



Schlussbericht

der Schweizerischen

Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über die Entgleisung eines Personen-
zuges nach einem Erdbeben

vom 13. August 2014

auf der Strecke zwischen Tiefen-
castel und Thusis (GR)

Reg.-Nr.: 2014081301

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

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

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Überblick.....	5
Untersuchung	5
Kurzdarstellung.....	5
Ursache	6
Sicherheitsempfehlung	6
Sicherheitshinweis	6
1 Sachverhalt.....	7
1.1 Ort des Ereignisses	7
1.2 Vorgeschichte.....	7
1.2.1 Vorgeschichte Umfeld.....	7
1.2.2 Vorgeschichte beteiligter Zug	8
1.3 Ablauf des Ereignisses	8
1.4 Schäden	9
1.4.1 Personenschäden.....	9
1.4.2 Infrastruktur	9
1.4.3 Rollmaterial	9
1.5 Beteiligte und betroffene Personen.....	11
1.5.1 Bahnpersonal	11
1.5.2 Reisende	11
1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen.....	12
1.6.1 Infrastruktur	12
1.6.2 Transportunternehmung	12
1.6.3 Fahrzeugeigentümer.....	12
1.7 Infrastruktur	12
1.7.1 Bahnanlage	12
1.7.2 Sicherungssysteme Infrastruktur.....	12
1.8 Fahrzeuge	13
1.8.1 Zug.....	13
1.9 Kommunikation.....	14
1.10 Auswertung der Datenaufzeichnung	14
1.10.1 Fahrdatenschreiber.....	14
1.11 Besondere Untersuchungen	15
1.11.1 Wetter, Schienenzustand.....	15
1.11.2 Feststellungen zur Geologie	15
1.11.3 Vorkehrungen der RhB bezüglich Naturgefahren.....	18
1.11.4 Alarmorganisation der RhB bei Unwetter/Naturereignissen	18
1.12 Regelungen zur Innenausstattung von Personenwagen	19

2	Analyse.....	20
2.1	Technische Aspekte	20
2.1.1	Fahrzeuge und Bremsen	20
2.1.2	Ablauf der Entgleisung.....	20
2.1.3	Deckenverschalung in Reisezugwagen	20
2.2	Betriebliche Aspekte	20
2.2.1	Gefahrenerkennung.....	20
2.2.2	Fahrgeschwindigkeit.....	21
2.2.3	Kommunikationsverbindung.....	21
2.3	Menschliche Aspekte.....	21
2.4	Umwelt	21
2.4.1	Ablauf Erdbeben	21
2.4.2	Vorhersehbarkeit des Erdbebens.....	21
3	Schlussfolgerungen	23
3.1	Befunde	23
3.2	Ursache	23
4	Sicherheitsempfehlung und -hinweise sowie seit dem Unfall getroffene Massnahmen .	24
4.1	Sicherheitsempfehlung	24
4.1.1	Verschaltung in Reisezugwagen.....	24
4.2	Sicherheitshinweis	25
4.2.1	Netzabdeckung Mobilkommunikation	25
4.3	Seit dem Unfall getroffene Massnahmen	25

Zusammenfassung

Überblick

Verkehrsmittel	Eisenbahn
Beteiligte Unternehmen	
Transportunternehmen	Rhätische Bahn AG, Chur (RhB)
Infrastrukturunternehmen	Rhätische Bahn AG, Chur
Beteiligte Fahrzeuge	Lokomotive Ge 4/4 III 651 RhB
	Erster Wagen EW IV A 1281 RhB
	Zweiter Wagen EW II A 1269 RhB
	Dritter Wagen EW II B 2427 RhB
	Vierter Wagen EW II B 2425 RhB
	Fünfter Wagen EW II B 2426 RhB
	Sechster Wagen DS 4222 RhB
	Siebter Wagen EW I B 2451 RhB
Ort	Tiefencastel (GR)
Datum und Zeit	13. August 2014, 12:18 Uhr

Untersuchung

Am 13. August 2014 um 14:25 Uhr traf bei der ehemaligen schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST die Meldung über die Entgleisung eines Personenzuges nach einem Erdbeben ein. Die Untersuchung wurde am gleichen Tag in Zusammenarbeit mit der Kantonspolizei Graubünden eröffnet.

