



Ulrich Baumann / Joseph Zeder

Reg. Nr.: 06051701

Schlussbericht

der Unfalluntersuchungsstelle Bahnen und Schiffe

über **Aufprall eines Dienstzuges auf
eine stehende Wagengruppe**
vom **Mittwoch, 17. Mai 2006**
in **Dürrenast / Thun**

Inhaltsverzeichnis

	Seite:
0. Allgemeines	3
0.1 Kurzdarstellung	3
0.2 Untersuchung	3
1. Festgestellte Tatsachen	3
1.1 Vorgeschichte	3
1.2 Verlauf der Fahrt	4
1.3 Personenschäden	7
1.4 Sachschäden an Rollmaterial und Infrastruktur	7
1.5 Sachschäden Dritter	7
1.6 Beteiligte Personen	7
1.7 Schienenfahrzeuge	8
1.8 Strassenfahrzeuge	8
1.9 Wetter, Schienenzustand	8
1.10 Bahnsicherungssysteme	8
1.11 Zug- und Rangierfunk	9
1.12 Bahnanlagen	9
1.13 Fahrdatenschreiber	9
1.14 Befunde an den Fahrzeugen	10
1.15 Medizinische Feststellungen	12
1.16 Arbeitsrechtliche Beurteilung	12
1.17 Feuer	12
1.18 Überlebenschancen	13
1.19 Besondere Untersuchungen	13
1.20 Informationen über Organisation und Verfahren	14
1.21 Verschiedenes	16
2. Beurteilung	16
2.1 Technisches	16
2.2 Betriebliches	17
2.3 Fahrtechnisches	17
3. Schlussfolgerungen	18
3.1 Befunde	18
3.2 Ursachen	19
4. Sicherheitsempfehlungen	19
Beilage 1 Geprüfte Varianten, den Dienstzug zu stoppen	21
Beilage 2 Auszüge und massgebende Erkenntnisse aus dem techn. Bericht	23
Beilage 3 Abkürzungen	32

Dieser Bericht wurde ausschliesslich zum Zweck der Verhütung von Unfällen beim Betrieb von Eisenbahnen, Seilbahnen und Schiffen erstellt. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Unfällen ist nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung gemäss Art. 25 der Verordnung über die 'Meldung und Untersuchung von Unfällen und schweren Vorfällen beim Betrieb öffentlicher Verkehrsmittel' (VUU, SR 742.161).

0 ALLGEMEINES

0.1 Kurzdarstellung

Am Mittwoch, 17. Mai 2006 um ca. 03.20 Uhr ereignete sich kurz vor dem Bahnhof Thun ein Zusammenstoss zwischen einem fahrenden Dienstzug, dessen Bremsen nicht ordnungsgemäss funktionierten, und einer stehenden Wagengruppe auf der Strecke. Um den „bremslosen“ Dienstzug zu stoppen, entschlossen sich die Fahrdienstleiter (Fdl) im Zentralstellwerk (ZSW) von Spiez, diesen auf das gesperrte Gleis Gwatt - Thun (Gleis 301-303, seeseitig) zu leiten, wo sich zwei Baugruppen (Arbeitsstelle Rückbau aufgehobene Haltestelle Dürrenast, km 1.400 und Arbeitsstelle Lärmschutzwände, km 0.900) befanden. Die Mitarbeiter dieser Arbeitsstellen konnten rechtzeitig gewarnt werden, so dass sie sich in Sicherheit bringen konnten.

Der Aufprall war so heftig, dass die drei sich auf dem Unfallzug befindenden Personen (2 Lokführer und ein Mitarbeiter einer Privatfirma) tödlich verletzt wurden; alle Bauarbeiter der Arbeitsstellen Thun blieben unverletzt.

0.2 Untersuchung

Die Unfalluntersuchungsstelle UUS wurde gleichentags um 04.16 Uhr durch die Meldestelle REGA über das Ereignis informiert. Der nebenamtliche Untersuchungsleiter Ulrich Baumann rückte unverzüglich an den Unfallort aus. Um ca. 07.00 Uhr wurde von U. Baumann Joseph Zeder als Verstärkung aufgeboten.

Der Untersuchungsbericht der UUS fasst die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zusammen.

1. FESTGESTELLTE TATSACHEN

1.1 Vorgeschichte

In Blausee wurden in der Nacht 16. auf 17. Mai 2006 Weichenumbauarbeiten ausgeführt. Um ca. 00.45 Uhr des 17. Mai 06 fuhr ein Dienstzug (Zug 36240) mit Altschottertransportwagen von Blausee nach Frutigen. Auf Distanz, um ca. 00.50 Uhr fuhr eine selbst fahrende Baumaschine dieselbe Strecke (Zug 36241). Es war geplant, dass der Dienstzug nach Eintreffen der Baumaschine mit dem Lokführer (Lf) derselben weiter bis Hondrich Süd ins Anschlussgleis der Firma Kiestag verkehren sollte, um den Altschotter dort zu entladen. Der zweite Lf war nötig, um in Hondrich das Manöver ausführen zu können, wobei vorgesehen war, dass der eine Lf das Triebfahrzeug bedienen und der andere die Funktion des Rangierleiters übernehmen würde.

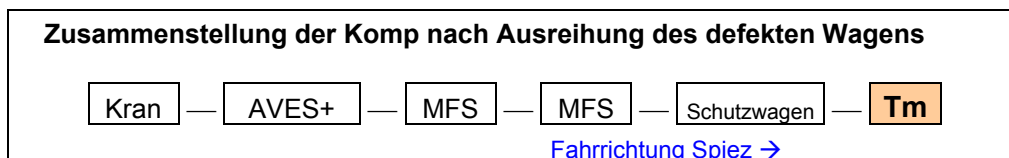
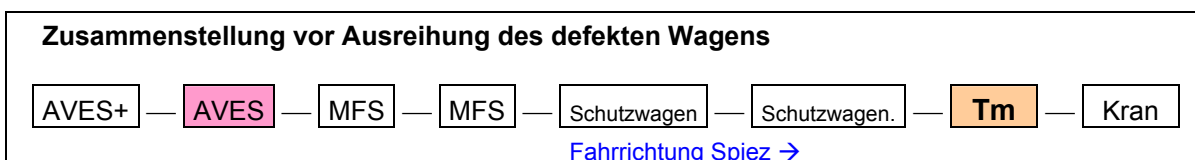
Infolge einer Bremsstörung an einem Wagen des Dienstzuges (blockierte Bremsen) verzögerte sich die sofortige Weiterfahrt ab Frutigen um ca. 2 Std. Nachdem dieser Wagen ausgereiht worden war, meldete sich der Lokführer im ZSW Spiez um ca.

02.50 Uhr zur Abfahrt bereit. Der Lokführer erhielt vom Fdl die Zugnummern 36263 Frutigen – Hondrich Süd und 36264 Hondrich Süd – Frutigen zugeteilt. Ca. 4 Minuten nach Abfahrt meldete der Lokführer, dass er Bremsprobleme habe.

1.2 Verlauf der Fahrt

Nach Ankunft des Zuges 36240 von Blausee war vorgesehen, mit der gleichen Komposition nach Hondrich Süd zum Entlad zu fahren. Vor Abfahrt wurde jedoch festgestellt, dass der Wagen 5 (AVES) nach dem Tm 235 099-9 eine Bremsstörung (Bremsen blockiert, Räder verschliffen) hat. Dies hatte zur Folge, dass dieser Wagen mit dem dazugehörigen Schutzwagen ausgesetzt werden musste. Daraus ergaben sich folgende zeitaufwendige Manöver, welche gemäss Funkaufzeichnung in einer ruhigen Art und Weise durchgeführt wurden:

- Tm von Spitze (inkl. Kran- und Materialwagen) an Schluss,
- zwei Wagen am Schluss (AVES+ und AVES) abhängen und ins Gleis 5 fahren,
- AVES (verschliffener Wagen) abstellen,
- mit Materialwagen AVES umfahren und ebenfalls im Gleis 5 abstellen,
- Kranwagen und AVES+ an Schluss des Zuges stellen und
- mit Tm wieder an die Spitze.



Um ca. 02.51 Uhr verlangte der Lf eine Dienstfahrt nach Hondrich Süd beim ZSW Spiez. Ca. 03.01 Uhr fuhr der Dienstzug 36263 in Frutigen Richtung Hondrich Süd ab. Ca. 4 Minuten später auf der Höhe von Reichenbach meldete der Lokführer über Funk Bremsprobleme ans ZSW Spiez. Wegen der schlechten Verständlichkeit (Lärm/Hektik im Führerstand) musste der Fdl mehrere Male rückfragen. Als sich der Dienstzug ungefähr in Heustrich befand, verlangte der Lokführer, nicht ins Anschlussgleis der Kiestag in Hondrich Süd geleitet zu werden, sondern möglichst lange gerade aus fahren zu können. Die Fahrgeschwindigkeit betrug zu diesem Zeitpunkt ca. 80 km/h.

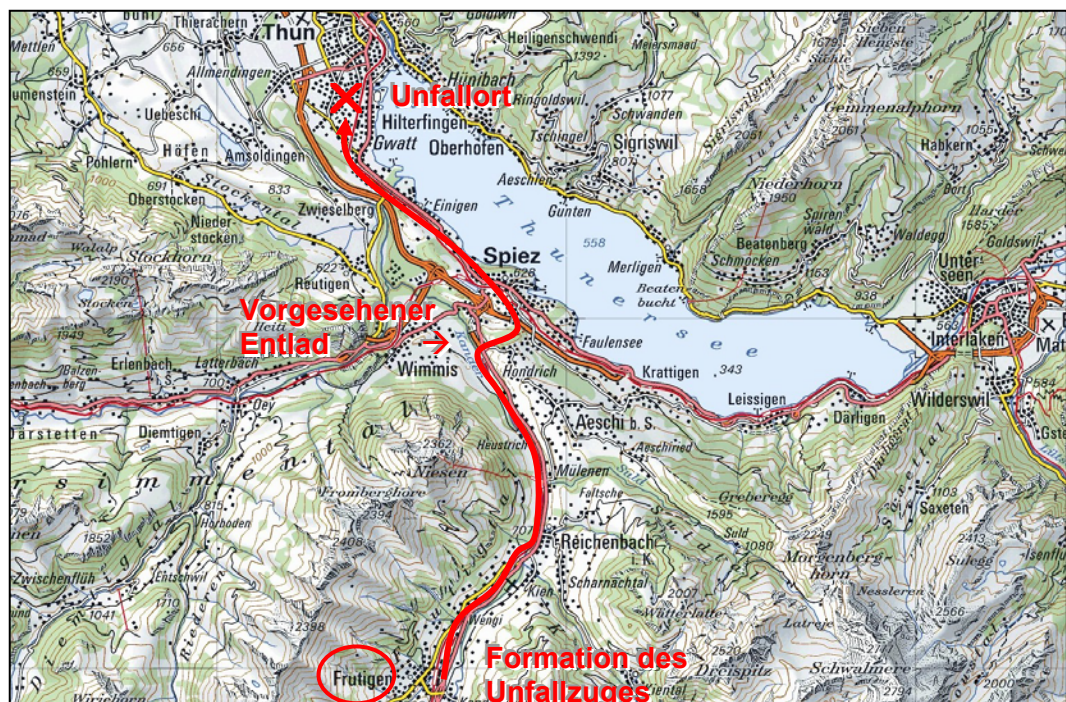
Der Fdl in Spiez stellte sofort die gewünschten und gesicherten Zug-/Rangierfahrstrassen ein; ohne Bedienung der Hauptsignale ab Gleisabschnittsignal G773 Spiez, in der Hoffnung, die Zugsicherung würde dann eine Notbremsung auslösen. Ihm war der genaue Grund der Bremsstörung zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt. Nachdem für den Fdl klar war, dass die Bremsleistungen des Dienstzugs für ein Anhalten ungenügend waren, begannen der im ZSW anwesende Dispatcher der BLZ BLS sowie der zweite Fdl sich zu beraten, wo und wie der Dienstzug gestoppt werden könnte. Dabei wurde auch mit dem für den Bahnhof Thun zuständigen Dispatcher der BLZ Luzern Rücksprache genommen.

