

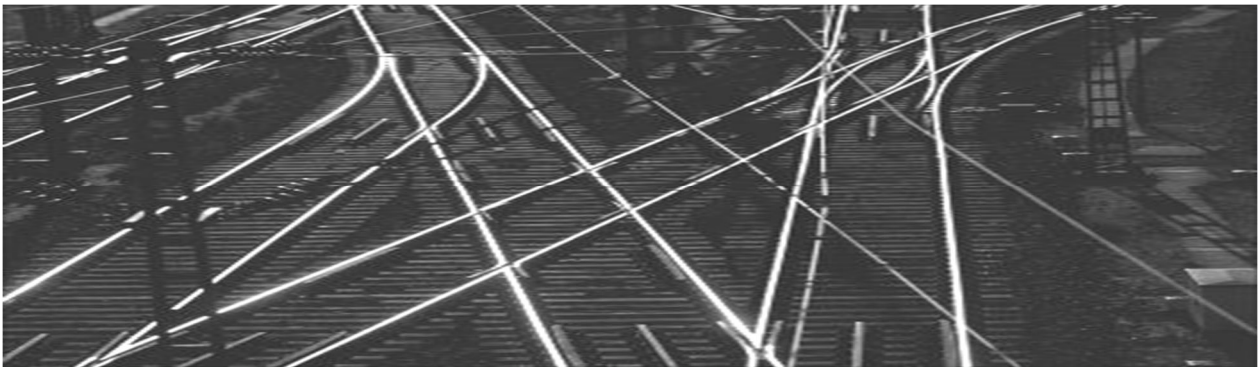


Untersuchungsbericht

Aktenzeichen: BEU-uu2020-07/006-3323

Stand: 31.03.2022 Version: 1.0

Erstveröffentlichung: 07.04.2022



Gefährliches Ereignis im Eisenbahnbetrieb

Ereignisart:	Fahrzeugbrand
Datum:	09.07.2020
Zeit:	11:04 Uhr
Benachbarte Betriebsstellen:	Bf Hausach – Bf Haslach
Streckennummer:	4250
Kilometer:	30,5

Veröffentlicht durch:

Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung

Heinemannstraße 6

53175 Bonn

Inhaltsverzeichnis

I.	Änderungsverzeichnis:	II
II.	Abbildungsverzeichnis:	III
III.	Tabellenverzeichnis:	III
IV.	Abkürzungsverzeichnis:	IV
0	Vorbemerkung	1
1	Zusammenfassung	2
1.1	Kurzbeschreibung des Ereignisses.....	2
1.2	Folgen	2
1.3	Ursachen.....	2
1.4	Sicherheitsempfehlungen	2
2	Die Untersuchung und ihr Kontext	3
3	Beschreibung des Ereignisses	5
3.1	Informationen über das Ereignis und seine Hintergründe	5
3.1.1	Lage und Beschreibung des Ereignisortes.....	5
3.1.2	Beteiligte.....	8
3.1.3	Äußere Bedingungen.....	9
3.1.4	Todesopfer, Verletzte und Sachschäden.....	9
3.2	Sachliche Beschreibung der Vorkommnisse	11
3.2.1	Hergangsbeschreibung.....	11
3.2.2	Notfallmanagement	12
4	Auswertung des Ereignisses	14
4.1	Aufgaben und Pflichten	14
4.1.1	Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers.....	14

4.1.2	Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU	15
4.2	Fahrzeuge und technische Einrichtungen	19
4.2.1	Untersuchung von Fahrzeugen	19
4.2.2	Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur	32
4.2.3	Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik	32
4.3	Menschliche Faktoren	33
4.3.1	Beteiligte des Infrastrukturbetreibers.....	33
4.3.2	Beteiligte des EVU	34
4.4	Feedback- und Kontrollmechanismen	35
4.5	Frühere Ereignisse ähnlicher Art	35
5	Schlussfolgerungen.....	36
5.1	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	36
5.2	Seit dem Ereignis getroffene Maßnahmen	37
5.3	Zusätzliche Bemerkungen	39
6	Sicherheitsempfehlungen	40

I. Änderungsverzeichnis:

Änderung	Stand

II. Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Lageplan	6
Abbildung 2: Höhenprofil	7
Abbildung 3: Gleislageskizze Bf Gengenbach	7
Abbildung 4: Brennender TVT nach Entgleisung in Gengenbach	8
Abbildung 5: Ausgebrannter TVT nach den Löscharbeiten	10
Abbildung 6: Brandeinwirkung im Werkstatttraum TVT	10
Abbildung 7: Grafische Darstellung Fahrtverlauf bis Hausach	16
Abbildung 8: Zeit-Weg-Linie Zwangsbremmung	17
Abbildung 9: Auszug EFR-Registrierungen bei Zwangsbremmung	18
Abbildung 10: Fahrzeugaufbau	20
Abbildung 11: Zustand Führerpult	24
Abbildung 12: Bremsschauzeichen am Fahrzeugrahmen	25
Abbildung 13: Geborstener Bremsschlauch	26
Abbildung 14: Systemskizze Druckluftbremssystem (Auszug)	27
Abbildung 15: Undichter Hydrauliklüftermotor	28
Abbildung 16: Brandausbreitung	29

III. Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Übersicht der äußeren Bedingungen	9
Tabelle 2: Übersicht der geschätzten Schadenshöhe	9
Tabelle 3: Technische Daten TVT 711 112-3	21
Tabelle 4: Befahrene Bahnübergänge	33

IV. Abkürzungsverzeichnis:

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
BEU	Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung
Bf	Bahnhof
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EFR	Elektronische Fahrtenregistrierung
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
Ep-Bremse	Elektropneumatische Bremse
EU	Europäische Union
EUV	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
Fdl	Fahrdienstleiter/Fahrdienstleiterin
Fplo	Fahrplananordnung
FST	Führerstand
Gs	Gleissperre
GSM-R	Global System for Mobile Communications Railway
Hst	Haltestelle
Mg-Bremse	Magnetschienenbremse
NbZ	Züge für Zwecke des Netzes
NFLS	Notfalleitstelle
NSB	Nationale Sicherheitsbehörde
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
Ril	Richtlinie
Tf	Triebfahrzeugführer/Triebfahrzeugführerin
TVT	Turmverbrennungstriebwagen
VzG	Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten

0 Vorbemerkung

Auf der Grundlage des Artikel 24 der Richtlinie (EU) 2016/798 hat die europäische Kommission mit der Inkraftsetzung der Durchführungsverordnung (EU) 2020/572 die Untersuchungsberichtsstruktur festgelegt. Diese Vorgaben sind grundsätzlich einzuhalten und müssen der Art und Schwere des gefährlichen Ereignisses angepasst sein.

Mit Verkündung der Verordnung und Inkraftsetzung am zwanzigsten Tag nach der Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union (EU) ist diese verbindlich und unmittelbar auf alle ab dem 17.05.2020 eingeleiteten Untersuchungen anzuwenden.

1 Zusammenfassung

Das erste Kapitel enthält eine Kurzbeschreibung des Ereignisses sowie Informationen zu den Folgen, Primärursachen sowie zu im Einzelfall ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen.

1.1 Kurzbeschreibung des Ereignisses

Am 09.07.2020 kam der als NbZ 19964 verkehrende Turmverbrennungstriebwagen (TVT) gegen 11:04 Uhr wegen eines Fahrzeugbrandes im Streckengleis zwischen den Bahnhöfen Hausach und Haslach zum Stillstand. Im weiteren Ereignisverlauf setzte sich das brennende Fahrzeug selbstständig in Bewegung und rollte führerlos ca. 22 km talwärts.

1.2 Folgen

Personen kamen bei dem Ereignis nicht zu Schaden. Das abrollende Fahrzeug wurde durch eine gezielte Entgleisung im Bahnhof (Bf) Gengenbach gestoppt. Am Fahrzeug entstand Totalschaden. Die Infrastruktur wurde im Entgleisungsbereich punktuell beschädigt. Das brennende Fahrzeug verursachte bis zur Entgleisung mehrere Böschungsbrände an der Strecke.

1.3 Ursachen

Aufgrund eines undichten Hydraulikmotors gerieten Bauteile im Unterflurbereich des TVT in Brand. Durch die Brandeinwirkungen wurden die Bremssysteme in ihrer Funktion erheblich beeinträchtigt, so dass es nach dem Verlassen des TVT durch die Triebfahrzeugführer (Tf) zum unkontrollierten Abrollen des Fahrzeugs kam.

1.4 Sicherheitsempfehlungen

Gemäß § 6 Eisenbahn-Unfalluntersuchungsverordnung (EUV) und Art. 26 Abs. 2 der Richtlinie (EU) 2016/798 ergeht nachfolgende Sicherheitsempfehlung:

Es wird empfohlen bei den Fahrzeugen der Baureihe 711.1 risikominimierende Maßnahmen gegen einen unkontrollierten Ablauf zu erarbeiten und in einem Aktionsplan umzusetzen. Hierbei sollten insbesondere Maßnahmen in den Bereichen Brandentstehung und -detektion sowie Optimierung der Bremsanlage in Erwägung gezogen werden.

2 Die Untersuchung und ihr Kontext

Die Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung (BEU) ist für die Untersuchung von gefährlichen Ereignissen im Eisenbahnbetrieb im Sinne des Kapitels V der Richtlinie (EU) 2016/798 auf Eisenbahninfrastrukturen des Bundes und auf nicht bundeseigenen Eisenbahninfrastrukturen des übergeordneten Netzes gemäß § 2b Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) zuständig.

Ziel und Zweck der eingeleiteten Untersuchungen ist es, die Ursachen des gefährlichen Ereignisses 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.

Sicherheitsempfehlungen der BEU zur Vermeidung von gefährlichen Ereignissen und Verbesserung der Eisenbahnsicherheit werden an die nationale Sicherheitsbehörde, sofern es die Art der Empfehlung erfordert an die Eisenbahnagentur der Europäischen Union und an andere Stellen oder Behörden adressiert. Im Allgemeinen sind die Sicherheitsempfehlungen auch an die betroffenen Eisenbahnunternehmen gerichtet.

Zu schweren Unfällen leitet die BEU stets Untersuchungen gem. Artikel 20 Abs. 1 Richtlinie (EU) 2016/798 ein. Unter einem schweren Unfall sind insbesondere Zugkollisionen oder Zugentgleisungen mit mindestens einem Todesopfer oder mindestens fünf Schwerverletzten oder mit beträchtlichem Schaden (≥ 2 Mio. Euro) sowie sonstige Unfälle mit den gleichen Folgen und mit offensichtlichen Auswirkungen auf die Regelung der Eisenbahnsicherheit oder das Sicherheitsmanagementsystem zu verstehen. Bei allen sonstigen gefährlichen Ereignissen im Eisenbahnbetrieb liegt es im Ermessen der BEU Untersuchungen einzuleiten. Bei der Entscheidung werden neben den zum Ereigniszeitpunkt verfügbaren Ressourcen weitere Kriterien gem. Artikel 20 Abs. 2 Richtlinie (EU) 2016/798 herangezogen.

Bei dem vorliegenden gefährlichen Ereignis wurden Untersuchungen auf Grundlage des Artikels 20 Abs. 1 Richtlinie (EU) 2016/798 eingeleitet.

Die Unfalluntersuchungshandlungen werden strukturiert in vier definierten Kernprozessen durchgeführt, die mit der Entscheidung zur Aufnahme einer Untersuchung beginnen und mit der Veröffentlichung des Untersuchungsberichtes abgeschlossen werden. Zur Ursachenermittlung werden ergebnisoffene Untersuchungen im Ausschlussverfahren in allen beteiligten

Fachdisziplinen angestellt und hierbei insbesondere Fehler-Ursachen-Analysen und Soll-Ist-Vergleiche durchgeführt.

Vom örtlich zuständigen Untersuchungsbezirk Südwest wurden die Untersuchungshandlungen federführend geleitet.

Sofern im Einzelfall geboten, werden die jeweiligen Untersuchungsteams bezirksübergreifend unterstützt und notwendige Sachverständigenleistungen extern beauftragt.

Neben den beteiligten Unternehmen wirkten an der Untersuchung folgende weitere Stellen mit:

- Eisenbahn-Bundesamt (EBA) als nationale Sicherheitsbehörde (NSB)
- TÜV Süd Rail GmbH, Brandgutachter
- Bundespolizei Offenburg, Ermittlungsdienst

Die Durchführung der Unfalluntersuchung setzt voraus, dass alle an dem gefährlichen Ereignis Beteiligten den jeweiligen Meldeverpflichtungen gem. § 2 Abs. 3 EUV nachkommen und gefährliche Ereignisse ordnungsgemäß melden sowie die Informationen auf dem neuesten Stand halten. Auf Grundlage des § 5a AEG werden i. d. R. weitergehende zur Untersuchungsdurchführung erforderliche Informationen, Auskünfte und Nachweise abgefordert. Diese notwendigen Zuarbeiten konnten mittels Auskunftersuchen gewonnen werden.

Darüber hinaus können nach § 5b Abs. 4 AEG von den an gefährlichen Ereignissen beteiligten Eisenbahnen Unterstützungsleistungen eingefordert werden. Bei dem vorliegenden gefährlichen Ereignis wurden folgende Unterstützungsleistungen eingefordert und durchgesetzt:

- Bereitstellung von Werkstattkapazität durch DB Netz AG Maschinenpool zur eingehenden Untersuchung des betroffenen Fahrzeugs

Die infrastrukturseitige Freigabe der Unfallstelle erfolgte durch die BEU am 09.07.2020.

3 Beschreibung des Ereignisses

Im dritten Kapitel wird das gefährliche Ereignis in zwei vorgegebenen Unterkapiteln näher beschrieben. In Kapitel 3.1 sind neben den Grunddaten weitere Informationen zum Ereignisort, den äußeren Bedingungen, den Folgen und den Beteiligten enthalten. Die Ereignisrekonstruktion sowie Informationen zur Auslösung und dem Ablauf der Rettungsmaßnahmen sind im Kapitel 3.2 dargestellt. Die Beschreibungen beziehen sich grundsätzlich auf die zum Ereigniszeitpunkt vorherrschenden Bedingungen und vorgefundenen Sachverhalte.

