentes wird so minimiert. Am Schluss der Montagekette der Achslagergehäuse, kontrollieren die zwei Mitarbeitenden ihre Arbeiten gegenseitig. Die Anzugsmomentschlüssel werden einmal pro Tag auf einer ortsfesten Kontrolleinrichtung überprüft.

Bevor die Achsen fertig zusammengebaut die Produktionshalle verlassen, werden sie mit einer Farbe mittels Spritzpistole gestrichen.

Eine Qualitätskontrolle der Achsen findet ausserhalb des Produktionsbereichs durch den zuständigen Mitarbeiter der Qualitätsabteilung statt.

Entlang der Produktionskette folgen die Unterlagen der Achsen bis zur Endqualitätskontrolle mit den Achsen. Die Unterlagen der Instandhaltung der vier Achsen im November 2016 wurden der SUST übergeben.

Die Instandhaltungsvorschriften und die VPI Normen stehen den Mitarbeitenden entlang aller Arbeitsschritte zur Verfügung. Die Rückverfolgbarkeit der instand gehaltenen Teile ist durch eine Nummerierung sichergestellt. Die Werkstatt wird als ordentlich und sauber beurteilt.

1.10.8.2.4 Safety Manual der Firma

Die Firma Inveho Ferifos ist im Besitz eines Safety Manuals, das die Zuständigkeit der Prozesse regelt und die Führung des Qualitätsdokumentes definiert.

Die Kompetenzen und Qualifikationen der Mitarbeitenden sind ebenfalls im Safety Manual erwähnt.

1.10.8.2.5 Instandhaltungsprozess der Achsen von Nacco bei Inveho Ferifos (UFF)

Zwischen Nacco und Inveho Ferifos (UFF) wurden die Prozesse für die Instandhaltung der Achsen definiert.

Wenn eine Achse bei Inveho Ferifos (UFF) eintraf, wurde zuerst deren Zustand erfasst. Anhand der Ergebnisse entschied der Mitarbeitende von Inveho Ferifos

(UFF), unter welcher Instandhaltungsstufe des VPI 04 (IL-IS1-IS2-IS3) diese Achse behandelt werden musste. Die durchgeführten Arbeiten wurden Nacco pro Achse verrechnet.

Die vier Protokolle «Fiche de suivi des essieux» des Wagens 7 wurden überprüft.

In diesem Fall wurden die vier Achsen des Wagens 7 betreffend die Instandhaltungsstufen wie folgt kategorisiert:

- Die Achse 2S1500209 für eine IS1 (Profilbearbeitung in ausgebautem Zustand);
- Die Achsen 2S1500217, 2S1500366 und 2S1500374 für eine IL (Lageruntersuchung).

Die Radscheiben aller vier Achsen wurden mittels einer Ultraschallprüfung auf Mängel überprüft. Anschliessend wurden alle Radprofile reprofiliert. Die vier Achsen wurden neu gestrichen. Alle Radsatzmarken wurden mit dem Datum UFF 11/2016 versehen.

1.10.9 Safety Management System (SMS) von SBB Cargo

1.10.9.1 Zugbildung

Der Prozess für die Zugbildung ist im SMS-Dokument K3.5.15 (gültig ab 23.11.2016) von SBB Cargo wie folgt definiert:

Der Zug wird rechtzeitig formiert und entspricht den Einreihungsvorschriften. Er wird nur mit Wagen formiert, welche gebucht und eingecheckt sind. Die betrieblichen und technischen Zuguntersuchungen sowie die Bremsproben sind durchgeführt; allfällige Mängel sind behoben. Die notwendigen Meldungen sind erfolgt.

Die Verantwortung für die verschiedenen Kontrollen ist ebenfalls geregelt. Für den Prozessschritt «Annahme- und Sichtkontrolle» verweist das SMS-Dokument auf das Dokument G-32592 «Annahme- und Sichtkontrolle für Mitarbeitende von SBB Cargo Produktion» (gültig ab 01.05.2015).

1.10.9.2 Grundsatz für die technische Zuguntersuchung

Die Grundsätze für die technische Zuguntersuchung sind hoheitlich in den FDV R 300.5, Ziff. 4.1 und 4.2 geregelt. Ausführende Vorgaben sind im AVV und im Regelwerk der SBB im Dokument G-32592 «Annahme- und Sichtkontrolle (ASK) für Mitarbeitende von SBB Cargo Produktion» beschrieben. Zu treffende Massnahmen nach Feststellen von Wagenschäden und Ladungsmängeln betreffend die Lauffähigkeit und Betriebssicherheit sind im Dokument geregelt.

1.10.10 Safety Management System (SMS) des Wagenhalters Nacco

1.10.10.1 SMS

Die Firma Nacco verfügt über ein «Manuel du système de maintenance (MSM)» als Safety Management System.

Dieses Dokument beinhaltet und beschreibt unter anderem die sicherheitsrelevanten Aufgaben (tâches relatives à la sécurité), die Pflichtenhefte, die Dokumentationsverwaltung, den Einkauf und die Rückverfolgbarkeit der beauftragten Werkstätten. Nacco besitzt keine eigene Werkstatt.

1.10.10.1.1 Vertrag mit anderen Werkstätten

Nacco hatte mit verschiedenen Instandhaltungswerkstätten (Kapitel 1.6.5) Verträge für den Unterhalt ihrer Wagen und Achsen abgeschlossen.

Jede Werkstatt wurde vor dem Vertragsabschluss einer Inspektion unterzogen. Jährlich wurden diese Werkstätten von Nacco auditiert.

1.10.10.1.2 Inspektion und Audit der Werkstätten

Die Ergebnisse der regelmässigen Kontrollen bei der Wagenabnahme durch Nacco-Auditoren in Werkstätten, die mit Nacco unter Vertrag standen, wurden der SUST zu Verfügung gestellt.

Die Analyse der Auditberichte weist auf keine Beanstandungen von nicht korrekter Anwendung der Arbeitsanweisungen und Montagevorschriften hin. Die Qualität der durchgeführten Arbeiten wurde auch nicht in Frage gestellt.

1.10.10.2 Rückverfolgbarkeit – Verwaltung der Unterhaltdokumentation

Die Rückverfolgbarkeit der durchgeführten Instandhaltungsarbeiten an den vier Achsen des Wagens 7 war jedoch schwierig zu ermitteln. Während der Untersuchung wurde die Historie der Achsen mehrmals angepasst.

1.10.11 Fettanalyse

Von den Achslagergehäusen des Wagens 7, die erhöhte Erwärmungsspuren aufwiesen und auf Heissläufer vermuten liessen, wurden Proben des Fettes für eine Laboranalyse entnommen.

Die Konsistenz von Schmierfett wird nach einer Skala des US National Lubricating Grease Institute (NLGI) angegeben.

Gemäss Anschriften auf den Achslagergehäusen sollten die Lager mit einem Fetttyp Shell GadusRail S3 EUFR (NLGI Klasse 2.5) gefettet sein. Die Farbe dieses Fettes ist hellbraun.

Die Laboranalyse des Fettes ergab Folgendes:

- Das Fett ist ein Lithium basiertes Fett, wie der Fetttyp Shell GadusRail S3 EUFR.
- Die NLGI Klasse 0 der Probe (gelb-weisses Fett) ist tiefer als der erwartete Wert von 2.5.
- Der hohe PQ Index⁵ unter Berücksichtigung des Eisengehaltes, weist auf einen starken Verschleiss nicht oxidativer Herkunft hin.

1.11 Regelungen und Funktionsbeschreibungen

1.11.1 Regelungen zu ECM

1.11.1.1 Akkreditierung – ECM-Zertifizierungsstelle

Die für die Instandhaltung von Güterwagen zuständigen Stellen unterstanden der Verordnung (EU) Nr. 445/2011. Ziel dieser Verordnung ist es, die von diesen Stellen zu erfüllenden Anforderungen in der gesamten Europäischen Union und in allen Mitgliedstaaten der OTIF zu vereinheitlichen.