In Anlehnung an die Fahrdienstvorschriften (FDV, Ausgabe 06/2004), R 300.9, Absatz 14.6 resp. an die ECL 9 (Ereignischeckliste) der BLS (Entlaufen von Schienenfahrzeugen) sowie nach Prüfung von 5 möglichen Varianten (Beilage 1) entschieden sich der Dispatcher und die beiden Fdl, die nicht kontrollierbare Komposition auf dem seeseitigen Gleis (Gleis 303 – 301) Richtung Thun zu leiten und bei einer Arbeitsstelle kurz vor dem Bahnhof Thun bei Dürrenast durch einen Aufprall auf zwei dort in einem Abstand von ca. 500 m stehenden Baufahrzeuggruppen zum Anhalten zu bringen.

14.6	Entlaufene Fahrzeuge
14.6.1	Verständigung
	Wenn Fahrzeuge entlaufen, sind der Nachbarbahnhof sowie die Arbeitsstellen sofort zu verständigen. Dabei ist anzugeben, ob die entlaufenen Fahrzeuge mit Reisenden besetzt und auf welchem Gleis die Fahrzeuge entlaufen sind. Die Bahnüberganganlagen sind sofort einzuschalten.
14.6.2	Sicherung des Zugverkehrs
	Gefährden entlaufene Fahrzeuge Züge oder Rangierbewegungen, sind diese nach Möglichkeit in Sicherheit zu bringen.
14.6.3	Aufhalten entlaufener Fahrzeuge
	Die Fahrzeuge sind mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln aufzuhalten. Können Fahrzeuge nicht aufgehalten werden, sind sie zum Entgleisen zu bringen.

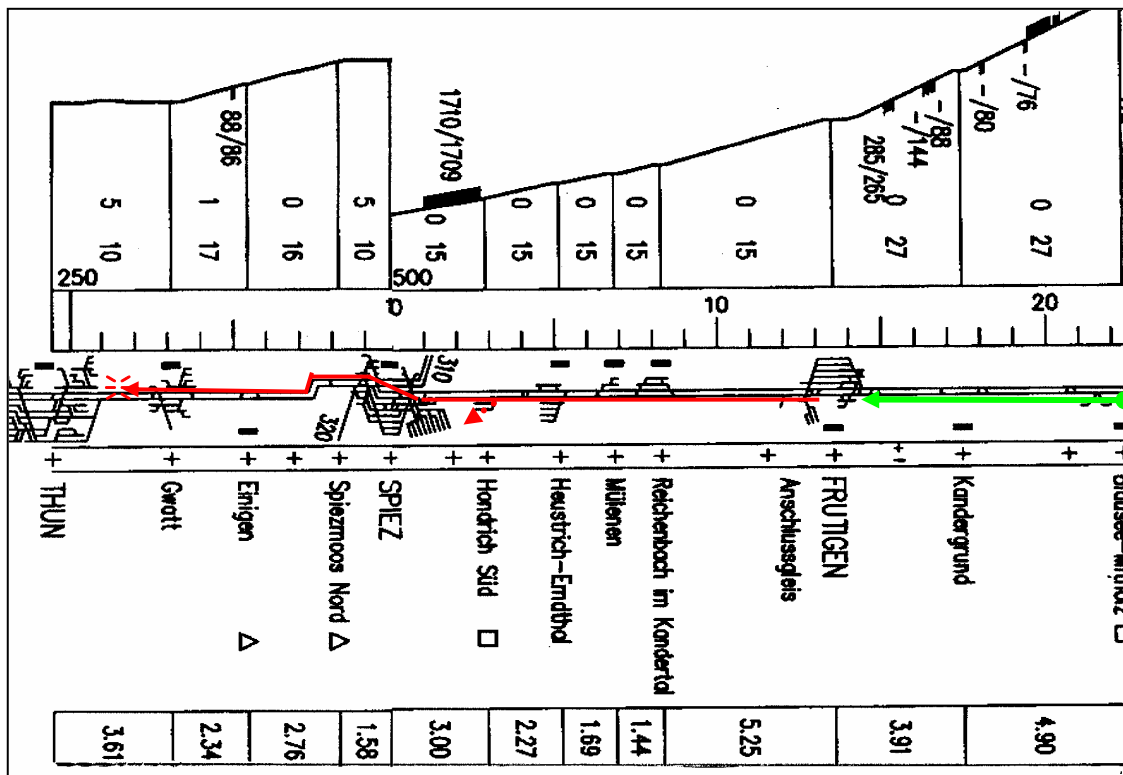
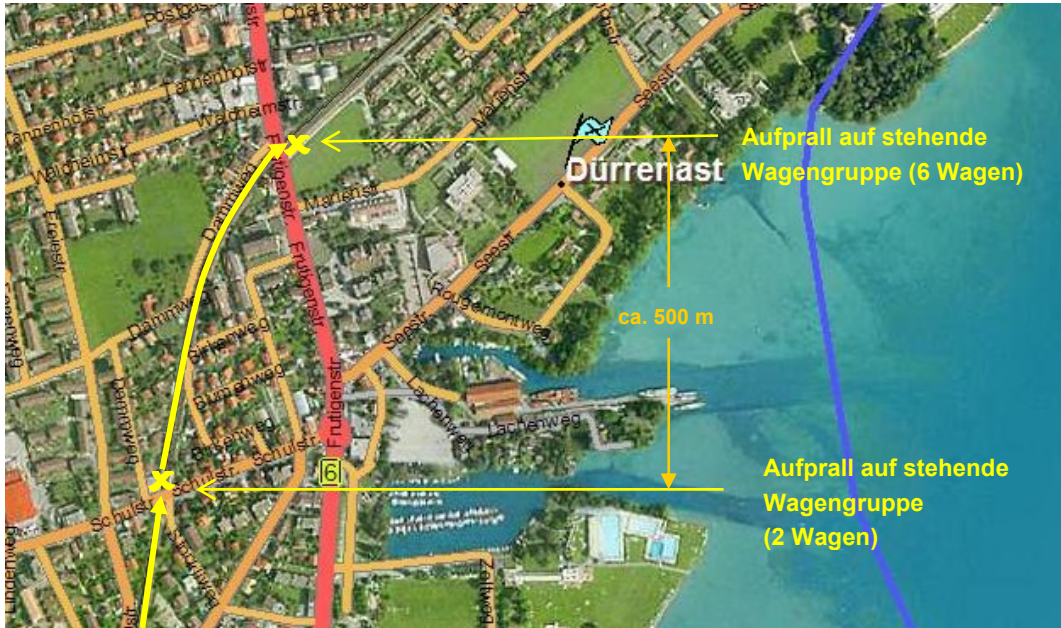
Auszug aus den Fahrdienstvorschriften (FDV) R 300.9, Ziffer 14.6 (Ausgabe 12.12.04)

Die 11 Mitarbeiter der Arbeitsstellen bei Dürrenast (km 0.900 und 1.400) wurden vom Fdl aufgefordert, die Bauarbeiten unverzüglich einzustellen und sich in Sicherheit zu bringen, was allen auch gelang. Der Versuch, noch zwei Hemmschuhe auf das Gleis zu legen, scheiterte, da einerseits die nötige Zeit nicht mehr zur Verfügung stand und andererseits der Zug auf dem Betriebsgleis (Gleis 403 – 401, nicht gesperrtem Gleis) erwartet worden war.



Verlauf der Fahrt (Swiss Map)

Der Dienstzug prallte mit einer Geschwindigkeit von ca. 89 km/h zuerst auf zwei gebremste Wagen bei der Arbeitsstelle Dürrenast (km 1.400; Schulstrasse). Diese wurden in der Folge mit geschoben bis es dann bei der Arbeitsstelle vor Thun (km 0.900; Frutigenstrasse) zum Aufprall auf die dort stehende Wagengruppe kam. Der Aufprall des entlaufenen Zuges mit den kurz vorher angeprallten zwei Wagen auf diese Komposition führte zur Entgleisung der beiden mitgeschobenen Bauwagen, des Triebfahrzeugs, des 1. Wagens, einer Achse des zweiten Wagens von Zug 36263 sowie einer Achse des vordersten Wagens der stehenden Wagengruppe.



Grün = Fahrt des Dienstzuges bis Frutigen, rot = Fahrt des Unfallzuges

1.3 Personenschäden

	Bahnpersonal	Reisende	Drittpersonen
Tödlich verletzt:	2	-	1
Leicht verletzt:	2 (Schock)	-	12 (Schock)

1.4 Sachschäden am Rollmaterial und an der Infrastruktur des Bahnunternehmens

Rollmaterial: > Fr 2'000'000.- (inkl. Bohrmaschine à Fr 600'000.-)

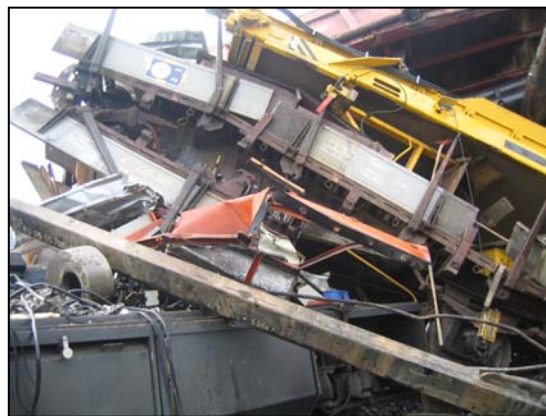
Infrastruktur: > Fr 1'000'000.-

1.5 Sachschäden Dritter

Sersa AG: Fr. 100'000.--

Vanoli AG: Fr. 1'125'000.—

sowie Schäden an Liegenschaften von Anwohnern



Fotos: UUS

1.6 Beteiligte Personen

Lokpersonal

† Lokführer A

Lokführer C100, BLS-Infrastruktur

† Lokführer B

Lokführer C60, BLS-Infrastruktur

Dispatcher und Fahrdienstleiter ZSW Spiez

Dispatcher

Dispatcher BLS, DOLS Spiez

Fahrdienstleiter

Fdl, DOLS Spiez

Operator

Operator, DOLS Spiez

Dritte

† Gleisbauarbeiter

c/o Fa. Vanoli AG, Gleisbau,
8800 Thalwil

1.7 Schienenfahrzeuge

Eigentümer: BLS, Bern; Firma Vanoli AG, Thalwil; Firma Sersa AG, Burgdorf und SBB, Bern.