Für die Untersuchung standen zur Verfügung:

- Bestandsaufnahme auf der Unfallstelle;
- Fotos;
- Geologische Gutachten;
- Meteorologische Daten, kurz- und langfristig;
- Fahrdaten des Zuges;
- Pflichtenhefte;
- Kartenmaterial;
- Gleispläne;
- Befragungen von Beteiligten und Betroffenen.

Kurzdarstellung

Am 13. August 2014 um 12:18 Uhr ist der Zug RE 1136 St. Moritz–Chur der Rhätischen Bahn (RhB) zwischen Tiefencastel und Thusis beim Bahnkilometer 52.241 von einem Erdbeben getroffen worden und entgleist. Ein Wagen stürzte ca. 20 m einen Steilhang hinunter und wurde durch Bäume angehalten. Von den rund hundertfünfzig Passagieren wurden acht Reisende schwer und acht Reisende leicht verletzt. Eine schwer verletzte Person erlag ihren Verletzungen neun Tage nach dem Ereignis. Der Sachschaden an der Infrastruktur und am Rollmaterial war beträchtlich.

Ursache

Die Entgleisung eines Personenzuges am 13. August 2014 zwischen Tiefencastel und Thusis ist auf einen unvorhersehbaren Erdbeben zurückzuführen, der während der Durchfahrt des Zuges erfolgte.

Im Rahmen der Untersuchung konnten folgende Risiken erkannt werden:

- Im abgerutschten Wagen bestand ein Gefahrenpotential durch herunterfallende Deckenverschalungen.
- Wegen einer Lücke in der Netzabdeckung zur mobilen Kommunikation war das Aufbieten der Notfallorganisation nicht sofort möglich.

Sicherheitsempfehlung

Mit diesem Bericht wird eine Sicherheitsempfehlung ausgesprochen.

Sicherheitshinweis

Mit diesem Bericht wird ein Sicherheitshinweis ausgesprochen.

