

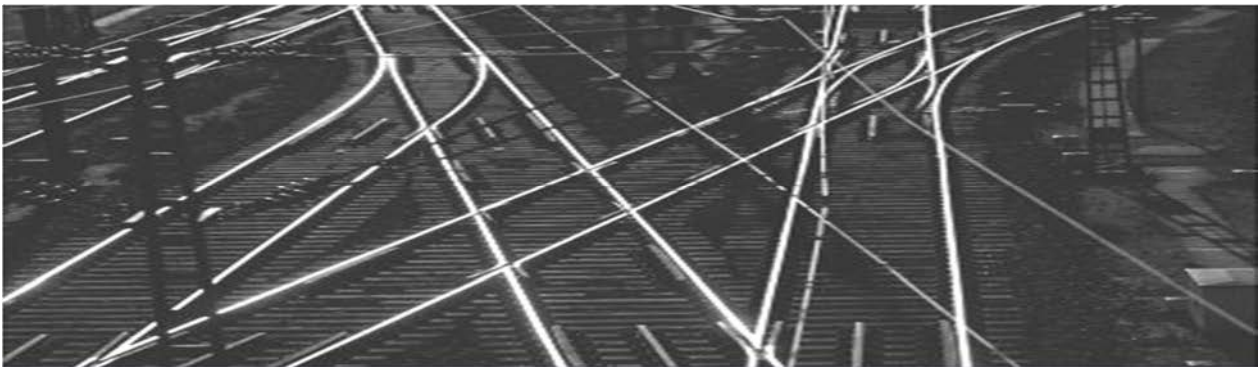


Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: 60uu2016-01/004-3323

Stand: 09.11.2023 Version: 1.0

Erstveröffentlichung: 20.11.2023



Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb

Ereignisart:	Fahrzeugbrand
Datum:	06.01.2016
Zeit:	20:00 Uhr
Benachbarte Betriebsstellen:	Biesdorfer Kreuz Ost – Berlin-Kaulsdorf
Streckennummer:	6078
Kilometer:	9,6

Veröffentlicht durch:

Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung

Heinemannstraße 6

53175 Bonn

Inhaltsverzeichnis

I.	Änderungsverzeichnis:	II
II.	Abbildungsverzeichnis:	III
III.	Tabellenverzeichnis:	III
IV.	Abkürzungsverzeichnis:	V
1	Vorbemerkungen	1
1.1	Organisatorischer Hinweis	1
1.2	Ziel der Eisenbahnunfalluntersuchung.....	1
2	Zusammenfassung	3
2.1	Kurzbeschreibung des Ereignisses.....	3
2.2	Folgen	3
2.3	Ursachen.....	3
2.4	Sicherheitsempfehlungen	3
3	Allgemeine Angaben	4
3.1	Lage und Beschreibung des Ereignisortes	4
3.2	Beteiligte und Mitwirkende.....	6
3.3	Äußere Bedingungen	6
3.4	Todesopfer, Verletzte und Sachschäden.....	7
4	Untersuchungsprotokoll	9
4.1	Zusammenfassung von Aussagen und Stellungnahmen	9
4.1.1	Stellungnahme des Triebfahrzeugführers (Tf) des DPN 5179.....	9
4.2	Notfallmanagement	9
4.3	Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur	10
4.4	Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik	11
4.5	Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers.....	11

4.6	Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU	12
4.7	Untersuchung von Fahrzeugen	15
4.7.1	Ablauf des Brandereignisses	16
4.7.2	Brandausgangspunkt	17
4.7.3	Feststellungen am Schadfahrzeug.....	18
4.7.4	Unterhaltung des Fahrzeugs bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH	22
4.8	Untersuchungen zur Feststellung der Brandursache.....	26
4.8.1	Lokalisierung des Brandursprungs im Ausschlussverfahren	26
4.8.2	Weitere Eingrenzung der Brandursache	28
4.8.3	Untersuchungen an den Schützen 6K4 und 7K1	29
4.8.4	Gutachterliche Feststellung der Ursache des Brandereignisses	33
5	Auswertung	34
5.1	Ereignisrekonstruktion	34
5.2	Bewertung und Schlussfolgerung.....	35
6	Bisher getroffene Maßnahmen	38
7	Sicherheitsempfehlungen	38

I. Änderungsverzeichnis:

Änderung	Stand

II. Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Lageplan	4
Abbildung 2: Gleislageskizze	5
Abbildung 3: Situation an der Brandstelle	5
Abbildung 4: Triebzug VT 643.20 der NEB Betriebsgesellschaft mbH im Vollbrand	8
Abbildung 5: Triebzug VT 643.20 der NEB Betriebsgesellschaft mbH nach Beendigung der Löscharbeiten	8
Abbildung 6: Grafische Darstellung des Fahrtverlaufs.....	13
Abbildung 7: Tabellarische Darstellung des Fahrtverlaufs.....	14
Abbildung 8: Dreiteiliges Fahrzeug der BR 643 (Talent)	15
Abbildung 9: Fahrzeugskizze	15
Abbildung 10: Ausgebrannter Triebwagen BR 643, in Fahrtrichtung aufgenommen	17
Abbildung 11: Zerstörter Schaltschrank 1 aus dem EW 2, Schaltschrank 1 aus dem EW 1	18
Abbildung 12: Unterer Bereich des intakten Schaltschranks 1 im EW 1	19
Abbildung 13: Auszug aus der Montageanweisung von ABB	21
Abbildung 14: Auszug aus dem Wartungsplan für BR 643.....	23
Abbildung 15: Auszug aus dem Instandhaltungshandbuch für die BR 643	24
Abbildung 16: Systemskizze Talent (Auszug)	27
Abbildung 17: Position der Schaltschränke 1 und 2 im zerstörten EW 2	27

III. Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Übersicht der äußeren Bedingungen	6
Tabelle 2: Übersicht der Personenschäden	7
Tabelle 3: Übersicht der geschätzten Schadenshöhe	7
Tabelle 4: Technische Daten des Triebzuges BR 643	16

IV. Abkürzungsverzeichnis:

Abzw	Abzweigstelle
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
BEU	Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung
BEVVG	Bundeseisenbahnverkehrsverwaltungsgesetz
Bf	Bahnhof
Bft	Bahnhofsteil
BR	Baureihe
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBO	Eisenbahn- Bau- und Betriebsordnung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
EU	Europäische Union
EUV	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
EW	Endwagen
Fdl	Fahrdienstleiter
GSM-R	Global System for Mobile Communications Rail
HU	Hauptuntersuchung
MW	Mittelwagen
NEB	Niederbarnimer Eisenbahn
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
Ril	Richtlinie
SMS	Sicherheitsmanagement
Tf	Triebfahrzeugführer

1 Vorbemerkungen

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

1.1 Organisatorischer Hinweis

Mit der Richtlinie (EU) 2016/798 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Eisenbahnsicherheit in der Gemeinschaft (Eisenbahnsicherheitsrichtlinie) wurden die Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) verpflichtet, unabhängige Untersuchungsstellen für die Untersuchung bestimmter gefährlicher Ereignisse einzurichten.

Diese Richtlinie wurde mit dem Gesetz zur Neuordnung der Eisenbahnunfalluntersuchung vom 27. Juni 2017 und der Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung vom 05.07.2007, die durch Artikel 1 der Verordnung vom 26.11.2019 geändert worden ist, umgesetzt. Die BEU ist eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr.

Gemäß § 6 Abs. 2 des Bundeseisenbahnverkehrsverwaltungsgesetzes (BEVVG) wurde der Sitz und Aufbau der BEU im „Organisationserlass zur Errichtung der Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur festgelegt und die BEU zum 14.07.2017 errichtet.

Näheres hierzu ist im Internet unter www.beu.bund.de eingestellt.

1.2 Ziel der Eisenbahnunfalluntersuchung

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

Die Untersuchung umfasst die Sammlung und Auswertung von Informationen, die Erarbeitung von Schlussfolgerungen einschließlich der Feststellung der Ursachen und gegebenenfalls die Abgabe von Sicherheitsempfehlungen. Die Vorschläge der Untersuchungsstelle zur Vermeidung von Unfällen und Verbesserung der Sicherheit im Eisenbahnverkehr werden der

Sicherheitsbehörde und, soweit erforderlich, anderen Stellen und Behörden oder anderen Mitgliedstaaten der EU in Form von Sicherheitsempfehlungen mitgeteilt.

2 Zusammenfassung

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

2.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses

Am 06.01.2016 um 20:00 Uhr entstand bei Zug DPN 5179 auf der Fahrt von Berlin-Lichtenberg nach Kostrzyn (Küstrin) Osop zwischen Abzweigstelle (Abzw) Biesdorfer Kreuz Ost und Bahnhof (Bf) Berlin-Kaulsdorf in km 9,6 ein Brand. Dieser hatte seinen Ursprung im hinteren Teil des eingesetzten Triebzuges.

2.2 Folgen

Es wurden keine Personen getötet oder verletzt. Der hintere Endwagen (EW) 2 und der Mittelwagen (MW) des Triebzuges brannten vollständig aus. Am führenden EW 1 entstanden große Brandschäden.

2.3 Ursachen

Der Ursprung des Brandes wurde im unteren Teil des Schaltschranks 1 des hinteren Zugteils (EW 2) lokalisiert. Mit hoher Wahrscheinlichkeit war eine Überhitzung des Schützes 6K4 auslösende Ursache für das Brandereignis. Im Rahmen der Untersuchung des Ereignisses wurden für dieses Schütz Abweichungen gegenüber der rechnerischen Strombeaufschlagung, der vorgegebenen Montageposition sowie der vorgesehenen Austauschfristen gefunden. Arbeitsvorgaben für eine Zustandsbeurteilung im Rahmen der Inspektionen waren ungenügend.

2.4 Sicherheitsempfehlungen

Es ergehen keine Sicherheitsempfehlungen.

3 Allgemeine Angaben

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

3.1 Lage und Beschreibung des Ereignisortes

Der Fahrzeugbrand ereignete sich auf der nicht elektrifizierten Hauptbahn Berlin Wriezener Bahnhof – Strausberg – Küstrin-Kiez Grenzbahnhof (DB Grenze), die im Verzeichnis der maximal zulässigen Geschwindigkeiten (VzG) mit der Streckennummer 6078 geführt wurde. Die Unfallstelle befand sich auf der freien Strecke etwa in km 9,6 in einem eingleisigen Streckenabschnitt zwischen den Betriebsstellen Abzw Biesdorfer Kreuz Ost und Bf Berlin-Kaulsdorf. Dieser Abschnitt darf gemäß VzG mit einer maximalen Geschwindigkeit von 100 km/h befahren werden und ist für einen Bremsweg von 700 m ausgelegt. In unmittelbarer örtlicher Nähe zum Ereignisort lag der Bahnhofsteil (Bft) Berlin Wuhletal der parallel verlaufenden S-Bahn-Strecke 6006.

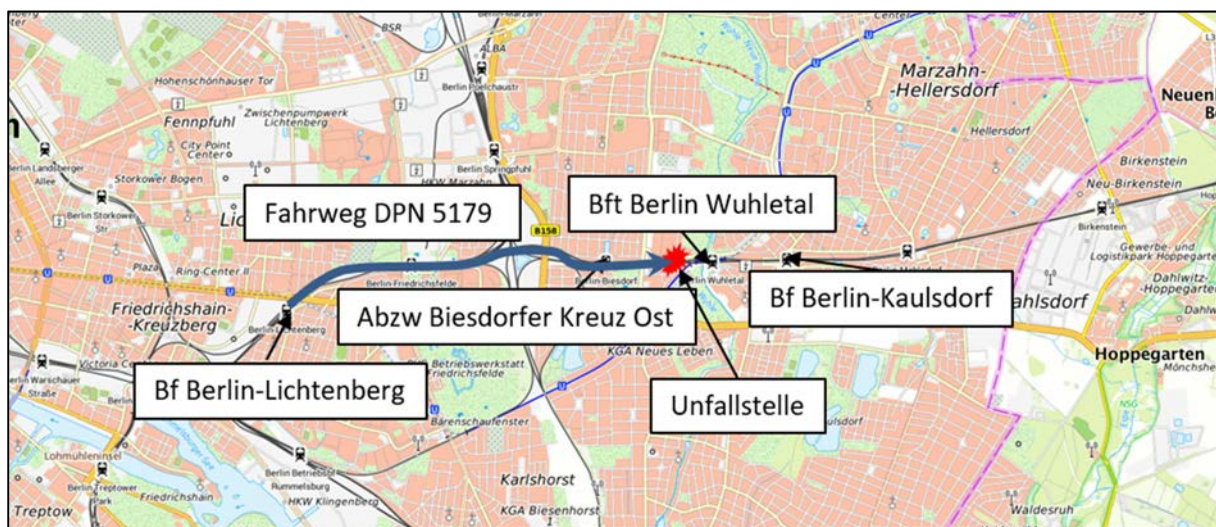


Abbildung 1: Lageplan¹

Die Strecke 6078 war mit dem digitalen Zugfunk Global System for Mobile Communications Rail (GSM-R) ausgerüstet. Als Zugsicherungssystem kam die punktförmige Zugbeeinflussung (PZB) zur Anwendung.