Zugkomposition: Tm 235 099-9 (BLS), V 4085 94-07 102-4 (SBB), Vas-m
(Spitze-Schluss) 8048 98-87 292-9 (Vanoli), Vas 8048 98-81 294-1 (Vanoli),
Vass 8085 98-81 703-5 (Sersa), Xs 4063 95-07 808-1 (BLS)

Triebfahrzeug: Tm 235 099-9 (BLS),

Zugsgewicht: ~300 t

Bremsgewicht: 38 t (Kupplungshahn der Hauptleitung zwischen Tm 235
099-9 und Wagen nicht geöffnet; siehe Pkt. 1.14)

Abgestellte Wagen in Dürrenast (km 1.400): Xs 4064 95-05 706-9 (BLS), Ks 2185 330 1 077-1 (SBB)

Wagengruppe vor Thun (km 0.900): Xs 4085 95-47 361-7 (SBB), Xas 8085 984 5 001-9 (SBB),
Silo 3387 932 4 239-1 P (EVS; France), Tm 95 (BLS), Ks
2185 330 0 854-4 (SBB), Rs 3185 390 0 280-4 (SBB)

1.8 Strassenfahrzeuge

Strassenfahrzeuge waren keine am Ereignis beteiligt.

1.9 Wetter, Schienenzustand

Nacht / bedeckt / Schienen trocken.

1.10 Bahnsicherungssysteme

Die Strecke Frutigen - Thun ist mit einem Integra-Streckenblock ausgerüstet.

Der Bahnhöfe Frutigen - Spiez - Thun sind mit folgenden Typen von Sicherungsanlagen (mit gesicherten Rangierfahrstrassen und Zwergsignalen) ausgerüstet:
Frutigen: eStw "Elektra 2"

Reichenbach, Mülönen und Heustrich: Domino 55 (ohne Zwergsignale)
Spiez: Domino 67
Gwatt (Einigen): eStw "Elektra 2"
Thun: eStw "Elektra 2"

Alle Stellwerke werden über das System Ittis aus dem ZSW Spiez ferngesteuert.

Das Triebfahrzeug ist mit der elektronischen Sicherheitssteuerung und mit der automatischen Zugsicherung mit Magnetfeldsonde sowie mit einem Geschwindigkeitsmessanlage TEL 500 ausgerüstet.

Die Bahnsicherungssysteme haben normal funktioniert. Sie sind für den Verlauf des Ereignisses nicht relevant.

1.11 Zug- und Rangierfunk

Das Triebfahrzeug ist mit dem BLS-Baudienstfunk ausgerüstet. Die Funkgespräche werden aufgezeichnet.

Die Aufzeichnungen der Funkgespräche wurden durch die Infrastrukturbetreiberin sichergestellt und den kantonalen Untersuchungsbehörden und der UUS zur Verfügung gestellt. Die Funkgespräche zwischen Lokführer und dem Fdl sind Auslöser der Aktivitäten im Fernsteuerzentrum Spiez.

1.12 Bahnanlagen

Die Doppelspurstrecke Spiez – Thun wird vom ZSW Spiez aus ferngesteuert. Im Dienstbahnhof Einigen ist bei Fahrt auf dem richtigen Gleis (links) ein Spurwechsel (halber Spurwechsel) möglich. Im Bahnhof Gwatt ist ein voller Spurwechsel ausführbar. Wegen Bauarbeiten war das seeseitige Gleis zwischen Gwatt und Thun gesperrt.

1.13 Fahrdatenschreiber

Das Triebfahrzeug Tm 235 099-9 ist mit einem Geschwindigkeitsmesser TEL 500 mit elektronischer Restwegregistrierung ausgerüstet. Dieser registriert wegabhängig den Verlauf der Geschwindigkeit für den zuletzt zurückgelegten Weg von 4000 Meter in Schritten von 1 Meter. Systembedingt ist die Registrierung der Geschwindigkeit nur bis 100 km/h möglich. Auf dem Grundgerät ist das sog. Datenmodul eingesetzt, welches bei Unregelmässigkeiten dem Grundgerät zu entnehmen ist um, es auszuwerten. Die Auswertung ergab, dass:

- von der Fahrt Blausee – Frutigen,
 - vom Rangierdienst in Frutigen,
 - von der Fahrt Frutigen bis Bahn-km 4.800 (nach Einigen)
- keine Fahrdaten zur Auswertung zur Verfügung stehen.

Nach Einigen ab ca. Bahn-km 4.800 setzte die Geschwindigkeitsregistrierung der letzten rund 3900 Meter ein.

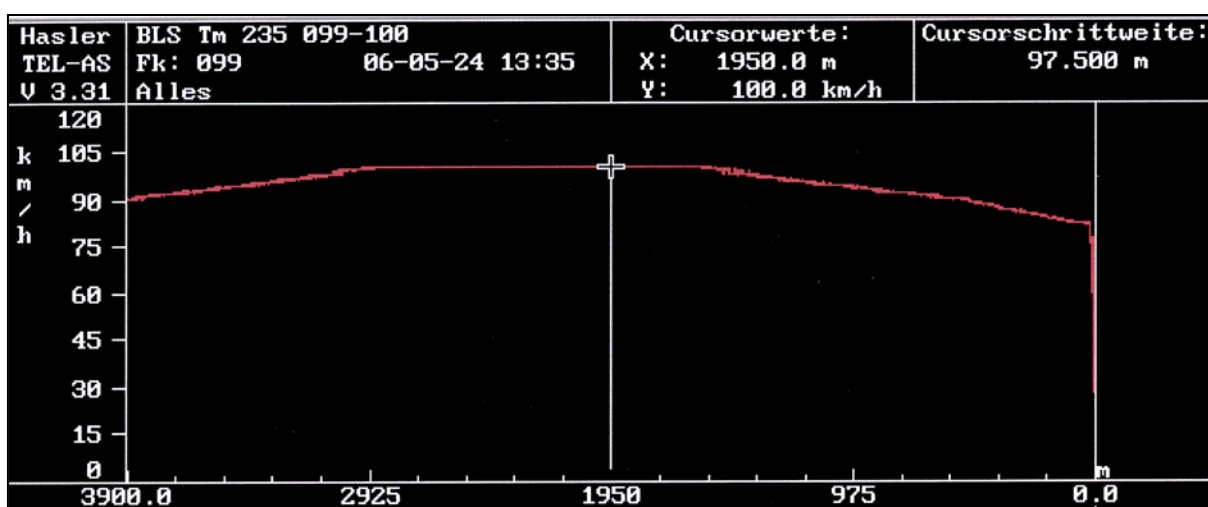
Geschwindigkeitsverlauf:

Beginn der Registrierung bei 91 km/h

Verlauf der registrierten Geschwindigkeit:

Von	Bis	Distanz	V - Änderung	Endgeschwindigkeit
Bahn-km 4.800	3.820	980 m	Zunahme 9.4 km/h	100 km/h
Bahn-km 3.820	2.460	1360 m	Zunahme unbekannt	≥ 100 km/h
Bahn-km 2.460	1.400	1060 m	Abnahme 10.6 km/h	89.4 km/h
Bahn-km 1.400	0.900	500 m	Abnahme 9.8 km/h	79.6 km/h

- Bahn-km 1.400: Erster Anprall mit ca. 89 km/h
- Bahn-km 0.900: Zweiter Anprall mit ca. 80 km/h



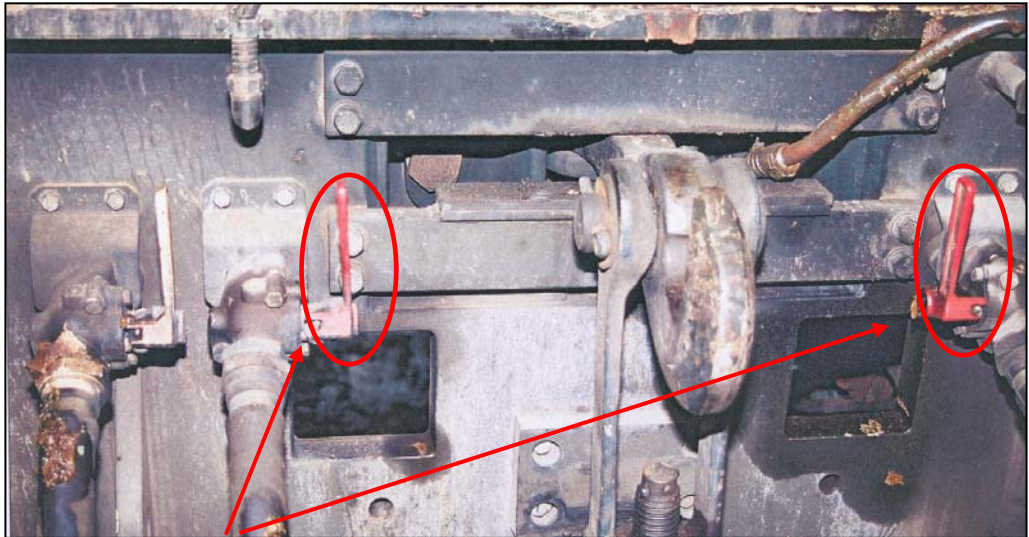
Geschwindigkeits-Aufzeichnung der letzten 3'900m

1.14 Befunde an den Bahnfahrzeugen

Die visuelle Kontrolle in einer ersten Phase auf der Unfallstelle der am Ereignis beteiligten Schienenfahrzeuge durch den Untersuchungsleiter ergab folgende Befunde:

- Tm 235 099-9, Wagen 4085 94 07 102-4 (Schutzwagen) sowie die zwei mitgeschobenen Wagen vom ersten Aufprall erlitten Totalschaden und konnten deshalb in einer ersten Phase nicht aussagekräftig kontrolliert werden.

Im Verlaufe der Bergungsarbeiten konnte das Chassis des Tm 235 099-9 visuell kontrolliert werden. Dabei stellte sich heraus, dass die Kupplungshahnen der Hauptluftleitung zwischen Tm 235 099-9 und erstem Wagen geschlossen waren. Aufgrund des vorgefundenen Spurenbildes muss davon ausgegangen werden, dass diese Kupplungshahnen schon vor dem Unfall geschlossen gewesen waren.



Kupplungshahnen (rot) am Triebfahrzeug (wagenseitig) geschlossen, weisen keine Schlagspuren auf.

Foto: KAPO BE

- Bei den Wagen des Unfallzuges (Vas-m 8048 98-87 292-9, Vas 8048 98-81 294-1, Vass 8085 98-81 703-5 und Xs 4063 95-07 808-1) waren keine Bremsen angezogen. Die Hauptluftbehälter, Hilfsluftbehälter und die Bremszylinder waren leer.

Weitere Untersuchungen an den Wrackteilen des Triebfahrzeugs und der Wagen sind im Verlauf der techn. Untersuchung erfolgt (siehe 1.19).



2 Wagen von Dürrenast plus 1 Tm 235 099-9 plus 1 Schutzwagen von entlaufenem Dienstzug

2 Kieswagen (MFS) plus 1 Raupenwagen (AVES Plus) plus 1 Kranwagen

Hinterster Wagen der stehenden Wagengruppe (Aufprallort)

Foto: UUS

1.15 Medizinische Feststellungen

In Bezug auf medizinische Beschwerden der am Unfall beteiligten Personen ist nichts bekannt. Durch das Institut für Rechtsmedizin, Bern wurde bei den Lokführern eine Untersuchung auf Alkohol und Medikamente durchgeführt. Der Befund war negativ (0,0‰).