3.1 Informationen über das Ereignis und seine Hintergründe

Bei dem Ereignis handelt es sich um einen Fahrzeugbrand im Sinne der Richtlinie (EU) 2016/798.

Die BEU führt das Ereignis national unter der Ereignisart Fahrzeugbrand.

3.1.1 Lage und Beschreibung des Ereignisortes

Bei der Strecke von Offenburg über Villingen (Schwarzw) nach Singen (Hohentwiel) handelt es sich um eine zweigleisige elektrifizierte Hauptbahn, die als Schwarzwaldbahn bezeichnet wird. Die Strecke wird im Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten (VzG) unter der Streckennummer 4250 geführt. Die zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit beträgt 140 km/h bei einem Bremswegabstand vom 1.000 m. Die Strecke ist durchgehend mit Punktförmiger Zugbeeinflussung (PZB) und digitalem Zugfunk GSM-R ausgestattet. Bedingt durch die starken Höhenunterschiede zwischen Rheintal, Schwarzwald und Bodenseeregion bestehen auf der Strecke starke Steigungs- und Gefälleabschnitte mit bis zu 25 ‰ sowie zahlreiche Tunnel.

Der Brand des TVT wurde bei einer Zwangsbremmung nach dem Bf Hausach ca. in km 30,5 festgestellt. Dieser Bereich liegt in einem Gefälle von -5,2 ‰. Die Abrollbewegung verlief im weiteren Streckenverlauf durch den Bf Haslach, die Haltestelle (Hst) Steinach, den Bf Biberach (Baden) bis ca. km 8,75 im Bf Gengenbach. Dieser Streckenabschnitt folgt ab Hausach mit einem wechselnden Gefälle zwischen -5 ‰ und -2 ‰ dem Kinzigtal. Die zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit lag in diesem Abschnitt zwischen 80 km/h und 130 km/h.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die geografische Lage der Ereignisstelle sowie ein vereinfachtes Höhenprofil des Streckenabschnitts Villingen – Offenburg. Die Gleislageskizze verdeutlicht die Entgleisungsstelle im Bf Gengenbach.

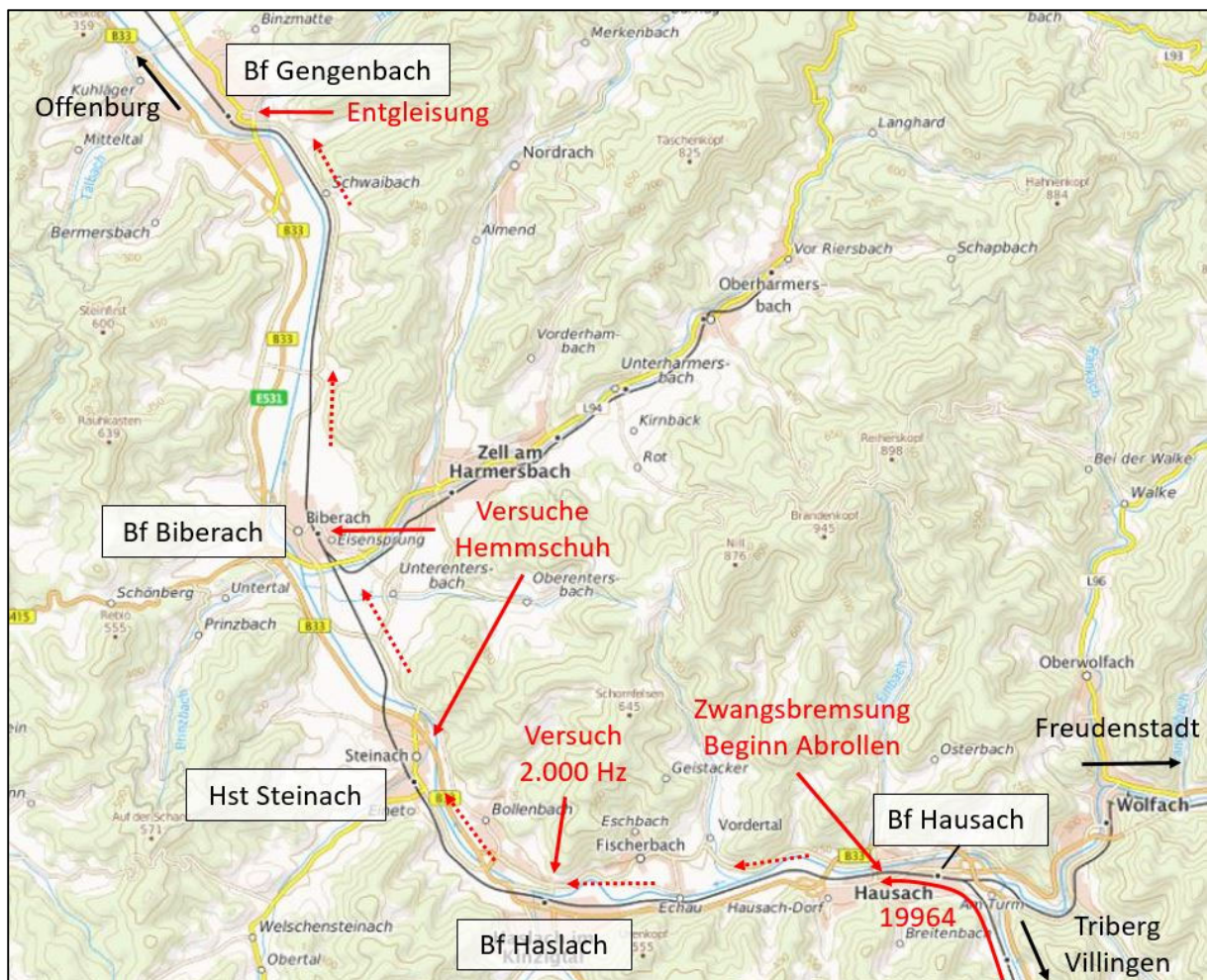


Abbildung 1: Lageplan¹

¹ Quelle: Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG [2020], bearbeitet durch BEU

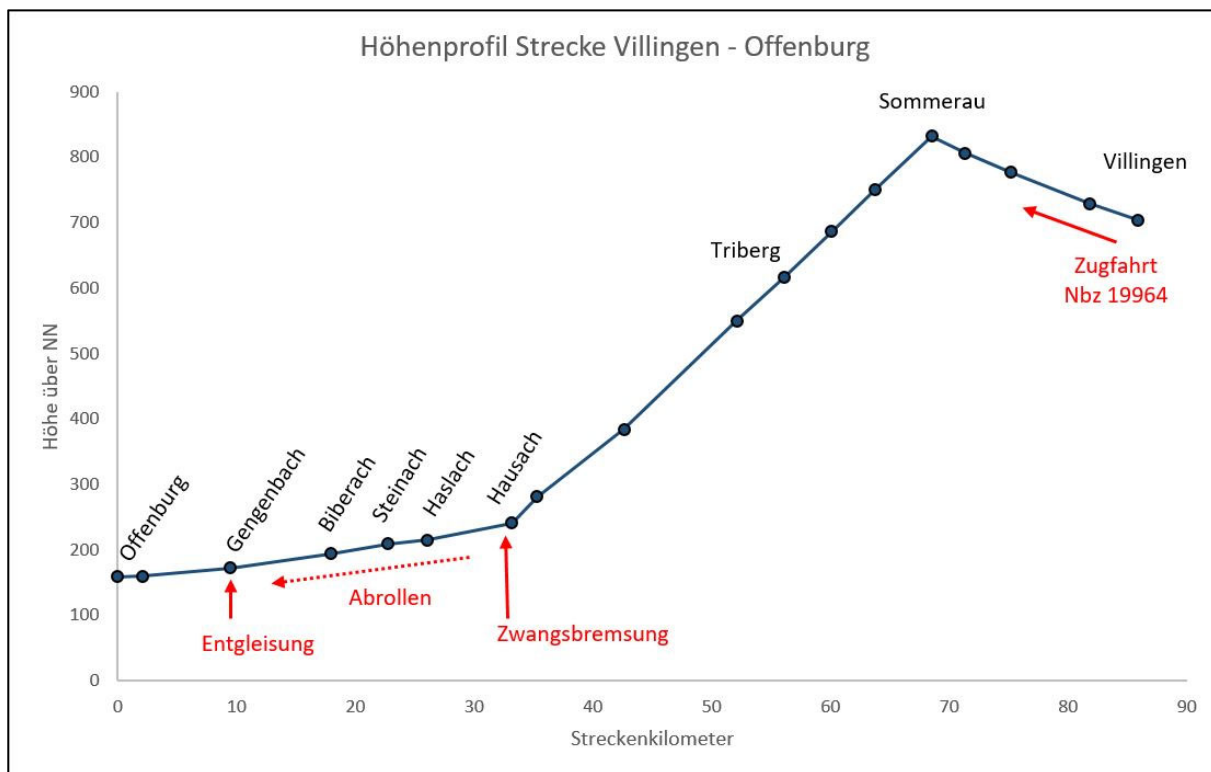


Abbildung 2: Höhenprofil

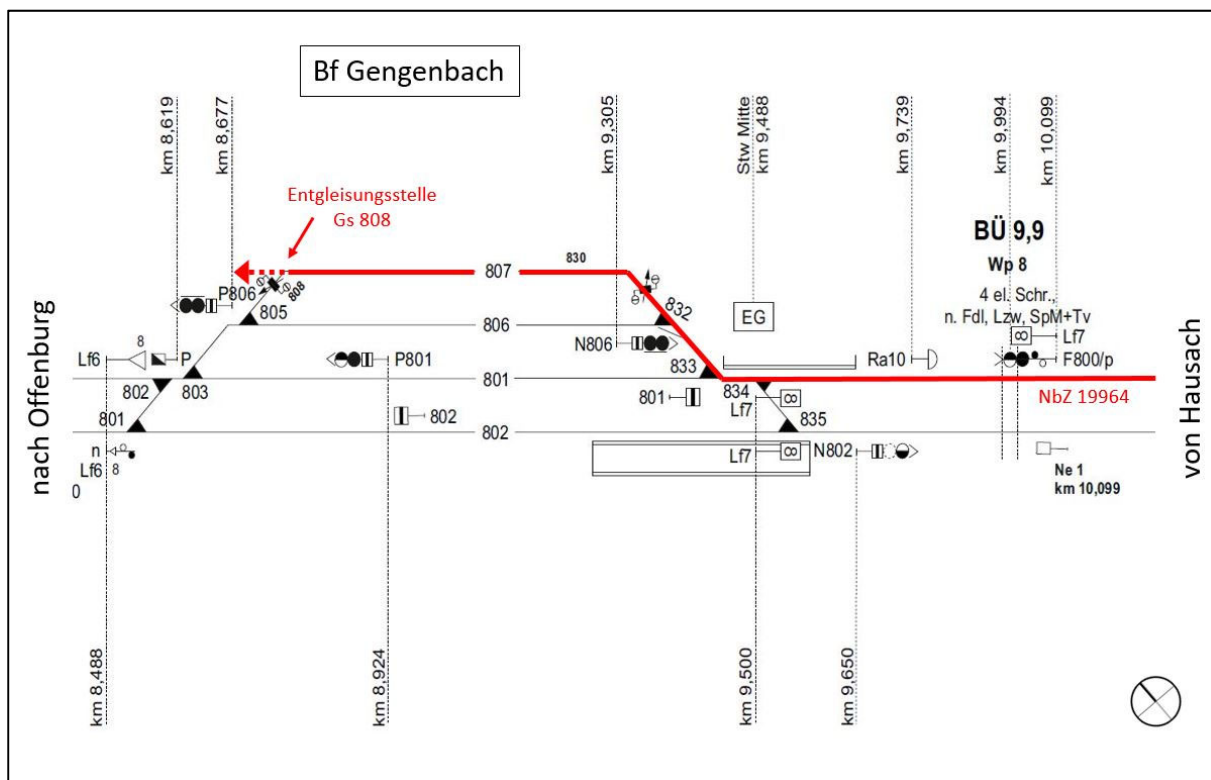


Abbildung 3: Gleislageskizze Bf Gengenbach²

² Quelle: DB Netz AG, bearbeitet durch BEU



Abbildung 4: Brennender TVT nach Entgleisung in Gengenbach³

3.1.2 Beteiligte

Am Ereignis waren folgende Unternehmen beteiligt:

- DB Netz AG, Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)
- DB Netz AG Maschinenpool, Fahrzeughalter
- DB Netz AG, Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU)

Die DB Netz AG verfügte über eine Sicherheitsbescheinigung als nichtöffentliches EVU gemäß § 7a AEG des EBA und über eine Sicherheitsgenehmigung gemäß § 7c AEG als EIU jeweils mit einer Gültigkeit bis zum 19.10.2021. Die DB Netz AG war das für die Zugfahrt NbZ 19964 verantwortliche EVU.

³ Quelle: Bundespolizei

3.1.3 Äußere Bedingungen

Zum Zeitpunkt des Ereignisses herrschten folgende Bedingungen:

Lichtverhältnisse	Tageslicht
Sicht	klar
Bedeckung	sonnig
Temperaturen	25°C – 32°C
fallender Niederschlag	Nein
Niederschlagshäufigkeit	--
Untergrund / gefallener Niederschlag	trocken

Tabelle 1: Übersicht der äußeren Bedingungen

Die trockene und heiße Wetterlage begünstigte das Entstehen von Böschungsbränden als Folge des Fahrzeugbrandes.

3.1.4 Todesopfer, Verletzte und Sachschäden

Bei dem Ereignis traten keine Personenschäden ein.

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

	geschätzte Kosten in Euro
Fahrzeuge	2.500.000
Infrastruktur	12.000
Dritte	-
Gesamtschadenshöhe	2.512.000

Tabelle 2: Übersicht der geschätzten Schadenshöhe

Am TVT entstand Totalschaden. Die nachfolgenden Abbildungen geben einen Überblick über die Brandauswirkungen am und im Fahrzeug.