Gemäss Artikel 10 der Verordnung (EU) Nr. 445/2011 erfolgt die Zertifizierung der Instandhaltungsstellen durch eine akkreditierte Zertifizierungsstelle. Diese können durch nationale Überwachungsbehörden bestimmt oder durch staatliche Stellen, wie die Schweizerische Akkreditierungsstelle SAS, akkreditiert werden. Die mit der

⁵ PQ Index: Measurement of total ferrous particles present in the sample

Instandhaltung betrauten Werkstätten lassen sich auf freiwilliger Basis zertifizieren. Mit diesem Zertifikat können sie als Instandhaltungsstelle nach EU 445/2011 Instandhaltungsleistungen erbringen.

1.11.1.2 System zur Instandhaltung der Güterwagen, Funktionen und ECM-Zertifikat

Das ECM-Instandhaltungssystem für Güterwagen gemäss Verordnung (EU) Nr. 445/2011 deckt die vier folgenden Funktionen ab:

- a. Die Managementfunktion zur Beaufsichtigung und Koordinierung der in den Buchstaben b) bis d) genannten Instandhaltungsfunktionen und zur Gewährleistung des sicheren Zustands der Güterwagen im Eisenbahnsystem.
- b. Die Instandhaltungsentwicklungsfunktion mit Zuständigkeit für die Verwaltung der Instandhaltungsunterlagen, einschliesslich des Konfigurationsmanagements, auf der Grundlage von Konstruktions- und Betriebsdaten sowie von Leistungs- und Erfahrungswerten.
- c. Die Fuhrpark-Instandhaltungsmanagementfunktion zur Verwaltung der Aussetzung von Güterwagen zur Instandhaltung und deren Wiederinbetriebnahme nach der Instandhaltung.
- d. Die Instandhaltungserbringungsfunktion zur Erbringung der technischen Instandhaltung eines Güterwagens oder von Teilen davon, einschliesslich der Betriebsfreigabeunterlagen.

1.11.2 Fehlerkatalog für die Kontrolle von Zügen und Wagen

In der Schweiz werden Sicherheitskontrollen im freien Netzzugang durch Behörden und Infrastrukturbetreiberinnen durchgeführt. Im Dokument «Fehlerkatalog für die Kontrolle von Zügen, Güter-, Reisezug-, und Gefahrgutwagen» des BAV (Version 9.0 vom 01.01.2018) wird Folgendes beschrieben:

Das BAV, SBB Infrastruktur und BLS Infrastruktur haben gemeinsam einen einheitlichen Fehlerkatalog für die Kontrolle von Zügen sowie Güter-, Reisezug- und Gefahrgutwagen entwickelt. Dies betrifft insbesondere die Technischen Kontrollen (TKI) an Güter- und Reisezugwagen und die Gefahrgutkontrollen der Mobilten Gefahrgutequipe (MGE) der SBB, die Technischen Kontrollen (TKI) an Güter- und Reisezugwagen und die Gefahrgutkontrollen der BLS sowie die Betriebskontrollen des BAV in diesen Bereichen.

Grundlage für den Fehlerkatalog bilden die bereits bestehenden internationalen Gesetze, Normen und AVV-Vertrag, Annexe 9. Der Fehlerkatalog bildet damit eine Zusammenstellung der heute angewendeten Praxis ab.

Die festgestellten Unregelmässigkeiten und Unterlassungen werden nach dem Vorbild des AVV und des UIC-Merkblattes 471-3 in die Fehlerklassen 1 bis 5 eingeteilt. Die Fehlerklassen 1 und 2 werden nicht berücksichtigt, da sie keinerlei Auswirkungen auf die Sicherheit haben. Die Fehlerklassen 3 bis 5 bedeuten:

- **Fehlerklasse 3: Nebenfehler**
Fehler mit erheblichen Auswirkungen auf die Verkehrstauglichkeit, sowie Fehler mit Auswirkungen auf die Betriebsabwicklung.
- **Fehlerklasse 4: Hauptfehler**
Fehler bei denen die Verkehrstauglichkeit nicht gewahrt ist oder die zur Betriebsgefährdung führen können, sowie Fehler, die zu Personenschäden führen können (Bedienungspersonal Güterwagen).

- Fehlerklasse 5: **Kritische Fehler**

Fehler mit erheblichen Auswirkungen auf die Betriebssicherheit und Fehler, die eine akute Transportgefährdung zur Folge haben können.

Neben der Fehlerklasse ist jeder Unregelmässigkeit eine Massnahme zugeordnet. Je nach Schwere des festgestellten Mangels wird die Weiterfahrt von Zügen unter sofortiger Verständigung des EVU verboten oder die Mängel werden dem EVU in anderer Weise angezeigt.

1.11.3 Frühere Untersuchung mit Mängel bei der Instandhaltung von Güterwagen

Die SUST hat bereits im Jahr 2015 eine Untersuchung über die Entgleisung eines Güterzuges durchgeführt, bei der Mängel bei der Instandhaltung der Wagen thematisiert wurden. Im Folgenden werden die relevanten Passagen aus dem Schlussbericht über die Entgleisung eines Güterzugs vom 25. April 2015 in Daillens (VD), Reg.-Nr. 2015042501⁶ wiedergegeben bzw. zusammengefasst:

Am Samstag, 25. April 2015, um 02:49 Uhr entgleisten die fünf hintersten Wagen eines Güterzugs 60700 von Basel nach Lausanne-Triage auf der Strecke zwischen Eclépens und Vufflens-la-Ville auf dem Gebiet der Gemeinde Daillens (VD). Der Zug bestand aus 22 Wagen, wovon 14 mit Gefahrgut beladen waren. Einige Hundert Meter vor der Stelle, an der die entgleisten Wagen zum Stillstand kamen, lösten sich an einem der Drehgestelle des Wagens 20 Teile eines Laufwerks.

Die direkte Ursache der Entgleisung von Zug 60700 in Daillens ist der Verlust des vorderen linken Achslagergehäuses des Wagens 20.

Der Verlust dieses Achslagergehäuses ist die Folge eines langen Prozesses, der mit den Instandhaltungsarbeiten an besagtem Achslagergehäuse im August 2011 begann. Bei diesen Arbeiten wurde die Sicherungsscheibe der Nutmutter, die das Lager auf dem Achsschenkel fixiert, nicht korrekt gesichert. Schritt für Schritt löste sich die Nutmutter, was nach und nach zu folgenden Schäden führte:

- *Erhöhte Beanspruchung der Wälzkörper des Achslagergehäuses in Querrichtung,*
- *Verstärkte Seitwärtsbewegungen der Achse 1 und Auftreten S-förmiger Ausbröckelungen auf der Lauffläche der Räder dieser Achse,*
- *Ermüdung und anschliessender Bruch der Blattfeder der Achse 1 links.*

Letztendlich verursachten diese Beschädigungen die Entgleisung des Wagens 20 in Daillens.

Bei dieser Untersuchung hatte die SUST u. a. Sicherheitsmängel bei der Instandhaltung der Wagen festgestellt und die Sicherheitsempfehlung Nr. 96 über das Thema ECM-Zertifizierung der mit den Wartungsarbeiten beauftragten Werkstätten ausgesprochen.

Die SUST empfiehlt dem BAV, das ECM-Regelwerk bezüglich der Zertifizierung der mit der Instandhaltung beauftragten Stellen anpassen zu lassen, damit Zertifizierungen und Audits der für die Instandhaltung zuständigen Werkstätten (Funktion «d» des ECM-Systems) nicht mehr an Dritteinrichtungen delegiert werden können, sondern in die Zuständigkeit der nationalen Aufsichtsbehörden fallen.

⁶ Link SUST Bericht Daillens: https://www.sust.admin.ch/inhalte/BS/2015042501_Sb_d.pdf

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Infrastruktur

Die Überprüfung der Gleise hinsichtlich Lage, Verwindung, Einsenkung und Spurbreite rund drei Monate vor und einen Tag nach dem Ereignis zeigte, dass alle geforderten Masse innerhalb der Toleranzen lagen und die Infrastruktur nicht Ursache für die Entgleisung sein konnte.