1.16 Arbeitsrechtliche Beurteilung

Ausweis/Ausbildung Lf C100:

- Ausweis Kategorie C100 mit Einschränkung P (Personenverkehr) und Erweiterung N (neues Signalsystem).
- Ausbildungsbeginn: 04.04.2005
- Prüfung theoretisch: 10./11.10.2005
- Prüfung praktisch: 23.03.2006
- Instruktion gemäss Richtlinien BAV
- Strecken: BLS plus Bern-Biel-Reuchenette, Bern-Thun
- Fahrzeuge: alle Traktoren BLS, Re 425, Autozüge

Ausweis/Ausbildung Lf C60:

- Ausweis Kategorie C60 (V max. 60 km/h) mit Einschränkung P (Personenverkehr) und Erweiterung N (neues Signalsystem).
- Ausbildungsbeginn: 01.03.1986
- Prüfung theoretisch: 11.08.1986
- Prüfung praktisch: 12.08.1986
- Periodische Prüfungen: 05.09.1993, 14.04.2003
- Strecken: Kandersteg-Spiez, Bahnhof Brig
- Fahrzeuge: Tm 95, Tm 61, Tem 41, ETRA Em 3/3, Tm 99/100

Arbeitszeit

Das BLS-Personal arbeitet nach einem Gesamtarbeitsvertrag (GAV), der zwischen dem Unternehmen und den Gewerkschaften "SEV" und "transfair" ausgehandelt und am 20.09.2005 gegenseitig unterzeichnet wurde. Dieser wiederum untersteht dem Obligationenrecht (OR), dem Arbeitsgesetz (ArG), und dem Arbeitszeitgesetz (AZG).

Bei den verunfallten Lokführern wurden folgende Arbeitszeiten festgestellt:

• Lokführer A

- Sonntag/Montag, 14./15. Mai 2006: Arbeitsschicht: 18.30 – 05.00 Uhr
- Montag, 15. Mai 2006: Zeitausgleich
- Dienstag, 16. Mai 2006: Arbeitsschicht: 07.00 – 12.00 Uhr
- Dienstag/Mittwoch, 16./17. Mai 2006: Arbeitsschicht: 18.15 – Unfall

Verstoss gegen AZG, Art 8, Abs. 1 und Abs. 2 resp. GAV 5.1, Ziffer 17 (Ruheschicht): Die Ruheschicht vom Dienstag, 16.5.06 12.00 Uhr bis 18.15 Uhr beträgt nur 6,25 Std.

Die Arbeitszeit gem. AZG, Art. 4, Abs. 1 und Abs.3 über die durchschnittliche Arbeitszeit während den letzten 7 resp. 28 Tagen wurde eingehalten.

• Lokführer B

- Montag, 15. Mai 2006: Zeitausgleich
- Dienstag, 16. Mai 2006: Zeitausgleich
- Dienstag/Mittwoch, 16./17. Mai 2006: Arbeitsschicht: 18.15 – Unfall

Kein Verstoss gegen AZG, Art 8, Abs. 1 und Abs. 2 resp. GAV 5.1, Ziffer 17 (Ruheschicht).

Die Arbeitszeit gem. AZG, Art. 4, Abs. 1 und Abs.3 über die durchschnittliche Arbeitszeit während den letzten 7 resp. 28 Tagen wurde eingehalten.

1.17 Feuer

Durch Überhitzung der Bremsen trat am Unterteil des Tm 235 099-9 Feuer auf. Die Feuerwehr Thun konnte das Feuer rasch eindämmen und ein Übergreifen auf andere Fahrzeuge vermeiden.

1.18 Ueberlebenschancen

Nach bekannt werden der Bremsprobleme und der Einsicht, dass die Komposition nicht mehr gebremst werden kann, hat der Dispatcher im ZSW Spiez zusammen mit seinen Fahrdienstkollegen 5 Varianten (siehe Beilage 1) geprüft, die ein Überleben der Arbeitskollegen ermöglicht hätten. Nach Abwägen der Vor- und Nachteile mussten sie sich für die Variante 5 entscheiden; alle anderen hätten allenfalls noch mehr Menschenleben gefährdet. Dennoch führte diese Variante zum Tod von drei Mitarbeitern.

1.19 Besondere Untersuchungen der UUS

- Die Radlaufflächen der Sersa- und Vanoliwagen wurden in der Werkstätte Spiez auf Unregelmässigkeiten untersucht. Es konnten keine Flachstellen festgestellt werden.
- Nachdem feststand, dass die Wagen vom Tm 235 099-9 aus nicht gebremst werden konnten, stellten sich die Fragen, ob die Bremssysteme des Tm 235 099-9 genügt hätten, die Komposition zu bremsen und ob die Steuerung des Tm 235 099-9 entsprechend den Regeln der Technik sowie den Eisenbahnvorschriften (EBV) funktioniert hat. Diese Abklärungen wurden den Traktionspezialisten der UUS, Untersuchungsleiter Markus Beer und dem nebenamtliche Untersuchungsleiter Hans Tribolet, Ing. HTL, übertragen. Dazu wurden
 - mehrere detaillierte Kontrollen an den Steuer- und Bremselementen des baugleichen Tm 235 100 vorgenommen.
 - am 2. Juni 2006 Funktionsprüfungen und Bremstests mit dem baugleichen Triebfahrzeug (Tm 235 100) zum Unfalltriebfahrzeug (Tm 235 099-9) auf der Strecke Bümpliz Nord – Rosshäusern durchgeführt.
 - am 27. Juli 2006, im Beisein der kantonalen Untersuchungsbehörden, Rekonstruktionsfahrten auf der Strecke Frutigen – Spiez organisiert.

Der Zweck der technischen Untersuchungen war:

- Ergänzung der betrieblichen und primären Untersuchungen.
- Abklärungen und Überprüfung der technischen und physikalischen Bedingungen der Fahrt ohne wirksame Bremse der Anhängelast.
- Überprüfung der betrieblichen und technischen Konzeption des im Dienstzug eingesetzten Traktionsmittels.

Anmerkung: Zu diesen techn. Untersuchungen wurden zuhanden der Untersuchungsbehörde detaillierte Berichte erstellt. Dem Untersuchungsbericht liegt eine Zusammenfassung als Beilage 2 bei.

1.20 Informationen über Organisation und Verfahren

- Bei Dienstzug 36263 handelt es sich um einen Dienstextrazug von Frutigen (ab 03:01 h) nach Hondrich Süd (an 03:10h). Dabei war vorgesehen, den bei der Arbeitsstelle ausgehobene Altschotter in der Kiesgrube "Hondrich" zu entladen.
- Die Fahrt nach Hondrich Süd war früher vorgesehen gewesen. Durch eine Bremsstörung an einem Wagen, musste dieser ausrangiert werden, was eine ziemlich grosse Verspätung zur Folge hatte.
- Ebenso war vorgesehen gewesen, dass zum Entlad des Altschotters in Hondrich Süd 3 Mitarbeiter einer Privatfirma mitfahren würden. Der tödlich verunfallte Mitarbeiter schlug jedoch den andern zwei vor, die noch einen weiteren Heimweg vor sich hatten, alleine zu fahren, da relativ wenig abzuladen war und er diesen Ablad alleine bewältigen könnte.
- Wenn Wagen ausgewechselt oder beigestellt werden (wie in Frutigen geschehen), ist eine Zusatzbremsprobe gem. FDV, R 300.5, Anlage 1, Ziffer 1.3 zu machen.

1.3 Zusatzbremsprobe

Die Bremsen des letzten luftgebremsten Fahrzeuges sowie aller neu beigestellten Fahrzeuge sind zu prüfen

- bei jedem Fahrrihtungswechsel, sofern das Triebfahrzeug an der Spitze neu gekuppelt wurde
- wenn der Zug von zwei bis zu 12 Stunden abgestellt wurde
- bei Zügen ohne Bremsrechnung, die nach Zug- und Bremsreihe A 30% verkehren.

Die Bremsen an einem beliebigen Fahrzeug, das sich hinter der letzten Trennstelle der Hauptleitung befindet sowie an allen neu beigestellten Fahrzeugen sind zu prüfen

- nachdem ohne Fahrrihtungswechsel Triebfahrzeuge oder Wagen ausgewechselt oder beigestellt wurden
- nachdem Bremskupplungen getrennt und wieder gekuppelt wurden

Auszug aus FDV, R 300.5, Anlage 1

- Wenn eine Bremsprobe nicht korrekt durchgeführt werden kann, kann es nötig sein, das Auslöseventil der Bremssteuerapparate zu betätigen ("melken"). Danach ist jedoch an diesem Fahrzeug eine erneute Bremsprobe vorgeschrieben.

Müssen zum Lösen während der Bremsprobe Auslöseventile betätigt werden, ist die Bremsprobe an den betreffenden Fahrzeugen zu wiederholen.

Auszug aus FDV, R 300.5, Anlage 1, Ziffer 1.1 (Durchführung der Bremsprobe)

- Eine Wirkungskontrolle der automatischen Bremse war zur Zeit des Unfalls im SBB/BLS Reglement 450.3 geregelt (siehe nachstehenden Auszug). Wann diese Wirkungskontrolle zu machen ist, ist im BLS-Fahrzeugreglement R 402.3, Heft 99, Ziffer 3.4 "Fahren" geregelt. Dort steht: "*Bremsprobe auf Wirkung, sofort nach Fahrtbeginn*".

16.09.96	Bremsbedienung	450.3
<hr/> <p>1.6 Wirkungskontrolle der automatischen Bremse</p> <p>Störungen an der automatischen Bremse, die bei der Bremsprobe nicht feststellbar sind (zB schwache Bremswirkung) oder die erst während der Fahrt auftreten (zB Schliessen von Kupplungshahnen durch Fremdkörper), kommen sehr selten vor, sind aber nicht auszuschliessen. Bei alleiniger Verwendung der elektrischen Bremse werden sie nicht oder zu spät bemerkt und könnten schwerwiegende Unregelmässigkeiten verursachen.</p> <p>Sie haben sich daher von der Wirkung der Luftbremse zu überzeugen</p> <ul style="list-style-type: none"> • bei erster Gelegenheit nach Abfahrt vom Ausgangs- oder Wendebahnhof • nach einer Zwischenstation, auf welcher Veränderungen am Zug vorgenommen wurden • vor der Einfahrt in ein Gefälle • vor der Einfahrt in Kopfbahnhöfe • von Zeit zu Zeit bei grosser Kälte oder bei Flugschnee, speziell bei Zügen, die vorwiegend oder ausschliesslich Wagen mit Scheibenbremsen führen. <p>Zu diesem Zweck führen Sie, bei gleichzeitigem Auslösen der Triebfahrzeugbremse und ohne Mitverwendung der elektrischen Bremse, eine normale Anbremsung aus. Stellen Sie eine ungenügende Bremswirkung fest, so halten Sie den Zug so rasch als möglich an und suchen die Störungsursache.</p>		

Auszug aus dem SBB/BLS-Reglement R 450.3, Ziffer 1.6

- Der Dienstzug 36263 wurde durch 2 Lokführer der Kategorie C geführt. Beide hatten auf der Arbeitsstelle Blausee unterschiedliche Funktionen. Der Lf A fuhr u.a. den Dienstzug nach Frutigen und der Lf B eine Baumaschine. Ab Frutigen waren zwei MA nötig, ein Lokführer und ein Rangierleiter, für die Leitung des Manövers in Hondrich Süd. Damit kein zusätzlicher MA aufgeboden werden musste, übernahm einer der Lf die Arbeit des Rangierleiters.