Abbildung 5: Ausgebrannter TVT nach den Löscharbeiten⁴



Abbildung 6: Brandeinwirkung im Werkstatttraum TVT

⁴ Quelle: DB Netz AG

3.2 Sachliche Beschreibung der Vorkommnisse

Zur Rekonstruktion des gefährlichen Ereignisses sowie zur Beschreibung der Notfallmaßnahmen werden insbesondere auch die in Kapitel 4 enthaltenen Aufzeichnungen, Auswertungen und Feststellungen etc. herangezogen.

3.2.1 Hergangsbeschreibung

Am 09.07.2020 sollte der TVT 711 112-3 als NbZ 19964 gemäß besonderer Fahrplananordnung (Fplo) von Villingen (Schwarzw) über Offenburg nach Freiburg (Breisgau) fahren. Der TVT war mit einem Tf und einem Triebfahrzeugbegleiter besetzt. Die Zugfahrt diente der Erlangung von Streckenkunde und Fahrzeugkenntnissen für den Triebfahrzeugbegleiter.

Der NbZ fuhr um 10:21 Uhr mit 103 Minuten vor der fahrplanmäßigen Zeit in Villingen ab. Die Fahrt verlief zunächst ohne Auffälligkeiten. Nachdem der Zug den Scheiteltunnel passiert hatte, befuhr er die anschließende lange Gefällestrecke vom Sommerautunnel bis nach Hausach mit wechselnden Geschwindigkeiten zwischen 57 km/h und 75 km/h. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h wurde dabei mehrfach punktuell überschritten.

Um 11:02 Uhr durchfuhr der Zug den Bf Hausach ohne Halt und beschleunigte nach dem dortigen Geschwindigkeitswechsel in km 32,7 auf ca. 125 km/h. Um 11:04:26 Uhr erhielt der Zug bei einer registrierten Geschwindigkeit von 123 km/h ohne eine für das Personal erkennbare Ursache eine Zwangsbremung. Noch in der Bremsphase fiel die Leittechnik des Führerstands (FST) 2 aus. Der TVT kam nach ca. 410 m gegen 11:04:45 Uhr ca. bei km 30,5 zum Stillstand.

Nach Angabe des Tf erkannte dieser durch das Seitenfenster eine starke Rauchentwicklung und verließ zusammen mit dem Triebfahrzeugbegleiter das Fahrzeug zur weiteren Erkundung der Ursache. Zuvor sicherte er das durch die wirkende Zwangsbremung angebremsste Fahrzeug durch Bedienen des Tasters der Federspeicherbremse. Der Tf stellte eine Rauchentwicklung und einen Brand mittig im Unterflurbereich des TVT mit Ausdehnung auf den hinteren FST 1 fest. Der Tf des entgegenkommenden Reisezugs SWE 87369 erkannte das im Nachbargleis stehende und rauchende Fahrzeug und blieb in ausreichendem Abstand vor dem TVT stehen. Nachdem er sich über den Sachverhalt kundig gemacht hatte, verständigte er über Zugfunk den zuständigen Fahrdienstleiter (Fdl) Hausach. Während sich der Tf des TVT und der Triebfahrzeugbegleiter noch außerhalb des Fahrzeugs befanden, setzte sich dieses unbeabsichtigt selbstständig in Bewegung. Der Tf begab sich daraufhin wieder auf den vorderen FST und versuchte das Fahrzeug durch Betätigung von Brems- und Notbremseinrichtungen zum

Stehen zu bringen. Nachdem dies nicht gelang, sprang er bei niedriger Geschwindigkeit wieder ab. Weitere Anhalteversuche von außen durch Auflegen von Steinen misslangen.

Nachdem der Fdl Hausach über die NFLS Kenntnis über den führerlos abrollenden TVT erlangt hatte, sicherte er den Fahrweg im nachfolgenden Bf Haslach über das Überholgleis 503. Er stellte bewusst die Hauptsignale nicht auf Fahrt um eine 2.000 Hz-Zwangsbremmung zu erzwingen. Die Zugbeeinflussungseinrichtung des TVT reagierte jedoch nicht auf den Gleismagneten des Hauptsignals, so dass die Maßnahme erfolglos blieb. Zudem wurden die im Bf Haslach anwesenden Mitarbeiter LST verständigt. Diese hatten jedoch keine Möglichkeit, dort das Fahrzeug zu stoppen. Der TVT rollte von 11:25 Uhr bis 11:27 Uhr mit geringer Geschwindigkeit durch den Bf Haslach.

Um 11:32 Uhr durchfuhr der Zug mit zwischenzeitlich starker Rauchentwicklung und sichtbaren Flammen die Haltestelle (Hst) Steinach. Dort eingetroffene Mitarbeiter LST versuchten mittels Hemmschuhen aus dem Anschlussgleis den TVT zu stoppen. Dies misslang. Daraufhin wurde der örtliche Fdl in Biberach verständigt. Er sollte ebenfalls versuchen, den anrollenden TVT mittels Hemmschuhen aufzuhalten. Um 11:39 Uhr rollte der TVT in den nachfolgenden Bf Biberach. Die aufgelegten Hemmschuhe wurden auch hier abgeworfen. Um 11:44 Uhr erhielt der Fdl Gengenbach vom Arbeitsgebietsleiter Betrieb des Regionalnetzes Südbaden der DB Netz AG den Auftrag, den TVT auf das Nebengleis 807 zu leiten und mittels der Gleissperre (Gs) eine zielgerichtete Entgleisung des TVT vorzunehmen. Um 11:52 Uhr rollte der TVT in den Bf Gengenbach ein. Um 11:58 Uhr teilte der Fdl der NFLS mit, dass der TVT mit allen vier Achsen im Bf Gengenbach an der Gs 808 entgleist sei.

3.2.2 Notfallmanagement

Nach § 4 Abs. 3 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.

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

retten. Um 11:06 Uhr erhielt der FdI Hausach vom Tf 87369 Kenntnis von dem Ereignis. Zeitgleich wurde die NFLS von der Rettungsleitstelle über den per Mobiltelefon abgesetzten Notruf des Tf informiert. Eine Kontaktaufnahme mit dem NbZ 19964 misslang. Um 11:14 Uhr wurde von der NFLS der Notfallmanager, die Feuerwehr und die Bundespolizei verständigt. Während des unbeabsichtigten Abrollens des TVT wurden sukzessive die entsprechenden Gleise gesperrt, Züge zurückgehalten und die Oberleitungen abgeschaltet. Die örtlichen Feuerwehren löschten die entlang der Strecke entstandenen Böschungsbrände. Die Bundespolizei sicherte zusätzlich die ordnungsgemäß wirkenden Bahnübergänge.

4 Auswertung des Ereignisses

In diesem Kapitel werden insbesondere, die im Rahmen der Unfalluntersuchung ermittelten maßgeblichen sicherheitskritischen Faktoren in bis zu vier zugehörigen Unterkapitel dargestellt. Hierbei wird im jeweiligen Einzelfall auf die Aufgaben und Pflichten einzelner Personen und Stellen, auf beteiligte Fahrzeuge und technische Einrichtungen genauso eingegangen wie auf konkrete menschliche Handlungen sowie auf Feedback- und Kontrollmechanismen. Sofern Informationen zu früheren Ereignissen vorliegen, werden diese in einem weiteren Unterkapitel dargestellt.

4.1 Aufgaben und Pflichten

In diesem Kapitel werden unbeschadet des Artikels 20 Abs. 4 der Richtlinie (EU) 2016/798 die Aufgaben und Pflichten von Personen und Stellen behandelt, die an dem Ereignis beteiligt waren. Untersuchungen zu Schuld- oder Haftungsfragen sind explizit ausgeschlossen und nicht Untersuchungsgegenstand.

4.1.1 Untersuchung der betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers

Der brennende TVT durchfuhr die Zuständigkeitsbereiche mehrerer Fdl. Der Bf Hausach war örtlich besetzt und wurde von einem Stellwerk der Bauart SpDrS 60 gesteuert. Der Bf Haslach sowie die Hst Steinach (Baden) wurden vom Stellwerk Hausach aus ferngesteuert. Der Bf Biberach (Baden) war örtlich besetzt und mit einem Stellwerk der Bauart DrS 2 ausgerüstet. Der Arbeitsplatz des Fdl Gengenbach befand sich im Empfangsgebäude des Bf, der ebenfalls von einem Stellwerk der Bauform DrS 2 gesteuert wurde.

Im Zugnummerndrucker des Fdl Hausach war die Durchfahrt des NbZ 19964 um 11:02 Uhr im durchgehenden Gleis 2 registriert und mit der gleichen Uhrzeit die Ausfahrt auf die Strecke Richtung Haslach. Weitere Registrierungen zu dieser Zugfahrt waren im Stellbereich des Fdl Hausach nicht vorhanden. Nach Angaben des Fdl Hausach hatte dieser die Signale in Haslach nicht auf Fahrt gestellt. Bei fehlender Fahrtstellung von Signalen wird die Zugnummer nicht automatisch weitergeschaltet. Durch diese fehlende Weiterschaltung wird kein Zugnummerndruck erzeugt. Auch die Zugnummerndrucker bei den Fdl Biberach und Gengenbach enthielten keine Dokumentation des abrollenden TVT. Ursache war auch hier die jeweils fehlende Fahrtstellung der Signale.

Der Gegenzug SWE 87369 war um 11:04 Uhr aus dem Bf Haslach in Richtung Hausach ausgefahren. Der Fdl Hausach wurde um 11:06 Uhr vom Tf dieses Zuges über Zugfunk darüber informiert, dass ein brennender TVT im Streckengleis ca. bei km 30,4 stünde. Der Fdl Hausach leitete aufgrund dieser Meldung entsprechend Ril 408.0553 Maßnahmen bei Gefahr ein, sperrte das Streckengleis, verständigte die NFLS und versuchte den Tf des NbZ zu erreichen. Der NbZ 19964 war über GSM-R nicht erreichbar.

Die ab 11:10 Uhr bis 12:09 Uhr schrittweise durchgeführten Gleissperrungen und Abschaltungen der Oberleitung zur Durchführung von Löscharbeiten durch die Feuerwehr waren in allen Zugmeldebüchern der Fdl Hausach, Biberach und Gengenbach dokumentiert. Mit 11:50 Uhr war im Fernsprechbuch des Fdl Biberach vermerkt, dass Hemmschuhe ausgelegt wurden, die keine Wirkung gezeigt hätten.

Während der Zeit des Abrollens wurden weitere zahlreiche Gespräche der beteiligten Betriebspersonale über GSM-R geführt. Die Gespräche wurden aufgezeichnet. Anhand der Zeitstempel sowie der Gesprächsinhalte war der Lauf des abrollenden TVT zeitlich näherungsweise nachvollziehbar.

Die betrieblichen Abläufe des Infrastrukturbetreibers waren schlüssig und dem Ereignis entsprechend nachvollziehbar. Mängel bzw. Versäumnisse konnten nicht festgestellt werden.

4.1.2 Untersuchung der betrieblichen Abläufe des EVU

Der TVT verkehrte am 09.07.2020 zunächst als Sonderfahrt von Freiburg (Breisgau) nach Villingen (Schwarzw) und dann gemäß Fplo 0709-19964-SW-00 als NbZ 19964 zurück von Villingen (Schwarzw) nach Freiburg (Breisgau) Hbf. Zweck der Fahrten waren Einweisungs- und Streckenkundefahrten für einen in Ausbildung befindlichen Mitarbeiter der DB Netz AG. Weitere Arbeits- oder Begleitpersonale waren nicht im Zug. Alle Fahrplanunterlagen lagen vor. Die erforderlichen 191 Mindestbrems Hundertstel wurden erreicht. Alle weiteren Handlungen des Tf ergeben sich im Sachzusammenhang mit der nachfolgenden Auswertung der EFR und den betrieblichen Regelungen.

Auswertung Elektronische Fahrtenregistrierung (EFR)

Zur Untersuchung der Abläufe des EVU wurden die registrierten Fahrdaten der EFR des TVT ausgewertet. Im Fahrzeug war ein Datenspeicher der Bauart Deuta DSK 10 verbaut. Aufgrund der Brandeinwirkungen war ein unmittelbares Auslesen im Fahrzeug nicht mehr möglich. Die

Datenspeicherkassette wurde ausgebaut. Trotz leichter Beschädigungen war das Speichermedium intakt und die vorhandenen Daten auslesbar.

Die intern registrierten Entfernungsangaben wurden auf die Streckenkilometer normiert. Das Fahrzeuggerät war eingeschaltet, der FST 2 aktiv. Es waren die Tf-Nummer und die Zugnummer eingegeben. Das Fahrzeug verkehrte in der oberen Zugart. Die registrierten Uhrzeiten entsprachen näherungsweise den dokumentierten Zeiten des Zugnummerndruckers beim FdI Hausach.

Die Abfahrt in Villingen erfolgte um 10:21:41 Uhr. Vor dem Sommerautunnel reduzierte der Zug die Geschwindigkeit auf zunächst ca. 60 km/h. Die nachfolgende lange Gefällestrecke durchfuhr der Zug mit regelmäßig wechselnden registrierten Geschwindigkeiten zwischen mindestens 57 km/h und maximal 75 km/h. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h wurde dabei mehrfach punktuell leicht überschritten.