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

Die Abbildungen 2 und 3 stellen die Situation an der Unfallstelle als Gleislageplan und physisch vor Ort dar.

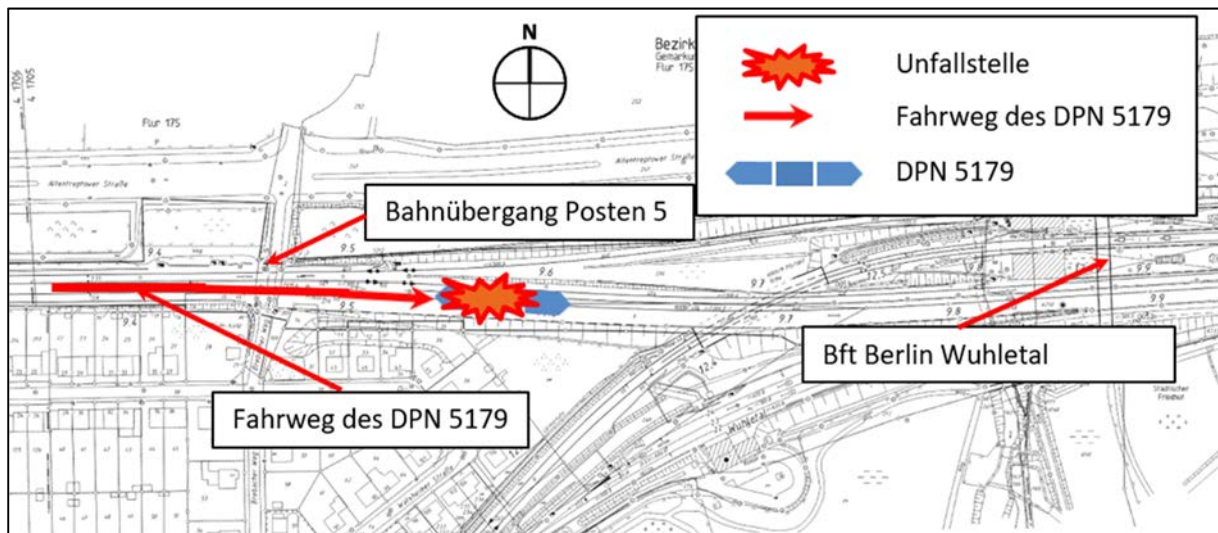


Abbildung 2: Gleislageskizze²

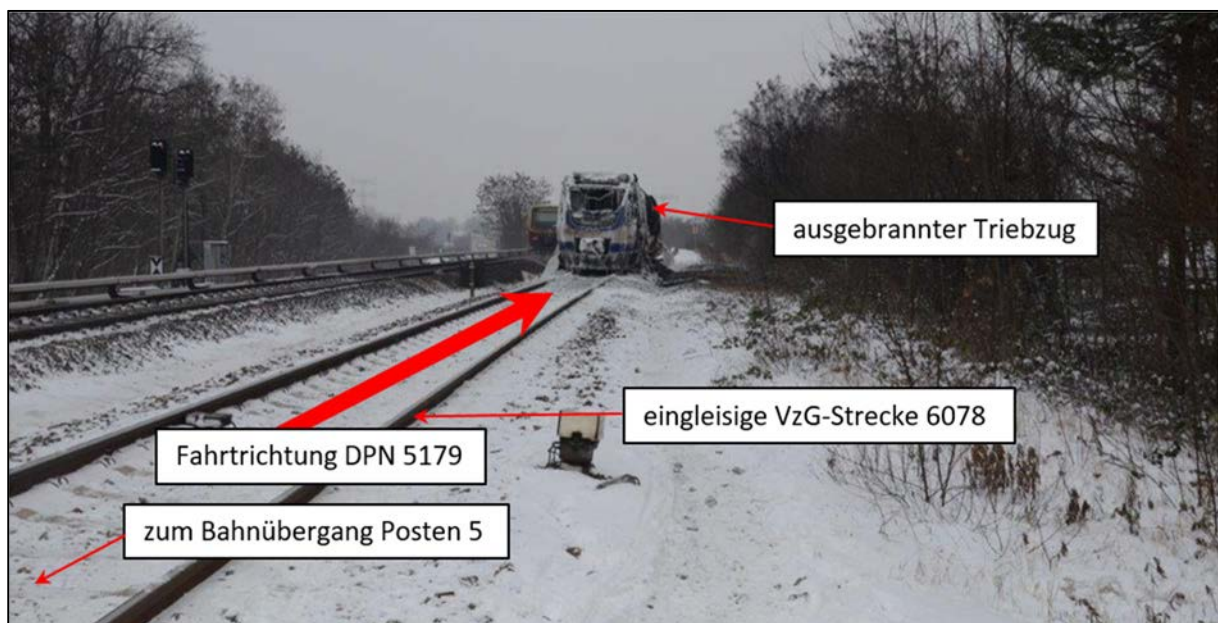


Abbildung 3: Situation an der Brandstelle³

² Quelle: DB Netz AG IVL- Plan, bearbeitet durch BEU

³ Quelle: Bundespolizei, bearbeitet durch BEU

3.2 Beteiligte und Mitwirkende

Am Ereignis waren folgende Stellen beteiligt:

- DB Netz AG als Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU)
- Niederbarnimer Eisenbahn (NEB) Betriebsgesellschaft mbH als Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und Fahrzeughalter

Für das EIU lag eine Sicherheitsgenehmigung gemäß § 7c AEG des Eisenbahn-Bundesamts vom 19.04.2011 vor.

Die NEB Betriebsgesellschaft mbH verfügte über eine Sicherheitsbescheinigung gemäß § 7a AEG des EBA, datiert vom 26.02.2014, und war damit zur der Teilnahme am Eisenbahnbetrieb berechtigt.

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

- Bundespolizeiinspektion Berlin-Ostbahnhof, Ermittlungsdienst
- TÜV Süd Rail GmbH (Gutachten)
- Bombardier Transportation GmbH (Fahrzeughersteller)
- Alpha Trains Europe GmbH (Fahrzeugeigentümer)
- ABB Stotz-Kontakt GmbH (Schützhersteller)

3.3 Äußere Bedingungen

Zum Zeitpunkt des Ereignisses herrschten folgende Bedingungen:

Lichtverhältnisse	Dunkelheit
Sicht	klar
Bedeckung	heiter
Temperaturen	- 5°C
fallender Niederschlag	Nein
Niederschlagshäufigkeit	--
Untergrund / gefallener Niederschlag	Schneedecke

Tabelle 1: Übersicht der äußeren Bedingungen

Feststellung zu den äußeren Bedingungen

Lfd. Nr. 1
Die äußeren Bedingungen, wie z. B. das Wetter, standen in keinem erkennbaren kausalen Zusammenhang mit der Ereignisursache.

3.4 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden

Nach letzten Erkenntnissen traten folgend aufgeführte Personenschäden ein:

	Anzahl Tote	Anzahl schwer Verletzte	Anzahl leicht Verletzte
Reisende	-	-	-
Mitarbeiter	-	-	-
Benutzer von Bahnübergängen	-	-	-
Dritte	-	-	-
Summe	-	-	-

Tabelle 2: Übersicht der Personenschäden

Die geschätzte Höhe der Sachschäden in Euro setzt sich wie folgt zusammen:

	geschätzte Kosten in Euro
Fahrzeuge	2.800.000
Infrastruktur	-
Dritte	-
Gesamtschadenshöhe	2.800.000

Tabelle 3: Übersicht der geschätzten Schadenshöhe

Der hintere EW und der MW des Triebzuges brannten vollständig, der führende EW teilweise aus. Aufgrund des Ausmaßes der Schäden lag ein Totalverlust des Triebzuges vor.

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen den Triebzug VT 643.20 im Vollbrand in Fahrtrichtung bzw. nach Abschluss der Löscharbeiten gegen die Fahrtrichtung aufgenommen.



Abbildung 4: Triebzug VT 643.20 der NEB Betriebsgesellschaft mbH im Vollbrand⁴



Abbildung 5: Triebzug VT 643.20 der NEB Betriebsgesellschaft mbH nach Beendigung der Löscharbeiten⁵

⁴ Quelle: Bundespolizei

⁵ Quelle: Bundespolizei

4 Untersuchungsprotokoll

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

4.1 Zusammenfassung von Aussagen und Stellungnahmen

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Aussagen und Stellungnahmen einiger Beteiligter zusammengefasst dargestellt. Diese wurden dem jeweiligen Arbeitgeber gegenüber abgelegt.

4.1.1 Stellungnahme des Triebfahrzeugführers (Tf) des DPN 5179

Der Tf sagte aus, er sei aus dem Bf Berlin-Lichtenberg, Gleis 15, etwas verspätet gegen 19:45 Uhr abgefahren. Hinter dem Bahnübergang Posten 5 zwischen der Abzw Biesdorfer Kreuz Ost und dem Bf Berlin-Kaulsdorf sei eine Zwangsbremung erfolgt. Er habe die EVU-Leitstelle verständigt.

Reisende hätten dann Rauchentwicklung im EW 2 gemeldet, daher sei dann die Meldung um Feueralarm erweitert worden. Die EVU-Leitstelle hätte dann alles Weitere veranlasst.

Die Türen seien über die Notöffnung geöffnet, der Zug evakuiert und die Reisenden zum etwa 75 m entfernten Bahnübergang geleitet worden. Die Kundenbetreuerin sei mit einer kleinen Gruppe von 39 Personen zum Bft Berlin Wuhletal gegangen.

Danach hätten sie auf die Einsatzkräfte gewartet und die Feuerwehr unterstützt.

4.2 Notfallmanagement

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

Bei diesem Ereignis hatte der Tf des DPN 5179 den zuständigen Fahrdienstleiter (Fdl) im Stellwerk Kaulsdorf West über eine Störung an seinem Zug informiert. Nach der Entdeckung

des Brandes betrat er aufgrund der eingetretenen Gefahrenlage den Führerstand des Fahrzeugs nicht mehr und konnte daher keinen GSM-R Ruf zu dem zuständigen FdI aufbauen oder einen Notruf absetzen. Er informierte die Leitstelle der NEB, welche dann die Notfallleitstelle der DB Netz AG verständigte. Daraufhin wurde die Meldekette aktiviert. Die Evakuierung des Zuges begann unverzüglich nach Erkennen des Brandes. Der Tf und die Zugbegleiterin führten die ca. 180 Personen in zwei Gruppen zu sicheren Sammelplätzen. Es wurde niemand verletzt. Die Einsatzkräfte der Feuerwehr trafen gegen 20:15 Uhr an der Unfallstelle ein. Der Notfallmanager war um 20:20 Uhr vor Ort. Danach konnte die Feuerwehr mit dem Löschen beginnen.

Feststellungen zum Notfallmanagement

Lfd. Nr. 2
Es wurde festgestellt, dass situationsbedingt ein GSM-R Notruf zum Zeitpunkt des Ereignisses vom Tf des betroffenen Zuges nicht ausgelöst wurde. Die Information über das Ereignis erfolgte über alternative Informationswege.
Die Evakuierung des Zuges verlief ohne Zwischenfälle. Folgesachschäden traten nicht ein.

4.3 Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur

Die Bahnstrecke Berlin – Küstrin-Kiez Grenzbahnhof war im relevanten Streckenabschnitt nicht Bestandteil der transeuropäischen Netze. Die Strecke war mit einem Schotteroberbau ausgestattet und der Streckenklasse D4 zugeordnet. Sie durfte von Zügen mit einer maximalen Radsatzlast von 22,5 t befahren werden. An der vorhandenen Infrastruktur wurden durch das EIU nach dem Ereignis keine Unfallfolgen gemeldet. Der Schotteroberbau war vollständig intakt. Ein unmittelbarer Einfluss aus den Infrastrukturanlagen auf das Ereignis war nicht erkennbar. Daher erfolgten keine weiteren diesbezüglichen Untersuchungen.

Feststellung zur der bautechnischen Infrastruktur

Lfd. Nr. 3
Für das Ereignis ursächliche oder begünstigende Einflüsse ergaben sich aus der Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur nicht.

4.4 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik

Der relevante Abschnitt lag zwischen den Stellwerken Biesdorfer Kreuz und Kaulsdorf West. Das Stellwerk Biesdorfer Kreuz der Bauform GS II Sp64b ging im Jahre 1978 in Betrieb. Das mechanische Stellwerk Kaulsdorf West der Bauform Siemens & Halske 1912 wurde 1941 in Betrieb genommen und zwischenzeitlich durch Komponenten der Bauform GS II DR ergänzt. Der Zug DPN 5179 fuhr mit Fahrtstellung des Ausfahrsignals M 15, aus dem Bf Berlin-Lichtenberg aus. Aufgrund des Ereignishergangs wurden ereignisursächliche Einflüsse aus der Leit- und Sicherungstechnik ausgeschlossen. Weitere diesbezügliche Untersuchungen erfolgten daher nicht.