2.1.2 Wagen

2.1.2.1 Entgleister Wagen 5

Bei der Untersuchung des Wagens wurden mehrere Unregelmässigkeiten festgestellt. Folgende Unregelmässigkeiten hatten möglicherweise einen Einfluss auf den Entgleisungsvorgang:

- Im Innern des Kessels befand sich auf der in Fahrtrichtung linken Seite noch Restmaterial, was eine asymmetrische Radlast erzeugte. In einer Kurve kann eine asymmetrische Radlast zu einer Entlastung des äusseren Rades führen, was zu einem Verlust der Spurführung des Rades führen kann.
- Bei der Instandhaltung wurden beide Drehzapfen neu eingebaut. Beim entgleisten Drehgestell wies der Drehzapfen Rillen auf, die nach nur ca. 3000 km entstanden sind. Sie sind die Folge einer übermässigen Reibung zwischen dem Drehzapfen und der Drehpfanne. Die aussergewöhnliche Bewegung des Drehzapfens ist auf die nicht korrekte Befestigung des Drehzapfens zurückzuführen. Beschädigungen der Paarung Drehzapfen-Drehpfanne führen zu einem erhöhten Ausdrehwiderstand des Drehgestells.
- Die Kunststoffgleiteinlage der Drehpfanne des vorderen Drehgestells ist feingeschliffen und teilweise zu Staub reduziert. Solche Beschädigungen können nicht plötzlich entstehen. Daher sind solche Schäden nicht als Folge der Entgleisung zu betrachten. Die vorhandenen Rillen auf den Gleitplatten führen ebenfalls zu einem erhöhten Ausdrehwiderstand des Drehgestells.

Folgende Unregelmässigkeiten hatten keinen Einfluss auf die Entgleisung:

- Der Achslagerdeckel der Achse 2 rechts lag nicht am Achslagergehäuse. Die Schrauben waren nicht korrekt angezogen. Diese Unregelmässigkeit ist keine Folge der Entgleisung, sondern die Folge einer mangelhaften Instandhaltung.
- Die Befestigungsschrauben und die selbstsichernde Mutter der zwei Nothalterungsträger der Bremsgestänge wurden bei der Instandhaltung neu eingebaut. Zwei davon (Achse 3) waren nicht angezogen. Die Gewinde der Schrauben wiesen starke Abnutzungsspuren auf. Daher sind solche Schäden nicht als Folge der Entgleisung zu betrachten, sondern die Folge einer mangelhaften Instandhaltung.

2.1.2.2 Nicht entgleister Wagen 7

Von den vier Befestigungsschrauben des hinteren Drehzapfens (DG 2) war eine Schraube lose, zwei andere waren zu wenig und die vierte war zu stark angezogen. Diese Tatsache zeigt, dass die Schrauben nicht wie vorgeschrieben mit einem Drehmomentschlüssel angezogen wurden.

Alle acht Achslagergehäuse wiesen Erwärmungs- und Oxydationsspuren auf. Solche Spuren deuten darauf hin, dass alle Achslager überhitzt wurden. Bei der Demontage der Achslager konnte festgestellt werden, dass das Fett zum Teil zu Öl zersetzt wurde. Zudem wies das Fett einen Farbunterschied zwischen dem vorderen und hinteren Rollenlager auf. Die Fettanalyse zeigte einen hohen PQ Index unter Berücksichtigung des Eisengehaltes, was auf einen starken Verschleiss nicht oxidativer Herkunft hindeutet. Auch stimmte die Konsistenz des Fettes nicht mit der Fettbezeichnung, die auf den Radsatzmarken aufgedruckt war, überein. Bei Inveho Ferifos (UFF) wird einzig Fett vom Typ «Schell GadusRail S3 EUFR» für die Achslagergehäuse verwendet. Die Farbe dieses Fett ist hellbraun.

Bei diesem Wagen lag ein Achslagerdeckel nach der Montage nicht korrekt am Achslagergehäuse an. Bei der Demontage der Deckel wurden keine Farbspuren zwischen dem Deckel und dem Achslagergehäuse festgestellt. Diese Feststellung zeigt, dass der Achslagerdeckel im Moment, in dem die Achse nach der Instandhaltung in November 2016 gespritzt wurde, noch am Lagergehäuse anlag. Dies deutet auf eine Nachbearbeitung mit Nachschmierung der Achslager hin.

Aus der Historie der vier Achsen kann nicht eruiert werden, wann die Überhitzung auftrat, respektive die Nachbearbeitung stattgefunden hat.

2.1.2.3 Reservedrehgestelle

Die vier Achsen waren neu und hatten noch keinen Kilometer zurückgelegt. Die SUST kontrollierte die Anzugsmomente der Schrauben der Achslagerdeckel. Dabei wurde festgestellt, dass die Anzugsmomente der 32 Schrauben einen Wert von 320 Nm aufwiesen anstatt dem vorgeschriebenen Wert von 128 Nm. Eine solche Abweichung zeigt, dass die Montagevorgaben nicht eingehalten wurden. Die Qualitätskontrolle stellte diese Abweichung nicht fest.

2.2 Organisatorische Aspekte

2.2.1 Entladeprozess der Kesselwagen

Nach Auskunft der Verantwortlichen von Holcim wurde der Entladevorgang im Zementwerk Intervaz entsprechend der internen Vorgaben vorgenommen. Es wurden keine Besonderheiten oder Abweichungen festgestellt. Nach dem Abklopfen der Wagen gab es für den Mitarbeiter, der für den Entladevorgang zuständig war, keine Anzeichen, dass die Wagen nicht vollständig leer waren. Es gab im Zementwerk von Intervaz aber auch keine Waage, mit der Restmengen und damit verbunden eine mögliche Schieflast der Wagen hätten festgestellt werden können.

Beim erstmaligen Entleeren des gleichen Wagentyps Anfang 2018 wurde eine merklich längere Entladezeit festgestellt. In der Folge wurden die Wagen kontrolliert, Restmengen und Feuchtigkeit im Kesselinnern festgestellt. Nach einer Instandsetzung wurden die Wagen wieder in Betrieb genommen. Am 23. Mai 2018 kam es in Dotternhausen mit dem gleichen Kesselwagentyp, der auch hätte leer sein sollen, zu einer Entgleisung.

Die Vorkommnisse innerhalb eines Jahres zeigen, dass die Prüfung der vollständigen Entleerung eines Kesselwagens wichtig ist, um Restmengen und allfällige Schieflasten aber auch Eintritt von Feuchtigkeit rechtzeitig zu entdecken.

2.2.2 Wagenhalter

Ausgehend von den ECM-Vorgaben ist es notwendig, dass der Wagenhalter jederzeit die Rückverfolgbarkeit der Komponenten und der Instandhaltungsarbeiten am Wagen nachweisen kann.

Die vier Achsen des Wagens 7 wurden im März 2015 nach einer Instandhaltung der Stufe IS3 wieder in Betrieb genommen.

Nach einer Laufleistung dieser Achsen von ca. 90 000 km wurde im November 2016 wieder eine Instandhaltung an den Achslagergehäusen durchgeführt. Gemäss dem Leitfaden VPI 04 «Instandhaltung von Radsätzen» muss eine Lageruntersuchung nach 12 Jahren, bzw. 600 000 km durchgeführt werden. Warum diese Achsen nach so kurzer Zeit neu instandgesetzt wurden, konnte nicht begründet werden.

Gemäss der Vereinbarung zwischen Nacco und Inveho Ferifos (UFF) wurde, wenn eine Achse für die Instandhaltung angeliefert wurde, zuerst ihr Zustand erfasst. Anhand des Ergebnisses entschied Inveho Ferifos (UFF), unter welcher Instandhaltungsstufe des VPI 04 die Achse behandelt werden musste. Mit diesem Vorgehen wurde dem Wagenhalter der Grund der Tiefe der Instandhaltungsstufe nicht bekannt gegeben. Ein solches Vorgehen erschwert dem Wagenhalter die Rückverfolgbarkeit entlang des Lebenslaufs der Komponenten.

2.2.3 ECM Prozess - Instandhaltung Werkstatt

Die vordefinierten Prozesse sowie die ECM-Zertifizierung und die VPI Begutachtung sollten die Qualität der Arbeit sicherstellen, respektive allfällige Mängel identifizieren und zu Verbesserungen führen.

Die vielen Montagefehler, davon die meisten in der Fehlerklasse 5 gemäss Schadenkatalog, die kurz nach der Instandhaltung festgestellt wurden, zeigen, dass die Instandhaltung in den verschiedenen Werkstätten nicht in der vorgegebenen Qualität durchgeführt wurde. Fehler der Fehlerklasse 5 können einen kritischen Einfluss auf die Betriebssicherheit und eine akute Transportgefährdung zur Folge haben.