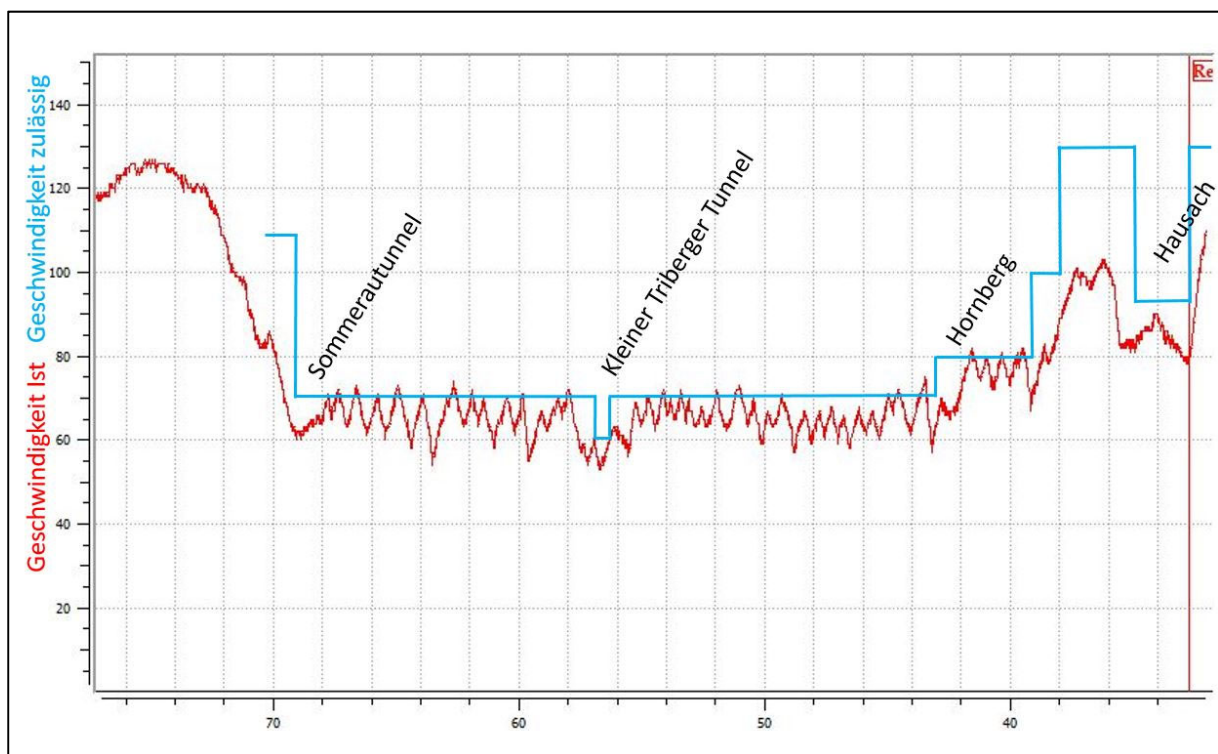


Abbildung 7: Grafische Darstellung Fahrtverlauf bis Hausach

Der Bf Hausach wurde mit ca. 83 km/h (zulässig 90 km/h) durchfahren. Ab dem Geschwindigkeitswechsel in km 32,7 von 90 km/h auf 130 km/h wurde der Zug von 79 km/h bis auf maximal 125 km/h beschleunigt. Um 11:04:26 Uhr war bei einer registrierten Geschwindigkeit von 123 km/h die Spur „FST 2“ nicht mehr gezeichnet. Das Signal zeigte an, dass der FST deaktiviert wurde. Aufgrund des deaktivierten FST löste die PZB systembedingt eine Zwangsbremmung mit

Druckabsenkung in der Hauptluftleitung aus. Die Spur „Z“ war im Folgenden gezeichnet und die Spur „L“ endete. Die anschließende Datenaufzeichnung der Bremskurve endete unvermittelt nach 17 Sekunden und 390 Metern um 11:04:43 Uhr bei zuletzt registrierten 55 km/h. Zeitgleich erfolgte eine Registrierung „Wendezugbetrieb“. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Zeit-Weg-Linie der Zwangsbremsung sowie die dabei registrierten Daten.

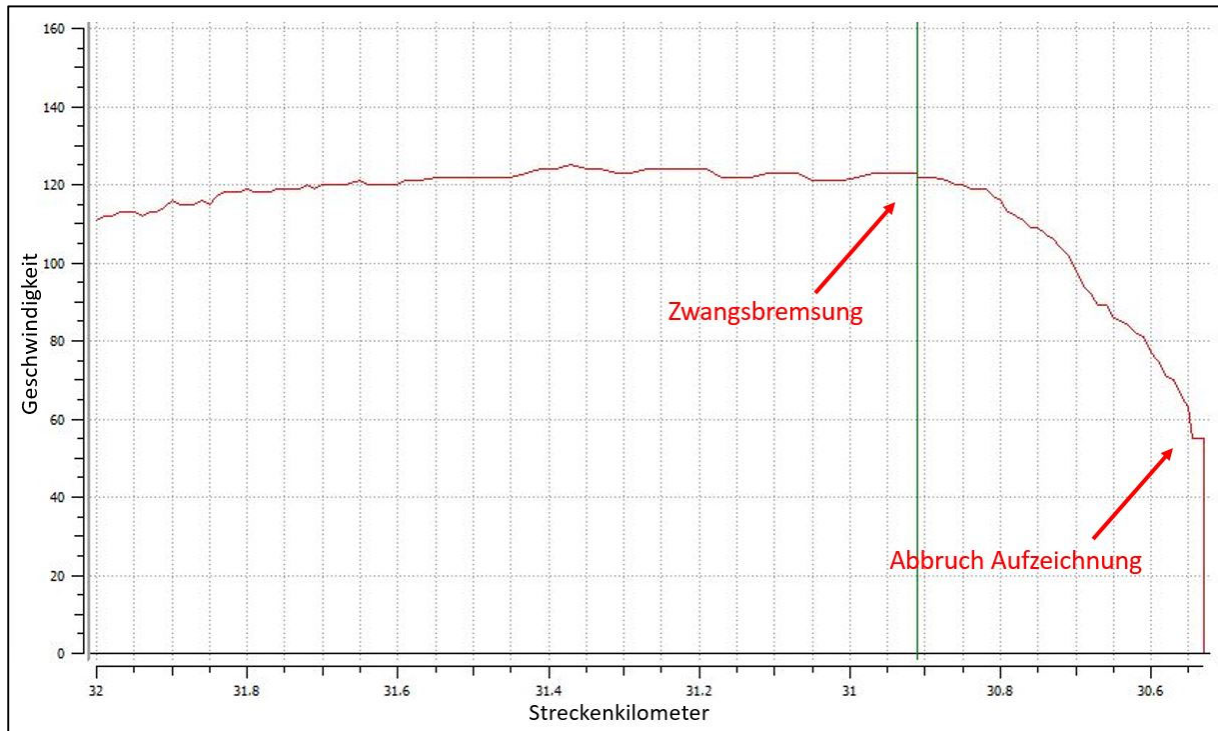


Abbildung 8: Zeit-Weg-Linie Zwangsbremsung

#	Weg	Zeit	Vist	V	W	G	B	Z	z	L	v	g	F	E	1	2	i	O	M	U	w	Ü	D	H	ü	P	p	Ö	k	L	
10789	31.050	-	121	--	--	--	--	--	--	L	...	...	E	...	2	0	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10790	31.030	-	121	--	--	--	--	--	--	L	...	...	E	...	2	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10791	31.010	-	121	--	--	--	--	--	--	L	...	...	E	...	2	0	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10792	30.990	-	122	--	--	--	--	--	--	L	...	...	E	...	2	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10793	30.970	-	123	--	--	--	--	--	--	L	...	...	E	...	2	0	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10794	30.950	-	123	--	--	--	--	--	--	L	...	...	E	...	2	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10795	30.920	2020-07-09 11:04:26.000	123	--	--	--	--	--	--	L	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10796	30.910	2020-07-09 11:04:26.000	123	--	--	--	--	--	--	Z	L	...	...	E	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10797	30.910	-	122	--	--	--	--	--	--	Z	L	...	...	E	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10798	30.910	2020-07-09 11:04:26.000	122	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10799	30.910	-	122	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10800	30.890	-	122	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
!																															
10826	30.620	-	82	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10827	30.610	-	81	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10828	30.600	-	77	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10829	30.590	-	75	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10830	30.580	-	71	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10831	30.570	-	70	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10832	30.560	-	66	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10833	30.550	-	63	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10834	30.545	-	55	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10835	30.540	-	55	--	--	--	--	--	--	Z	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10836	30.530	2020-07-09 11:04:43.000	55	--	--	--	--	--	--	...	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...
10837	30.530	2020-07-09 11:04:43.000	55	--	--	--	--	--	--	...	...	...	E	...	...	...	O	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0
10838	30.530	-	0	--	--	--	--	--	--	...	...	...	E	...	...	...	W	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	...

Zwangsbremsung

Führerstand deaktiviert

HLL leer

Wendezugbetrieb

Abbruch Aufzeichnung

Abbildung 9: Auszug EFR-Registrierungen bei Zwangsbremmung

Nach Angaben der Herstellerfirma der DSK deutete der spontane Abbruch der Aufzeichnung ohne abschließenden „Default-Datensatz“ darauf hin, dass die DSK ab diesem Zeitpunkt keine Spannungsversorgung mehr hatte.

Die Ursachen für die ungewöhnliche Registrierung „Wendezugbetrieb“ sowie die Deaktivierung des FST 2 waren aus den gespeicherten Daten nicht erkennbar. Bedienhandlungen zur Deaktivierung des FST und Einschalten von Wendezugbetrieb erfolgen üblicher Weise im Stillstand und nicht während der Fahrt.

Aus der interpolierten Bremskurve lässt sich für die Zwangsbremmung näherungsweise eine mittlere Bremsverzögerung von ca. $1,13 \text{ m/s}^2$ ermitteln. Dieser für Schienenfahrzeuge hohe Wert entsprach einer starken Bremsung unter Einbeziehung der Magnetschienenbremse (Mg-Bremse) ohne mitzubremsende Lasten. Dies lässt den Schluss zu, dass die Bremsanlage des TVT zum Zeitpunkt der Zwangsbremmung funktionsfähig war.

Betriebliche Regelungen EVU

Gemäß Ril 915.0105 Abschn. 3 Abs. 3 hat der Tf Zwangsbremmungen durch eine Schnellbremsung zu unterstützen. Die in Abbildung 11 fotografierten Bedieneinrichtungen auf dem FST 2

bestätigen die unterstützenden Handlungen des Tf. Der Fahr- und Bremshebel im FST 2 war nach dem Ereignis in Schnellbremsstellung, der Kippschalter für die Mg-Bremse/Retarder in Stellung „ein“ und der Kipptastschalter Sanden eingerastet.

Gemäß Ril 408.2651 Abschn. 3 hat der Tf bei einer PZB-Zwangsbremung den Fdl zu verständigen und mit diesem gemeinsam festzustellen, wo die Zwangsbremung aufgetreten ist. Bedingt durch den Ausfall der elektrischen Versorgung des FST 2 war auch das GSM-R-Gerät nicht mehr funktionsfähig, so dass eine Verständigung mit dem Fdl nicht mehr möglich war. Entsprechend waren dem Tf ein Notruf und Anforderung von Hilfe über GSM-R nicht mehr möglich. Der Notruf wurde vom Tf entsprechend Ril 408.2581 Abschn. 3 Abs. 3 über eine andere Fernsprechverbindung, hier ein Mobiltelefon, gegenüber der Rettungsleitstelle abgegeben.

Gemäß Ril 408.2553 Abschn. 1 hat der Tf bei Unregelmäßigkeiten das Fahrzeug nach dem Anhalten zu untersuchen. Das Verlassen des Fahrzeugs zur Lokalisierung der Rauchentwicklung war daher vorschriftenkonform und zielführend.

Gemäß Ril 915.0101 Abschn. 9 Abs. 2 gilt grundsätzlich, dass beim Verlassen des Triebfahrzeugs eine Vollbremsung auszuführen ist und zusätzlich die Feststellbremse – hier die Federspeicherbremse - des Triebfahrzeugs anzulegen ist. Durch die zuvor erfolgte Zwangsbremung war das Fahrzeug bereits festgebremst. Die Federspeicherbremse wird im TVT mittels Taster elektronisch angesteuert. Der Taster fällt nach Bedienung in die Mittelstellung zurück, d. h. nach dem Ereignis konnte die Bedienung an der Stellung des Tasters nicht zwingend nachvollzogen werden. Bedingt durch den Ausfall der Stromversorgung im FST 2 wäre die Bedienung des Tasters jedoch wirkungslos gewesen (s. Kap. 4.2.1).

4.2 Fahrzeuge und technische Einrichtungen

In diesem Kapitel sind die Erkenntnisse aus der Untersuchung beteiligter Fahrzeuge, der Eisenbahninfrastruktur und weiterer technischer Einrichtungen einschließlich damit eventuell verbundener Tätigkeiten und Entscheidungen dargestellt.

4.2.1 Untersuchung von Fahrzeugen

Aufgrund der Feststellungen am Ereignisort lag der Fokus der Untersuchungen auf den Themen Brandentstehung und -ausbreitung sowie auf der Frage nach den Gründen des unkontrollierten Abrollens des Fahrzeugs.

Fahrzeugbeschreibung

Das verunfallte Fahrzeug war ein vierachsiges dieselgetriebenes Instandhaltungsfahrzeug für Oberleitungsanlagen der Baureihe 711.1, die umgangssprachlich auch als TVT bezeichnet werden. Gemäß Anschriftentafel handelte es sich um ein schweres Nebenfahrzeug in Regelbauart mit der Fahrzeugnummer 711 112-3. Für die Montagearbeiten verfügte das Fahrzeug über eine frei schwenkbare Hubarbeitsbühne sowie über eine Hubbühne. Zur Prüfung und Erdung der Fahrleitung war ein Messstromabnehmer vorhanden. Für den Streckenfahrbetrieb verfügte das Fahrzeug über zwei im Unterflurbereich angeordnete Dieselmotoren mit hydrodynamischem Getriebe. Für den Arbeitsbetrieb war ein separater Dieselmotor als Antrieb für die Hydraulikpumpen installiert. Damit wurden u. a. die Hubarbeitsbühnen sowie der hydraulische Arbeitsfahrantrieb versorgt. Die nachfolgende Skizze zeigt den prinzipiellen Aufbau des Fahrzeugs mit den verschiedenen Komponenten.