- Nach Abschluss des unvorhergesehenen Rangieraufwands stellte der Lf B die Baumaschine ins Gleis 7 während dem der Lf A die Bremsprobe am Unfallzug vornahm.

1.21 Verschiedenes

- Die Auswertung der Funkaufzeichnungen hat ergeben, dass in Frutigen vor Abfahrt Richtung Hondrich Süd eine Bremsprobe gemacht worden ist. Auf die Frage des Begleiters an den Lokführer hat dieser bestätigt, dass die Bremse „gut“ sei.

Auszug aus der Funkaufzeichnung (Übersetzung aus Schweizerdeutsch) :

Aufruf um 02:49 Uhr

- P1: *"Hast du die Bremsprobe gemacht, oder muss ich sie noch?"*
- P2: *"Ja, ich habe vorher die Bremsprobe gemacht. Ich habe alle zuerst 'melken' (Anmerkung: Auslöseventile betätigen) müssen, die sind alle angezogen gewesen."*
- P1: *"Schon wieder?"*
- P2: *"Ja, ja"*

Aufruf um 02:50 Uhr

- P1: *"Bremse ist gut?"*
 - P2: *"Bremse war nachher gut, ja!"*
-

- Im Bahnhof Spiez hat ein dort anwesender Lf beobachtet, dass die Bremsen des Tm 235 099-9 glühten, bei den Bremsen der Wagen konnte er nichts Abnormales feststellen.

2. BEURTEILUNG

2.1 Technisches

Die visuelle Kontrolle der am Ereignis beteiligten Schienenfahrzeuge durch die Untersuchungsleiter ergab folgende Befunde:

- Die Absperrhähne der Hauptluftleitung des Tm 235 099-9 waren wagenseitig geschlossen. Sie wiesen keine Schlagspuren auf, so dass mit grosser Sicherheit angenommen werden kann, dass diese bereits bei Abfahrt in Frutigen geschlossen waren.
- Die Räder und Bremsen des Tm 235 099-9 wiesen Überbremsungs- und Hitzespuren auf.
- Die Hauptluftleitung zwischen den Wagen 2 und 3 waren getrennt, die Absperrhähne aber offen. Wann die Trennung geschah, ist nicht nachweisbar.
- Die Lastwechsel standen alle in der Position „leer“, obwohl Wagen 2 und 3 zu ca. 4/5 mit Altschotter gefüllt waren; allerdings ohne Unfallrelevanz.
- Sofort nachdem die Wagen der Fa. Sersa und Vanoli aufgegleist waren und ein Triebfahrzeug der BLS zur Verfügung stand, wurden auf Anordnung und unter Kontrolle des Untersuchungsleiters Bremsproben an diesen Wagen durchgeführt. Die Bremsen funktionierten einwandfrei.
- An den Rädern der Wagen konnten keine Hitzespuren und auch keine Flachstellen festgestellt werden.

Des Weiteren:

- Die verschiedenen Bremsproben mit dem typengleichen Triebfahrzeug bei den Versuchsfahrten (siehe Beilage) haben aufgezeigt, dass die erreichten Bremskräfte, insbesondere der mechanischen Bremse, nicht mehr der theoretischen Auslegung entsprechen.
- Die technischen Ausrüstungen der Tm 235 099 – 100 lassen eine korrekte Durchführung der Wirkungsbremsprobe nicht zu. Siehe dazu auch Pkt. 3.1 Befunde.
- Der Geschwindigkeitsmesser TEL 500 mit den zuletzt registrierten 3900 m entspricht dem erweiterten Einsatzgebiet der Schienenfahrzeuge bei den Baudienstleistungen nicht mehr. Kontrollen betr. des Fahrverhaltens des Personals und die Ereignisabklärung werden über diese Distanz stark eingeschränkt.

2.2 Betriebliches

- Um ca. 03.05 Uhr nimmt der Lokführer des Dienstzuges 36263 über Funk mit dem ZSW Spiez Kontakt auf, um ihm mitzuteilen, dass er Bremsprobleme habe. Durch die starken Fahrgeräusche und event. auch durch die verständliche Nervosität war die Verständigung schwierig und die Gespräche schwer verständlich. Der Fdl bat deshalb den Lokführer mehrmals, ihn über das Natel anzurufen.
- Die Fdl im ZSW Spiez haben in der Folge aufgrund ihrer Kenntnisse und den Vorschriften (Fahrdienstvorschriften und ECL 9 der BLS "Entlaufen von Schienenfahrzeugen") zweckmässig gehandelt. Sie haben in der kurzen und hektischen Zeit die bestmögliche Lösung gesucht. Dabei war zu berücksichtigen,
 - dass ein Leiten in die Kiesanlage Hondrich nicht in Frage kam; der Lf hatte eine möglichst "gerade" Fahrstrasse verlangt.
 - dass eine solche Richtung Simmental nicht möglich war, weil, nebst der Ablenkung über eine Weiche mit max. 40 km/h, diese Linie ebenfalls durch Bauarbeiten unterbrochen war und
 - dass der Bahnhof Thun mit Zügen belegt war resp. nur Fahrten über Fahrstrassen mit V max. 40 km/h möglich gewesen wären (siehe Beilage 1).
- Die ausserordentliche starke Belegung des Bahnhofs Thun rührte daher, dass am Vorabend ein Personenunfall einen Stau verursachte, der nur langsam abgebaut werden konnte und durch den Einspurbetrieb wegen der Arbeitsstelle Dürrenast, noch erschwert wurde.
- Die Strecke Thun – Gwatt war unfallbedingt während 32 Stunden total gesperrt, anschliessend konnte die Strecke während ca. 26 Stunden nur eingleisig befahren werden.
- Die Reisezüge wurden in Spiez resp. Thun gewendet.

Zugsausfälle:	170
Umgeleitete Züge:	7
Bahnersatz mit Bus:	122

2.3 Fahrtechnisches

Als die Lf feststellten, dass die Komposition nicht genug bremste und die Bremsleistung für dieses Gefälle nicht mehr genügte, wurden alle im Triebfahrzeug vorhandenen Bremsmittel eingesetzt. Bei der zu diesem Zeitpunkt vorherrschenden Geschwindigkeit genügte dies jedoch nicht mehr.

3. SCHLUSSFOLGERUNGEN

3.1 Befunde

- Der Absperrhahn der Hauptluftleitung zwischen Tm 235 099-9 und erstem Wagen war geschlossen.
- Die Lastwechsel von zwei Wagen standen in falscher Stellung.
- Die Bahnsicherungsanlagen funktionierten einwandfrei.
- Es muss angenommen werden, dass die Bremsprobe nur durch eine Person durchgeführt wurde. Dabei haben sich offenbar Probleme ergeben, die auf unsachgemäße ja, unprofessionelle Art durch manuelle Bremsauslösung ("melken") der Wagen behoben wurde.
- Die Messfahrten vom 02.06.2006 und die Rekonstruktionsfahrten vom 27.07.2006 haben das Verhalten der Komposition mit 295,5 t Gesamtmasse auf 15 ‰ Gefälle mit einerseits korrekt gekuppelter - und andererseits ohne durchgehend gekuppelter Hauptleitung gezeigt.
- Mit durchgehender Hauptleitung lässt sich eine Komposition von 295,5 t problemlos über eine Gefällsrampe von 15 ‰ führen. Die Komposition bleibt in jeder Situation beherrschbar, auch auf starkem Gefälle.
- Mit nicht durchgehender Hauptleitung und somit ungebremster Anhängelast konnte das ungenügende Bremsvermögen des Versuchszuges deutlich nachvollzogen und gezeigt werden.
- Klar erkenntlich wurde auch, dass bei tiefer Geschwindigkeit (mechanische Bremse bei $V < 30$ km/h und der elektrischen Bremse bei $V < 50$ km/h) eine Abbremsung mit dem Triebfahrzeug allein noch möglich gewesen wäre.
- Tm 235 100-5 - und vor dem Unfall auch Tm 235 099-9 – wird/wurde nebst dem Einsatz auf Arbeitsstellen auch regelmässig im Streckendienst eingesetzt. Die Fahr- und Bremsbedienung erfolgt über einen kombinierten Fahr- / Bremsschalter am Bediengerät der Funkfernsteuerung; eine individuelle Ansteuerung der automatischen (mechanischen) Bremsen ist nicht möglich. Zudem kann die stark wirkende elektrische Bremse nur bis zu einer Geschwindigkeit von $V < 30$ km/h abgeschaltet werden. Dies erschwert die Beurteilung der Bremswirkung der Anhängelast. Diese beiden Faktoren führen dazu, dass die korrekte Durchführung der Wirkungsbremsprobe nicht vollzogen werden kann.
- Die beschränkt registrierende Geschwindigkeits-Messanlage der Tm 235 099-9 und 100-5 entspricht für ein Triebfahrzeug im **Streckendienst** nicht den Vorschriften der Eisenbahnverordnung Art 54.
- Die verschiedenen Bremsversuche mit den typengleichen Triebfahrzeugen haben aufgezeigt, dass die erreichten Bremskräfte insbesondere der mechanischen Bremse nicht mehr der theoretischen Auslegung entsprechen. Die Ursachen sind zurzeit noch nicht klar ersichtlich resp. abgeklärt. Es ist vorgesehen in Zusammenarbeit mit der Herstellerfirma der Bremsen und allenfalls auch des Fahrzeuglieferanten weitere Abklärungen und Messversuche durchzuführen.

Für den tragischen Verlauf des Unfalls vom 17. Mai 2006 hatte dieser Punkt – quasi ein „Nebenprodukt“ der verschiedenen Untersuchungen - keinen Einfluss. Wie dies auf Seite 28 erklärt wird, hätten auch die theoretischen Bremskräfte nicht genügt, um ab einer bereits hohen Geschwindigkeit die Komposition nur mit den Triebfahrzeugbremsen anzuhalten.

- Um Missverständnisse auszuschliessen sei auch festgehalten, dass Triebfahrzeuge der Adhäsionsbahnen nach EBV nicht für die Beherrschung derartiger Ausnahmesituationen auszulegen sind. Für die Wirkung der Bremsen (Bremsvermögen) im Betrieb ist einzig das Bremsverhältnis der Zugkomposition massgebend.
- Ein am Unfall beteiligter Lf hat die Ruhezeit von 10 Stunden nicht eingehalten.

3.2 Ursache

Aufgrund der Untersuchungen muss davon ausgegangen werden, dass die Bremsprobe in Frutigen nicht korrekt durchgeführt wurde.

4. SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN

- ⇒ Triebfahrzeuge mit einer automatisierten Steuerung, welche im Streckendienst eingesetzt werden, sind so auszurüsten, dass bei der Wirkungsbremsprobe die Bremsen des Triebfahrzeuges ausgelöst werden können.
- ⇒ Triebfahrzeuge welche im Steckendienst eingesetzt werden, sind mit einer Geschwindigkeits-Messeinrichtung, gem. EBV Art. 54, auszurüsten, die eine durchgehende Registrierung der Fahrgeschwindigkeit gewährleisten.
- ⇒ Die Abweichungen der Bremskräfte vom Soll-Wert sind abzuklären und auf den Soll-Wert zu korrigieren. Je nach Ergebnis sind die Abklärungen auf Fahrzeuge mit ähnlichem Bremskonzept auszudehnen.

Die Untersuchung vor Ort und aus der operativen Sicht wurde von Ulrich Baumann und Joseph Zeder, die technischen Untersuchungen von Markus Beer und Hans Tribolet geführt. Eine technische Überprüfung der Berichte erfolgte durch den Leiter der UUS, Walter Kobelt, Ing. ETH.

Bern, 20. April 2007

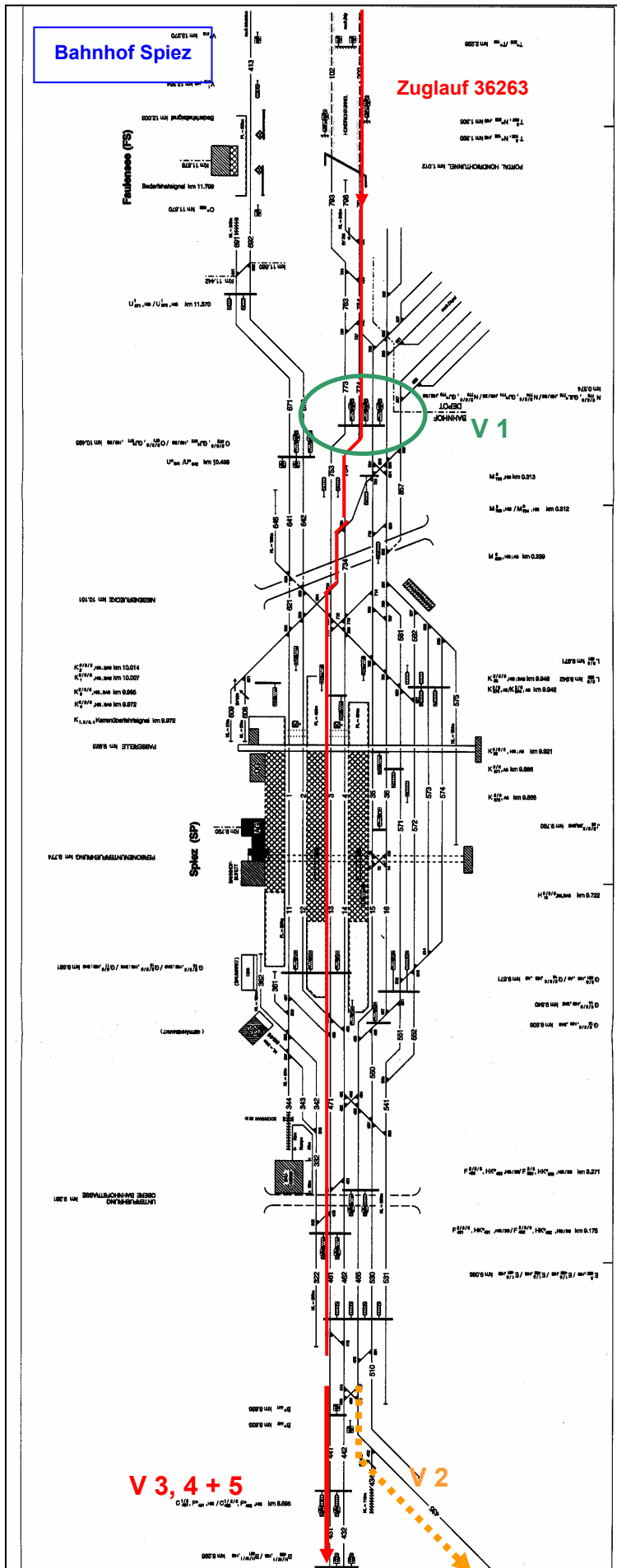
Unfalluntersuchungsstelle Bahnen und Schiffe

Ulrich Baumann
Nebenamtliche Untersuchungsleiter

Joseph Zeder

Beilagen

- × Beilage 1: **Geprüfte Varianten, den Dienstzug zu stoppen**
- × Beilage 2: **Auszüge und massgebende Erkenntnisse aus dem technischen Bericht**
- × Beilage 3: **Abkürzungen**



Variante 1

Auslösen einer Notbremsung bei der Überfahrt eines geschlossenen Signals. Das Einfahrsignal „N“ wurde bewusst auf Halt gelassen, in der Hoffnung, dass die technischen Einrichtungen (Signum) beim Zug eine Schnellbremsung auslösen würden.

Variante 2

In Spiez leiten des Zuges Richtung Simmental.

Diese Variante wurde verworfen, da

- die Fahrt von Gleis 202 nach Gleis 435 über Weichen führt, die für eine Maximalgeschwindigkeit von 40 km/h gebaut sind. Das Entgleisungsrisiko im Bahnhof Spiez mit entsprechenden Folgen schien zu gross.
- Zudem gab es eine Arbeitsstelle (Gleisbauarbeiten) zwischen Spiez und Wimmis. Die Zeit zur Warnung der Bauarbeiter reichte nicht aus.
- Im Weiteren waren auf dieser Arbeitsstelle zum Teil die Gleise entfernt.
- Ein weiterer Grund, diese Fahrt nicht zu realisieren, waren die verschiedenen unbewachten Niveauübergänge kurz nach Spiez.

Variante 3

In Gwatt Einfahrt Gleis 1 oder Richtung Industriegebiet. Diese Variante wurde verworfen, weil die Weiche vom Streckengleis nach Gleis 1 nur für eine Maximalgeschwindigkeit von 40 km/h gebaut ist und bei einer allfälligen Entgleisung Wohnhäuser gefährdet worden wären.

Die Fahrt Richtung Anschlussgleis Hoffmann kam nicht in Frage, da das Gleis über eine Strasse führt und die Situation (Hindernisse auf dem Fabrikareal) nicht bekannt war. Auch diese Weiche ist nur für 40 km/h gebaut.

Variante 4

Fahrt bis Thun.

In Thun waren alle Hauptgleise mit Zügen belegt:

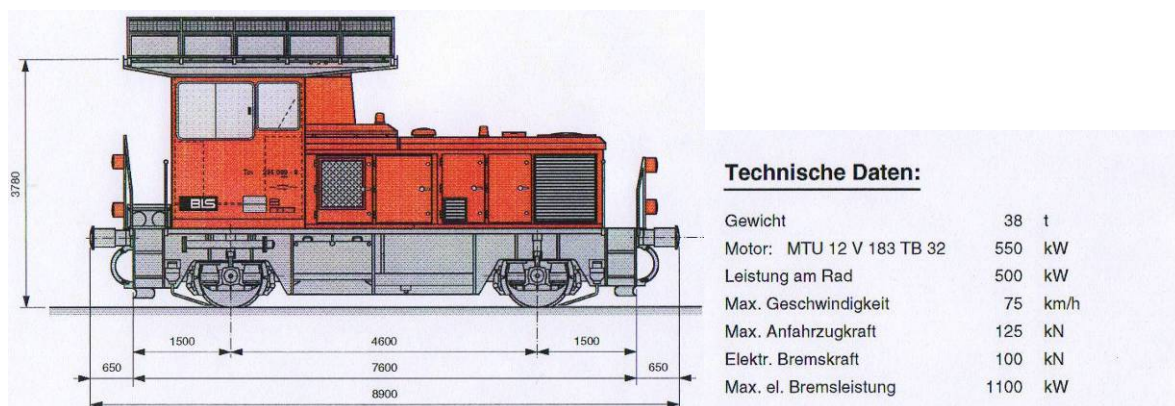
Auszüge und massgebende Erkenntnisse aus dem technischen Bericht

von H. Tribolet nebenamtlicher Untersuchungsleiter UUS zu Punkt 1.19 des Untersuchungsberichtes.

Angaben zu den Triebfahrzeugen Tm 235 099-9 und 100

Als Triebfahrzeug wurde der dieselelektrische Traktor Tm 235 099-9 der BLS eingesetzt. Es handelt sich um eines der zwei speziell für den Huckepackkorridor Ausbau 1996 beschafften Triebfahrzeuge Tm 235 099-9 – 100.

Die Tm 235 099-9 – 100 mit einer Leistung von 588 kW gehören zu den stärksten zweiachsigen Triebfahrzeugen und bildeten zusammengekuppelt in Vielfachsteuerung eine vollwertige dieselelektrische Lokomotive.



Die Fahrzeugsteuerung ist eine mikroprozessergestützte Hochsicherheits-Funkfernsteuerung. Die Steuer- Fahr- und Bremsbefehle werden immer über das Funkfernsteuergerät übermittelt: im Führertisch eingesetzt bei Normalbetrieb oder auf Mann bei Funkfernsteuerung

Die Bremsausrüstung umfasst die automatische Druckluftbremse für die Steuerung der mechanischen Bremsen des Triebfahrzeuges (8 Bremsklotzeinheiten) und der Bremsen der Anhängelast, eine Feststellbremse wirkend über 4 Bremseinheiten mit einem zusätzlichen Federspeicherzylinder und einer verschleissfreien elektrischen Bremse (eigenerregte Widerstandsbremse)

- Erbaut wurden diese Triebfahrzeuge auf der Basis des BLS Pflichtenheftes durch die Firma Stadler-Fahrzeug AG in Bussnang.
- Die Betriebsbewilligung durch das BAV erfolgte am 23.09.1997.
- Eine detaillierte Beschreibung des Triebfahrzeuges wurde in der Schweizerischen Eisenbahnrevue 11/1996 publiziert.
- Die Instandhaltungen und die für 2006 geplante Revisionen entsprachen den Vorschriften.

Die umfangreiche, beschaffte und zur Verfügung gestandene Dokumentation ist im technischen Bericht aufgelistet.

Kontrolle der Wrackteile und der Steuergeräte des Tm 235 099-9

Überprüft wurden das Laufwerk, die Bremsen, Steuerapparate und die Funkfernsteuerung. Es wurden keine Hinweise auf Funktionsstörungen gefunden. Die Überhitzung der Bremsen und der Räder und die teilweise vollständige Abnutzung der Bremsklötze sind normal bei einer derart lang andauernden Vollbremsung.

Die Auswertung der Geschwindigkeits-Messanlage TEL 500 der letzten 4 Fahrkilometer war ohne Einschränkung möglich.

Triebräder und Bremsklotzeinheiten:

- Überhitzungen festgestellt und blau angelauten, Schutzfarbe z.T. verbrannt oder abgeblättert.
- Die Radlaufflächen weisen Materialabtragungsspuren (Grübchenbildung) auf.
- Die Bremsklotzeinheiten - 4 Stück Typ SAB BFC 60951 und 4 Stück Typ SAB BFC-F 60953 (mit Federspeicherteil)- waren mehrheitlich auch stark überhitzt.
- Die Bremsklötze waren entsprechend dem maximal möglichen Hub ohne Nachstellung von 11 mm stark abgenutzt und zum Teil abgebrochen.