Die während dieser Untersuchung festgestellten gravierenden Qualitätsmängel bei der Durchführung der Instandhaltungsarbeiten in verschiedenen ECM-zertifizierten Werkstätten zeigen, dass es sicherheitsrelevante Abweichungen zwischen den vorgeschriebenen und den effektiv durchgeführten Arbeiten gibt.

2.3 Betriebliche oder prozessuale Aspekte

2.3.1 Fahrverlauf

Die zur Verfügung gestandenen Daten (Fahrdaten, Ittisfilm, Befragung) zeigen, dass der Fahrverlauf des Güterzuges keinen Einfluss auf die Entgleisung hatte. Zum Zeitpunkt der Entgleisung war die Geschwindigkeit annähernd konstant.

2.3.2 Zugkontrollenrichtungen der Infrastruktur

2.3.2.1 Heissläufer

Bei einer Laufleistung des Wagens 7 von ca. 2400 km auf Schweizer Gebiet zwischen Januar 2018 und dem Unfalltag wurde keine Achse von einer Heissläuferortungsanlage der SBB Infrastruktur mit einer Temperatur von über 50 °C registriert. Eine Temperatur von bis zu 50 °C ist eine normale Betriebstemperatur eines Achslagergehäuses. Eine solche Temperatur verursacht keinen Schaden am Achslagergehäuse und das Fett kann sich nicht zu Öl zersetzen.

2.3.2.2 Radlast-Checkpoint

Aufgrund der Spezifikation für Warnwerte und Alarm-Eingriffswerte für RLC-Anlagen, die Messwerte erst über 10 t berücksichtigt, wurde in Dietikon bei der Durchfahrt des Zuges 47044 kein Alarm ausgelöst, obwohl das Radlastverhältnis links-rechts der Wagen 5 und 7 auffällig war. Ebenfalls wurde aufgrund der Differenz von 66.4 t zwischen Soll- und Ist-Gewicht des Zuges ebenfalls kein Alarm ausgelöst und der Zug angehalten, da die Abweichung mit 17.9 % unter 20 % lag.

2.3.2.3 Entladekontrolle

Der Vorfall zeigt, dass mit der Vorgabe, den Kessel nach dem Entladen abzuklopfen, der leere Zustand nicht verlässlich festzustellen ist.

2.3.3 Technische Kontrolle der Wagen durch das EVU

Zwischen Januar 2018 und dem Unfalltag wurde der Wagen 7 mehrmals bei der Zugbildung durch technische Kontrolleure des EVU SBB Cargo kontrolliert. Die «Heissläufer» am Achslagergehäuse sind visuell gut sichtbar. Es ist nicht nachvollziehbar, dass der Wagen bei der Zugbildung an verschiedenen Standorten sieben Mal kontrolliert und dabei keine Unregelmässigkeit festgestellt wurde. Hingegen ist nachvollziehbar, dass der Entladezustand nicht durch technische Kontrolleure überprüft werden konnte.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

3.1.1.1 Infrastruktur

- Es wurden keinerlei Unregelmässigkeiten der Eisenbahninfrastruktur festgestellt.
- Die Infrastruktur kann nicht Ursache für die Entgleisung sein.

3.1.1.2 Entgleister Wagen 5

- Der Wagen 5 wies Restmaterial im Innern des Kessels auf, was zu einer asymmetrischen Radlast führte.
- Das Restmaterial im Kessel war nicht gehärtet.
- Der Wagen hatte nach der Instandhaltung im Dezember 2017 maximal 3000 km zurückgelegt.
- Der Fahrzeugkasten wies keine Verwindung auf.
- Alle acht Radprofile waren in neuwertigem Zustand.
- Die Stahlgleitplatten des vorderen Drehgestells wiesen Rillen auf.
- Der Drehzapfen und die Kunststoffeinlage der Drehpfanne des vorderen Drehgestells waren beschädigt, was zu einer Erhöhung des Ausdrehwiderstandes des Drehgestelles führte.
- Die Schrauben des Drehzapfens beim vorderen Drehgestell, waren nicht korrekt angezogen.
- Bei dem rechten Achslagergehäuse der Achse 2 lag der Deckel nicht an, was zu einer Undichtheit des Achslagergehäuses führte. Ein Spalt von 2 mm war sichtbar.
- Die Befestigungsschrauben des Nothalterungsträgers der Bremsgestänge des hinteren Drehgestells waren nicht angezogen.

3.1.1.3 Nicht entgleister Wagen 7

- Der Wagen 7 wies im Innern des Kessels in Fahrtrichtung auf der linken Seite Restmaterial auf, was zu einer asymmetrischen Radlast führte.
- Das Restmaterial im Kessel war nicht gehärtet.
- Drei der vier Schrauben der Drehzapfen zum hinteren Drehgestell waren nicht genügend und die vierte war übermässig angezogen.
- Der Wagen wies an allen Achslagergehäusen Erwärmungs- und Oxydations Spuren auf.
- Der Achslagerdeckel rechts der Achse 4 wies im unteren Bereich Ölaustrittsspuren auf.
- Das Fett hat sich zu Öl zersetzt und wies einem Farbunterschied zwischen dem hinteren und dem vorderen Rollenlager auf.

- Das gelb-weiße Fett im Achslagergehäuse entspricht nicht dem bezeichneten Fett auf der Radsatzmarke.
- Der hohe PQ Index des Fettes weist auf einen starken Verschleiss nicht oxydativer Herkunft hin.
- Alle acht Radprofile lagen innerhalb der Verschleissgrenze.
- Nach einer Laufleistung von ca. 90 000 km wurde wieder eine Instandhaltung an den Achslagergehäusen durchgeführt.
- Gemäss Angaben des Wagenhalters wiesen die vier Achsen seit deren Kauf im März 2015 bis zum Unfalltag eine Laufleistung von 107 398 km auf.

3.1.1.4 Reservedrehgestelle

Die zwei Reservedrehgestelle, die in die Serviceanlage des Rangierbahnhofs Limmattal für den Austausch der nicht mehr lauffähigen Drehgestelle des entgleisten Wagens 5 geliefert wurden, wiesen folgende Unregelmässigkeiten auf:

- Die Bolzen der Bremsgestänge waren nicht geschmiert.
- Alle 32 Achslagerdeckelschrauben wurden um einen Faktor von ca. 2.5 zu stark angezogen. Diese Achsen waren neu und haben keine Kilometer zurückgelegt.

3.1.2 Organisatorische Aspekte

3.1.2.1 Zugkontrolle

- Zwischen Januar 2018 und dem Unfalltag wurde der Wagen 7 mehrmals bei der Zugbildung durch technische Kontrolleure des EVU SBB Cargo kontrolliert. Dabei wurden die Unregelmässigkeiten an den acht Achslagergehäusen nicht entdeckt.
- Gemäss Angaben des Wagenhalters wurde keine Schadenmeldung zu den vier Achsen registriert.
- Im Zementwerk von Untervaz gab es keine Waage, mit der Restmengen im Kessel und damit eine mögliche Schieflast der Wagen hätten festgestellt werden können.

3.1.2.2 ECM Prozess

- Die Instandhaltung erfolgte unzureichend. Warum die vier Achsen des Wagens 7 so kurze Zeit nach einer Lageruntersuchung erneut einer Instandhaltung unterzogen wurden, konnte der Wagenhalter nicht begründen. Die Rückverfolgbarkeit der vier Achsen des Wagens 7 mit den überhitzten Achslagern konnte vom Wagenhalter nicht nachgewiesen werden.
- Die vielen Montagefehler der Fehlerklasse 5, die kurz nach der Instandhaltung festgestellt wurden, zeigen, dass die Instandhaltung in den verschiedenen Werkstätten nicht in der vorgegebenen Qualität durchgeführt wurde.

3.1.3 Betriebliche oder prozessuale Aspekte

- Der Fahrverlauf hatte keinen Einfluss auf die Entgleisung.
- Aufgrund des Konzepts des RLC-Messsystems (Achslast < 10 t und Abweichung der Zuggewichtsdifferenz zwischen Messung und CIS-Daten < 20 %)

wurde bei der Durchfahrt des Zuges 47044 in Dietikon kein ZKE Alarm ausgelöst. Eine Meldung betreffend die Zuggewichtdifferenz wurde an das EVU abgesetzt.