1 Sachverhalt

1.1 Ort des Ereignisses

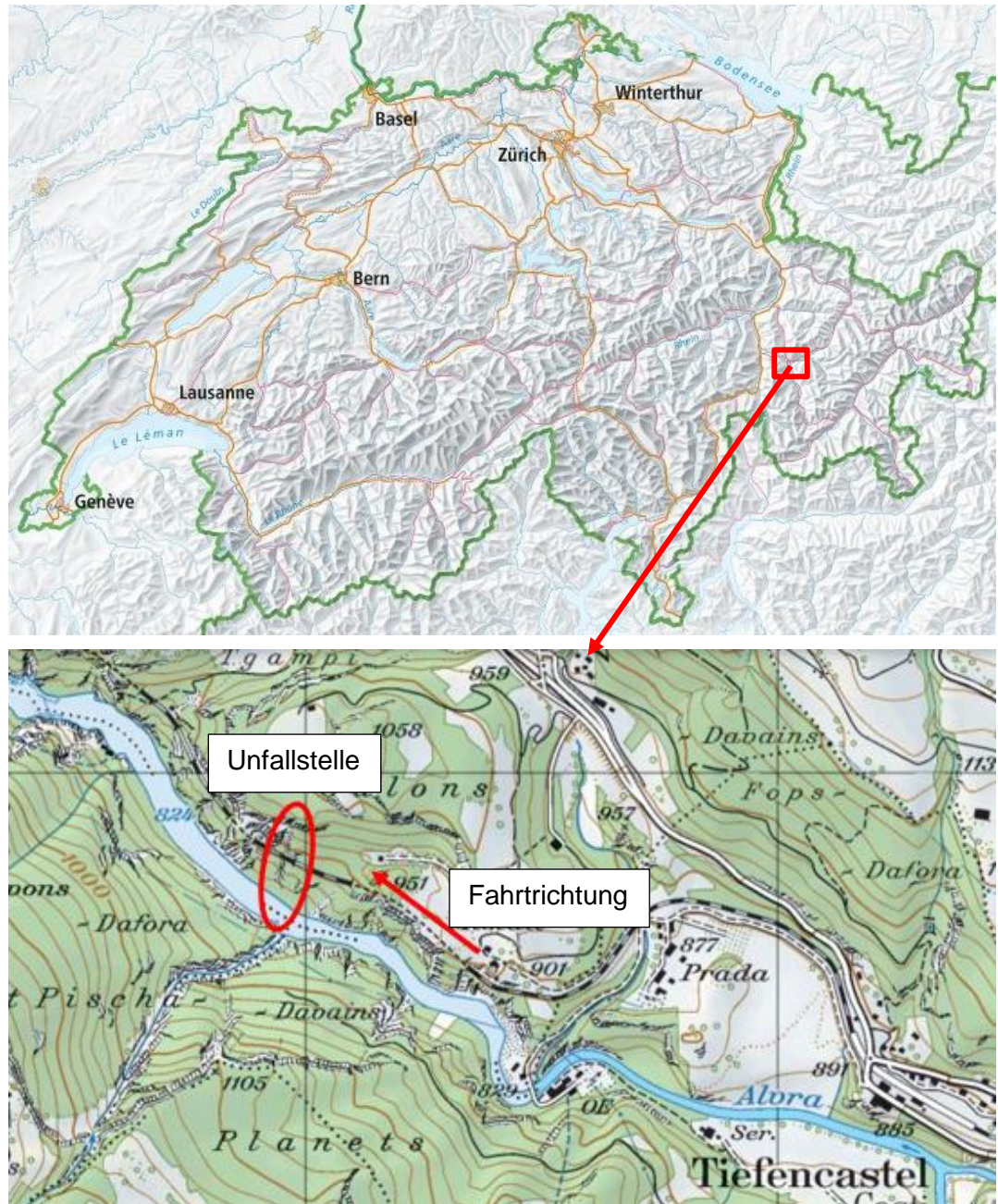


Abbildung 1 und 2: Geografische Lage der Unfallstelle. Basiskarten reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie Swisstopo (JA150149).

1.2 Vorgeschichte

1.2.1 Vorgeschichte Umfeld

Im Gebiet Tiefencastel gab es seit mehreren Tagen starke Regenfälle. Am Ereignistag wurde die Strecke Tiefencastel–Thusis am Vormittag durch einen Streckenwärter zu Fuss kontrolliert. Um 12:45 Uhr, ca. eine halbe Stunde vor dem Ereignis, befuhr der Zug 1133 Chur–St. Moritz die Ereignisstelle ohne Auffälligkeiten.

1.2.2 Vorgeschichte beteiligter Zug

Der Lokführer von Zug 1136 der RhB begann seinen Dienst am 13. August 2014 um 06:12 Uhr in Landquart. Nach einer Fahrt als Passagier nach Chur fuhr er den Zug 1117 nach St. Moritz. Nach einer Pause von 09:30 bis 10:30 Uhr übernahm er die Komposition für den Zug 1136 mit Abfahrt um 11:02 Uhr ab St. Moritz Richtung Chur. Die Fahrt bis Tiefencastel verlief ohne besondere Vorkommnisse.

1.3 Ablauf des Ereignisses

Der Zug 1136 fuhr fahrplanmässig am 13. August 2014 um 12:15 Uhr in Tiefencastel ab. Nach Tiefencastel in Richtung Thusis weist die Strecke viele Kurven und Tunnels auf. Kurz nach Ausfahrt des Mistail-Tunnels, bei Bahnkilometer 52.400, nahm der Lokführer Geäst auf dem Gleis wahr. Er leitete sofort eine Schnellbremsung ein, konnte jedoch den Zug nicht vor dem Hindernis anhalten. Vor dem Stillstand des Zuges sah der Lokführer, wie sich ein Erdrutsch gegen die rechte Seite des Zuges bewegte. Es gab einen Kurzschluss, weil die Fahrleitung beschädigt wurde. Als die Komposition zum Stillstand kam, sicherte der Lokführer zuerst die Lokomotive. Er schaute aus dem Führerraumfenster nach hinten und stellte fest, dass ein Wagen quer zum Trassees stand und der erste Wagen nach der Lokomotive unterhalb des Trassees in den steilen Hang abgerutscht war. Das vordere Drehgestell der Lokomotive stand noch auf den Schienen, das hintere Drehgestell war in Richtung Abhang entgleist. Die Zugspitze stand beim Bahnkilometer 52.210.