Feststellung zur Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik

Lfd. Nr. 4
Aus der Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik ergaben sich keine Hinweise, die für den Eintritt des Ereignisses ursächlich oder begünstigend waren.

4.5 Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers

Die Betriebsdurchführung der Strecke 6078 des EIU DB Netz AG erfolgte nach den Vorgaben der Fahrdienstvorschrift Ril 408. Zum Zeitpunkt des Ereignisses wurde der Zugverkehr im Regelbetrieb durchgeführt. Der Zug befand sich zum Zeitpunkt des Ereigniseintritts zwischen den Betriebsstellen Abzw Biesdorfer Kreuz Ost und Bf Berlin-Kaulsdorf. Die beiden für den relevanten Streckenabschnitt zuständigen Fdl hatten ihre Bedienplätze in den Stellwerken Biesdorfer Kreuz und Kaulsdorf West. Für das Ereignis ursächliche Handlungen der Fdl wurden im Rahmen der Untersuchung nicht offenbar. Daher wurde auf die Erhebung personenbezogener Daten zu den involvierten Fdl verzichtet. Der Zug DPN 5179 fuhr mit ca. acht Minuten Verspätung um 19:43 Uhr aus dem Bf Berlin-Lichtenberg ab. Um ca. 19:50 Uhr erhielt der Fdl auf dem Stellwerk Kaulsdorf West die Information, dass der Zug DPN 5179 wegen einer Störung am Triebzug zwischen den Betriebsstellen Abzw Biesdorfer Kreuz Ost und Bf Berlin-Kaulsdorf liegen geblieben war. Der Tf teilte dem Fdl in einem GSM-R Anruf weiterhin mit, dass er noch nicht abschätzen könne, wann die Störung behoben sein würde. Die Meldung über den Fahrzeugbrand erhielt der Fdl gegen 20:00 Uhr von der Notfallleitstelle, die von der Leitstelle des beteiligten EVU informiert worden war. Um ca. 20:07 Uhr wurde die Strecke gesperrt.

Feststellung zur Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers

Lfd. Nr. 5
Die Untersuchung der betrieblichen Handlungen bei den EIU ergab keine für das Ereignis ursächlichen oder begünstigend wirkenden Einflüsse.

4.6 Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU

Verantwortlich für die Durchführung der Zugfahrt DPN 5179 von Berlin-Lichtenberg nach Kostrzyn (Küstrin) Osop war das EVU NEB. Die Betriebsdurchführung erfolgte nach den Regeln der Ril 408 sowie des Betriebsregelwerkes EVU.

Der Tf war seit 2003 im Besitz eines gültigen Triebfahrzeugführerscheins. Die Berechtigung zum Führen von Fahrzeugen der Baureihe (BR) 643 wurde mit der Zusatzbescheinigung des EVU NEB Betriebsgesellschaft mbH sowie der Prüfungsbescheinigung für die BR 643 nachgewiesen. Die Nachweise über die notwendigen Kenntnisse für die genannten Betriebsverfahren und der Streckenkenntnis, der regelmäßigen Fortbildungen und Überwachungen sowie der erforderlichen Tauglichkeit wurden erbracht. Der Tf begann seine Dienstschrift am Ereignistag nach einer Ruhephase von 40 Stunden um 13:28 Uhr. Während der Zugfahrt DPN 5177, die in Doppeltraktion mit VT 643.20 und VT 735 (EVU-interne Fahrzeugbezeichnungen) am Nachmittag des Ereignistages durchgeführt wurde, war es laut den Auslesedaten des Störungsspeichers beim VT 643.20 um 17:59 Uhr zu einer Störung mit der Diagnose „Zugabriss“ gekommen. Um diese Zugfahrt fortsetzen zu können, wurde daraufhin die Doppeltraktion aufgelöst. Der Triebwagen VT 643.20 fuhr in Einfachtraktion weiter. Das Brandereignis ereignete sich während der Zugfahrt DPN 5179. Näheres zum Schadfahrzeug ist im Kapitel 4.7 – Untersuchung von Fahrzeugen – ausgeführt. Die Auswertung des Fahrtverlaufs wurde durch die BEU vorgenommen. Die Normierung erfolgte auf die Spitze des VT 643.20 nach dem ereignisbedingten Halt in km 9,6. Die folgende Abbildung zeigt die grafische Darstellung des Fahrtverlaufs mit dem Halt im Bf Berlin-Lichtenberg und der weiteren Fahrt bis zur selbsttätigen Bremsung und dem letztendlichen Halt des Zuges.

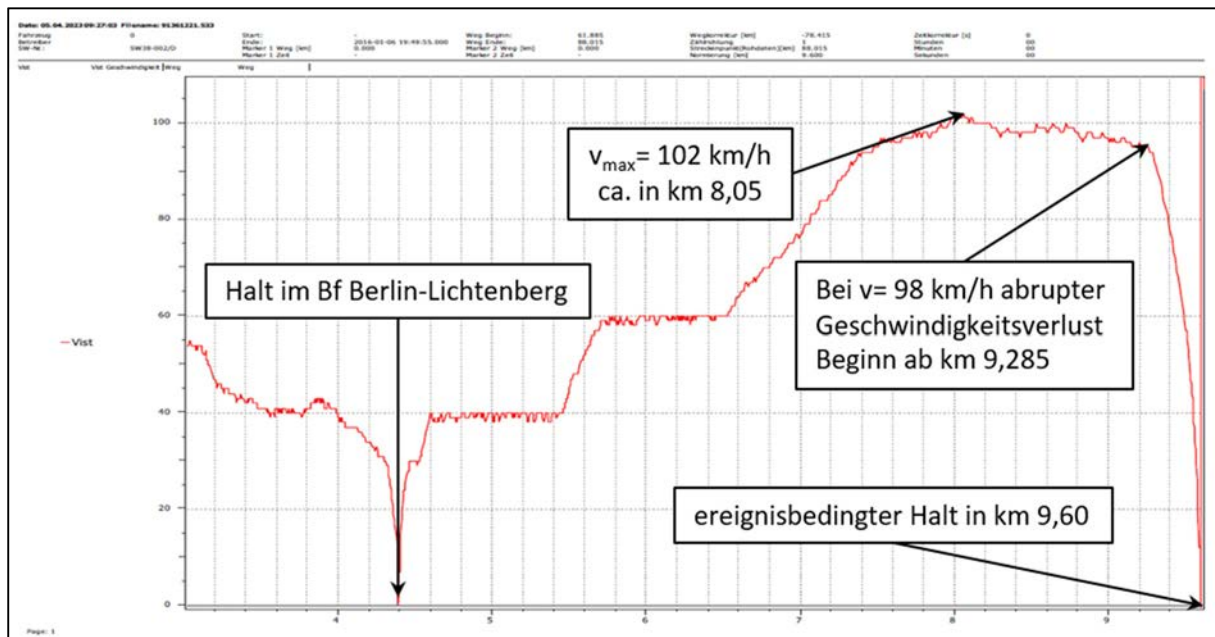


Abbildung 6: Grafische Darstellung des Fahrtverlaufs

Nach der verspäteten Abfahrt des Zuges DPN 5179 gegen 19:45 Uhr vom Bf Berlin-Lichtenberg verlief die Fahrt zunächst ohne Besonderheiten. Zwischen den Betriebsstellen Abzw Biesdorfer Kreuz Ost und Bf Berlin-Kaulsdorf bekam der Tf eine „Timeout“-Störung angezeigt, woraufhin das Fahrzeug selbsttätig bis zum Stillstand abbremste und die Motoren abstellte. Die laut Buchfahrplan vorgegebene maximal zulässige Geschwindigkeit betrug 100 km/h. Die maximal gefahrene Geschwindigkeit betrug 102 km/h. Der abrupte Geschwindigkeitsverlust ca. in km 9,285 bei einer Geschwindigkeit von 98 km/h markiert den Zeitpunkt des selbsttätig durch den Zug eingeleiteten Bremsvorgangs bis zum Stillstand nach ca. 315 m. Die Zeitangaben in der nachfolgend abgebildeten tabellarischen Darstellung entsprachen den internen Systemzeiten und stimmten nicht mit den Realzeiten überein. Die tabellarische Darstellung weist die Absenkung des Drucks in der Hauptluftleitung unter 2,5 bar erst nach dem Stillstand des Zuges aus.

#	MessageCounter	Weg	Weg	Zeit	CORRECTED TIME	Vit	Vit	Vit	Vit	Überwachung 1000Hz	W	Bed. Wachstumsf
G	Überwachung 500 Hz	B	Bed. Befehlslaste	Z	Zwangsbremung	L	Bevorf. 2000Hz	L	L	Hauptluft. gefüllt	v	V. ist > 1000Hz
O	V. ist > 1000Hz	P	Bed. Freilaste	U	Einhalten PZB	L	Fuhrerstand 1	U	U	Fuhrerstand 2	i	Schrich. aus
H	Hilfepunkt Überfahr	Q	Überw. restriktiv	P	Funktionsprüfung	p	Wendepunktbetrieb	U	U	Stoßsammetrierer	O	Anzeige Dunkel
6176	7.035	-	-	76	--	--	--	--	--	--	--	--
6177	7.085	-	-	79	--	--	--	--	--	--	--	--
6178	7.135	-	-	82	--	--	--	--	--	--	--	--
6179	7.235	-	-	85	--	--	--	--	--	--	--	--
6180	7.285	-	-	88	--	--	--	--	--	--	--	--
6181	7.335	-	-	90	--	--	--	--	--	--	--	--
6182	7.385	-	-	92	--	--	--	--	--	--	--	--
6183	7.535	-	-	94	--	--	--	--	--	--	--	--
6184	7.735	-	-	96	--	--	--	--	--	--	--	--
6185	7.985	-	-	98	--	--	--	--	--	--	--	--
6186	9.285	-	-	98	--	--	--	--	--	--	--	--
6187	9.335	-	-	90	--	--	--	--	--	--	--	--
6188	9.385	-	-	83	--	--	--	--	--	--	--	--
6189	9.435	-	-	75	--	--	--	--	--	--	--	--
6190	9.485	-	-	65	--	--	--	--	--	--	--	--
6191	9.490	-	-	60	--	--	--	--	--	--	--	--
6192	9.520	-	-	56	--	--	--	--	--	--	--	--
6193	9.530	-	-	50	--	--	--	--	--	--	--	--
6194	9.540	-	-	46	--	--	--	--	--	--	--	--
6195	9.560	-	-	40	--	--	--	--	--	--	--	--
6196	9.570	-	-	33	--	--	--	--	--	--	--	--
6197	9.580	-	-	27	--	--	--	--	--	--	--	--
6198	9.590	-	-	16	--	--	--	--	--	--	--	--
6199	9.600	2016-01-06 19:48:55.000	-	16	--	--	--	--	--	--	--	--
6200	9.600	2016-01-06 19:48:55.000	-	16	--	--	--	--	--	--	--	--
6201	9.600	2016-01-06 19:48:56.000	-	16	--	--	--	--	--	--	--	--
6202	9.600	-	-	0	--	--	--	--	--	--	--	--
6203	9.600	2016-01-06 19:49:55.000	-	0	--	--	--	--	--	--	--	--

Abbildung 7: Tabellarische Darstellung des Fahrtverlaufs

Der Tf informierte den Fdl Berlin-Kaulsdorf West per GSM-R Ruf über die Störung und das Andauern bis zum Fortsetzen der Fahrt. Die nachfolgende Störungssuche führte den Tf zum bereits verrauchten, hinteren Führerraum. Daraufhin betrat der Tf das Fahrzeug nicht mehr und konnte daher den GSM-R-Funk nicht benutzen, um einen Notruf abzusetzen. Er informierte die Leitstelle des EVU NEB, welche die Informationen an die Notfallleitstelle der DB Netz AG weitergab.

Feststellung zur Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU

Lfd. Nr. 6

Für das Brandereignis ursächliche betriebliche Handlungen beim EVU wurden im Rahmen der Untersuchung nicht festgestellt.

4.7 Untersuchung von Fahrzeugen

Der beteiligte Triebwagen VT 643.20 war ein dreiteiliges Fahrzeug der BR 643 (Talent) bestehend aus den beiden EW, Fahrzeugnummern 95 80 0643 411- 1 (EW1, führend) und 95 80 0643 911- 0 (EW 2) sowie dem MW, Fahrzeugnummer. 95 80 0943 411- 8. Der Hersteller des Triebwagens war die Firma Bombardier Transportations GmbH, das Baujahr 2005. Eigentümer war die Firma Alpha Trains Europe GmbH, die ihn seit dem Jahre 2011 an den Fahrzeughalter, die NEB, vermietet hatte. Die folgenden Abbildungen zeigen einen dreiteiligen Triebwagen des verunfallten Typs der BR 643 und eine Prinzipskizze des Schadfahrzeuges, in der der Brandausgangspunkt gekennzeichnet ist.