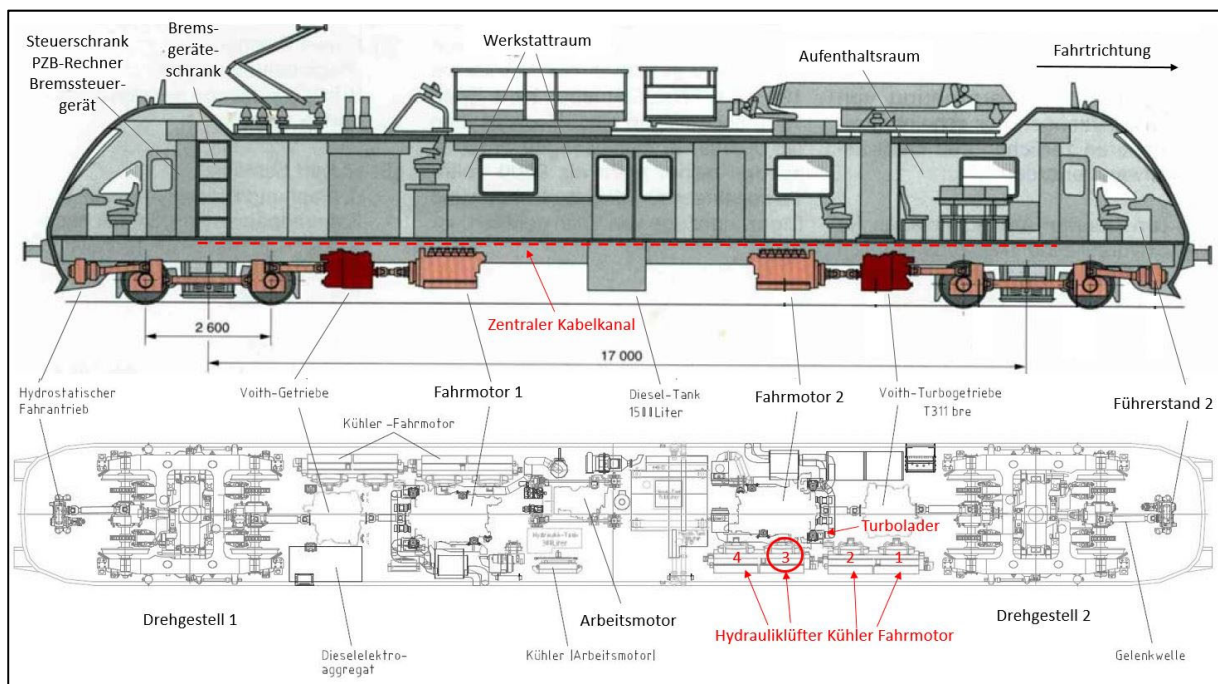


Abbildung 10: Fahrzeugaufbau⁵

⁵ Quelle: DB Netz AG, bearbeitet durch BEU

Die nachfolgende Tabelle gibt die relevanten Fahrzeugdaten wieder:

Halter und ECM	DB Netz AG Maschinenpool
Hersteller	GBM Gleisbaumechanik Brandenburg/Havel GmbH
Baujahr	2003
Zulässige Gesamtmasse	84,0 t
Gesamtlänge (LüP)	24.640 mm
Höchstgeschwindigkeit	160 km/h
Radsatzfolge	B´B´
Fahrmotoren	2x 4-Takt-Diesel je 588 kW
Arbeitsmotor	4-Takt-Diesel 130 kW
Energieversorgung	Diesel-Bordstromaggregat 20,8 kW
Bremsbauart	KB C-KE-PR-H-Mg mZ (D)
Vorhandene Bremsleistung	200 (R+Mg)
Besatzung	max. 11 Personen (incl. Tf)
Fahrzeugbestand	22

Tabelle 3: Technische Daten TVT 711 112-3

Das Fahrzeug war steilstreckenfähig. Wegen des häufigen Einsatzes auf stark geneigten Strecken im Schwarzwald verfügte dieses Fahrzeug im Gegensatz zu den übrigen Fahrzeugen dieser Bauserie über eine angepasste Bremsausrüstung, die u. a. Sinterbremsbeläge und Stahlgussbrems scheiben vorsah. Das Fahrzeug war mit vier Radvorlegern zur Sicherung bei Ausfall von Bremskomponenten bestückt. Die Radvorleger befanden sich im Werkstattraum.

Das Fahrzeug verfügte über eine gültige Abnahme nach § 32 Abs. 1 Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) zuletzt mit Umbaubescheid des EBA vom 11.06.2010 Aktenzeichen 3212 tl 02F02A. Lt. Anschriftenfeld wurde das Fahrzeug zuletzt am 30.11.2018 einer Untersuchung nach § 32 Abs. 2 EBO unterzogen. Die Betriebsfreigabe wurde nachgewiesen. Darüber hinaus war das Fahrzeug wiederholt zur Durchführung von Wartungsarbeiten und Beseitigung von Störungen in der Werkstatt Karlsruhe der DB Netz AG Maschinenpool. Die Arbeiten waren nachgewiesen und zeigten keine Auffälligkeiten, die im Zusammenhang mit dem Ereignis gestanden haben könnten.

Funktionalität Bremsanlage

Das Fahrzeug besaß eine durchgehende indirekt und selbsttätig wirkende Druckluftscheibenbremse der Bauart KE, zwei hydrodynamische Bremsen (Retarder), eine direkt wirkende Druckluftbremse als Zusatzbremse, eine direkt wirkende elektropneumatische Bremse (ep-Bremse), eine Mg-Bremse sowie eine Federspeicherbremse als Feststellbremse.

Die Bremsausrüstung wurde durch ein Bremssteuergerät computergesteuert, das im Steuer-schrank im FST 1 untergebracht war. Dort befand sich auch der PZB-Rechner. Die wichtigsten pneumatischen Bauteile der Bremsausrüstung waren im Bremsgeräteschrank im Werkstatt-raum hinter dem FST 1 untergebracht.

Die hydrodynamische Bremse (Retarder) stellt als verschleißlose Bremse das bevorzugte Sys-tem dar, welches bei Betriebsbremsungen genutzt wird. Die direkte ep-Bremse sowie die in-direkte Druckluftbremse werden vom Bremssteuergerät entsprechend der Bremskraftanfor-derung vom Fahr- und Bremshebel fallweise zugeschaltet, wenn die Retarderbremskraft nicht ausreicht. Die Mg-Bremse wirkt nur bis 43 km/h. Im Gefahrfall zum Erreichen möglichst kurzer Anhaltewege auf einer Steilstrecke ist der Schalter „Mg-Bremse/Retarder“ einzulegen. Die Mg-Bremse wirkt dann bis zum Fahrzeugstillstand.

Die Feststellbremse sollte ein unbeabsichtigtes Wegrollen des abgestellten Fahrzeugs verhin-dern. Sie war so dimensioniert, dass das beladene Fahrzeug in Neigungen bis 40 ‰ sicher ge-gen Wegrollen gesichert werden konnte. Betätigt wurde sie durch den Taster „Federspeicher“ auf dem Führerpult. Eine Federspeicherbremse funktioniert nach dem umgekehrten Wirkprin-zip der Druckluftbremse und muss aktiv mit Druck beaufschlagt werden, um die Bremsen zu lösen. Im drucklosen Zustand ist die Federspeicherbremse angelegt und agiert daher als „Fail-safe“ Bremse. Das Funktionskonzept der Federspeicherbremse bei dieser Fahrzeugbauart war auf Grund des speziellen Fahrzeug- und Arbeitskonzepts auf eine rein elektrische Betätigung der Federspeicherbremse mittels eines Magnetventils (Impulsventil) ausgerichtet. Diese Art der Betätigung hatte im Normalbetrieb den Vorteil, dass die Federspeicherbremse als Fest-stellbremse von jedem Arbeitsplatz, d. h. auch von den Hubarbeitsbühnen aus, betätigt wer-den konnte. Der Zustand „Federspeicher angelegt“ wird auf dem Führerpult durch das Leuch-ten des roten Leuchtmelders „P“ (Federspeicherbremse) angezeigt.

Die elektrische Ansteuerung des Magnetventils der Federspeicherbremse wurde zentral vom Fahrzeugleitgerät realisiert. Das Fahrzeugleitgerät empfing die per elektrischem Tastimpuls

ausgelösten Befehle zum Lösen bzw. Anlegen der Federspeicherbremse über das Einlesen de-zidiierter Eingänge der Leittechnik. Die Verkabelung von den Tastern zu den Input-/Output-Modulen der Leittechnik im FST 1 erfolgte über den zentralen Kabelkanal des Fahrzeugs im Untergestell. Dieser Kabelkanal war die zentrale Verteilung aller elektrischen Verkabelungen im Fahrzeug.

Sofern es zu einem Defekt der elektrischen Ansteuerung der Federspeicherbremse kommt, besteht als Rückfallebene die Möglichkeit der manuellen Bedienung am Impulsventil im Bremsgeräteschrank im Werkstattraum.

Feststellungen am Ereignisort

Das Fahrzeug verkehrte mit dem FST 2 voraus. Es war mit allen vier Achsen auf dem Gs 808 im Bf Gengenbach entgleist. Der Batterie Hauptschalter außen am Fahrzeug wurde durch einen Vertreter des EVU für die Löscharbeiten ausgeschaltet. Der hintere FST 1 war durch Rauch- und Hitzeeinwirkungen stark beeinträchtigt, der Werkstattraum durch unmittelbare Brandeinwirkung zerstört. Der Sozialraum sowie der FST 2 waren durch Brandgase in geringerem Umfang ebenfalls beeinträchtigt.

Folgende Feststellungen am Ereignisort wurden durch die Bundespolizei nach Beendigung der Löscharbeiten getroffen und fotografisch dokumentiert: Im FST 2 waren auf dem Bedienpult der Fahr-Bremsschalter in Schnellbremsstellung und der Fahrtrichtungsschalter in Stellung „R“. Der Schalter „Retarderaktivierung/Mg-Bremse“ war eingelegt. Der Kipptastschalter „Sanden“ war eingerastet, der Taster „Federspeicherbremse“ befand sich in Mittelstellung, der Tastschalter „Zusatzbremse“ war ebenfalls in Mittelstellung. Der Betätigungshebel für das Notbremsventil unterhalb des rechten Führerstandfensters befand sich in senkrechter Stellung (aktiviert).



Abbildung 11: Zustand Führerpult⁶

Die Bremsschauzeichen außen am Fahrzeugrahmen zeigten gemäß der nächsten Abbildung für die Druckluftbremsen der beiden Drehgestelle ein grünes Feld. Die Druckluftbremsen waren gelöst. Das Schauzeichen für die Federspeicherbremse zeigte ein schwarzes Kreuz. Gemäß Bedienungsanleitung des Fahrzeugs bedeutet dies eine ungültige Anzeige bzw. einen undefinierten Zustand.

⁶ Quelle: Bundespolizei, bearbeitet durch BEU

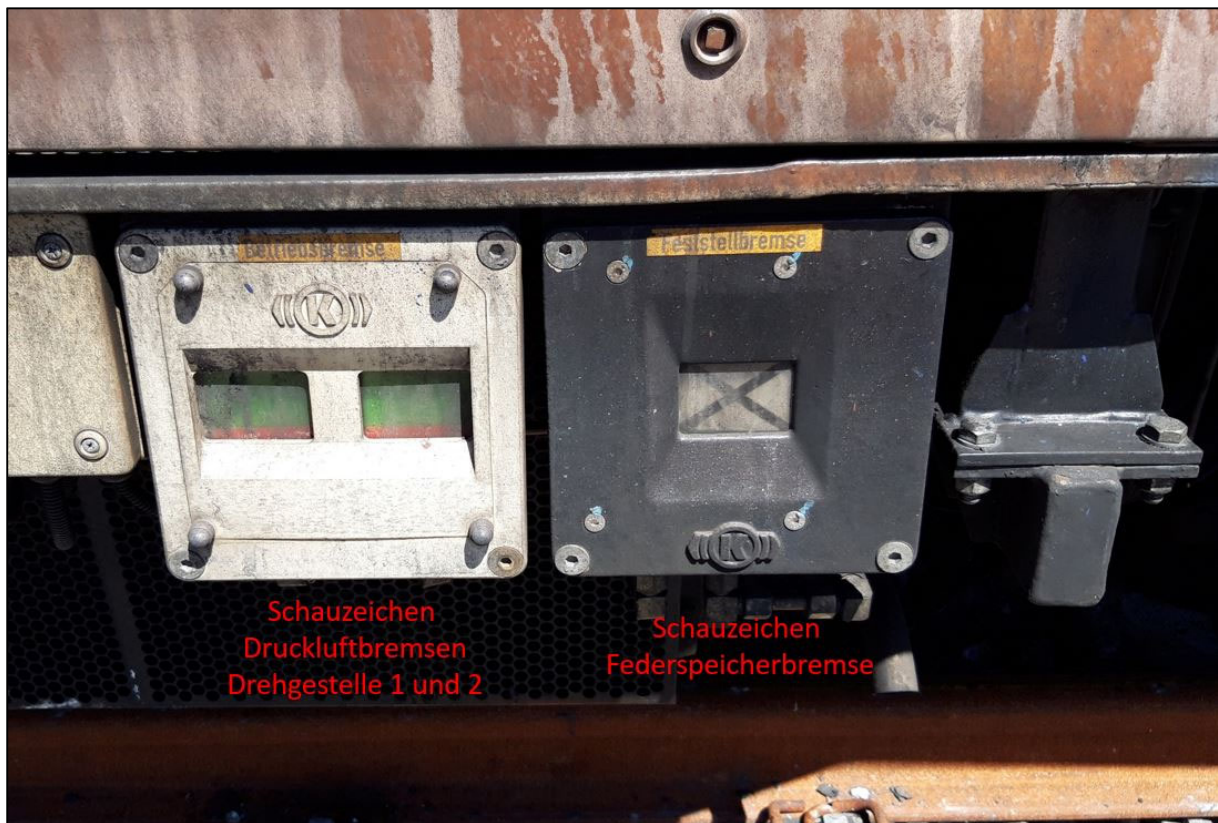


Abbildung 12: Bremsschauzeichen am Fahrzeugrahmen⁷

Nach Anheben des Fahrzeugs zeigte eine Rollprobe, dass die Federspeicherbremsen beider Drehgestelle angelegt waren. Erst nach Bedienung der Notlöseeinrichtungen war das Fahrzeug wieder rollfähig. Die mechanische Festhaltefunktion der Federspeicherbremse war nach dem Unfallereignis somit gegeben.