- Zwischen Januar 2018 und dem Unfalltag wurde keine Achse des Wagens 7 durch die Heissläuferortungsanlage der SBB-Infrastruktur mit einer Temperatur von über 50 °C registriert.
- Die Kontrolle nach dem Entladevorgang ist ungenügend. Es wurden keine geeigneten Prozesse und Hilfsmittel angewendet, um die vollständige Entladung zweifelsfrei feststellen zu können.

3.2 Ursachen

Die Entgleisung des fünften Kesselwagens des Güterzuges 47044 zwischen Bülach und Eglisau in einer leichten Linkskurve ist darauf zurückzuführen, dass infolge einer asymmetrischen Radlast aufgrund unvollständiger Entleerung des Transportgutes das rechte Rad des vorderen Drehgestells entlastet, dadurch angehoben wurde und in der Folge entgleiste.

Zum Unfall haben beigetragen:

- Das Nichterkennen von ungleichmässig verteilten Restmengen von Ölschiefer nach dem Entladen.
- Der erhöhte Ausdrehwiderstand des vorderen Drehgestells aufgrund von Beschädigungen des Drehzapfens und der Drehpfanne.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) vom 17. Dezember 2014, Stand am 1. Februar 2015 (SR 742.161) bezüglich Sicherheitsempfehlungen folgende Regelung vor:

Art. 48 Sicherheitsempfehlungen

¹ Die SUST richtet die Sicherheitsempfehlungen an das zuständige Bundesamt und setzt das zuständige Departement über die Empfehlungen in Kenntnis. Bei dringlichen Sicherheitsproblemen informiert sie umgehend das zuständige Departement. Sie kann zu den Umsetzungsberichten des Bundesamts zuhanden des zuständigen Departements Stellung nehmen.

² Die Bundesämter unterrichten die SUST und das zuständige Departement periodisch über die Umsetzung der Empfehlungen oder über die Gründe, weshalb sie auf Massnahmen verzichten.

³ Das zuständige Departement kann Aufträge zur Umsetzung von Empfehlungen an das zuständige Bundesamt richten.

Gleichwohl sind jede Stelle, jeder Betrieb und jede Einzelperson eingeladen, im Sinne der ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen eine Verbesserung der Sicherheit im öffentlichen Verkehr anzustreben.

Die SUST veröffentlicht die Antworten des zuständigen Bundesamtes unter www.sust.admin.ch und erlaubt so einen Überblick über den aktuellen Stand der Umsetzung der entsprechenden Sicherheitsempfehlung.

Werden im Rahmen der Sicherheitsuntersuchung sicherheitsrelevante Mängel identifiziert, die nicht ursächlich für das vorliegende Ereignis sind, aber dennoch Sicherheitsmängel im Eisenbahnbereich darstellen, werden diese trotzdem im Schlussbericht für die Prävention aufgeführt.

4.1.1 ECM-Zertifizierung der Instandhaltungserbringer

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Mit der Zertifizierung einer mit der Instandhaltung beauftragten Stelle sollte u. a. der Nachweis erbracht werden, dass die Organisation über entsprechende Prozesse sicherstellt, dass

- die Instandhaltungsspezifikationen den Mitarbeitenden zur Verfügung stehen,
- alle Einrichtungen, Ausrüstungen und Werkzeuge, die mit sicherheitsrelevanten Aktivitäten zusammenhängen, für eine ordnungsgemässe Ausführung der Instandhaltung geeignet sind und zur Verfügung stehen, sowie
 - die Verfahren für die Prüfung und die Qualitätskontrolle der durchgeführten Arbeiten definiert sind.
 - die Instandhaltungsarbeiten dokumentiert sind.

Schlussendlich müssen alle diese Prozesse die Qualitätsanforderungen der durchgeführten Arbeiten gewährleisten, um die sichere Erbringung der Instandhaltung zu garantieren.

Unter anderem sind die Achsen und Drehgestelle für die Sicherheit des Rollmaterials von entscheidender Bedeutung. Diese Komponenten müssen während ihrer gesamten Betriebsdauer den spezifizierten Grenzbeanspruchungen standhalten.

Die hohe Anzahl der kurz nach der Instandhaltung der Wagen entdeckten Fehler, welche einen kritischen Einfluss auf die Betriebssicherheit haben und somit eine akute Gefährdung darstellen, zeigt, dass die Qualitätsanforderungen für die Instandhaltung von sicherheitsrelevant Komponenten nicht erfüllt wurden.

Die während dieser Untersuchung festgestellten gravierenden Qualitätsmängel bei der Durchführung der Instandhaltungsarbeiten in verschiedenen ECM-zertifizierten Werkstätten zeigen, dass massgebende sicherheitsrelevante Abweichungen zwischen den in der Verordnung (EU) Nr. 445/2011 definierten und den in der Praxis erreichten Standards vorhanden sind.

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung

Mit Inkrafttreten der Durchführungsverordnung (EU) 2019/779 vom 16. Mai 2019 mit Durchführungsbestimmungen für ein System zur Zertifizierung von für die Instandhaltung von Fahrzeugen zuständigen Stellen wurden Bestimmungen definiert, mit denen gegen wesentliche, oben aufgeführte Defizite vorgegangen werden kann. Auch hat das BAV aufgrund der Sicherheitsempfehlung Nr. 96 zum Schlussbericht über die Entgleisung eines Güterzugs vom 25. April 2015 in Daillens (VD), Reg.-Nr. 2015042501 eine verstärkte Begleitung der Überwachungstätigkeiten der Zertifizierungsstellen durch das BAV bereits umgesetzt.

Deshalb verzichtet die SUST auf das Aussprechen einer weiteren Sicherheitsempfehlung.

4.2 Sicherheitshinweise

Keine

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.

Nach dem Unfall hat Holcim folgende Massnahmen eingeleitet:

- Der Mietvertrag der 30 Kesselwagen (84 m³ mit drei Domdeckeln) mit Nacco wurde gekündigt.
- Ein Verkehr der 30 Kesselwagen (84 m³) erfolgte nur noch nach vorgängiger Kontrolle der Laderückstände und Ladeverteilung.
- Innenreinigung des Kessels und Rückgabe an den Vermieter Nacco.
- Für die 22 Kesselwagen (84 m³ mit vier Domdeckeln) wurde Folgendes festgelegt: Die Entlader müssen Wagen, wo nach dem Abklopfen Rückstände vermutet werden, über die Waage vor Ort ziehen und wenn der Rückstand grösser als 3 t beträgt, muss eine gleichmässige Verteilung des Restmaterial gewährleistet sein (links und rechts muss eben verteilt sein, damit das Grenzmass 1:1.25 nicht überschritten wird). Wenn das Grenzmass 1:1.25 überschritten wird, muss der Wagen nochmals entladen und anschliessend in die

Werkstatt zur Instandsetzung überführt werden, weil ein Problem angenommen werden muss.

Nach der Übernahme von Nacco durch VTG Ende 2018 wurden die betroffenen Kesselwagen Eigentum der ECM VTG Rail Europe GmbH. VTG erwähnt, dass diese Kesselwagen nun nach dem Qualitäts-, Instandhaltungs- und Sicherheitsmanagementsystem der VTG verwaltet werden.