Abbildung 8: Dreiteiliges Fahrzeug der BR 643 (Talent)⁶

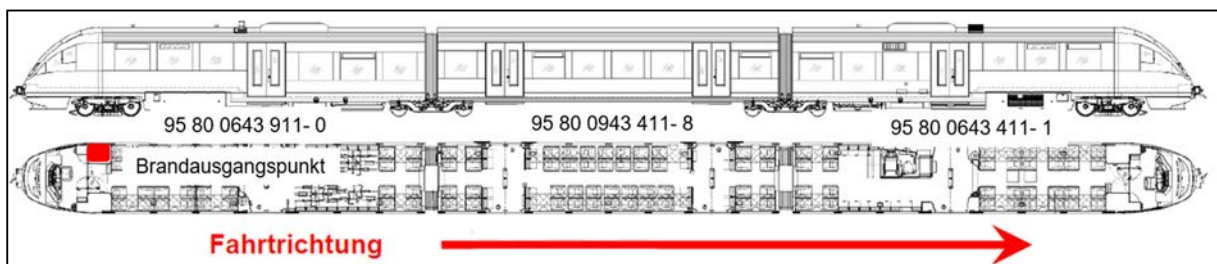


Abbildung 9: Fahrzeugskizze⁷

⁶ Quelle: Gutachten der TÜV Süd Rail GmbH

⁷ Quelle: Gutachten der TÜV Süd Rail GmbH

Aus der folgenden Tabelle lassen sich die technischen Fahrzeugdaten entnehmen:

Antriebsart	Dieselmotorsch
Kraftübertragung	Mechanisch
Leistung	2 x 315 kW
Gesamtlänge (LüP)	49.360 mm
Masse	102.000 kg
Höchstgeschwindigkeit	120 km/h
Radsatzfolge	B'2'2'B'
Zugsicherungssystem	PZB

Tabelle 4: Technische Daten des Triebzuges BR 643

4.7.1 Ablauf des Brandereignisses

Der Tf des Zuges DPN 5179 wurde durch die Fehlermeldung „Timeout“ auf eine Störung aufmerksam. Unmittelbar darauf bremste der Triebzug selbsttätig bis zum Stillstand ab und schaltete die Dieselmotoren aus. Auslöser für die Störungsmeldung war ein beginnender Brand im hinteren Fahrzeugteil, dessen schädigende Wirkung auf angrenzende Bauteile zur Detektion vermeintlicher Störungen in der Fahrzeugsteuerung führten. Im weiteren Verlauf wurden ferner die Belüftungsrohre zum Führerraum sowie die aus Aluminium gefertigte Deckenkonstruktion zerstört. Durch die daraus resultierende unkontrollierte Frischluftzufuhr wurde die Brandausbreitung im Deckenbereich erheblich beschleunigt. Eintretende Frischluft durch zwischenzeitlich geöffnete Außentüren bewirkte das weitere Anfachen des Feuers und führte zum Vollbrand, der sich innerhalb weniger Minuten über den EW 2, den MW sowie den angrenzenden Teil des EW 1 erstreckte und zu den in der folgenden Abbildung erkennbaren Schäden am Triebwagen führte.



Abbildung 10: Ausgebrannter Triebwagen BR 643, in Fahrtrichtung aufgenommen⁸

Die Zerstörungen am ausgebrannten Fahrzeug waren so umfangreich, dass die Spurenlage unübersichtlich wurde und eine exakte Unterscheidung zwischen brandursächlichen und durch den Brand verursachten Schadensmerkmalen nicht ohne externen Sachverstand zu treffen war. Daher wurde der TÜV Süd Rail GmbH mit der Brandermittlung beauftragt. Die Untersuchungsergebnisse wurden in einem Gutachten zusammengefasst, dessen Erkenntnisse in den Untersuchungsbericht einfließen und im Abschnitt 4.8 – Untersuchungen zur Brandursache – näher ausgeführt und zusammengefasst sind.

4.7.2 Brandausgangspunkt

Laut Zeugenaussagen waren die ersten Flammen im hinteren EW 2 auf der in Fahrtrichtung linken Seite erkennbar. Dieser Sachverhalt wurde durch ein Zeugenvideo, welches der Bundespolizei vorlag, bestätigt. Das erlaubte die Eingrenzung des Brandausgangspunktes auf den Schaltschrank 1 im Fahrgastraum des EW 2 unmittelbar hinter der abgrenzenden Tür zum Führerstand.

Im Ergebnis der Auswertung der Störungsmeldungen aus dem Diagnosespeicher wurden durch die Brandsachverständigen beim Fahrzeughersteller nähere Informationen zu den Kabelbelegungen oberhalb der Schütze mit Verbindungen zum Bremssteuergerät und Fahrzeugleitgerät angefordert. Daraufhin wurde ihnen mitgeteilt, dass ausschließlich die Störungsmeldungen des Bremssteuergerätes „low-active“ ausgeführt seien und Meldungen im Diagnosespeicher auslösen würden. „low-active“-Signale würden unter anderem bei einer

⁸ Quelle: Bundespolizei Inspektion Ostbahnhof

Leitungslösung oder bei einem Kurzschluss auftreten. Anhand dieser Informationen und der Störungsmeldungen des Diagnosespeichers ließen sich die Abläufe, die zur selbsttätigen Abbremsung des Triebzuges und Abschaltung des Antriebes führten, nachvollziehen. Die SIFA-Ventile, wurden über das Bremssteuergerät geöffnet und die Hauptluftleitung entlüftet. Das hierdurch vom Fahrzeugleitgerät empfangene „low-active“-Signal des Bremssteuergerätes bewirkte in der Folge das Ausschalten des Antriebs. Durch die Aussagen des Fahrzeugherstellers wurde die Lokalisierung des Brandursprungs im Schaltschrank 1 gestützt, da dort sowohl das Fahrzeugleitgerät als auch das Bremssteuergerät verbaut waren.

Infolge der Bildung eines thermischen Hotspots entwickelte sich nach anfänglicher Schwelgasentwicklung innerhalb weniger Minuten ein Vollbrand mit sehr hohen Temperaturen.

4.7.3 Feststellungen am Schadfahrzeug

In der nachfolgenden Abbildung ist der Zustand des als Brandursprung ermittelten Schaltschranks 1 im EW 2 nach dem Ereignis dem weitgehend intakten Schaltschrank 1 aus dem EW 1 des Schadfahrges gegenübergestellt.

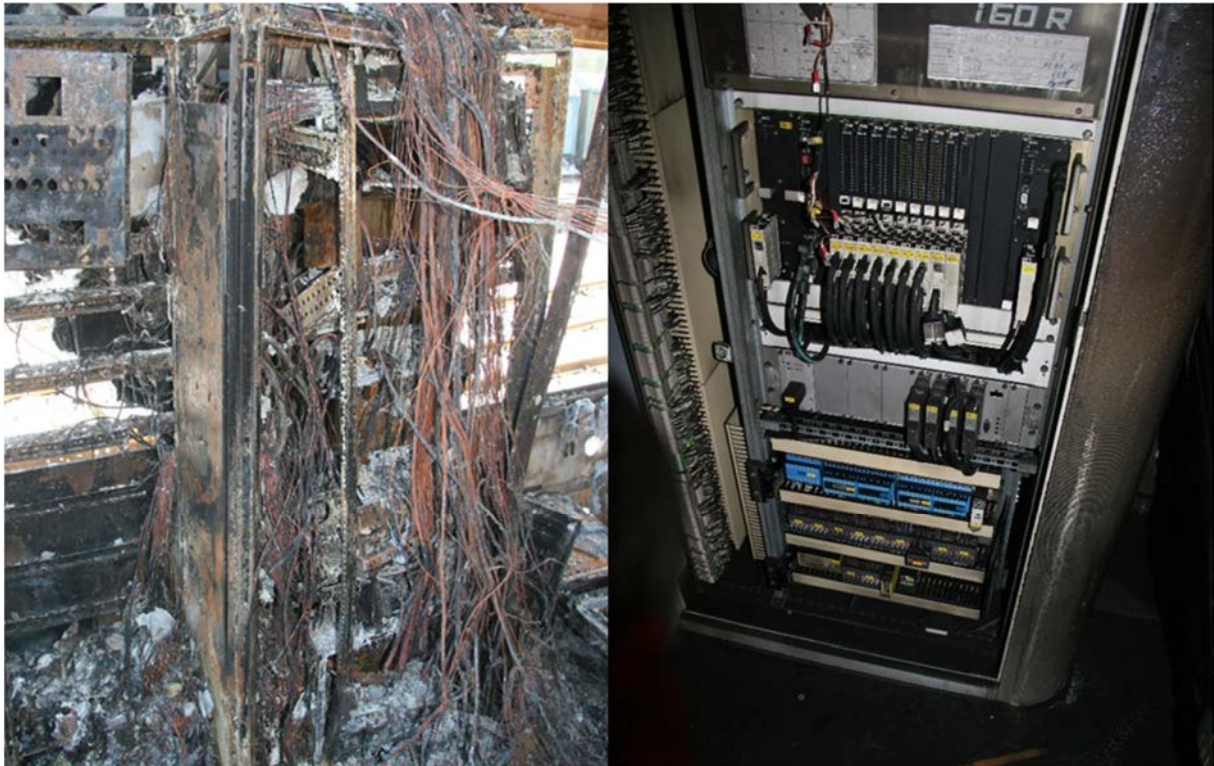


Abbildung 11: Zerstörter Schaltschrank 1 aus dem EW 2, Schaltschrank 1 aus dem EW 1⁹

⁹ Quelle: Gutachter der TÜV Süd Rail GmbH, bearbeitet durch BEU

Im unteren Bereich des Schaltschranks 1 waren die Schaltelemente mit der höchsten energetischen Belastung untergebracht. Hier war die Möglichkeit hoher Fehlerströme mit entsprechender Wärmeentwicklung gegeben. Die Rekonstruktion der Brandentwicklung im Rahmen der Begutachtung durch die Brandsachverständigen zeigte auf, dass ein innerhalb des Schaltschranks 1 entstehender Brand auf Grund der verbauten Kunststoffteile eine erhebliche Hitze entfalten konnte. Die folgende Abbildung, eine Detailaufnahme des unteren Bereichs im Schaltschrank aus dem EW 1 des Schadfahrzeuges, macht deutlich, dass die dort eingebauten energetisch hochbelasteten Schütze auf einem Schwenkrahmen ohne horizontalen Abstand zueinander auf den Hutschienen montiert waren. Zudem zeigte sich, dass die beiden Schütze 6K4 und 7K1, die kalkulatorisch mit den höchsten elektrischen Lasten und damit den höchsten Fehlerstrompotentialen beaufschlagt waren, unmittelbar nebeneinander auf der Hutschiene saßen.

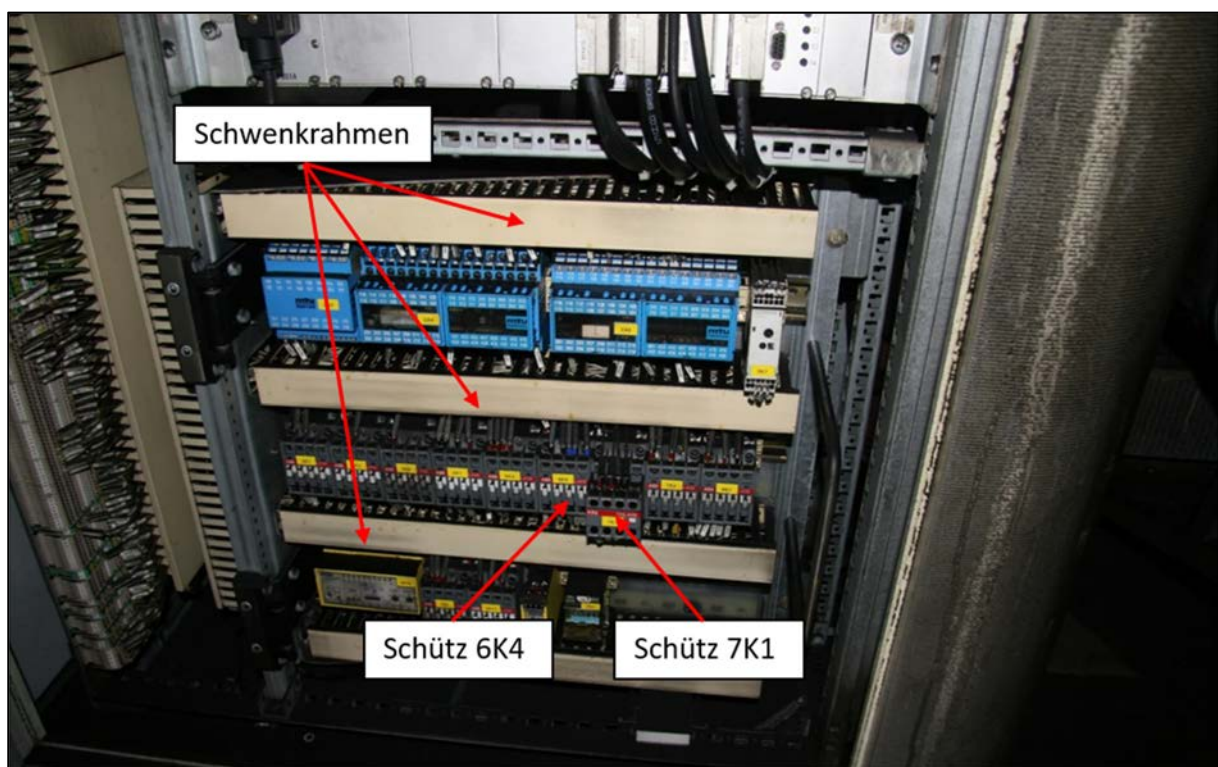


Abbildung 12: Unterer Bereich des intakten Schaltschranks 1 im EW 1¹⁰

Weitergehende Untersuchungen ergaben, dass nicht nur im hier untersuchten Fahrzeug, sondern auch in sämtlichen anderen Fahrzeugen dieser BR, die bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH im Einsatz waren, der gleiche Sachverhalt zutraf.