Abbildung 3: Unfallstelle von der Zugspitze her gesehen.

Der Lokführer versuchte, per Funk zu alarmieren, konnte jedoch keine Verbindung herstellen. Er versuchte es via Mobiltelefon und konnte ebenfalls keine Verbindung herstellen. Er ging nach hinten und traf den Zugbegleiter. Sie vereinbarten, dass der Zugbegleiter sich um die Reisenden und der Lokführer sich um die Alarmierung kümmerten. Der Lokführer lief dann ca. 150 m in Richtung Thusis und konnte nach dem Solis-Tunnel die telefonische Verbindung herstellen. Er meldete das Ereignis zuerst über die Notnummer 144, über die er mit der Polizei verbunden wurde, und

dann dem Rail Control Center (RCC) in Landquart. Er verlangte auch das Ausschalten der Fahrleitung. Anschliessend begab er sich zum Unfallort und unterstützte den Zugbegleiter in der Betreuung der Reisenden.

1.4 Schäden

1.4.1 Personenschäden

	Bahnpersonal	Reisende	Drittpersonen
Leicht verletzt:	-	8	-
Schwer verletzt:	-	7	-
Tödlich verletzt:	-	1*	-

* Eine Person verstarb neun Tage nach dem Ereignis an den Folgen schwerer Verletzungen.

1.4.2 Infrastruktur

1.4.2.1 Fahrbahn

Die Fahrbahn wurde durch mehrere Kubikmeter Schuttmasse überdeckt. An der Fahrbahn entstand kein weiterer Sachschaden.

1.4.2.2 Durchlassbauwerk

Der talseitige Rand am Durchlassbauwerk wurde abgeschlagen. Am Durchlass selbst war kein Schaden festzustellen.

1.4.2.3 Fahrleitung

Ein Fahrleitungsmast, ein Spurhalter, ca. 10 m Fahrleitung sowie ca. 50 m Erdseil wurden beschädigt und mussten ersetzt werden.

1.4.3 Rollmaterial

1.4.3.1 Lokomotive Ge 4/4 III 651

An der Front der Lokomotive wurde einzig der Schienenräumer leicht beschädigt. Bis zum hinteren Schienenräumer wies die Lokomotive keine Spuren von Schlammmasse auf. Das nachlaufende Drehgestell war mit beiden Achsen entgleist. Es wies jedoch nur kleinere Sachschäden auf. An der Rückfront waren grössere Schäden sichtbar: eingedrückter Schienenräumer, gebrochene Kupplung, eingedrücktes Führerraumfrontteil, weggerissene Frontlaterne (Abbildung 4).

**Abbildung 4:** Rückfront Ge 4/4 III**Abbildung 5:** Lage erster Wagen A 1281

1.4.3.2 Erster Wagen A 1281

Der Wagen wurde durch den Erdrutsch den Steilhang hinuntergedrückt und erlitt grössere Schäden an Wagenkasten, Drehgestellen sowie Zug- und Stossvorrichtungen (Abbildung 5). Die Kupplungen an beiden Enden waren gebrochen. Im Fahrgastraum und an den Plattformen sind neben zerbrochenen Fenstern und heruntergefallenen Deckenverschalungen nur kleine Schäden zu verzeichnen (siehe auch Ziffer 1.8.1.3.2).

1.4.3.3 Zweiter Wagen A 1269

Der Wagen war mit allen vier Achsen entgleist und hing zur Hälfte über dem Abhang. Er war noch mit dem dritten Wagen gekuppelt (Abbildung 6). Seite Zugspitze war die Kupplung gebrochen. Der Wagenkasten stützte sich in der Mitte auf den Fahrbahnrand und wies an dieser Stelle grösseren Sachschaden auf. Der Fahrgastraum wurde wenig beschädigt.

1.4.3.4 Dritter Wagen B 2427

Der Wagen war noch mit dem zweiten Wagen gekuppelt. Der vordere Wagenteil wurde durch den „hängenden“ zweiten Wagen angehoben (Abbildung 7). Das hintere Drehgestell stand auf dem Gleis. Es wurden der Kasten bei der Plattform, die Kupplung und die Stossvorrichtung auf der Seite des zweiten Wagens stark beschädigt.