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. August 2022

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

Anlage 1

Involvierte ECM-Werkstätten

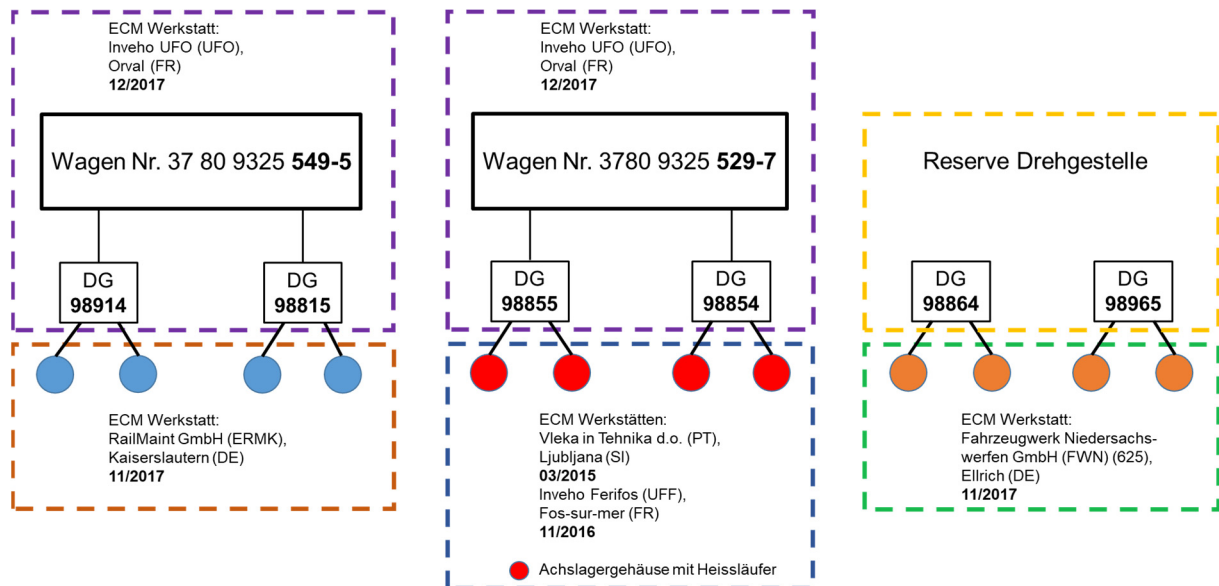


Abbildung 27: Instandhaltungsarbeiten an Wagen und Drehgestelle durch den verschiedenen ECM Werkstätten.

Anlage 2

Innenaufnahmen der Kesselwagen 5 und 7

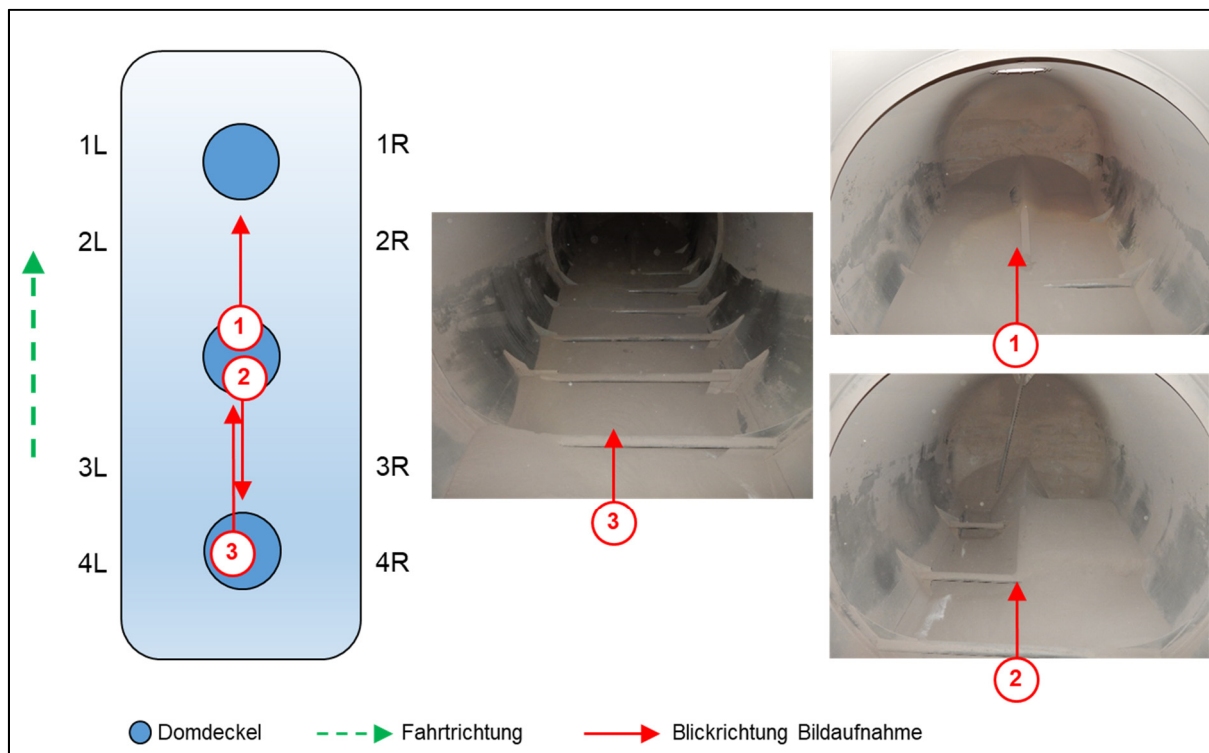


Abbildung 28: Innenaufnahmen des entgleisten, fünften Kesselwagens 37 80 9325 549-5.

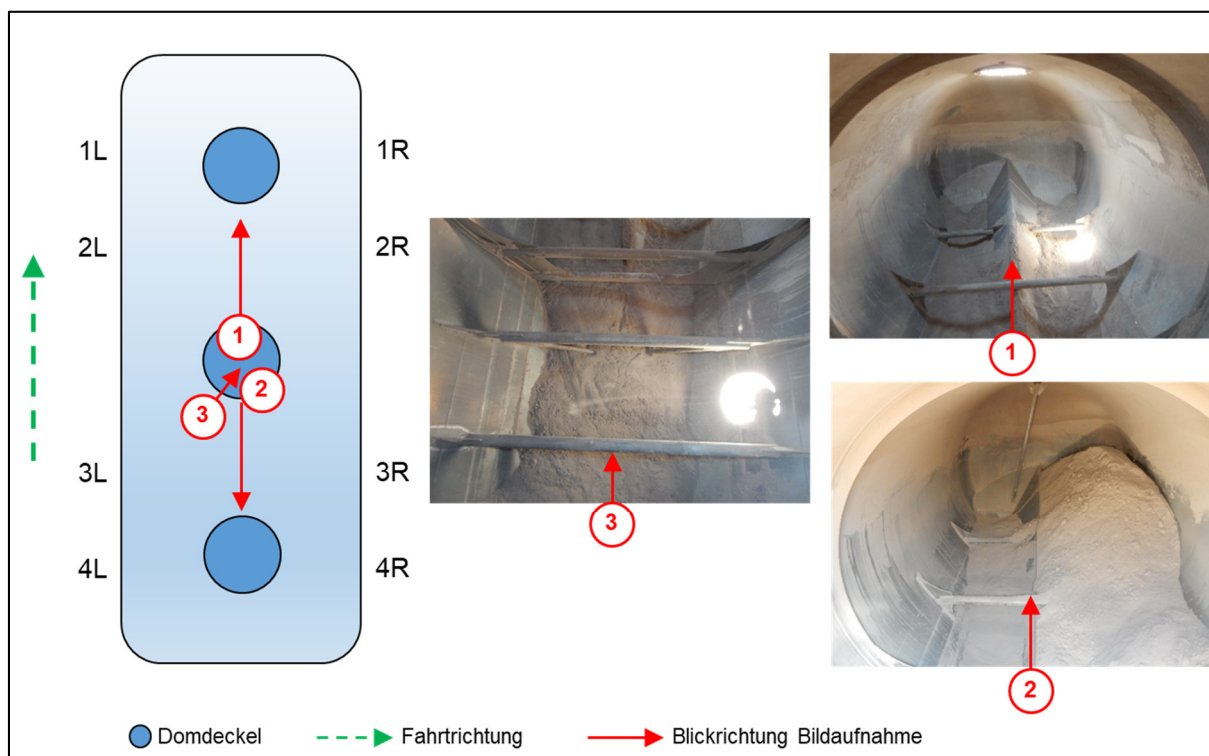


Abbildung 29: Innenaufnahme des nicht entgleisten, siebten Kesselwagens 37 80 9325 529-7.