¹⁰ Quelle: Gutachter der TÜV Süd Rail GmbH, bearbeitet durch BEU

Die Schütze 6K4 und 7K1 entsprachen den geforderten Kriterien an den Bahnbetrieb unter Beachtung der üblichen thermischen und dynamischen Belastungen. Im Folgenden sind die technischen Angaben laut Herstellerdatenblatt aufgeführt:

- Schütz 6K4: TNL 40 E - Hilfsschütz 4 Schaltglieder, 24V 6A DC Spule 24V DC 5W; 4S + 0Ö, 1SBH 14 3061 R5140
- Schütz 7K1: TNL 44 E - Hilfsschütz 8 Schaltglieder, 24V 6A DC Spule 24V DC 5W; 4S + 4Ö, 1SBH 14 3061 R5144

Die Kontaktbelastbarkeit bei 24 V Gleichspannung betrug für beide Schütztypen 6 A. Im Rahmen der Begutachtung wurden die Belegungen der Kontakte und die Absicherung der Strompfade untersucht. Aus dem Stromlaufplan ging hervor, dass im Schütz 7K1 auf dem Kontakt 71 - 72 mit rechnerisch 6,25 A eine geringfügig höhere Beaufschlagung als die ausgewiesene Kontaktbelastbarkeit vorlag. Das Schütz 6K4 war gemäß dem Stromlaufplan im ungünstigsten Fall nominal mit einem maximalen Gesamtstrom von 27,5 A, verteilt auf vier Schützhauptkontakte, beaufschlagt. Dabei waren die Kontakte 13 - 14 für die Heizung Kupplung Kegelseite und 23 - 24 für die Heizung Kupplung Trichterseite rechnerisch jeweils mit maximal 8,3 A beaufschlagt. Am Kontakt 33 - 34 für die Heizung Kondensatbehälter und Heizung Typhon lagen kalkulatorisch bis zu 9,6 A an. Diese Werte übertrafen Vorgaben des Schützherstellers hinsichtlich der Kontaktbelastbarkeit um 38,3 % bzw. um 60 %.

Messungen, die durch die NEB Betriebsgesellschaft mbH unter Einsatzbedingungen vorgenommen wurden, ergaben für das Schütz 6K4 einen Gesamtwert von ca. 18 A, wobei die Beaufschlagung auf dem Kontakt 23 - 24 bei 8,5 A lag und auf dem Kontakt 13 - 14 8,0 A betrug. Der Wert für den Kontakt 33 - 34 lag bei den Messungen durch die NEB Betriebsgesellschaft mbH hingegen lediglich bei 1,5 A, was durch den Gutachter als mögliches Fehlerindiz gewertet wurde. Der Schützhersteller ABB erklärte gegenüber der BEU auf die Anfrage bezüglich der thermischen Auswirkungen von Überbelegungen einzelner Kontakte:

„Dies ist abhängig von der Last. Hier wäre wichtig zu wissen, ob eine AC1 oder AC3-Last vorgelegen hat. Ungeachtet dessen ist aber eine Dauerlast von einem ITH-Wert von 16 A kein Problem für das Schütz.“¹¹

¹¹Quelle: Schreiben (e-Mail) Schützhersteller ABB v. 24.11.16

Die Temperaturbeständigkeit der Schütze schloss nach Auskunft seitens ABB eine Entzündung der Schützmaterialien aus. Es bestünde laut ABB jedoch die Möglichkeit, dass Medien aus der Umgebung des Schützes (z. B. Schmier- oder Reinigungsmittel) sich entzünden könnten.

Die Montageanweisung des Schützherstellers schrieb für Hilfsschütze des Typs TNL bei Montage in horizontaler Position einen Mindestabstand von 5 mm zwischen den einzelnen Schützen auf der Hutschiene vor. Dies ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich.

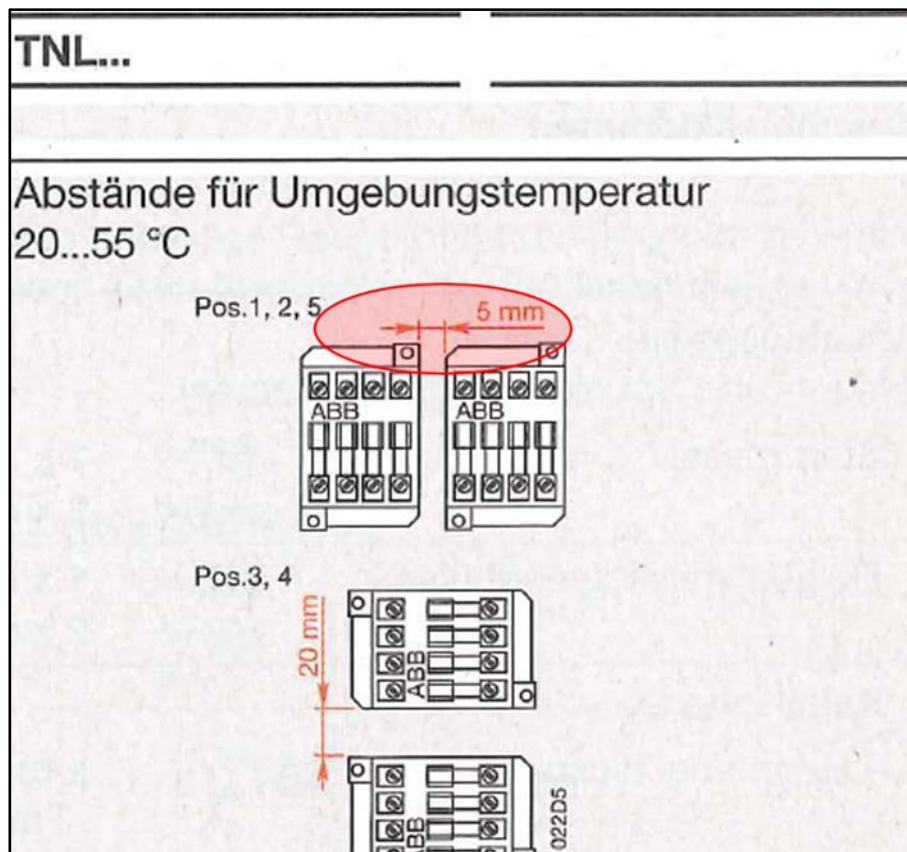


Abbildung 13: Auszug aus der Montageanweisung von ABB¹²

Der Schützhersteller ABB äußerte gegenüber der BEU hinsichtlich des Mindestabstandes zwischen den Schützen laut Montageanweisung:

„Diese Angabe kommt aufgrund der Einhaltung des Temperaturbereiches. Aufgrund von notwendigen Materialänderungen wurde festgestellt, dass sich die Geräte seitlich braun verfärben. Dies ist funktionstechnisch nicht relevant, aber für unsere Kunden natürlich

¹² Quelle: ABB, Hilfsschütze, technische Daten, Montageanweisung, bearbeitet durch BEU

nicht schön. Zur Sicherheit, d. h. dass keine zu hohen Temperaturen entstehen, aber vor allem diese Verfärbung verhindert wird, wurde die Vorgabe für den Abstand gegeben.“¹³

Der Fahrzeughersteller Bombardier Transportation GmbH erklärte zu dieser Problematik:

„Nach Recherche von Siemens/ELIN gilt die Vorgabe der Schütze mit einem definierten Abstand nur für die Version TNL mit der stärkeren Spule für den notwendigen erweiterten Spannungsbereich. Die NL-Standard-Industrierausführung (normaler Spannungsbereich) benötigt keine Positionierung der Schütze mit einem definierten Abstand, da sie eine kleinere Spulenleistung besitzt. Dies wurde von uns als Hersteller so verstanden, dass diese Forderung allein Auswirkung auf die Lebensdauer der Spule und nicht auf die Stromtragfähigkeit (bzw. beschleunigte Alterung) der Kontakte hat. Somit wurde auf die Positionierung der Schütze mit einem definierten Abstand verzichtet und dem Umstand der Lebensdauer mit einem Tausch der Schütze alle 8 Jahre Rechnung getragen. (...)“¹⁴

4.7.4 Unterhaltung des Fahrzeugs bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH

Gemäß dem Mietvertrag zwischen dem Eigentümer des Triebzuges, der Firma Alpha Trains Europe GmbH, und dem Mieter und Fahrzeughalter, der NEB Betriebsgesellschaft mbH, war für die Durchführung der laufenden Instandhaltung die NEB Betriebsgesellschaft mbH verantwortlich. Sie erfolgte durch insgesamt neun Mitarbeiter in einer Werkstatt auf dem Betriebsgelände der NEB Betriebsgesellschaft mbH in Basdorf. Das Instandhaltungspersonal war gemäß den vorgelegten Unterlagen fachlich qualifiziert und wurde regelmäßig fortgebildet. Die erforderlichen Arbeiten und die Wartungsintervalle waren in einem Wartungsplan des Fahrzeugherstellers Bombardier Transportation GmbH tabellarisch zusammengestellt und sind auszugsweise in der folgenden Abbildung dargestellt.

¹³Quelle: Schreiben (E-Mail) Schützerhersteller ABB v. 24.11.16

¹⁴ Quelle: Schreiben (E-Mail) Fahrzeughersteller Bombardier Transportations v. 13.02.2017

Talent BR 643, Dreiteiler, B1																
Kap.-Nr.:	Tätig-keit	Instandhaltungsstufe	N (Em- pfehl- ung)	F1 (erste Frist)	F2	F3	F4	F5	Sonder- maß- nahmen	R1	R2	HU 1	HU 2	Intervall abhängig von		Bemerkung
		Laufleistung in km, maximal (F1, F2, F3 bis +1.600 km vereinzelt zum Ausgleich, nicht generell)	in den ersten 6 Mo-naten	13.333 +1.600	40.000 +1.600	80.000 +1.600	160.000	320.000	mehr als 320.000	960.000	mehr als 960.000	1 Mill km	HU 1 + 1 Mill km	Maß- ein- h.	max. Wert	Der Wartungsplan ist nur in Verbindung mit dem Instandhaltungshand- buch zu verwenden.
		Motorstunden, maximal		333 +177	1.000	2.000	4.000	8.000	mehr als 8.000	24.000						
		Zeitintervall in Monaten / Jahren, maximal	14- tägig	1 Monat	3 Monate	6 Monate	1 Jahr	2 Jahre	mehr als 2 Jahre	6 Jahre	mehr als 6 Jahre	6 (+1 +1) Jahre	HU 1 + 6 (+1 +1) Jahre			
8.06		Scheibenwisch- und -waschanlage														
8.06	A	Sichtprüfung der Scheibenwaschanlage und ggf. Waschwasser ergänzen.	X	X	X	X	X	X		X				Monate	1	
8.06	B	Funktionsprüfung der Scheibenwisch- und Scheibenwaschanlage.	X	X	X	X	X	X		X				Monate	1	
8.06	C	Sichtprüfung des Gestänges des Scheibenwischerantriebes. Sichtprüfung der Wischblätter, ggf. tauschen.	X	X	X	X	X	X						Monate	1	
8.06	D	Gestänge des Scheibenwischerantriebes schmieren.			X	X	X	X		X				Monate	3	
8.06	E	Parallelwischarme tauschen bei Bedarf.							X	X				Jahre	3	
8.06	F	Scheibenwischermotor tauschen bei Bedarf.								X				Jahre	6	
8.06	G	Lager, Bolzen und Gestänge des Scheibenwischerantriebes tauschen bei Bedarf.								X				Jahre	6	
8.07		Leistungselektronik														
8.07	A	Isolationsprüfung an der Prüfeinrichtung im Führerraum.	X	X	X	X	X	X		X				Monate	1	
8.07	B	Messung des Isolationswiderstands gemäß DIN EN 601 254-1					X	X		X				Jahre	1	
8.07.01		Schütze und Relais														
8.07.01	A	Sichtprüfungen der Schütze und Relais		X	X	X	X	X						Monate	3	
8.07.01	B	Schütze tauschen.								X				Jahre	8	
8.07.02		Sicherungen														
8.07.02	A	Sichtprüfung der Sicherungen.		X	X	X	X	X		X				Monate	3	

Abbildung 14: Auszug aus dem Wartungsplan für BR 643

Es ist erkennbar, dass bei jeder Frist bzw. nach jeweils drei Monaten eine Sichtprüfung an den Schützen durchzuführen war. Spätestens nach acht Betriebsjahren waren gemäß dem Wartungsplan sämtliche Schütze in dem Triebzug auszutauschen. Ein Austausch der Schütze war zum Ereigniszeitpunkt nach ca. elf Betriebsjahren nachweislich nie erfolgt.