**Abbildung 6:** Lage zweiter Wagen**Abbildung 7:** Lage dritter Wagen

1.4.3.5 Vierter bis siebter Wagen

Diese Wagen sind nicht entgleist und wiesen keine sichtbaren Beschädigungen auf.

1.5 Beteiligte und betroffene Personen

1.5.1 Bahnpersonal

1.5.1.1 Lokführer

Lokführer RhB, Jahrgang 1960

BAV¹-Ausweis Kat. B

1.5.1.2 Zugpersonal

Zugbegleiter RhB, Jahrgang 1969

1.5.1.3 Streckenwärter

Streckenwärter RhB, Jahrgang 1962

1.5.2 Reisende

150 Reisende wurden von der Kantonspolizei des Kantons Graubünden (Kapo GR) registriert. Davon sind acht schwer verletzte und acht leicht verletzte Personen ins Spital transportiert worden. Eine schwer verletzte Person erlag ihren Verletzungen am 22. August 2014.

1.5.2.1 Leicht verletzte Reisende

Frau, Jahrgang 1966

Mann, Jahrgang 1981

Knabe, Jahrgang 2010

Frau, Jahrgang 1979

Frau, Jahrgang 1948

Frau, Jahrgang 1958

Frau, Jahrgang 1949

Frau, Jahrgang 1938

1.5.2.2 Schwer verletzte Reisende

Mann, Jahrgang 1929 (später verstorben)

Mann, Jahrgang 1932

Frau, Jahrgang 1939

Mann, Jahrgang 1952

Frau, Jahrgang 1952

Frau, Jahrgang 1943

Mann, Jahrgang 1966

Mann, Jahrgang 1942

¹ Bundesamt für Verkehr

1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen

1.6.1 Infrastruktur

Rhätische Bahn AG, Chur

1.6.2 Transportunternehmung

Rhätische Bahn AG, Chur

1.6.3 Fahrzeugeigentümer

Rhätische Bahn AG, Chur

1.7 Infrastruktur

1.7.1 Bahnanlage

Die Strecke von Tiefencastel nach Thusis ist ein Abschnitt der Albula-Bergstrecke und wurde im Jahr 1903 eröffnet. An der Ereignisstelle folgt die Strecke der steil abfallenden Nordseite der Schynsclucht. Die kurvenreiche Strecke ist mit vielen Tunnels und Brücken versehen. Das grösste Gefälle zwischen Tiefencastel und Thusis beträgt 25 ‰.

Der Bahnhof Tiefencastel liegt bei Bahnkilometer 53.950. Die Ereignisstelle befand sich 1.7 km danach beim Durchlassbauwerk an Bahnkilometer 52.234 zwischen den Tunnels „Mistail“ auf der Seite Tiefencastel und „Salons“ auf der Seite Thusis. Das Streckengefälle an diesem Ort weist 7.5 ‰ auf. Die örtliche zulässige Höchstgeschwindigkeit war auf 50 km/h festgelegt.

Der Perimeter im Besitz der RhB ist nahe entlang dem Bahntrasse begrenzt. Ausserhalb dieser Zone gehört das Grundstück der entsprechenden Gemeinde.

Die letzte Oberbauerneuerung (Schienen, Schwellen, Schotter) wurde im Jahr 2005, die letzte Stopfung im Jahr 2006 und der letzte Durchgang mit dem Schleifzug im Jahr 2012 durchgeführt.

1.7.2 Sicherungssysteme Infrastruktur

An der Ereignisstelle sind keine Profilüberwachungssysteme wie Erdrutschalarne, Lawinenüberwachung o. ä. installiert.

Die Bahnsicherungssysteme wurden nicht untersucht.

1.8 Fahrzeuge

1.8.1 Zug

1.8.1.1 Beschreibung

Alle Fahrzeuge gehören der Rhätischen Bahn AG, Chur.