Foto KP –UTD

Steuergerät FIN für induktiv – und Funkfernsteuerung:

In Zusammenarbeit mit der Firma Schweizer Electronic hat die UUS folgende Prüfungen durchgeführt:

Am 23.08.2006 wurden der Funkempfänger und die beiden Bediengeräte optisch im Labor der Firma Schweizer überprüft.

Am 30.08.2006 sind mit dem intakten Tm 235 100 in Spiez folgende Tests durchgeführt worden:

- Die Ausrüstung – der Funkempfänger und nacheinander beide Bediengeräte vom Unfallfahrzeug Tm 235 099-9 – in das intakte Fahrzeug Tm 235 100 eingebaut.
- Alle Funktionen der Bediengeräte bei der Inbetriebnahmen und während der Fahrt im Fahr- und Bremsbetrieb getestet.
- Dabei sind keine Fehlermeldungen oder Fehlfunktionen aufgetreten.
- Die Anlage des Unfallfahrzeuges Tm 235 099-9 hat somit einwandfrei funktioniert.



Die beiden Bediengeräte und der Funkempfänger

Foto M. Beer

Prüfung der Fahr- und Bremsbedienung

Die Fahr- und Bremsbedienung erfolgt über einen kombinierten Fahr- Bremsschalter (FBS) im Funkfernsteuergerät. Die auf- und Absteuerbefehle wirken impulsweise und proportional zur Tastzeit.



Foto H. Tribolet

Die Bremssteuerung erfolgt über einen Mikroprozessor und nützt zuerst voll die Möglichkeiten der verschleissfreien elektrischen Bremse aus.

Eine individuelle Ansteuerung der pneumatischen Bremse ist nicht möglich. Die eingestellten Fahr- und Bremsstufen werden nicht angezeigt.

Diese Steuerart hat den Vorteil, dass kein Unterschied gemacht werden muss zwischen Funkfern- und Normalsteuerung. Im normalen Fahrbetrieb ist dies eine sehr einfache, zweckdienliche Bedienart.

In Notfällen kann immer mit der Nottaste oder dem pneumatischen Notbremshahn eine Schnellbremsung eingeleitet werden.

Das Fehlen der individuellen Steuermöglichkeit der automatischen (mechanischen) Bremse, sowie das Fehlen der Auslösemöglichkeit derselben auf dem Triebfahrzeug, ist primär ein **Mangel für die korrekte Durchführung und Kontrolle der Wirkungskontrolle der automatischen Bremse der Anhängelast** (alle Bremsen des Triebfahrzeuges abgeschaltet). Zudem kann die stark wirkende elektrische Bremse nur im Geschwindigkeitsbereich 0 - 30 km/h abgeschaltet werden. Dies erschwert die Beurteilung der Bremswirkung der Anhängelast. (Siehe im Untersuchungsbereich Ziff 1.20, Auszug aus den Vorschriften des Reglements SBB/BLS Bremsbedienung R 450.3 Art 1.6 und des BLS Fahrzeugreglements R 40.2.3 Heft 99 Pkt 3.4)

Beurteilung der technischen Unterlagen und der Bremsauslegung.

Mechanische Bremsen:

- Die Klotzbremseinheiten SAB Typ BCF sind für eine Bremskraft von 48 kN bei 3,9 bar ausgelegt. Die Bremskräfte wurden am Tm 235 100 im Stand nachgemessen und ergaben 46 – 47 kN, eine Einheit 52 kN. Somit eine recht korrekte Übereinstimmung mit den theoretischen Werten.
- Die hohe Bremskraft ergibt einen spezifischen Bremsklotzdruck von 120 N/cm² gemäss Angaben in der Bremsberechnung Stadler. Effektiv sind es bei voll eingeschliffenen Klötzen 137 N/cm². Mit diesen hohen spezifischen Bremsklotzdrücke ergeben sich die niedrigsten noch anwendbaren Reibungswerte $\mu_{\text{Klotz-Rad}}$ (Kurve 3 der Tabelle SBB ZfW 316.00.001.4). Aus Erfahrungswerten mit S8 Bremssohlen wurde mit 10 % besseren Werten gerechnet. Zudem ist der Reibungswert $\mu_{\text{Klotz-Rad}}$ stark abhängig von der Geschwindigkeit.

bei V 60 – 75 km/h: $\mu_{\text{Klotz-Rad}} = 0,09 \rightarrow$ Bremskraft 34,6 kN

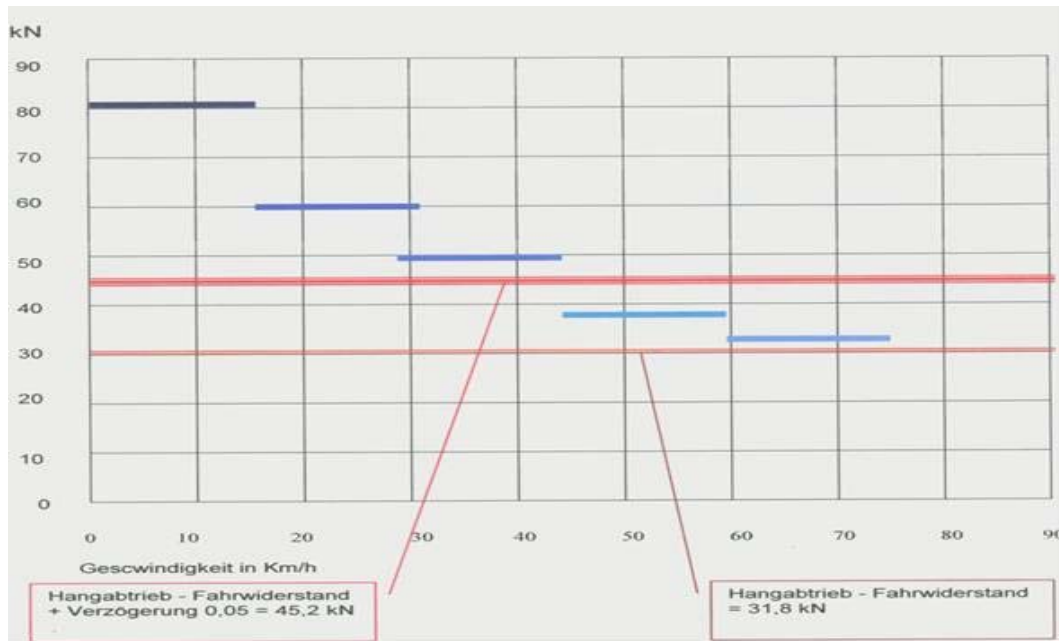
bei V 30 - 45 km/h: $\mu_{\text{Klotz-Rad}} = 0,13 \rightarrow$ Bremskraft 49,9 kN

bei V 0 – 15 km/h: $\mu_{\text{Klotz-Rad}} = 0,21 \rightarrow$ Bremskraft 80,6 kN

- Die Bremsberechnung weist ein Bremsverhältnis von 110 % aus, was 10 % über der Pflichtenheffforderung ist.

In der nachfolgenden Tabelle werden die theoretischen Bremskräfte gemäss Bremsberechnung des Tm (blau) in den verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen dargestellt. Die Werte gelten für normale Betriebstemperaturen der Bremsen (nicht überhitzten Bremsklötzen).

Rot eingezeichnet sind die erforderlichen Bremskräfte um den Hangabtrieb der verunfallten Zugkomposition zu kompensieren und rot fett diejenige um zusätzlich eine kleine Verzögerung von 0,05 m/s² zu erreichen.



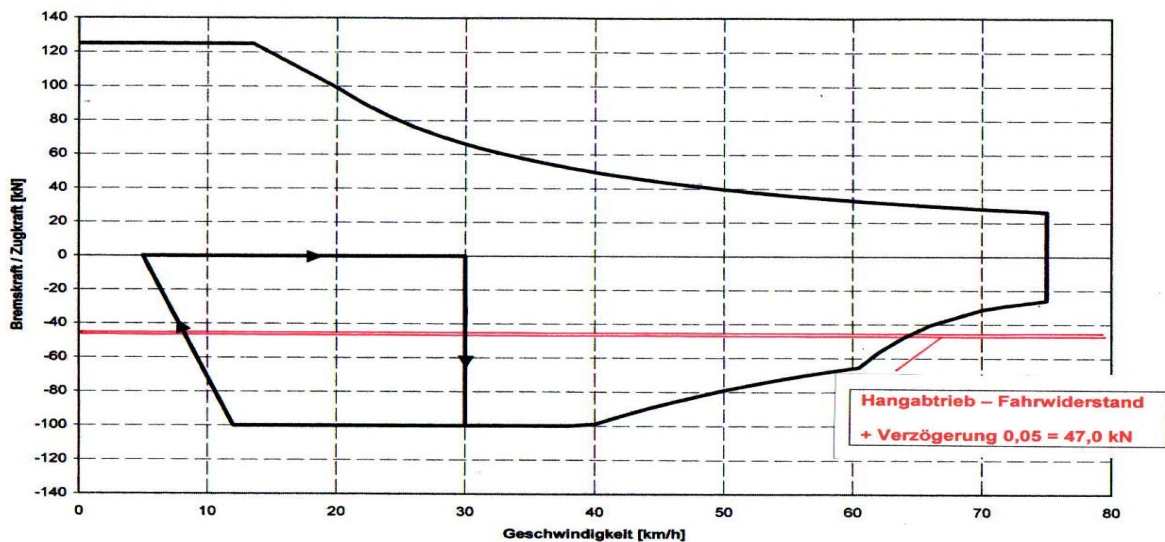
Daraus ist ersichtlich, dass bis zu einer Geschwindigkeit von 45 km/h die theoretische mechanische Bremskraft des Tm genügt hätte um die Zugkomposition abzubremsen.

Elektrische Bremse:

- Die eigenerregte Widerstandsbremse wird über maximal 17 Bremsstufen und 3 Shuntabstufungen mittels Mikroprozessorsteuerung geregelt.
- Gemäss dem Bremskraft / Geschwindigkeits- Diagramm Stadler P 4105 – 1d müssten folgende maximale Bremskräfte erreicht werden:

ab V 12 – 40 km/h maximal	100kN
ab V 40 - 60 km/h abnehmend	100 – 70 kN
ab V 60 - 75 km/h abnehmend	70 - 25 kN

Z / B-v-Diagramm BLS-HUPA-Lok



Aus diesen theoretischen Grundlagen können aus technischer Sicht zum Unfall folgende Aussagen gemacht werden:

- Die Streckenneigung nach Frutigen, Reichenbach und Spiez beträgt 15‰.
- Der Hangabtrieb für den 295 to-Zug (257 to Anhängelast und 38 to Tm) beträgt 43,4kN.
- Der Fahrwiderstand des Zuges kann mit 40N/to gerechnet werden; ergibt 11,6 to.
- Für die Beharrung ist somit eine Bremskraft von $43,4 - 11,6 = 31,8$ to notwendig.
- Für eine kleine Verzögerung von 0,05 müsste eine Verzögerungskraft p_e von $295 + 10$ (\approx rot. Masse) $\times 0,05 = 15.2$ kN.
- Total wäre für den Hangabtrieb und eine kleine Verzögerung $31,8 + 15.2 = 47.0$ kN notwendig gewesen

Wäre die Wirkungsbremprobe, wie vorgeschrieben kurz nach der Abfahrt bei etwa 30 km/h durchgeführt worden, hätte der Zug mit der elektrischen Bremse langsam abgebremst werden können. Auch mit der pneumatischen Bremse wäre dies theoretisch noch knapp möglich gewesen.