Die erste Hauptuntersuchung (HU) für den Triebzug gemäß den Vorgaben aus § 32 der EBO erfolgte im Jahre 2013 nach acht Jahren, Vorgabe laut EBO nach 6 (+1 +1) Betriebsjahren und 1.466.461 km Laufleistung. Laut Wartungsplan sollte die erste HU nach maximal 6 (+1 +1) Jahren bzw. nach einer maximalen Laufleistung von 1.000.000 km erfolgen. Gemäß der Auskunft des Fahrzeughalters wurde die HU für den Triebzug einschließlich der Leistungen zur Vorbereitung an ein Drittunternehmen vergeben. Die vorgelegte HU-Bescheinigung war datiert vom 13.12.2013. Der BEU wurde durch die NEB Betriebsgesellschaft mbH eine Leistungsübersicht der Instandhaltungspakete zur HU für den „Talent“ vorgelegt, welche die Grundlage für die Vergabe der Leistung gewesen war. Sie enthielt keinen Hinweis über die Verpflichtung zum Tausch aller Schütze im Triebzug.

Fristarbeiten waren gemäß dem Wartungsplan durchzuführen. Die Arbeiten wurden bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH entsprechend verschiedenen „Protokollen Fristarbeiten“ ausgeführt. Diese Protokolle waren in Form von Checklisten aufgebaut und enthielten jeden einzelnen Arbeitsschritt, der nach der Ausführung durch den jeweils Ausführenden

abgezeichnet wurde. Nach Auskunft der Werkstattleitung erfolgten bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH die Unterhaltungsarbeiten nicht zwingend in der Reihenfolge der Arbeitsschritte laut den Protokollen. Vielmehr wurde die zeitliche Abfolge der Fristarbeiten durch die zum Zeitpunkt der Ausführung vorhandenen Ressourcen bestimmt. Gemäß dem Wartungsplan waren im Rahmen aller Fristarbeiten auch die Schütze regelmäßigen Sichtprüfungen zu unterziehen. Eine inhaltliche Untersetzung der Sichtprüfung für die Schütze erfolgte im Instandsetzungshandbuch für die BR 643 (Talent) und ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

 Inspektion und Instandhaltung	A Sichtprüfungen der Schütze und Relais durchführen. Keine offensichtlichen Beschädigungen. Fester Sitz. Keine Anzeichen von übermäßiger Erwärmung. Keine losen Verbindungen. B Alle Schütze tauschen, siehe Abschnitt Reparatur.
---	--

Abbildung 15: Auszug aus dem Instandhaltungshandbuch für die BR 643

Die Unterlagen der Instandhaltung für die letzten drei Monate vor dem Ereignis lagen vor. Die Nachweise für die Fristenarbeiten eins, zwei und vier enthielten keinerlei Hinweise auf Mängel. Fristenarbeiten drei wurden im genannten Zeitraum nicht durchgeführt. Bei den erfolgten Sichtkontrollen der Schütze im Rahmen der Fristen wurden gemäß den Protokollen keine Mängel und damit auch keine äußeren Anzeichen thermischer Überlastung dokumentiert. Eine eindeutige Dokumentation des Zustandes der Schütze mit Hilfe von Fotos oder Beschreibungen war bei der Sichtkontrolle durch die Mitarbeiter bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH nicht vorgesehen. Aufgrund der vollständigen Zerstörung des Fahrzeuges war eine Aussage zum konkreten Istzustand der Schütze im Schaltschrank 1 zum Zeitpunkt der letzten durchgeführten Frist vor dem Brandereignis nicht zu treffen. Musterstücke oder Abbildungen, anhand derer Verfärbungen an den Schützen hätten verglichen und hinsichtlich ihrer Kritikalität hätten eingeschätzt werden können – insbesondere bei der oben beschriebenen, lückenlosen Montageposition zu benachbarten Bauteilen – existierten bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH gemäß deren Auskunft nicht. Arbeitsvorgaben oder Hilfsmittel, die eine Sichtkontrolle in den unteren Bereichen der Schaltschränke hätten erleichtern können, waren nach Auskunft der NEB Betriebsgesellschaft mbH nicht vorhanden. Werkzeuge zur Überprüfung des Anzugsmomentes für die Schrauben zur Befestigung der Schütze und der Kabel fehlten ebenfalls.

Feststellung zur Untersuchung der Fahrzeuge

Lfd. Nr. 7

Der Brand begann im EW 2 in der Nähe des hinteren Führerstandes in Fahrtrichtung links.

Das Datenblatt für die Typen TNL 40 E und TNL 44 E, die als Schütze 6K4 bzw. 7K1 im Brandfahrzeug verbaut waren, weist bei einer Spannung von 24 V eine maximale Kontaktbelastbarkeit von jeweils 6 A aus. Zwei Kontakte des Schützes 6K4 waren kalkulatorisch mit maximal 8,3 A, ein Kontakt rechnerisch mit maximal 9,6 A belastet.

Das Datenblatt für die Schütze gibt für die Montage der Schütze in horizontaler Position einen Abstand von 5 mm vor. Dies wurde durch den Hersteller mit der Vermeidung zu hoher Temperaturen begründet, jedoch als funktionstechnisch nicht relevant angesehen. Im noch intakten Schaltschrank 1 des EW 1 des Unfallfahrzeuges waren sämtliche Schütze in horizontaler Position lückenlos montiert. Dieser Sachverhalt wurde auch bei anderen Fahrzeugen der betroffenen BR bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH festgestellt.

Gemäß dem Wartungsplan muss die erste HU nach maximal sechs (+1, +1) Betriebsjahren bzw. nach einer maximalen Laufleistung von 1.000.000 km erfolgen. Die erste HU fand 2013 nach acht Betriebsjahren und nach einer Laufleistung von 1.466.461 km statt.

Ein nachvollziehbar dokumentierter konkreter Zustand der einzelnen Schütze im hinteren EW zum Zeitpunkt der jeweils durchgeführten Fristarbeiten im Sinne einer Verlaufskontrolle / Risikoabschätzung war den Fristprotokollen nicht zu entnehmen.

Vorgaben oder Hilfsmittel zur Durchführung der Sichtprüfung, insbesondere bei lückenloser Montageposition, waren bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH nicht vorhanden.

Der Fahrzeughersteller hat in seinem Wartungsplan vorgegeben, sämtliche Schütze nach acht Betriebsjahren auszutauschen. Im Brandfahrzeug waren zum Unfallzeitpunkt nach ca. elf Betriebsjahren keine Schütze ausgetauscht worden.

4.8 Untersuchungen zur Feststellung der Brandursache

Mit den Untersuchungen zur Feststellung der Brandursache wurde die TÜV Süd Rail GmbH beauftragt. Die Untersuchungsergebnisse wurden in einem Gutachten zusammengefasst. Der Inhalt dieses Gutachtens fließt in diesen Abschnitt des Untersuchungsberichts ein. Zitate sind entsprechend gekennzeichnet.

4.8.1 Lokalisierung des Brandursprungs im Ausschlussverfahren

Schäden wie Einbrandkerben oder Abschmelzungen an Befestigungselementen und Kabelverbindungen lassen im Normalfall auf den Ursprung eines Brandes schließen.

In diesem Falle waren aber die Wärmeeinträge durch das Brandereignis so stark, dass das Erscheinungsbild der als Brandfolge entstandenen Schäden nicht von dem eines Brandursprungs zu unterscheiden war. Die Ermittlung der Brandursache basierte daher auf einem theoretisch aufgebauten Ausschlussverfahren. Durch Videoaufnahmen eines Zeugen wurde der Brandursprung auf einen Schaltschrank in der Nähe des Führerstandes des hinteren EW lokalisiert. Auf Grund dieser Tatsache und wegen der Brandmuster schloss der Gutachter folgende mögliche Brandursachen aus:

- Fremdeinwirkung (Brandstiftung)
- Fehler ausgehend vom Diesellaggregat
- Fehler ausgehend von der Abgasanlage oder dem Kraftstoff- und Ölsystem
- Fehler ausgehend vom Klimatisierungssystem

Außerdem schieden der Unterflurbereich, der Dachbereich und der Fahrgastbereich und das Führerpult des hinteren EW 2 als mögliche Ausgangspunkte für den Brand aus. Auf Grund dieser Feststellungen richtete sich das Interesse auf die Schaltschränke hinter dem Führerstand des hinteren EW 2. Die Lage der Schaltschränke im EW ist den Abbildungen 12 und 13 zu entnehmen.

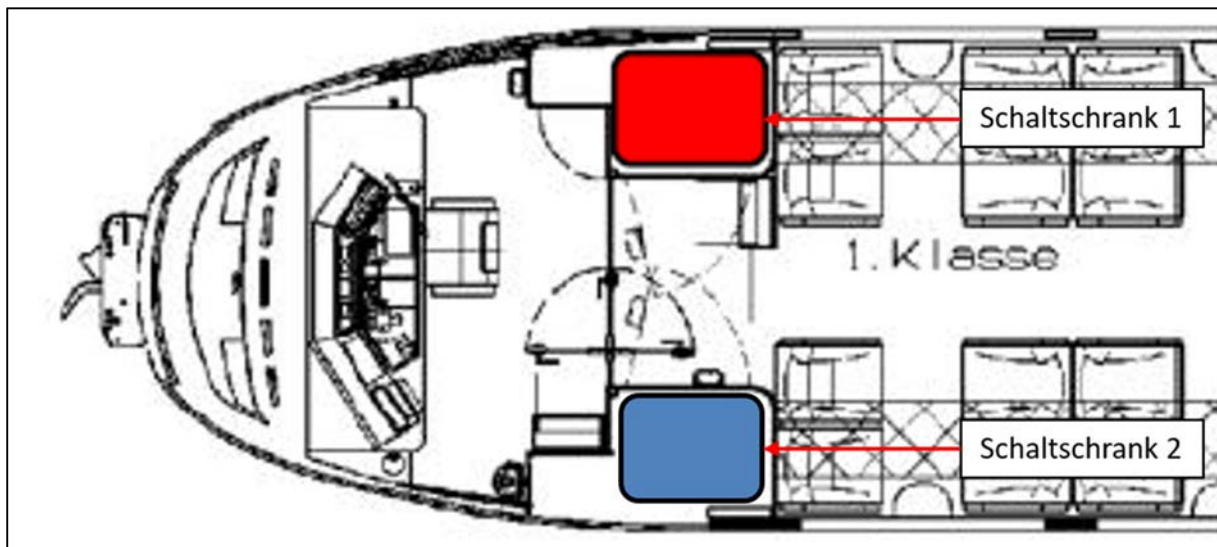


Abbildung 16: Systemskizze Talent (Auszug)¹⁵

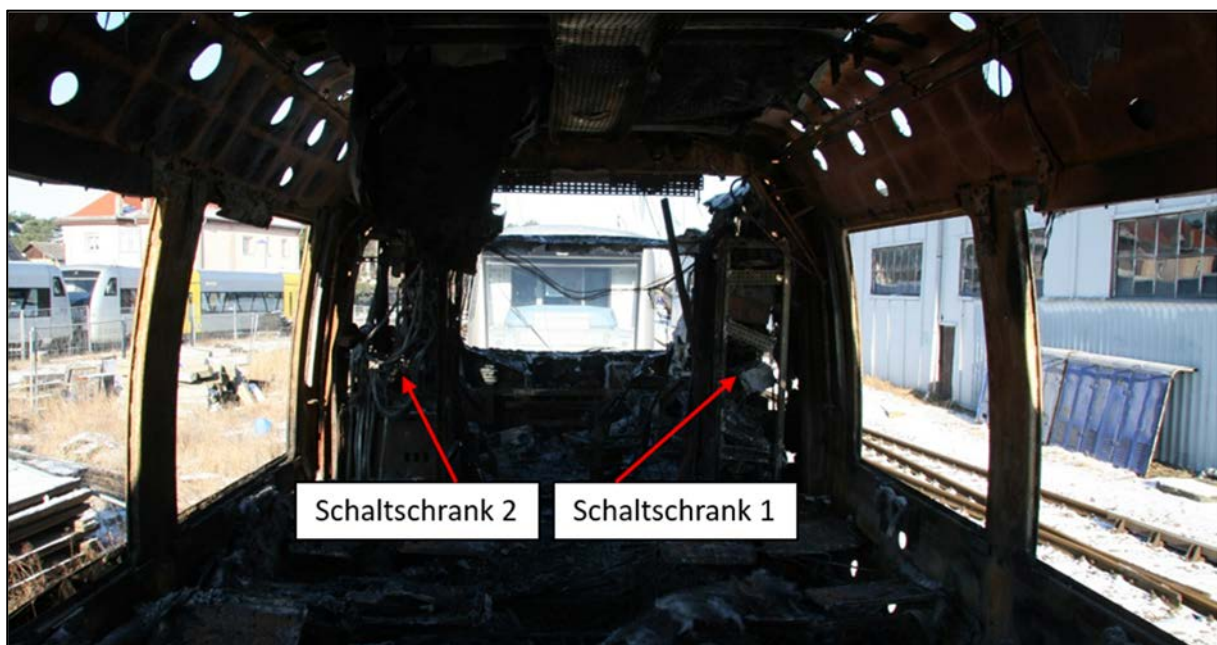


Abbildung 17: Position der Schaltkästen 1 und 2 im zerstörten EW 2 ¹⁶

Zur abschließenden Eingrenzung des Ausgangspunktes der Brandentstehung traf der Sachverständige weitere Grundannahmen:

Die im Schaltschrank 2 „Bordnetzanlage“ untergebrachte zentrale Stromversorgung (Batteriebereich) wurde bei der Schadensaufnahme sowohl hinsichtlich der Speicher selbst als auch hinsichtlich der Verkabelung weitgehend intakt vorgefunden, sodass auch hier der

¹⁵ Quelle: Gutachten, bearbeitet durch BEU

¹⁶ Quelle: Gutachter, bearbeitet durch BEU

Ausgangspunkt des Brandes nicht zu vermuten war. Der Leittechnikbereich, der im oberen Teil des Schaltschranks 1 „Fahrzeugsteuerung“ angeordnet war, kam auf Grund seines geringen Energiepotentials als Brandausgangspunkt nicht in Betracht. Somit wurden der Schaltschrank 2 sowie der obere Bereich des Schaltschranks 1 als mögliche Ausgangspunkte für den Brand eliminiert. Aus dem Ausschlussverfahren des Sachverständigen ergab sich die Lokalisierung des Brandursprungs im unteren Teil des Schaltschranks 1.

4.8.2 Weitere Eingrenzung der Brandursache

Als eine Fehlermöglichkeit wurden lose Kabelanschlüsse auf einer Klemmleiste, an Schützen, Schaltern oder Überwachungseinrichtungen in Betracht gezogen. Auch defekte aktive Elemente, wie Schütze, Schalter oder Leiterplatten sowie Isolationsfehler kamen als Brandursache infrage. Im Fokus der weiteren Untersuchung stand zunächst der Verbraucherstrom, der über die einzelnen Schaltelemente in diesem Bereich floss. Einerseits musste er unter der Schwelle der Abschaltung durch die Schutzeinrichtungen liegen. Andererseits musste die Möglichkeit bestehen, einen so hohen Übergangswiderstand zu erzeugen, dass die Ausbildung eines Hotspots möglich war. Der Gutachter sah 5 A als Mindestwert für die Auslösung eines Hotspots an. Das Ansprechen der Schutzeinrichtungen vermutete er bei maximal 10 A. Aus dem Stromlaufplan wurde im Lauf der weiteren Untersuchung ersichtlich, dass die Leitungsschutzschalter mit 13 A bzw. 16 A ausgelegt waren. Die Grenze für das Ansprechen der Schutzeinrichtungen lag somit höher als durch den Gutachter ursprünglich angenommen. Die Suche nach dem Auslöser des Brandereignisses konzentrierte sich demnach auf die Elemente, über die ein Strom von mehr als 5 A aber weniger als 10 A floss. Im unteren Schaltschrankbereich befanden sich keine Klemmleisten oder Geräteeingänge zur 24 V-Energieversorgung von Komponenten. Die Motor- und Getriebesteuerung war in metallischen Gehäusen untergebracht. Diese Möglichkeiten konnten somit als Ursprung der Brandentstehung ausgeschlossen werden. Daher wurde der Ausgangspunkt für die Brandentstehung auf die Schütze am Schwenkrahmen im unteren Schaltschrankbereich eingegrenzt.

Aufgrund geringer Fehlerenergiepotentiale wurden 13 der 15 Schütze, die auf dem Schwenkrahmen montiert waren, als Ausgangspunkte für den Brand ausgeschlossen. Die verbliebenen beiden Schütze 6K4 und 7K1 waren von allen auf dem Schwenkrahmen montierten Schützen mit den höchsten Gesamtströmen beaufschlagt. Über sie floss der Strom für die Kupplungsheizung. Die vor dem Ereignis um 17:59 Uhr aufgetretene Störungsmeldung

„Zugabrisss“, siehe Abschnitt 4.6, ließ auf eine Störung an der Kupplung schließen. Daher wurden die Schütze 6K4 und 7K1, über die die Ströme für die Kupplungsheizung gesteuert wurden, letztendlich als wahrscheinlichste Fehlerquellen bzw. als mögliche Auslöser für das Brandereignis identifiziert.

4.8.3 Untersuchungen an den Schützen 6K4 und 7K1

Aufgrund der ersten Untersuchungsergebnisse konzentrierten sich die weiteren Untersuchungen auf die Schütze 6K4 und 7K1.

Bewertung von Fehlermöglichkeiten bei Schützen

Der Gutachter schloss Fehlermöglichkeiten, wie

- eine fehlerhafte Montage der Kabelanschlüsse oder
- einen Fertigungsfehler

aufgrund des langen störungsfreien Betriebseinsatzes und der weitgehend automatisierten Prozesse bei der Schützherstellung aus.

Im Gutachten wurden folgende Fehlermöglichkeiten angeführt, die zur Bildung eines Hotspots hätten führen können:

„Die Fehlermöglichkeit eines Schützversagens verursacht durch eine Fremdeinwirkung ausgehend von einem Ansteuerfehler verbunden mit pulsierenden Schaltvorgängen, kann nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Anmerkung: Im Falle eines häufigen Schaltens, z. B. initiiert durch die Fahrzeugbewegung bei losen Verbindungen innerhalb des Kabelrouting, werden die Schaltkontakte stark thermisch beansprucht, so dass sich eine Überhitzung an den Kontakten der leistungsintensiven Strombahn ergeben kann.

Die Fehlermöglichkeit eines Schützversagens verursacht durch eine Fremdeinwirkung ausgehend von einer zu hohen Strombelastung über den Schaltkontakt kann nicht ausgeschlossen werden.

Ein möglicher Defekt im Heizstrang kann eine überhöhte dauerhafte Energieübertragung verursachen, wodurch sich ein Hotspot auf dem Schaltkontakt bildet und eine Entzündung des Schützgehäuses nach sich zieht. Die Heizstränge zu den Kupplungsheizungen sind hierbei als intakt ermittelt worden.

Anmerkung: Auf Grund der vom Fahrzeughersteller angezeigten Heizleistung von 200 W (betrifft Kondensatbehälter, zzgl. der Heizung des Typhons mit 30 W würde in Summe 9,6 A auf dem Kontakt ergeben) und dem vom Betreiber ermittelten Wert von 1,5 A ergibt sich hier ein mögliches Fehlerindiz. “¹⁷

Im Ergebnis dieser Analyse kam der Gutachter zu dem Schluss:

„Da das Schütz 7K1 nur einen Heizstromkreis von 150 W schaltet, wobei die Trichterheizung nachweislich keinen Defekt aufweist, ist das Schütz 6K4 einerseits auf Grund der größeren über die Schaltkontakte geführten Last die den Brand verursachende Komponente. (...)

Auch ein möglicher länger anwachsender bzw. schleichender Defekt, verbunden mit häufigeren Schaltvorgängen (Defekt im Ansteuerkreis) aber auch durch eine Vorschädigung (Defekt im Schütz) ohne Auswirkungen auf die Schaltvorgänge, ist als Einzelfehler nicht auszuschließen und muss damit angenommen werden. “¹⁸

Stresstests

Im Rahmen der Begutachtung wurden die Schütze 7K1 und 6K4 aus dem EW 1 des Schadfahrzeuges sowie baugleiche ungebrauchte Schütze der Typen TNL 40 E und TNL 44 E intensiven vergleichenden Stresstests unterzogen.

Der Gutachter zog im Ergebnis dieser Tests folgendes Fazit:

„Die ertragbaren Schwingungen in der Vertikalachse mit Bezug auf den ermittelten Spannungsabfall von 'neu' zu 'alt' zeigen einen Unterschied von mehr als 100 %. Das bedeutet eine Belastung der Kontaktglieder, was u. a. mit einer kleiner werdenden Kontaktfläche auf Grund der Verschleißsituation/Ablagerungen im Zusammenhang mit dem indifferenten Stromfluss und damit einer immer höher werdenden Stromdichte verbunden ist. Mit der Verdopplung des Kontaktwiderstandes ergibt sich eine Energieumwandlung, welche im Schütz eine Erwärmung nach sich zieht.

Über die Nutzungsdauer wird sich eine immer stärkere Wärmeentwicklung über den Kontakten ergeben, was der Erwartungshaltung bezüglich der Alterungskennzeichen

¹⁷ Quelle: Gutachten der TÜV Süd Rail GmbH

¹⁸ Quelle: Gutachten der TÜV Süd Rail GmbH

entspricht. Auch die 'Ausschläge' bzw. Spitzen der Übergangswiderstände waren bei dem 'gebrauchten' wesentlich höher als bei dem 'neuen'.

(...) Das Verschleißverhalten der beiden Schütze 6K4 und 7K1 ist als gleichwertig anzusehen. Das heißt, dass trotz einer unterschiedlichen Strombelastung über die jeweiligen Kontakte sich eine gleichmäßige Alterung ergibt und keine Signifikanz einer höheren energetischen Belastung erkennbar ist.

Durch eine entsprechende Vorgabe zum Tauschzyklus werden die Auswirkung begrenzt. Im vorliegenden Fall sind die durch den Fahrzeughersteller fixierten 8 Jahre jedoch als sehr konservativ fixiert anzusehen.“¹⁹

Es ist laut Gutachten davon auszugehen, dass es durch erhöhte Wärmeeinträge über einen längeren Zeitraum, zum Beispiel durch Überhitzung der Hauptkontakte, zu einer werkstofftechnischen Änderung der Kunststoffteile der Schütze kommen könnte, die zu einer negativen Beeinflussung der Entzündungsresistenz führen würde. Der Gutachter kam diesbezüglich zu der Einschätzung:

„Das Material der Kontaktkammer würde sich bei einer Übertemperatur im Bereich der Hauptkontakte verfärben. Bei der realisierten Einbausituation wäre dies von vorne und auch bei einem 5 mm-Spalt nicht über eine visuelle Prüfung erkennbar. Ab 150-200° beginnt ein Verschmelzungsprozess von Kunststoffen. Dieser Temperaturbereich wird mit der theoretisch möglichen Verlustwärme kaum erreicht. An den Polen würde sich eine Verzunderung im Bereich des Übergangswiderstandes ergeben, wodurch dieser weiter erhöht werden würde. Ein thermisch aufbereiteter Kunststoff ist im Zündverhalten schwächer als normalbelasteter Kunststoff, d. h. zwischen 200 bis 300° kommt es zur Entflammung und einer sofortigen Zündung der austretenden Schmelz- / Pyrolysegase.“²⁰

Bewertung des durch den Fahrzeughersteller festgelegten Tauschs der Schütze nach acht Betriebsjahren

Im Gutachten ist einerseits ausgeführt, dass durch den festgesetzten Tauschzyklus die Auswirkungen der Alterung der Kontakte begrenzt werde, andererseits wurde jedoch die

¹⁹ Quelle: Gutachten der TÜV Süd Rail GmbH

²⁰ Quelle: Gutachten der TÜV Süd Rail GmbH

Vorgabe zum Tausch aller Schütze nach acht Jahren durch den Fahrzeughersteller als eher zur sicheren Seite hin festgelegt bewertet.

Letztendlich wurde im Gutachten der folgende Hinweis gegeben:

„Trotz der Fahrzeugherstellervorgabe zum zyklischen Schütztausch nach 8 Jahren (ist als generische Anforderung fixiert, da dies alle Schütze des Fahrzeuges betrifft), ist nach Bewertung der tatsächlichen betrieblichen Einwirkungen auf Basis der durchgeführten Schwing- und Schockprüfungen sowie nach Zerlegung und visueller Prüfung ein Tausch nach 8 Jahren nicht erforderlich. Somit besteht kein technisches Wartungsdefizit.“²¹

Es wird jedoch abschließend festgestellt:

„Aktive Schaltelemente beinhalten immer ein Defektrisiko, so dass mit einem Ausfall bzw. einem Versagen, verbunden mit sich ergebenden Folgewirkungen, gerechnet werden muss. Aus diesem Grund sollten die Wartungsvorgaben gezielt bzw. tätigkeitsbezogen ausgerichtet werden. Damit verbunden ist einerseits eine praktikable Zustandsüberwachung und andererseits auch ein vorbeugender Tausch von risikobehafteten Komponenten. Das betrifft auch die im Fokus stehenden Schütze zur Heizungssteuerung.“²²

Bewertung der lückenlosen Montage der Schütze in horizontaler Richtung

Im Gutachten ist ausgeführt, dass durch die Montage ohne fünf Millimeter Zwischenraum ein zusätzlicher Wärmestau entstehen kann. Zudem könne eine beginnende Verfärbung der Kontaktkammer von vorne durch eine visuelle Prüfung nicht erkannt werden, letzteres wäre aber auch bei einer Montage mit den fünf Millimetern Zwischenraum nicht möglich.