Der Zug RE 1136 St Moritz–Chur, Zugreihe R 80, Bremsverhältnis 92 %, war aus folgenden Fahrzeugen gebildet:

Lokomotive Ge 4/4 III 651	Masse: 62 t	Länge: 16.0 m
Erster Wagen EW IV A 1281	Masse: 20 t	Länge: 18.5 m
Zweiter Wagen EW II A 1269	Masse: 19 t	Länge: 18.5 m
Dritter Wagen EW II B 2427	Masse: 20 t	Länge: 18.5 m
Vierter Wagen EW II B 2425	Masse: 20 t	Länge: 18.5 m
Fünfter Wagen EW II B 2426	Masse: 20 t	Länge: 18.5 m
Sechster Wagen DS 4222	Masse: 18 t	Länge: 13.7 m
Siebter Wagen EW I B 2451	Masse: 18 t	Länge: 14.9 m

1.8.1.2 Sicherungssysteme Fahrzeuge

Die Sicherungssysteme der Fahrzeuge wurden nicht untersucht.

1.8.1.3 Feststellungen

1.8.1.3.1 Allgemeines

Alle beteiligten Fahrzeuge verfügen über eine Zulassung durch das Bundesamt für Verkehr (BAV).

Die entgleisten Fahrzeuge wurden am 19. August 2014 in den Werkstätten der Rhätischen Bahn in Landquart untersucht.

Nebst den durch das Ereignis entstandenen Schäden sind keine vorbestehenden Unregelmässigkeiten am Rollmaterial festgestellt worden.

1.8.1.3.2 Erster Wagen A 1281

Im Passagierabteil lagen Teile der Deckenverschalung am Boden. Eine Deckenverschalung besteht aus Aluminium und hat teilweise scharfe Kanten sowie eine Masse von rund 6 kg. Die Verschalungen sind durch Schnappverschlüsse befestigt.



Abbildung 8: Deckenverschalungsteile des abgerutschten Wagens A 1281.

1.9 Kommunikation

Das Triebfahrzeug ist mit dem Zugfunk Veriphon RT 61 von Brown, Boveri & Cie (BBC) ausgerüstet. Die Funkgespräche werden aufgezeichnet.

An der Ereignisstelle konnte weder mit dem Zugfunk noch mit der Mobilfunktelefonie eine Gesprächsverbindung erstellt werden. Somit konnte die Alarmierung nicht sofort erfolgen. 16 Minuten nach dem Ereigniszeitpunkt traf die Alarmierung bei der Sanitätsnotrufzentrale 144 ein.

1.10 Auswertung der Datenaufzeichnung

1.10.1 Fahrdatenschreiber

Die Lok Ge 4/4 III 651 ist mit einer elektronischen Geschwindigkeitsmessanlage „Hasler TELOC 2200“ ausgerüstet. Die Fahrdaten werden elektronisch aufgezeichnet. Sie wurden durch die Verkehrsunternehmung ausgelesen und durch die SUST ausgewertet.

Die Auswertung der Fahrdaten ergab, dass der Lokführer unmittelbar vor der Auslösung der Schnellbremsung mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h fuhr.

Ab Einleiten der Schnellbremsung betrug der Anhalteweg 98 m.

1.11 Besondere Untersuchungen

1.11.1 Wetter, Schienenzustand

1.11.1.1 Wetterlage der letzten 48 Stunden vor dem Erdbeben

In der Region Tiefencastel gab es zwei Tage vor dem Ereignis ab den frühen Morgenstunden bis am Abend Regen. Bis am folgenden Abend blieb es dann mehrheitlich trocken. Am Abend vor dem Ereignistag, insbesondere in der Nacht, setzten erneut Niederschläge ein. Am Vormittag des Ereignistages fielen anhaltende und intensive Niederschläge, die danach noch bis am Abend in abgeschwächter Form anhielten.

Niederschlagsmengen:

- Vortag zum Ereignis: 26,3 mm oder l/m²
- Ereignistag: 30,0 mm oder l/m²

Innerhalb von 24 Stunden sind im Gebiet um Tiefencastel Niederschläge von mindestens 56 mm oder l/m² gefallen. Solche Niederschläge kommen einmal alle zwei bis vier Jahre vor.

Während der letzten drei Stunden vor dem Erdbeben wurde eine Niederschlagsmenge registriert, die alle 30 bis 100 Jahre auftreten kann. Die starken Niederschläge sind über ein grösseres Gebiet gefallen.

Rund eineinhalb Stunden vor dem Ereignis hörte es im Gebiet der Unfallstelle auf zu regnen. Rund eine halbe Stunde vor dem Unfall setzte erneut leichter Regen ein.