Anlage 3

Fahrdaten

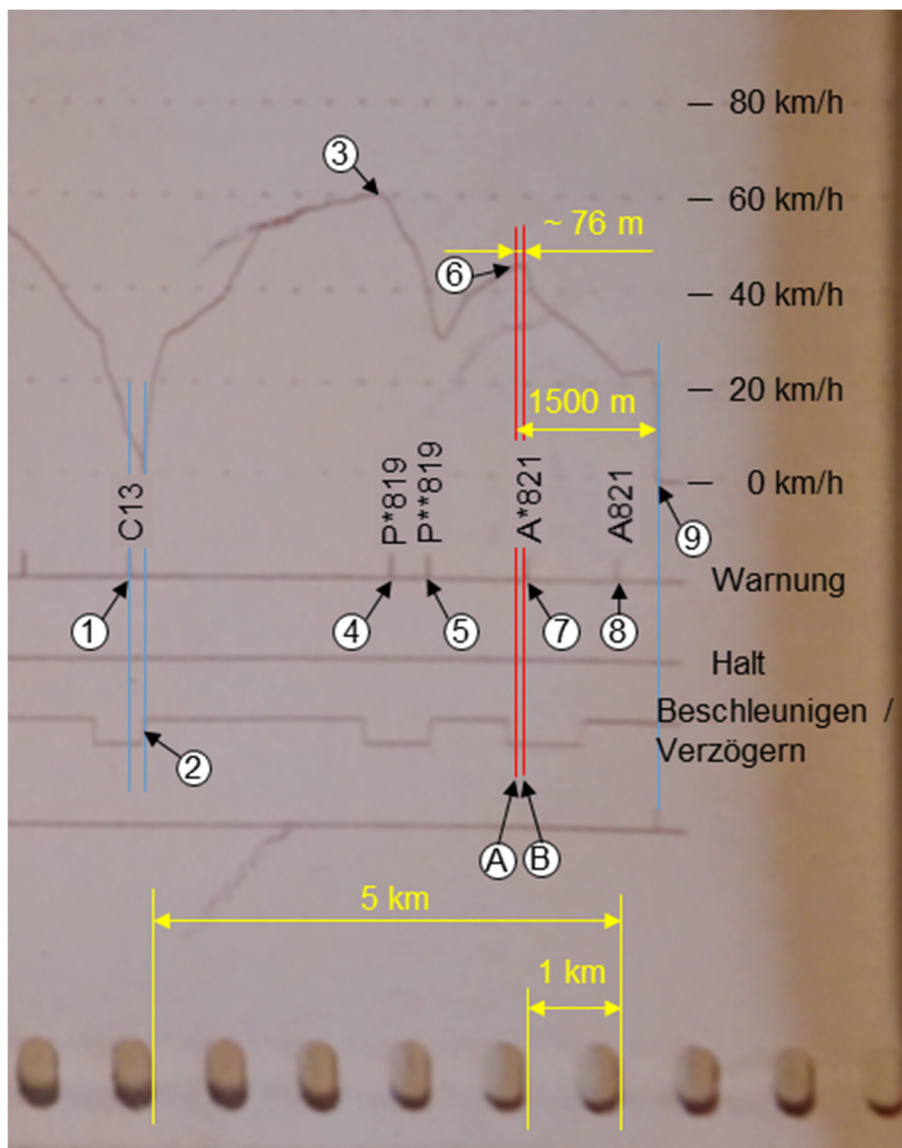


Abbildung 30: Fahrdaten des Zuges 47044.

Signal	Sign. Beg	Bahn-km	V _{Ist} [km/h]	V _{Uew} [km/h]	Zeit
C13	H/3/6	16.482	11	42	20:12:52
D53	H/3	16.717	19	100	20:15:04
P*817	W/1*	17.377	38	100	20:16:18
P817	H/1	18.298	58	100	20:17:23
P*819	W/1*	19.253	55	100	20:18:20
P**819	W/1*	19.633	36	100	20:18:49
P819	H/1	20.143	42	100	20:19:40
A*821	W/1*/2*/3*	20.682	42	100	20:20:23
A821	H/1/2/3	21.604	25	95	20:22:07

Tabelle 5: ZUB-Diagnosedaten.

Anlage 4

Daten der RLC-Anlage in Dietikon

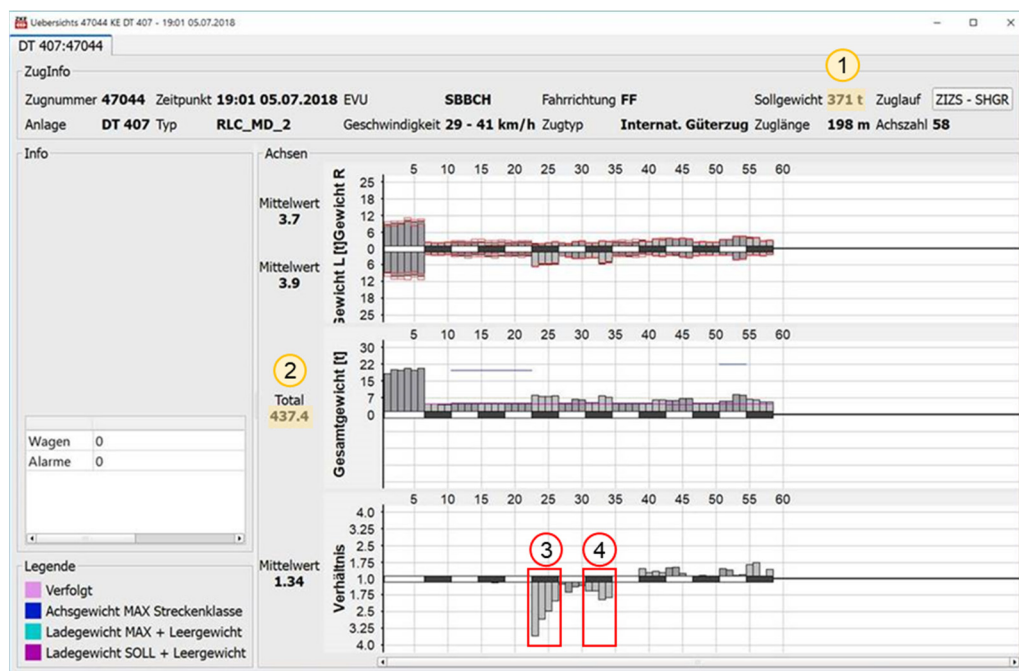


Abbildung 31: Daten des Zuges

- Legende:
- 1 Sollgewicht des Zuges gemäss CIS-Liste (371 t)
 - 2 Von der Anlage gemessenes Gesamtgewicht des Zuges (437.4 t)
 - 3 Radlastverhältnis der Achsen 1-4 von Wagen 5
 - 4 Radlastverhältnis der Achsen 1-4 von Wagen 7.

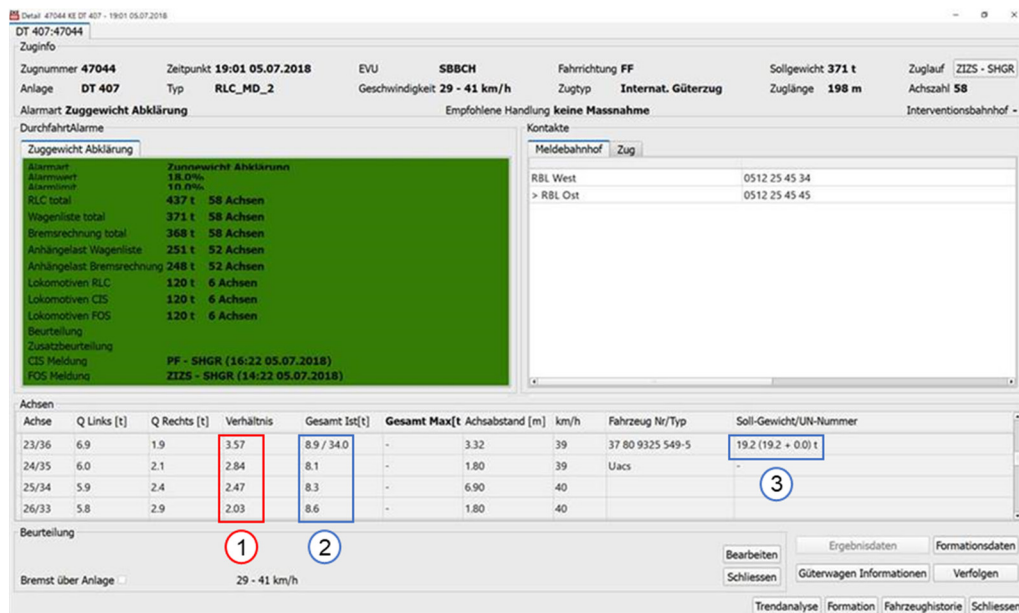


Abbildung 32: Daten von Wagen 5

- Legende:
- 1 Radlastverhältnis zwischen linken und rechten Rädern der Achsen 1-4 (3.57-2.03)
 - 2 Lasten der Achsen 1-4 sowie Gesamtlast (34.0 t)
 - 3 Sollgewicht des Wagens (Leergewicht 19.2 t sowie Beladung 0 t)

Bilder der DED-Anlage in Dietikon**Abbildung 33:** Wagen 5, Achse 1 links.**Abbildung 34:** Wagen 5, Achse 2 links.**Abbildung 35:** Wagen 5, Achse 3 links.**Abbildung 36:** Wagen 5, Achse 4 links.