Bei hoher Geschwindigkeit, was in dieser Situation, gemäss den Geschwindigkeitsberechnungen aus den Durchfahrzeiten bei den Signalen nach Frutigen, der Fall war, konnte weder mit der elektrischen noch mit der pneumatischen Bremse der Zug in Beharrung gehalten respektive verzögert werden.

Durchführung und Ergebnisse der Versuchs- und Messfahrten am 02.06.2006 sowie der Rekonstruktionsfahrten am 27.7.2006 mit dem typengleichen Tm 235 100.

Funktionsprüfungen und Bremsversuchen mit dem typengleichen Tm 235 100

Test im Stand und auf Fahrten mit simuliertem Hangabtrieb einer Anhängelast von 257 to auf 15 ‰ mit einer Lok Re 465 auf der BLS Strecke Bümpliz Nord – Rosshäusern am 02.06.2006

- Test im Stand
- Bremstest auf Fahrten mit verschiedenen Geschwindigkeiten und mit simuliertem Hangabtrieb durch einstellbare Stoskräfte an der Re 465
 - mit normaler kombinierter elektrischer und pneumatischer Bremse des Tm,
 - nur mit pneumatischer Bremse (Klotzbremse),
 - nur mit elektrischer Bremse.
- Ermittlung der Bremsklotz-Erwärmungen bei Vollbremsung über eine Strecke von ca. 1000m.
- Bremsproben mit dem Tm allein

Ein detaillierter Bericht über die Funktionsprüfungen und Bremsversuchen mit Tm 235 100 am 02.06.2006 auf der Strecke Bümpliz Nord – Rosshäusern ist durch die UUS erstellt worden.

Rekonstruktionsfahrt mit Tm 235 100 und Anhängelast von 257,5 to.

Die Rekonstruktionsfahrten vom 27. 07. 2006 auf der Strecke Frutigen - Spiez hatten zum Zweck die Unglücksfahrt mit möglichst identischen Verhältnissen nachzuvollziehen und den Untersuchungsbehörden die verschiedenen vorgeschriebenen Funktionsprüfungen, die normale Zugführung mit gekuppelter Bremshauptleitung und die Situation bei nicht korrekt gekuppelter Hauptleitung zu zeigen.

Die Anhängelast konnte jederzeit mit dem in der Anhängelast integrierten Steuerwagen individuell abgebremst werden.

Die Kantonspolizei Bern hat eine sehr aussagekräftige Video-Dokumentation erstellt.

Die Firma Prose wurde beauftragt die verschiedenen Fahrten messtechnisch zu erfassen. Der detaillierte Bericht 2-255 enthält das Messvorgehen die Ergebnisse und Erkenntnisse.

Zusammenfassung der Ergebnisse und Erkenntnisse aus beiden Fahrten

Sicherheitsfunktionen:

Die vorgeschriebenen Bremsproben und Kontrollen des Zuges vor der Abfahrt sind korrekt durchführbar

Mit durchgehender Hauptleitung, sowie korrekt eingestellter und geprüfter Bremsen der Anhängelast können Zugkompositionen auch auf starkem Gefälle* sicher und problemlos geführt werden

**Auf der Strecke Thun- Brig gelten als starke Gefälle „A“ die Abschnitte Kandersteg – Frutigen und Goppenstein – Brig mit 27% Gefälle. Die Strecke Frutigen –Spiez ist nicht unter den starken Gefällen eingestuft.*

Die max. Anhängelast für die Tm 235 099-9 -100 beträgt 600 to.

Die Sicherheitseinrichtungen bei V max. Überschreitung, Ansprechen der Zugsicherung und Sicherheitsfahrerschaltung, sowie die Reaktionen beim Betätigen der Nothalttaste und des Notbremshahnes funktionieren korrekt und gemäss den Vorschriften.

Die Wirkungsbremsprobe – Prüfung der Bremswirkung der automatischen Bremse der Anhängelast bei ausgeschalteten Bremsen des Triebfahrzeuges - ist, wie bereits vorerwähnt in Kapitel Prüfung der Fahr- und Bremsbedienung, nicht gemäss der seit 1996 gültigen Vorschrift durchführbar.

Die Versuche haben deutlich gezeigt, dass die nicht ausgeschalteten Bremsanteile des Triebfahrzeuges die Beurteilung der Bremswirkung der Anhängelast verfälschten und zumindest erschwerten

Elektrische Bremse (EBr)

Die Ermittlung der Bremskräfte der elektrischen Bremse ist, wegen der Kombination mit der pneumatischen Bremse und der Joystick-Steuerung mit Impuls- und Tastschaltung und damit fehlender eindeutiger Bremsstufeneinstellung, schwierig.

Trotzdem konnten die Kennlinien des theoretischen Bremskraft-/Geschwindigkeits-/Diagramms 'Stadler P 4101- 1 d' bei den Messfahrten am 02.06.2006 und bei den Rekonstruktionsfahrten am 27.7.2006 ungefähr nachvollzogen werden.

Die theoretisch maximal mögliche Bremskraft von 100 kN bei Geschwindigkeiten zwischen 12 und 40 Km/h konnte nicht nachgewiesen werden. Maximal wurden 82 kN registriert.

Die verschiedenen Versuche zeigen aber deutlich, dass ab V 50 km/h die elektrische Bremskraft abnimmt und ab V 60 km/h nur noch schwach wirkt.

Bezogen auf den Unfall - Zuggewicht 295,5 to im Gefälle von 15 ‰- können bezüglich der elektrischen Bremse des Tm 235 100 folgende Aussagen gemacht werden:

Bis in den Geschwindigkeitsbereich von 50 km/h kann die Komposition von 295,5 to Gesamtmasse noch gegen den Hangabtrieb verzögert werden.

Zwischen 50 und 60 km/h kann die Komposition den Hangabtrieb kompensieren, d.h, die Geschwindigkeit kann gehalten werden.

Über 60 km/h ist die E-Bremskraft zu gering um den Hangabtrieb zu kompensieren, d.h. die Komposition beschleunigt stetig weiter.

Mechanische Bremse (PBr) pneumatisch gesteuert

Die Ermittlung der Bremskräfte der mechanischen Bremse (Klotzbremse) konnten gut ermittelt werden.

Es konnte deutlich nachgewiesen werden, dass der Reibfaktor Klotz-Rad in Funktion der Geschwindigkeit und des Klotzdruckes eine wesentliche Rolle spielt für das Bremsvermögen der mechanischen Bremse.

Die Überprüfung der Bremsklotzerwärmung nach Vollbremsungen während ca 1000 m ergab mehrmals stark unterschiedliche Erwärmungswerte bei den Test- und Rekonstruktionsfahrten. Die Ursache konnte noch nicht festgestellt werden.

Zum Beispiel:

- Beschleunigung auf V 70 km/h, dann Vollbremsung; Br.Zyl. 3,9 bar, während ca. 1000 m Temperaturwerte der 8 Doppelklötze je 4 auf der linken und rechten Fahrzeugseite.

Links								rechts							
1		2		3		4		1		2		3		4	
unten	oben	u	o	u	o	u	o	u	o	u	o	u	o	u	o
500	?	250	370	520	477	270	200	520	474	220	290	437	330	208	220
460	513														

Klötze 1 und 3 links waren bereits blau angelaufen, Klötze 1 links konnten zuerst, wegen zu hoher Temperatur nicht korrekt gemessen werden.

Die Ermittlung der Bremskräfte bei den verschiedenen Tests am 02.06.2006 und bei der Rekonstruktionsfahrt am 27.07.2006 mit Anhängelast ergaben deutlich geringere Werte als theoretisch errechnet (siehe vorangehende Bemerkungen im theoretischen Teil).

z. B. bei Abbremsung ab V 32 km/h Bremskraft gemessen 34,8 kN → theoretisch 49,9 kN ab V 77 km/h Bremskraft gemessen 20,0 kN → theoretisch 34,6 kN

Die Ursache für diese grossen Abweichungen der Bremskraft ist zurzeit noch nicht genügend klar ersichtlich respektive abgeklärt. Hinweise, dass während dem Bremsvorgang auf der Fahrt und mit Vollbremsung die Kraft einzelner Bremseinheiten nachlässt deuten auch die auffälligen Temperaturunterschiede der Bremsklötze nach einer längeren Bremsung hin. Es ist vorgesehen in Zusammenarbeit mit der Herstellerfirma der Bremseinheiten und allenfalls auch des Fahrzeuglieferanten weitere Abklärungen und Messversuche durchzuführen.

Für den tragischen Verlauf des Unfalls vom 17. Mai 2006 hatte dieser Punkt – quasi ein „Nebenprodukt“ der verschiedenen Untersuchungen - keinen Einfluss. Wie dies auf Seite 4 und 5 erklärt wird, hätten auch die theoretischen Bremskräfte nicht genügt, um ab einer bereits hohen Geschwindigkeit die Komposition nur mit den Triebfahrzeugbremsen anzuhalten

Bezogen auf den Unfall - Zuggewicht 295,5 to im Gefälle von 15 ‰ - können bezüglich der mechanischen Bremse des Tm 235 100 folgende Aussagen gemacht werden:

- Die Klotzbremse des Tm 100 kann bis zu 30 km/h die Komposition auf Geschwindigkeit halten, eine Verzögerung ist nicht möglich.
- Ab 30 km/h beschleunigt die Komposition stetig.
- Bei einer länger dauernden Talfahrt wird das thermische Verhalten der Klotzbremse die wirkende Bremskraft zusätzlich reduzieren.
- Bei extremer Erwärmung der Bremsklötze und extrem langen eingebremsten Strecken (lange Wirkzeit der Bremse) wird zusätzlich die Nachstellung des reduzierten Bremsklotzverschleisses verunmöglicht, was die wirkenden Kräfte weiter reduziert.

Die Befunde und Empfehlungen aus diesen technischen Untersuchungen sind in den Kapitel 3 und 4 des Untersuchungsberichtes enthalten.

Abkürzungen

ArG	Arbeitsgesetz (SR 822.11)
AVES	Altmaterial-Verlade-Einheit-SERSA
AZG	Arbeitszeitgesetz (SR 822.21)
BLZ	Betriebsleitzentrale
Dispatcher	Aufsicht BLZ
DOLS	Dispositive und operative Leitstelle Spiez
EBV	Eisenbahnvorschriften (SR 742.141.1)
ECL	Ereignis-Checkliste
Fdl	Fahrdienstleiter
FDV	Schweizerische Fahrdienstvorschriften (R 300.1-.15, SR 742.173.001)
FstW	Fernsteuer-Stellwerk
GAV	Gesamtarbeitsvertrag
Lf C60	Lokführer der Kategorie C60
Lf C100	Lokführer der Kategorie C100
MFS	Materialfördersilo (Vanoli)
OR	Obligationenrecht (SR 220)
Tm	Dieseltraktor
ZSW	Zentralstellwerk