Das Fahrzeug wurde nach Abschluss der Untersuchungsarbeiten vor Ort in einen provisorischen rollfähigen Zustand versetzt und zur näheren Untersuchung in die Werkstatt der DB Netz Maschinenpool nach Karlsruhe überführt. Dort wurde das Fahrzeug einer eingehenden Untersuchung durch einen Brandsachverständigen des TÜV Süd und einen Bremssachverständigen des EBA unterzogen.

Untersuchung in der Werkstatt

Nahezu alle Sicherungen im 24 V Versorgungsschrank hinter dem FST 1 waren im ausgelösten Zustand. Dadurch war u. a. die Spannungsversorgung des PZB-Rechners, des Bremsrechners

⁷ Quelle: Bundespolizei, bearbeitet durch BEU

sowie des FST 2 nicht mehr gegeben. Im Bremsgeräteschrank im Werkstatttraum waren deutliche Beschädigungen an Absperrventilen im C-Druck-Kreislauf feststellbar, die auf einen massiven und spontanen Druckanstieg im System hindeuteten.

Im Rahmen der Erstbegehung des Fahrzeugs im Unterflurbereich wurde entsprechend nachfolgender Abbildung vom Bremssachverständigen festgestellt, dass ein Bremsschlauch der Zuleitung zum Bremszylinder am Radsatz 1 (Drehgestell 1, links) geborsten war. Der Bremsschlauch war zum Zeitpunkt der Aufnahme bereits einseitig vom Bremszylinder entfernt worden, um ein unbeabsichtigtes Anlegen der Bremsen während der Überführung zur Werkstatt zu verhindern.

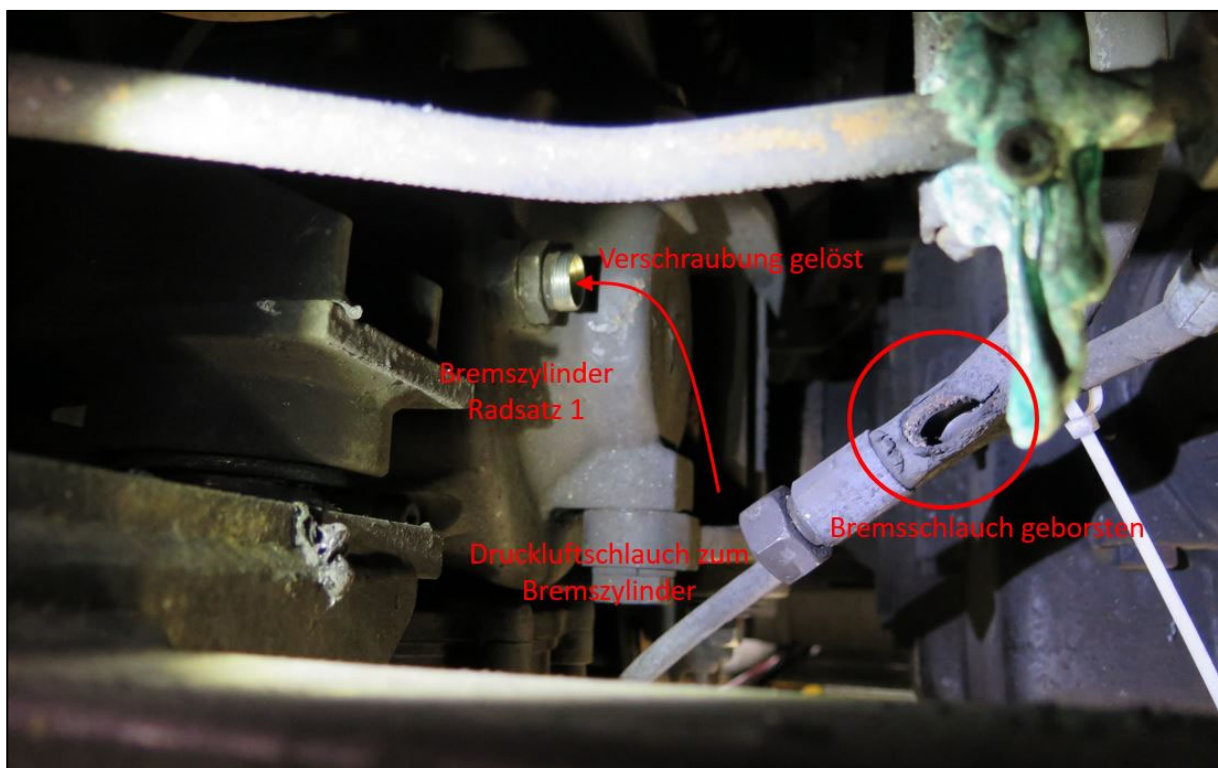
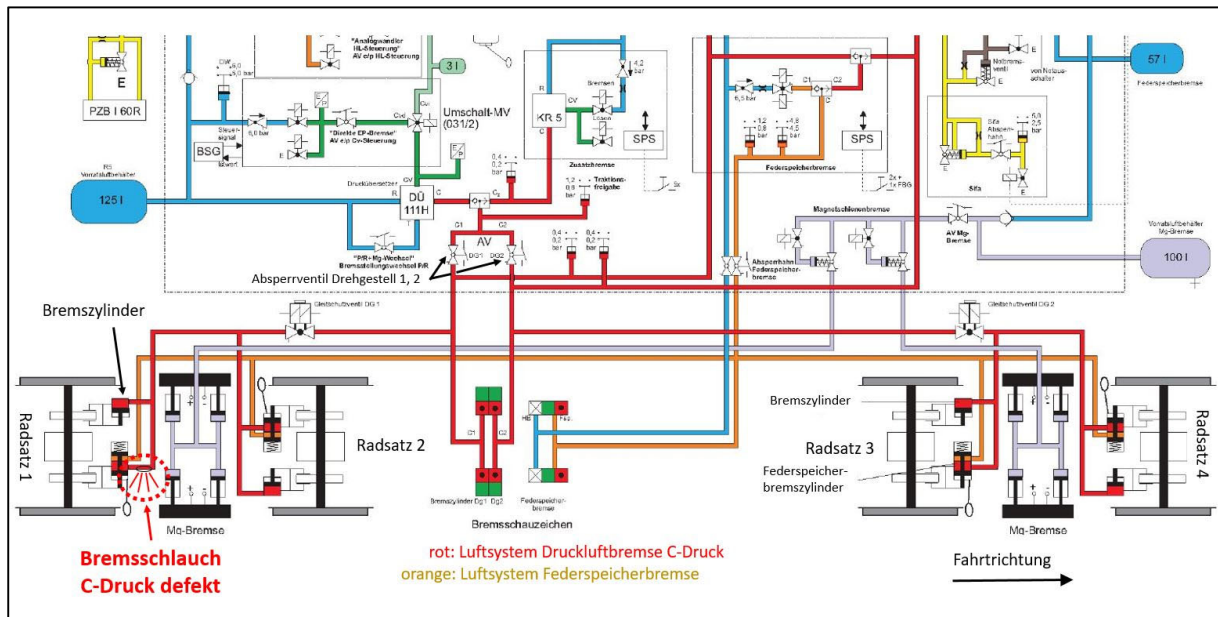


Abbildung 13: Geborstener Bremsschlauch⁸

In der nachfolgenden Abbildung ist die Lage des geborstenen Bremsschlauchs im Druckluftbremssystem des Fahrzeugs skizziert. Der Bremsschlauch stellte die Verbindung zu einem Bremszylinder her. Die dazugehörigen Druckluftleitungen (C-Druck) sind farblich rot hinterlegt. Aus der Skizze ist ersichtlich, dass alle acht Bremszylinder der Drehgestelle 1 bis 4 luftseitig parallel miteinander verbunden waren.

⁸ Quelle: EBA, bearbeitet durch BEU

Das Druckluftsystem der Federspeicherbremse (orange) war von dieser Leckage nicht betroffen.

Abbildung 14: Systemskizze Druckluftbremssystem (Auszug)⁹

Des Weiteren wurde festgestellt, dass am Radsatz 4 (führender Radsatz) der Druckluftanschluss am Federspeicherbremszylinder abgerissen war. Aufgrund der mechanischen Einwirkungsspuren konnte davon ausgegangen werden, dass es sich hierbei um eine Folge der Entgleisung in Gengenbach handelte. Der Entfall der Druckbeaufschlagung des Bremszylinders der Federspeicherbremse führte nach der Entgleisung zum automatischen, mechanischen Anlegen der Federspeicherbremse durch Federkraft. Bei fehlendem Druck im Gesamtsystem zeigt das Bremsschauzeichen der Federspeicherbremse ein Kreuz.

Die Federspeicherbremse war funktionsfähig und wurde erst nach der Entgleisung durch Beschädigung der Druckluftversorgung dieses Teilsystems aktiviert.

Die Auswertung der Protokolldaten des fahrzeugtechnischen Displays ergab keine zusätzlichen Erkenntnisse. Nach dem Entfall der Spannungsversorgung waren auch hier keine Daten mehr aufgezeichnet.

⁹ Quelle: DB Netz AG, bearbeitet durch BEU

Feststellungen des Brandsachverständigen

Das Fahrzeug wurde einer eingehenden Untersuchung durch einen Brandsachverständigen des TÜV Süd in Zusammenarbeit mit dem Bremssachverständigen des EBA unterzogen. Das Gutachten des TÜV Süd liegt der BEU vor und ist Grundlage für die nachfolgend auszugsweise skizzierten Erkenntnisse zur Brandentstehung und -ausbreitung, die letztlich auch Auswirkungen auf die Bremsanlage hatten.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Hydrauliklüftermotor 3, an dem nach dem Ereignis bei genauerer Untersuchung Verunreinigungen durch Hydrauliköl festgestellt wurden. Der Lüftermotor wurde deshalb einer Druckprüfung unterzogen. Bei der ersten Belastung mit ca. 90 bar zeigte sich eine deutliche Undichtigkeit im Bereich zwischen dem Gehäuse und der angeschraubten Abdeckplatte.

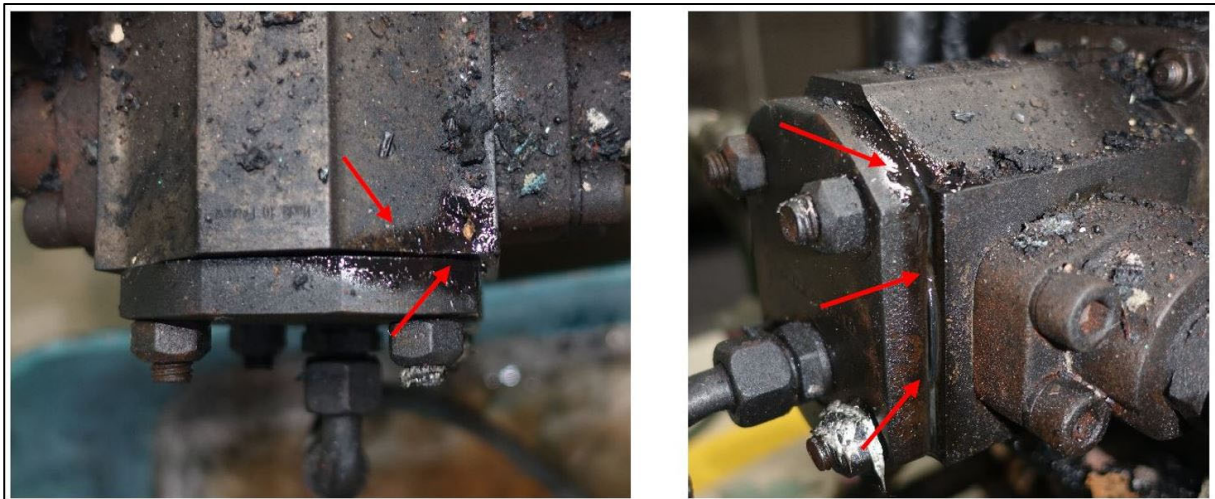


Abbildung 15: Undichter Hydrauliklüftermotor¹⁰

Die Kerbe zur Fixierung der Dichtung wurde analysiert. Dabei wurden leichte Unebenheiten sowie leichte Abflachungen der Kerbe an der Außenkante der Dichtfläche festgestellt. Durch diese Abweichungen konnte sich die Dichtung in Abhängigkeit vom herrschenden Druck im Hydrauliksystem aus ihrer Dichtfläche verschieben. Dieser nicht bestimmungsgemäße Freiheitsgrad hat bei der Druckprüfung und zuvor beim Brandereignis für die Freisetzung von Hydrauliköl gesorgt.

Das Fahrzeug war zum Zeitpunkt des Brandes ca. 30 Minuten mit relativ konstanter Geschwindigkeit auf einer abschüssigen Strecke unterwegs. Die Fahrzeugsteuerung sieht für eine solche

¹⁰ Quelle: TÜV Süd Brandgutachten

konstante Bremsleistung die vorrangige Nutzung der Retarderbremse vor. Bei Nutzung der Retarderbremse wird das Hydrauliköl im Hilfsbetriebskreis der Fahrmotoren durch die Abwärme erwärmt, weshalb die Fahrmotorlüfter unter Last standen. Anhand der Geschwindigkeitskurve der PZB lässt sich ein sägezahnartiger Geschwindigkeitsverlauf erkennen, was auf ein schwellendes Abbremsen des Fahrzeugs hinweist. Diese Veränderung der Bremskraft sorgt für entsprechende Lastwechsel in der Retarderbremse bzw. auch zu Lastwechseln in Bezug auf die notwendige Kühlleistung für das Hydrauliköl. Diese Lastwechsel haben nach Ansicht des Brandgutachters das Verschieben der Dichtung begünstigt und für die Freisetzung von Hydrauliköl gesorgt.