Anlage 5

Auszug aus dem Handbuch für Chauffeure und Terminal-Mitarbeitende

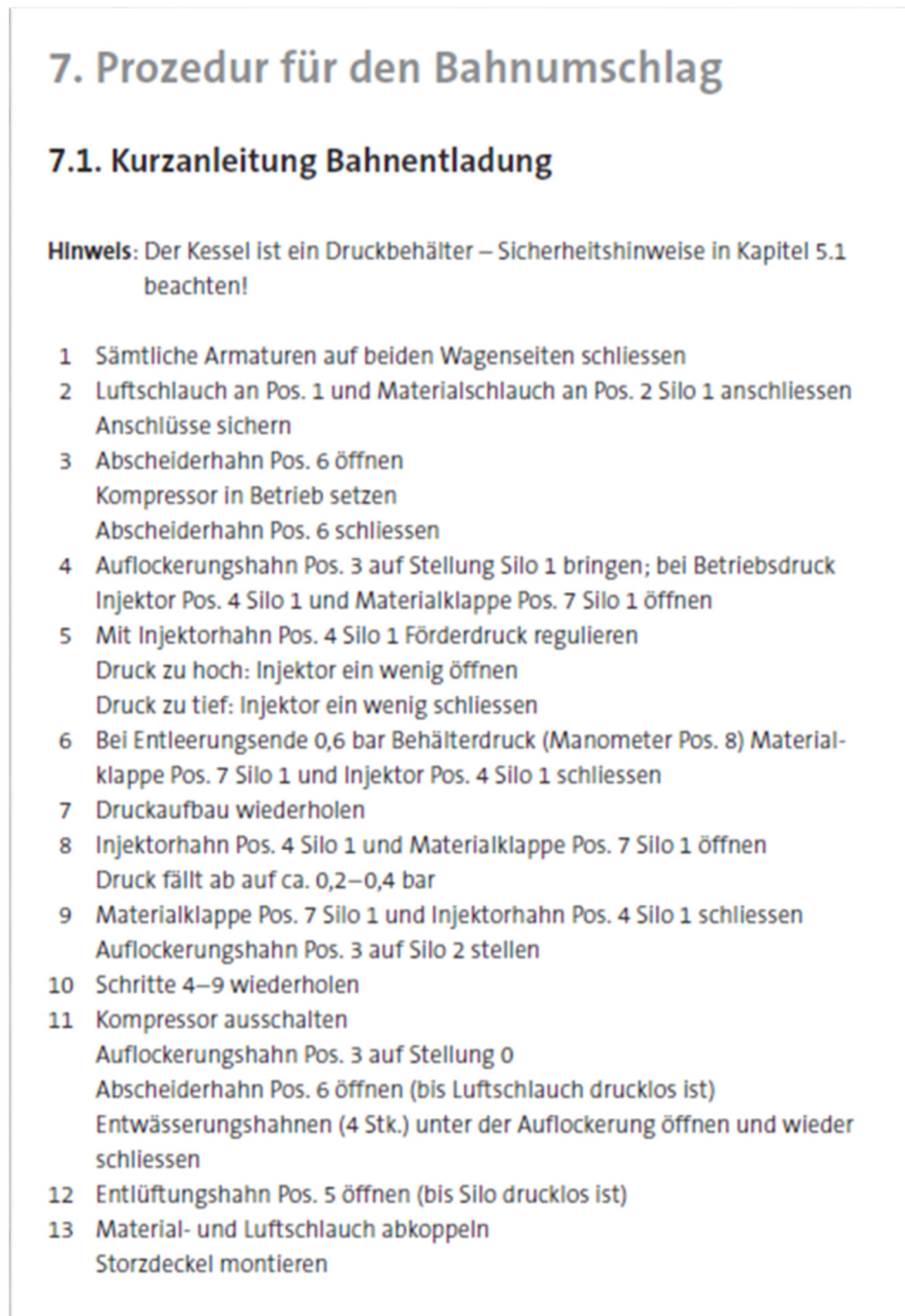


Abbildung 37: Auszug aus dem Handbuch für Chauffeure und Terminal-Mitarbeitende von Holcim.

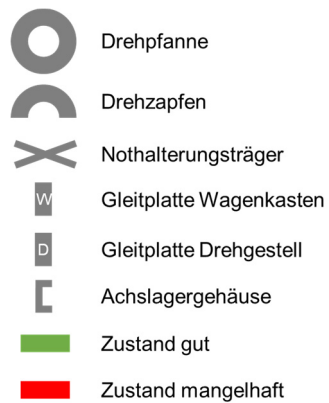
Anlage 6

Übersicht der Untersuchungsergebnisse der Wagen 5 und 7



Abbildung 38: Übersicht der Untersuchungsergebnisse der Wagen 5 und 7.

Legende:



Anlage 7

Historie der vier Achsen von Wagen 7

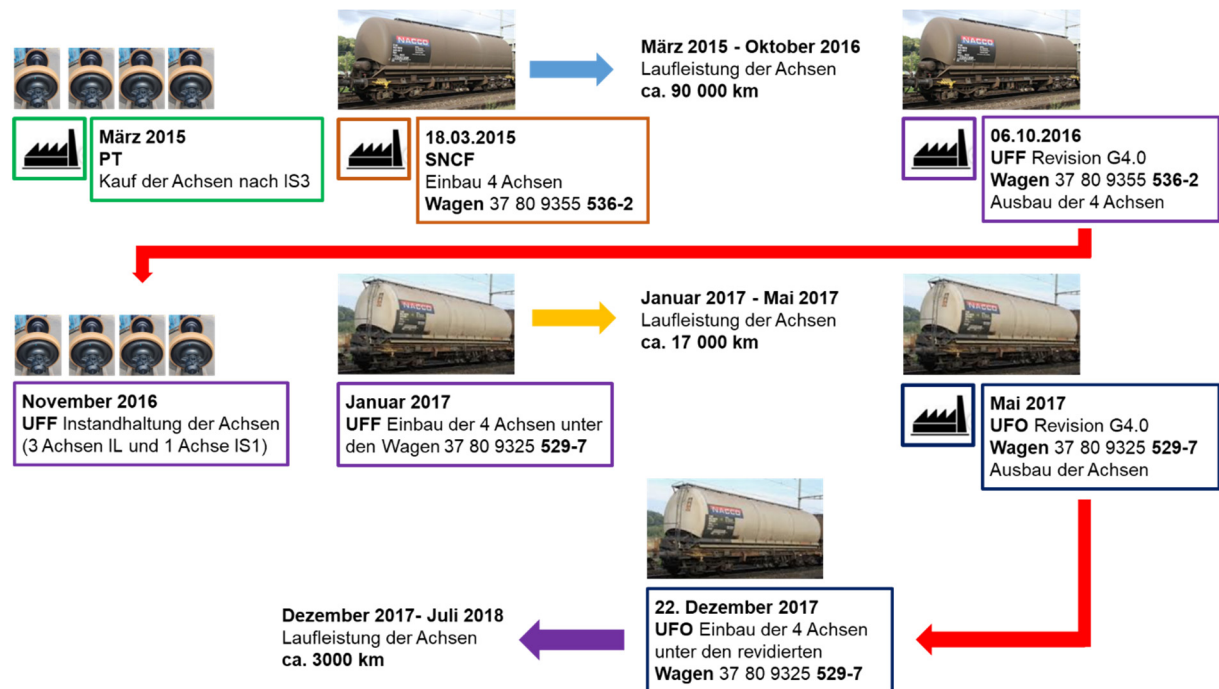


Abbildung 39: Historie und Laufleistung der vier Achsen von Wagen 7.