²¹ Quelle: Gutachten der TÜV Süd Rail GmbH

²² Quelle: Gutachten der TÜV Süd Rail GmbH

4.8.4 Gutachterliche Feststellung der Ursache des Brandereignisses

Laut dem Gutachten wurde das Brandereignis entweder:

„...- durch eine Fehlfunktion des Schützes 6K4, ausgehend vom fehlerbehafteten Heizkreis des Kondensatbehälters (die anderen Heizkriese [sic!] waren ohne Befund), verbunden mit einer Hotspotentwicklung auf dem Schaltkontakt der Strombahn 33-34 und verursacht durch eine zu hohe Energieübertragung im Schaltkontakt, oder

- durch eine Fehlfunktion des Schützes 6K4, ausgehend vom temperaturgerichteten Ansteuerkrieses [sic!] des Schützes, verbunden mit einer Hotspotentwicklung auf dem Schaltkontakt der Strombahn 33-34 auf Grund der im Vergleich zu den anderen Heizkreisen höheren Energieübertragung und verursacht durch eine zu hohe Schalthäufigkeit sowie der damit verbundenen Hitzeentwicklung an den lastintensiven Schaltkontakten, oder

- durch einen schleichenden Windungsschluss in der Schützspule mit einer Hotspotbildung im Spuleninneren verursacht.“

Feststellung zur Brandursache

Lfd. Nr. 7

Es war ein theoretisch aufgebautes Ausschlussverfahren erforderlich, in dessen Ergebnis die Schütze 6K4 oder 7K1 im Schaltschrank 1 des EW 2 als wahrscheinlichste Brandauslöser identifiziert wurden.

Im Stresstest, dem die beiden funktionsgleichen intakten Schütze aus dem EW 1 des Unfallzuges sowie zwei baugleiche neue Schütze unterzogen wurden, ergaben sich um 100 % höhere Übergangswiderstände bei den gebrauchten gegenüber den neuen Schützen. Dem Gutachten zufolge führt dieser Umstand zu erhöhten Temperaturen in den gebrauchten Schützen.

Die Betriebsdauer hatte gemäß den Feststellungen aus dem Gutachten einen größeren Einfluss auf den Abnutzungsgrad der einzelnen Kontakte, als die Höhe der Strombelastungen.

Auf Grund der vorhandenen Belastungen wurde das Schütz 6K4 laut dem Gutachten als Ausgangspunkt des Brandes identifiziert.

5 Auswertung

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

5.1 Ereignisrekonstruktion

Am Nachmittag des Unfalltages sollte der Zug RB 5177 in Doppeltraktion mit VT 643.20 und VT 735 zwischen Berlin-Lichtenberg und Kostrzyn (Küstrin) verkehren. Der Störspeicher hatte während dieser Fahrt um 17:59 Uhr einen „Zugabriss“ registriert. Diese Diagnose ließ vermuten, dass ein Problem an der Kupplung vorlag. Daraufhin war im Bf Müncheberg die Doppeltraktion aufgelöst worden und der VT 643.20 bis zum Brandausbruch als einzelner Triebzug weitergefahren.

Gegen 19:54 Uhr meldete der Tf des Zuges über GSM-R dem FdI Kaulsdorf West, dass sein Zug zwangsgebremst worden sei und sich selbständig abgerüstet habe. Reisende meldeten dem Tf eine Rauchentwicklung im hinteren EW des Zuges. Gemäß dem Gutachten ging der Brand von den auf einem Schwenkrahmen im unteren Teil des Schaltschranks 1 im EW 2 montierten Komponenten aus. Es entwickelten sich Heißgase und Flammen, die sich in den über dem Schwenkrahmen im Schaltschrank montierten elektronischen Geräteboxen ausbreiteten und die direkt darüber befindlichen Kabel entzündeten. Die Erhitzung der elektronischen Komponenten und der Abbrand von Steuer- und Signalkabeln führten zu dem vom Tf nicht zu beeinflussenden und irreversiblen Zughalt. Der Brand entwickelte sich aus dem Schaltschrank bis in den Raum zwischen der Innendecke und der Dachkonstruktion des EW 2. Der Schaltschrank 1 war gegenüber dem Fahrgastraum räumlich abgeschlossen und die Entlüftung erfolgte über den Innendeckenbereich. Daher gab es über einen Zeitraum von ca. 20 Minuten keine sichtbaren Flammen. Die permanent ansteigende Energiefreisetzung zwischen der Innendecke und dem Fahrzeugdach führte zu einem Flammenaustritt im Deckenbereich des Führerstandes. Die thermisch bedingte Schwächung der Halteelemente führte schließlich zu einem sich fortsetzenden Durchbruch der Deckenpaneele. Der Brand breitete sich durch die durchzündenden Rauchgase in Verbindung mit stetiger Sauerstoffzufuhr einerseits und durch die Überschreitung der Zündtemperaturen für die Konstruktionswerkstoffe andererseits in einem relativ kurzen Zeitraum über das gesamte Fahrzeug aus.

5.2 Bewertung und Schlussfolgerung

Der Ausgangspunkt für den Brand wurde im unteren Teil des Schaltschranks 1 des EW 2 lokalisiert. Aufgrund der vollständigen Zerstörung des EW 2 war die Ursache des Fahrzeugbrandes nicht zweifelsfrei zu ermitteln. Mit hoher Wahrscheinlichkeit war jedoch eine Überhitzung im Bereich des Schützes 6K4 ursächlich für die Entstehung des Brandes. Über dieses Schütz wurden die Ströme für die Kupplungsheizung geschaltet.

Die Untersuchung ergab, dass die Kontakte des Schützes 6K4 teilweise mit höheren elektrischen Lasten beaufschlagt waren, als laut Herstellerangaben zulässig war. Dies hatte, wie anhand von durchgeführten vergleichenden Stresstests an baugleichen neuen und bereits länger betriebenen Schützen nachgewiesen werden konnte, weniger negative Auswirkungen, als die Betriebsdauer der Schütze.

Aufgrund der teilweise nicht eingehaltenen Vorgaben des Schützherstellers, vor allem hinsichtlich des Montageabstandes zwischen den Schützen in horizontaler Richtung und der über die einzelnen Kontakte geschalteten Ströme, hatte der Fahrzeughersteller einen Austausch der Schütze nach acht Betriebsjahren im Wartungshandbuch festgeschrieben. Der vorgegebene Austausch hätte demnach spätestens im Jahre 2013 erfolgen müssen. Im Brandfahrzeug waren zum Unfallzeitpunkt nach etwa elf Betriebsjahren keine Schütze ausgetauscht worden. Der Gutachter schätzte den Austauschzyklus als sehr konservativ und zur sicheren Seite hin festgelegt ein. Die gutachterlichen Untersuchungen legten jedoch den Schluss nahe, dass eine gegenüber den Vorgaben des Fahrzeugherstellers verlängerte Nutzungsdauer zwar nicht zwangsläufig zu einem Brandereignis führen musste, das Risiko des Versagens der Schütze sich jedoch mit zunehmender Betriebsdauer vergrößerte. Die bei einer verlängerten Nutzung zu erwartenden erhöhten Übergangswiderstände an den Kontakten konnten, zumal bei einer Überbeaufschlagung mehrerer Kontakte, zu einem vergrößerten Wärmeeintrag führen. Ein solcher konnte gemäß dem Gutachten durch Umsetzungsprozesse in den Kunststoffmaterialien der Schütze Schwel- und Pyrolysegase freisetzen. Diese wären bereits bei Temperaturen von 200°C bis 300°C entflammbar. Insofern ist mit zunehmender Nutzungsdauer mit einer entsprechend erhöhten Wahrscheinlichkeit für die Entstehung eines Brandes zu rechnen. Es ist anzunehmen, dass sich im vorliegenden Fall zunächst Schwel- und Pyrolysegase entzündeten. Sobald eine offene Flamme entstanden war, ergab sich eine unumkehrbare Situation, die letztendlich im Zusammenhang mit Frischluftzufuhr zu einer Ausweitung des Brandes und zu den umfangreichen Zerstörungen am Fahrzeug führte.

Der NEB Betriebsgesellschaft mbH oblag gemäß dem Mietvertrag mit der Alphatrains Europe GmbH seit 2011 die Instandhaltung des ausgebrannten Triebzuges. Gemäß dem Wartungshandbuch für die BR 643 war für alle Fristen eine Sichtprüfung der Schütze und Relais vorgesehen. Die Dauer zwischen den Fristen sollte maximal 3 Monate betragen. Gemäß der EBO und dem Wartungsplan muss die erste HU nach maximal sechs (+1, +1) Betriebsjahren bzw. nach einer maximalen Laufleistung von 1.000.000 km erfolgen. Die erste HU am VT 643.20 fand 2013 nach acht Betriebsjahren und nach einer Laufleistung von 1.466.461 km statt. Das bedeutet eine Überschreitung der Laufleistung bis zur ersten HU um nahezu 50 %.

Die letzte Sichtprüfung für die Schütze erfolgte im Rahmen der Fristarbeiten 4 am 09.12.2015, der letzten vor dem Brandereignis durchgeführten Frist, ausweislich des Fristprotokolls. Ein Mangel wurde dabei laut dem Protokoll nicht festgestellt. Eine konkrete Dokumentation (z. B. Fotos) des Istzustandes im Sinne einer Verlaufskontrolle oder der Umsetzung eines Vier-Augen-Prinzips war in der technologischen Umsetzung der Instandhaltung bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH nicht vorgegeben. Hinsichtlich der vorgegebenen, bzw. davon abweichenden tatsächlichen Montageposition bestanden jedoch auch keine Arbeitsvorgaben, wie diese Sichtprüfung vollumfänglich durchzuführen, bzw. erfolgreich leistbar war. Der Gutachter stellte zudem fest, dass beginnende Veränderungen der eingesetzten Kunststoffe infolge thermischer Einwirkung an den Seitenflächen der Schütze nicht sofort erkennbar seien. Auch mit Blick auf diese Problematik erscheint eine Verbesserung der Dokumentierung des Istzustandes angeraten. Bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH fehlende Hilfsmittel zur Unterstützung einer optischen Prüfung und die nicht prüffähige Dokumentation des Ist-Zustandes der Schütze lassen Zweifel an den Ergebnissen der gemäß den Fristprotokollen durchgeführten Sichtprüfungen offen. Bei der NEB-Werkstatt in Basdorf fehlten laut Auskunft der NEB Betriebsgesellschaft mbH die Ressourcen, um einen Tausch sämtlicher Schütze in den dort betriebenen Fahrzeugen der BR 643 fachgerecht durchzuführen. Daher war der komplette Austausch sämtlicher Schütze nur im Rahmen einer Revision durch ein Drittunternehmen möglich.

Anlässlich der 2013 nach acht Betriebsjahren anstehenden HU des Unfallfahrzeuges wurde ein Drittunternehmen mit deren Vorbereitung, die dem Leistungsumfang nach einer Revision des Fahrzeuges entsprach, beauftragt. Aufgrund der Forderung laut dem Wartungsplan und der bei dem Drittunternehmen vorhandenen Ressourcen hätte im Zuge der Maßnahmen zur Vorbereitung auf die HU ein Schütztausch stattfinden müssen und auch durchgeführt werden

können. Im zwischen der NEB Betriebsgesellschaft mbH und dem Drittunternehmen vereinbarten Leistungsumfang war jedoch der Tausch aller Schütze nicht enthalten.

6 Bisher getroffene Maßnahmen

Nach Eintritt des Brandereignisses wurden die EVU, in deren Fahrzeugpark sich Züge der BR 643 befanden, über das Ereignis und die vermutete Ursache informiert.

Bei allen Triebwagen der BR 643, die bei der NEB Betriebsgesellschaft mbH betrieben werden, wurden die Schütze 6K4 und 7K1 ausgetauscht. Kontakte, deren rechnerische Beaufschlagung über den Vorgaben des Schützherstellers ABB lag, wurden entlastet, indem die Anschlüsse der Verbraucher mit hohen Energieeinträgen auf zusätzliche Kontakte aufgeteilt wurden.

Weitreichendere Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Umsetzung der Herstellervorgaben bei der laufenden Instandhaltung der Fahrzeuge führen könnten, wurden durch die NEB Betriebsgesellschaft mbH nach deren Auskunft bisher nicht getroffen.

7 Sicherheitsempfehlungen

Es wurden keine Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.