Das freigesetzte und durch die Lüfter verwirbelte Hydraulikölaerosol entzündete sich an den heißen Oberflächen des naheliegenden Turboladers und des Abgaskrümmers des Fahrmotors 2. Von der Zündquelle aus breitete sich der Brand durch induzierte Luftströmungen zunächst im Unterflurbereich in Richtung des Arbeitsmotors und des dahinterliegenden Fahrmotors 1 aus. Durch die weitere Schädigung von Schläuchen und Leitungen intensivierte sich der Brand.

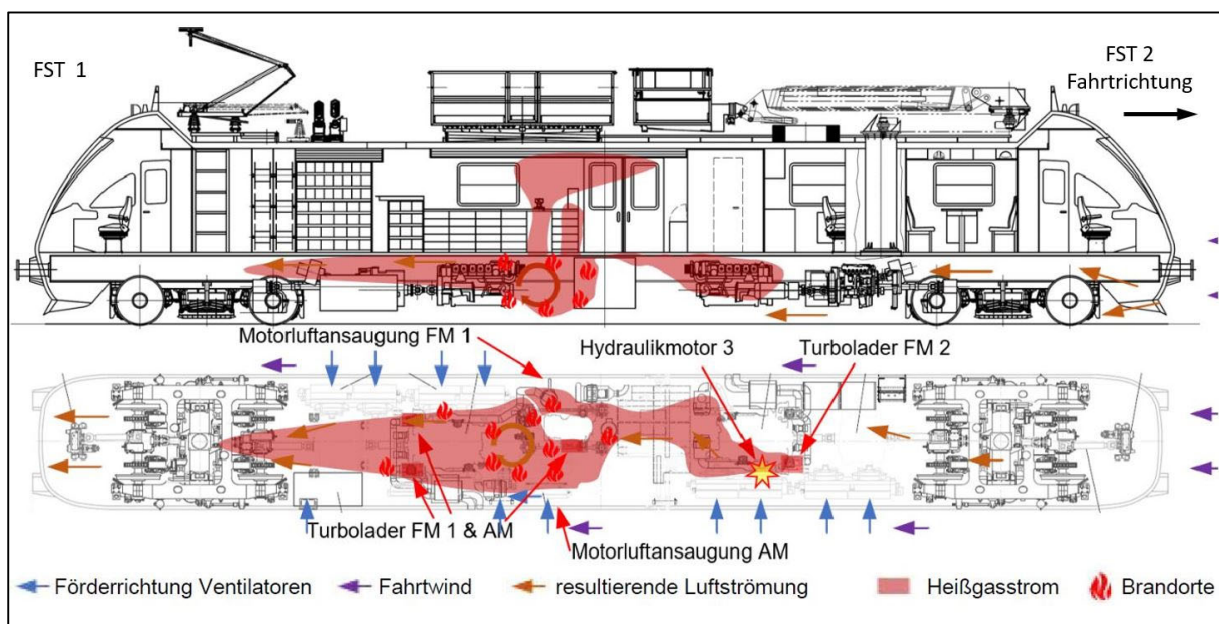


Abbildung 16: Brandausbreitung¹¹

Die Zwangsbremmung durch die PZB als ersten für die Personale wahrnehmbaren Hinweis auf den Brandfall wurde durch den Entfall des Aktivsignals vom besetzten FST 2 ausgelöst. Auf

¹¹ Quelle: TÜV Süd Brandgutachten

Grund der Spurenlage war dies mit einer Zerstörung der Verkabelung verbunden, die das Aktivsignal vom FST 2 durch den zentralen Kabelkanal im Untergestell hin zum PZB-Zentralgerät im FST 1 leitete. Durch den Brandfall wurden weitere Kabelverbindungen zum aktiven FST 2 zerstört, was in der Folge zu einem vollständigen Ausfall des FST 2 führte.

Nach Ansicht des Gutachters hatte das Brandereignis verschiedene Auswirkungen auf das Bremssystem, wobei sich die zwei maßgeblichen wie folgt darstellen:

- Durch die beim Brand freigesetzten Aerosole wurden größeren Mengen an Öl-Luft-Gemisch über die Luftansaugung der Luftpresser im Unterflurbereich in das Druckluftsystem eingebracht. Das Gemisch wurde durch die ausgelöste Zwangsbremmung im gesamten Druckluftbremssystem verteilt. Die Schläuche und Rohrleitungen wurden durch die Brandeinwirkung nach dem Stillstand punktuell erwärmt. Auf Grund des im Bremssystem herrschenden Drucks verringerte sich die Zündtemperatur des eingebrachten Öl-Luftgemisches für eine Entzündung. Das Ölaerosol entzündete sich im erwärmten Bremsschlauch zum Bremszylinder am Radsatz 1, was zu einer Deflagration mit punktueller Zerstörung dieses Bremsschlauchs und den festgestellten weiteren Beschädigungen im Drucksystem führten. Die ungewollte Entlüftung des C-Drucksystems führte zum schnellen Verlust der Bremskraft der gesamten Druckluftbremse nach der Zwangsbremmung.
- Aufgrund der Brandeinwirkung wurden elektrische Verbindungen und Signalkabel im zentralen Kabelkanal zerstört, so dass nicht alle Signale vom FST 2 von den jeweiligen Steuergeräten bzw. Aktoren im Schaltschrank im FST 1 empfangen werden konnten. Die bei dieser Fahrzeugbauart durch einen elektrischen Impuls angesteuerten Feder-speicherbremse konnte auf Grund der geschädigten Verkabelung nicht mehr aktiviert werden. Eine manuelle Notbetätigung des Impulsventils im Bremsgeräteschrank im Werkstatttraum war auf Grund der brandbedingten Unzugänglichkeit nicht mehr möglich. Das Fahrzeug war daher nicht durch die vorgesehene Feststellbremse gesichert.

Der geborstene Bremsschlauch wurde einer Untersuchung im Kunststofflabor der TÜV SÜD Industrie Service unterzogen um zu prüfen, ob der Schlauch ggf. mechanische Vorschäden bzw. Materialfehler aufwies. Die analytische Untersuchung der verwendeten Materialien zeigte keine Abweichungen zu den spezifizierten Materialien des Herstellers. Sowohl ein Material- oder Produktionsfehler als auch eine mechanische Schädigung von außen konnte als

Grund für das Bersten des Bremsschlauchs ausgeschlossen werden. Ebenso ausgeschlossen werden konnte ein Bersten des Schlauches auf Grund des normalen Betriebsdrucks in der Bremsanlage unter ausschließlichen Einfluss der ermittelten Temperaturen in der Umgebung des Bremsschlauchs. Die ermittelten Indizien sprechen für eine spontane örtliche Entzündung des in den Bremsschlauch eingebrachten Ölaerosol-Luftgemisches durch äußere Erwärmung mit der Folge der punktuellen Deflagration.

Der Brandgutachter schlägt eine Reihe von Maßnahmen zur Verhinderung ähnlich gelagerter Brandereignisse vor. Diese sind im Kap 5.2 dieses Berichts eingearbeitet.

Erkenntnisse des Bremssachverständigen

Ergänzend zu den Feststellungen des Brandgutachters hat der Bremssachverständige des EBA die Erkenntnisse bezüglich der Funktionalität der Bremsanlage und des unbeabsichtigten Entlaufens des TVT bewertet.

Auf die vorgenannten acht Bremszylinder in den Drehgestellen wirken sowohl die indirekte Bremse via Steuerventil als auch die direkte Bremse. Somit war nach dem Fahrzeugstillstand in Folge der Zwangsbremmung und der nachfolgenden Beschädigung des C-Drucksystems zwangsläufig keine dauerhafte Bremswirkung weder der indirekten als auch der direkten Bremse vorhanden. Somit war das Fahrzeug nach dem Fahrzeugstillstand auf Grund der PZB-Zwangsbremmung nur temporär gegen Wegrollen gesichert. Auch die Betätigung verschiedener Bedienelemente im FST durch den beim Beginn der Fahrzeugbewegung wieder aufgesprungenen Tf konnte somit nicht zu einer weiteren oder erneuten Bremswirkung führen.

Aus den Feststellungen ergibt sich die Erkenntnis, dass die in dieser Fahrzeugbaureihe ausgeführte Anordnung der pneumatischen Bremse in Form der Parallelschaltung aller Bremszylinder in einem Bremskreis keine Rückfallebene bei einem Schlauchbruch bietet. Hier wäre eine Aufteilung auf zwei Bremskreise mit zwei Steuerventilen oder mindestens zwei Relaisventilen sinnvoll, so dass ein Fehler wie im vorliegenden Fall maximal zu einem Bremskraftverlust von 50 % führen kann.

Auch die Ausführung zur Ansteuerung der Federspeicherbremse zeigt Verbesserungspotential. Hier ist das Prinzip „Fail Safe“ nicht vollumfänglich umgesetzt. Falls aus irgendeinem Grund die Energieversorgung der Bedienelemente bzw. des Bremssteuergeräts ausfällt, oder eine Kontaktunterbrechung beispielsweise durch Kabelbruch vorliegt, ist eine Betätigung der

Federspeicherbremse vom Führerpult nicht mehr möglich. Zudem zeigen gemäß der Beschreibung des Fahrzeugherstellers die Leuchtmelder „Federspeicherbremse“ (Federspeicher angelegt) auf den jeweiligen Bedienpulten entweder den angeforderten oder den tatsächlichen Zustand an. Das Signal „Federspeicher angefordert“ wirkt dabei vorrangig. Somit ist die Anzeige nicht eindeutig und zeigt nicht zwingend den tatsächlichen Zustand. Es kann also der Fall eintreten, dass trotz Bedienung des Tasters „Federspeicherbremse anlegen“ und dem darauffolgenden Aufleuchten des Leuchtmelders die Federspeicherbremse keine Wirkung zeigt. Hier ist dringender Handlungsbedarf vorhanden. Der Leuchtmelder muss den tatsächlichen Zustand der Feststellbremse anzeigen, um das Fahrzeug sicher betreiben zu können.

4.2.2 Untersuchung der bautechnischen Infrastruktur

Aufgrund der Erkenntnisse zum Ereignishergang und der Sachverhaltsermittlung konnte auf weiterführende oberbautechnische Untersuchungen der Gleise verzichtet werden. Instandhaltungsdefizite im Zusammenhang mit dem Ereignis waren auszuschließen.

4.2.3 Untersuchung der Leit- und Sicherungstechnik

Aufgrund der Erkenntnisse zum Ereignishergang und der Sachverhaltsermittlung konnte auf weiterführende Untersuchungen der signaltechnischen Anlagen verzichtet werden. Diese arbeiteten zum Zeitpunkt des Ereignisses fehlerfrei, Hinweise auf Störungen lagen nicht vor. Die in der nachfolgenden Tabelle aufgelisteten technisch gesicherten Bahnübergänge wurden vom brennenden TVT in führerlosem Zustand befahren. Die Bahnübergänge wurden zugbewirkt eingeschaltet oder vom jeweils zuständigen Fdl geschlossen. Es wurden keine Straßenverkehrsteilnehmer gefährdet.

km	Bezeichnung	Bauform	Zustand bei Befahren	Bemerkungen
19,250	Biberach	Fü 2H/60	technisch gesichert (zugbewirkte Einschaltung)	
15,825	Schönberg II/2	Fü 2H/60	technisch gesichert (zugbewirkte Einschaltung) zusätzlich durch Bundespolizei abgesperrt	nach Befahren gestört (dauerhafte Einschaltung)
15,715	Schönberg II/1	Fü 2H/60	technisch gesichert (zugbewirkte Einschaltung) zusätzlich durch Bundespolizei abgesperrt	nach Befahren gestört (dauerhafte Einschaltung)
15,018	Schönberg I	Fü 2H/60	technisch gesichert (zugbewirkte Einschaltung) zusätzlich durch Bundespolizei abgesperrt	
12,083	Schwaibach	LzFü 2H/60	technisch gesichert (zugbewirkte Einschaltung)	
9,994	Wp 8	4 el. Schranken, nahbedient Fdl, Lzw, SpM+Tv	technisch gesichert (durch Fdl vor Befahren geschlossen)	

Tabelle 4: Befahrene Bahnübergänge¹²

4.3 Menschliche Faktoren

In diesem Kapitel werden Untersuchungserkenntnisse zu menschlichen Handlungen und/oder Entscheidungen am gefährlichen Ereignis beteiligter Personen dargestellt. Entsprechende Erkenntnisse können sich hierbei insbesondere im Bereich menschlicher und individueller Merkmale sowie organisatorischer und Arbeitsplatzfaktoren ergeben.

4.3.1 Beteiligte des Infrastrukturbetreibers

Die Qualifikationen der beteiligten Fdl wurden nicht näher untersucht, da diese keinen nachteiligen Einfluss auf die Entstehung und die Entwicklung des Ereignisses hatten.

Die vom Fdl angestellten Überlegungen, die Signale trotz gesichertem Fahrweg nicht in Fahrtstellung zu bringen um eine Wirkungsweise des 2000 HZ Magneten auf das unkontrolliert rollende Schienenfahrzeug zu erzielen, war grundsätzlich richtig und nachvollziehbar. Die bei der Vorbeifahrt an Halt zeigenden Signalen ausgelöste Zwangsbremse wirkt jedoch nur, wenn die Bremsanlage des Schienenfahrzeuges an sich funktionsfähig ist. Der Fdl wusste nicht, dass diese zum Zeitpunkt des unkontrollierten Abrollens des TVT bereits druck- und funktionslos

¹² Datenquelle: DB Netz AG

war. Die weiteren Sicherungsmaßnahmen, andere Züge nicht zu gefährden und die Bahnübergänge zu sichern wurden trotz der Stresssituation sicher, schnell und vorschriftenkonform durchgeführt

Der Versuch von örtlichen Personalen, das Fahrzeug durch aufgelegte Hemmschuhe aufzuhalten war nicht erfolgreich, da die vor der führenden Achse angebrachten Sandstreuohre die Hemmschuhe abwarfen.

Die in Absprache mit dem Arbeitsgebietsleiter Betrieb getroffene Entscheidung, eine kontrollierte Entgleisung im Bf Gegenbach durchzuführen, kann unter Abwägung größerer potenzieller Gefährdungen für Menschen und Sachwerte als angemessen und richtig angesehen werden. Die Handlungen der Infrastrukturpersonale waren dem Ereignis angemessen.

4.3.2 Beteiligte des EVU

Der verantwortliche Tf war im Besitz eines gültigen EU-Triebfahrzeugführerscheins. Für das Führen von Eisenbahnfahrzeugen erhielt er von der DB Netz AG eine Zusatzbescheinigung der Klassen A (Rangierfahrten) und B2 (Güterzüge), in der auch die Befähigung zum Führen des eingesetzten TVT der Baureihe 711.1 nachgewiesen wurde. Der Tf besaß für den betroffenen Streckenabschnitt die nötige Streckenkenntnis. Ein aktueller Tauglichkeitsnachweis nach den Kriterien der Triebfahrzeugführerscheinverordnung wurde zur Einsichtnahme vorgelegt. Die Überwachung bei der Dienstaussübung am Arbeitsplatz wurde nachgewiesen. Es waren keine Beanstandungen vermerkt. Die Ruhezeiten wurden eingehalten. Die Voraussetzungen der Triebfahrzeugführerscheinverordnung für den Einsatz des Tf auf dem TVT waren erfüllt.

Der Tf und der Triebfahrzeugbegleiter wurden zum Ereignishergang befragt. Deren Aussagen stehen im Einklang mit den übrigen Untersuchungsergebnissen. Die Ursache der Zwangsbremse war für das Zugpersonal nicht erkennbar. Nach dem Stillstand war das Fahrzeug durch die Druckluftbremse und die bediente Federspeicherbremse aus ihrer Sicht ausreichend gesichert, so dass sie das Fahrzeug zur weiteren Untersuchung verlassen konnten. Nachdem sich der TVT unbeabsichtigt wieder in Bewegung gesetzt hatte, versuchten die Personale mit den ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln das weitere Entlaufen zu verhindern, was misslang.

4.4 Feedback- und Kontrollmechanismen

In diesem Kapitel wird insbesondere auf Bedingungen, Feedback- und Kontrollmechanismen im Eisenbahnsystem eingegangen, denen ein aktiver Einfluss auf die Entstehung ähnlicher Ereignisse zugeschrieben werden könnte. Diese Mechanismen schließen Faktoren des Risiko- und Sicherheitsmanagement sowie Überwachungsverfahren mit ein.

Die Instandhaltungswerkstatt war ECM-zertifiziert. Die regelmäßige Überprüfung der gesamten Hydraulikkomponenten, insbesondere bezüglich deren Dichtheit, war Bestandteil des Wartungs- und Inspektionsplans der Fahrzeuge. Die Hydraulikmotoren waren dabei nicht explizit erwähnt. Die durchgeführten Arbeiten wurden dokumentiert und deren Durchführung überwacht.

Die materiellen Anforderungen an den vorbeugenden Brandschutz gemäß der zum Zeitpunkt der Zulassung geltenden DIN 5510 waren erfüllt. Eine explizite Betrachtung des Brandrisikos im Rahmen einer Risikoanalyse nach Verordnung (EU) 2018/762 Anhang I Punkt 3.1 lag nicht vor. Bei früheren Brandereignissen wurde jedoch eine Untersuchung mit Ableitung von notwendigen organisatorischen und technischen Maßnahmen zur Senkung der Brandgefahr durchgeführt.

4.5 Frühere Ereignisse ähnlicher Art

Bereits beim Brand des TVT 711 120 am 16.02.2010 derselben Bauserie wurde eine Leckage an einem Hydrauliklüftermotor mit anschließender Entzündung des austretenden Ölaerosols als Brandursache identifiziert.

5 Schlussfolgerungen

Das folgende Kapitel enthält eine Zusammenfassung der ermittelten ursächlichen, beitragenden und systemischen Faktoren. Zusätzlich sind zwei weitere Unterkapitel vorgesehen, um Informationen zu bereits ergriffenen Maßnahmen und zu zusätzlichen Bemerkungen zu teilen.

5.1 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Zusammenfassend ist festzustellen, dass ursächlich für das Brandereignis eine Hydraulikölfreisetzung am Hydrauliklüftermotor 3 der Fahrmotorkühlanlage für den Fahrmotor 2 war, ausgelöst durch eine nicht spezifikationsgerecht funktionierende Dichtung. Begünstigend wirkte sich die örtliche Nähe des Hydrauliklüftermotors 3 zum Turbolader des Fahrmotors 2 aus, wodurch die Zündung des Aerosols bewirkt wurde. Durch den Austritt unter Druck und die vom Lüfter induzierte Luftströmung unterhalb des Fahrzeugs ergab sich nachfolgend eine vom Fahrpersonal unbemerkte Brandintensivierung und –ausbreitung in den Bereich des Arbeitsmotors und des hinteren Fahrmotors 1. Das Fehlen einer Brandmeldeanlage begünstigte die unbemerkte Brandintensivierung.

Ursächlich für das unkontrollierte Abrollen des Fahrzeugs war die Beeinträchtigung der elektrischen Anlage im zentralen Kabelkanal. Dadurch wurde zwar zunächst eine Zwangsbremung ausgelöst, die dem Fahrpersonal das Vorhandensein einer Störung offenbarte. Unklar blieben jedoch die Ursache und das Ausmaß der Störung. Begünstigt durch die bereits unbemerkt weit fortgeschrittene Brandausbreitung wurde die Bremswirkung der Zwangsbremung durch die brandverursachte Deflagration eines Bremsschlauchs am Drehgestell 1 nach dem Stillstand des Fahrzeugs kurzfristig wieder aufgehoben. Zudem war die Aktivierung der Feststellbremse wegen des nicht mehr wirksamen elektrischen Tasters im FST 2 nicht mehr möglich. Da der Bremszylinder der Federspeicherbremse unabhängig vom fehlenden C-Druck noch mit Luft beaufschlagt war, wurde deren mechanische Festhaltefunktion nicht aktiviert. Die genannten Faktoren bewirkten das unbeabsichtigte Abrollen des TVT nach der Zwangsbremung.

Gemäß Ril 915.0107 Abschn. 2 Abs. 1 ist auf Gefällestrecken so zu bremsen, dass die zulässige Geschwindigkeit möglichst gleichmäßig gehalten wird. Gründe für das auffallend sägezahnartige Fahrverhalten des Tf sind nicht bekannt. Nach Ansicht des Brandgutachters könnte dieses Fahrverhalten in der Gefällestrecke durch zahlreiche Lastwechsel im Hydraulikkreislauf das Brandereignis begünstigt, nicht jedoch verursacht haben.

Das Verlassen des Fahrzeugs nach der Zwangsbremmung zur näheren Untersuchung und zum Eigenschutz war notwendig. Beiden Personalen war zu diesem Zeitpunkt die Tragweite der Brandeinwirkungen insbesondere auf die Energieversorgung und Bremsanlage des TVT nicht bekannt. Entsprechend war nicht zu erwarten, dass die wirkende Druckluftbremse nach der Zwangsbremmung derartig schnell wieder auslöst. Zudem war dem Tf mit großer Wahrscheinlichkeit nicht bewusst, dass die Federspeicherbremse trotz Tastenbedienung nicht mehr angelegt hatte bzw. nicht mehr anlegen konnte. Insofern bestand auch keine Veranlassung, den Zustand der Federspeicherbremse am Bremsschauzeichen außen am Fahrzeugrahmen zu überprüfen. Zudem war die manuelle Betätigung der Federspeicherbremse direkt am Impulsventil auf Grund der Unzugänglichkeit des Bremsgeräteschranks im Werkstattbereich (Rauchentwicklung im Innenraum) nicht mehr möglich. Ebenso waren die dort gelagerten Radvorleger nicht mehr greifbar.

Nach dem unbeabsichtigten Wegrollen bediente der wieder aufgesprungene Mitarbeiter die Notbremseinrichtung. Die Bedienung des Notbremshebels blieb jedoch wirkungslos, da das Druckluftsystem zu diesem Zeitpunkt bereits drucklos war. Die Betätigung der Zusatzbremse (direkte Bremse) blieb ebenfalls wirkungslos, da diese über ein Steuerventil im Bereich der Drehgestelle dasselbe (geborstene und entlüftete) C-Druckluftsystem nutzte. Durch den Ausfall der Energieversorgung des FST 2 waren weitere elektrisch zu betätigenden Einrichtungen wirkungslos.

Fazit:

Die Analyse des Brandereignisses hat eindeutige Indizien für eine technische Fehlerursache der Brandentstehung geliefert. Die detaillierte Untersuchung des Aufbaus und der Funktionalität der Bremsanlage des TVT hat gezeigt, dass die Brandentwicklung und -ausbreitung den Ausfall der elektrischen Anlage und mehrerer Komponenten der Bremsanlage verursacht hat. Die Handlungen der beteiligten Personale hatten weder Einfluss auf die Brandentstehung noch auf das unbeabsichtigte Abrollen des TVT.

5.2 Seit dem Ereignis getroffene Maßnahmen

Das vorliegende Ereignis war das zweite Brandgeschehen an einem Fahrzeug dieser Bauserie mit ähnlicher Ursache. Daher waren zur Gewährleistung eines sicheren Eisenbahnbetriebs weitergehende Abhilfemaßnahmen angesagt, die das Risiko weiterer ähnlicher Brandereig-

nisse mit entsprechenden Folgen kurz- und mittelfristig nachhaltig reduzieren. Seitens des Halters DB Netz AG Maschinenpool wurde entsprechend den Empfehlungen des Brandgutachters regelmäßig wiederkehrend alle 30 Tage eine Dichtheitsprüfung der Hydraulikkomponenten der betroffenen Fahrzeuge vorgeschrieben. Diese Sofortmaßnahme gilt so lange, bis bauliche Veränderungen umgesetzt sind. An die Tf ging als betriebliche Erstmaßnahme eine Information und Handlungsanweisung für ähnliche Fälle, die insbesondere auch die Besonderheit des Leuchtmelders „Federspeicherbremse angelegt“ beinhaltet. Die Tf wurden verpflichtet, beim Verlassen des Fahrzeugs den Anlegezustand der Federspeicherbremse außen am Bremsschaulinien zu prüfen.

Entsprechend den Empfehlungen des Brandgutachters des TÜV Süd und den Erkenntnissen des EBA wurden eine Reihe von möglichen Verbesserungsmaßnahmen festgelegt, die geeignet wären, auch künftig das sichere Betreiben dieser Fahrzeugbaureihe zu gewährleisten. Im Fokus standen dabei Maßnahmen zur Reduzierung des Risikos einer Brandentstehung durch Beseitigung der erkannten Fehlerquellen sowie die Verminderung des Risikos von unbeabsichtigten Folgen einer unbemerkten Brandausbreitung durch eine möglichst frühe Detektion von Brandereignissen.

Themenkomplex Brand:

- Tausch Hydraulikmotoren für die Fahrmotorlüfter
- Nachrüstung Brandfrüherkennungsanlage

Im Zusammenhang mit der Konzeptionierung der Brandfrüherkennungsanlage wurde die Erstellung einer Brandrisikoanalyse angestoßen. Damit soll sichergestellt werden, dass mögliche Zündquellen und Brandlasten bei der Auslegung der Brandfrüherkennungsanlage ausreichend Beachtung finden.

Bezüglich der im Rahmen der Ereignisuntersuchung erkannten systemischen Mängel zum Themenkomplex Bremsanlage wurden weitere Maßnahmen angestoßen:

- Veränderte Ansteuerung der Federspeicherbremse
- Pneumatische Entkopplung der Druckluftbremsen beider Drehgestelle (C-Druck)

Das EBA begleitet und überwacht die Umsetzung der Maßnahmen im Rahmen der Fahrzeugaufsicht und Gefahrenabwehr.

Zum Themenkomplex Bremse hat die Firma Knorr-Bremse in Zusammenarbeit mit dem Hersteller GBM eine Umbauvariante entwickelt, die geeignet scheint, die erkannten Probleme bei der Ansteuerung der Federspeicherbremse zu verbessern und das Ausfallszenario bei Undichtigkeiten im C-Druck-Kreis zu minimieren. Derzeit wird geprüft, ob die Maßnahme die aktuellen Anforderungen an Bremssysteme der Technischen Spezifikation für die Interoperabilität Teilsystem „Fahrzeuge – Lokomotiven und Personenwagen“ (TSI LOC&PAS) erfüllt.

5.3 Zusätzliche Bemerkungen

Die durchgeführten Untersuchungen lieferten keinen Beitrag zu diesem Punkt.

6 Sicherheitsempfehlungen

Gemäß § 6 EUV und Art. 26 Abs. 2 der Richtlinie (EU) 2016/798 ergeben nachfolgende Sicherheitsempfehlungen:

Lfd. Nr.	Adressat und Sicherheitsempfehlung	Betrifft Unternehmen
2/2022	<p>Nationale Sicherheitsbehörde:</p> <p>Es wird empfohlen bei den Fahrzeugen der Baureihe 711.1 risikominimierende Maßnahmen gegen einen unkontrollierten Ablauf zu erarbeiten und in einem Aktionsplan umzusetzen. Hierbei sollten insbesondere Maßnahmen in den Bereichen Brandentstehung und -detektion sowie Optimierung der Bremsanlage in Erwägung gezogen werden.</p>	Halter/EVU