1.11.1.2 Sicht- und Adhäsionsverhältnisse

Die Sicht für den Lokführer war den Wetterverhältnissen entsprechend normal. Die Schienen waren nass, die Adhäsionsverhältnisse normal.

1.11.2 Feststellungen zur Geologie

1.11.2.1 Einführung

Um ein Bild über die geologische Lage der Ereignisstelle zu erhalten, hat die SUST am 18. August 2014 beim Ingenieurbüro Geotest AG ein geologisches Gutachten in Auftrag gegeben. Eine Begehung der Ereignisstelle durch Geotest fand am 24. August 2014 statt.

Die RhB selbst hat das Ingenieurbüro CSD Ingenieure AG beauftragt, eine Gefahrenbeurteilung vorzunehmen und Sofortmassnahmen zu empfehlen. Die RhB hat ihr Gutachten der SUST zur Kenntnis gebracht.

1.11.2.2 Geologische Verhältnisse der Ereigniszone

Das Gelände bildet im Erdbebensaum eine ca. 35° bis 40° steile Rinne, die im Bereich des Bahntrassees beidseitig durch Felsböschungen eingerahmt wird. Vor dem Erdbeben war die Rinne bis zu zwei Meter (stellenweise sogar mehr) mit Lockergestein gefüllt und mit Bäumen, Stauden und Gras bewachsen. Unter dem Lockergestein lag eine hangparallele Schieferung. Ca. 45 Höhenmeter oberhalb des Trassees steigt der Fels in einer kleinen Steilstufe an. Unterhalb des Trassees läuft die Rinne in einem ca. 30° steilen, bewaldeten Hang aus. Dieser Hang reicht bis zum rund 45 m tiefer liegenden Stausee hinunter.

1.11.2.3 Ausbruchgebiet

Bei der Begehung durch den Geologen kurz nach dem Ereignis konnten in der Rinne oberhalb des Trassees zwei Ausbruchstellen beobachtet werden. Der obere, erste Ausbruchbereich lag im Trichter direkt unterhalb der Felswand. Ca. 50 bis 100 m³ Lockergestein waren an dieser Stelle auf einer Fläche von ca. 150 m² und mit einer durchschnittlichen Dicke von ca. 0,5 m in Form einer Hangmure² abgerutscht. Der untere, zweite Ausbruchbereich, begann ca. 45 m oberhalb und endete ca. 10 m oberhalb des Trassees. Ca. 200 bis 250 m³ Lockergestein hatten sich hier auf einer Fläche von ca. 150 m² und in einer Dicke von ca. 1 bis 2 m in Form einer Hangmure in Bewegung gesetzt.

² Eine Hangmure ist ein an steilen Hängen erfolgendes, schnelles Abfahren eines Gemisches aus Lockergestein (Steine, Holz, Boden und Vegetationsbedeckung) und viel Wasser.



Abbildung 9: Abrutschgebiet und Unfallstelle (Quelle: CSD Ingenieure AG)

Ab der Steilstufe bis zum unteren, zweiten Ausbruch war nach dem Ereignis in der Rinne ein ca. 5 m breites Transitgebiet zu beobachten, in dem das Gras durch den abfließenden Schlamm niedergedrückt und verschlammte war. Im Transitbereich hinterliess die Schlammlawine keine grösseren Erosionsspuren. Unterhalb des unteren Ausbruchgebiets schloss der Ablagerungskegel an. Dieser reichte bis aufs Trassee und darüber hinaus. Auf dem Trassee erreichte die Ablagerung eine Dicke von ca. 1.5 m.

1.11.3 Vorkehrungen der RhB bezüglich Naturgefahren

1.11.3.1 Grundlage für Schutzmassnahmen

Die RhB hat in Zusammenarbeit mit dem kantonalen Amt für Wald und Naturgefahren eine Risikohinweiskarte erstellt. Darin wird die Strecke zwischen Tiefencastel und Thusis in 100-Meter-Abschnitten in Prioritätsklassen von 0 bis 5 eingeteilt (5 ist die höchste Risikostufe). Grundlage für die Erarbeitung der Risikohinweiskarte waren der Ereigniskataster³, der Schutzbautenkataster⁴, Waldflächen, die topografischen Verhältnisse, Erfahrungen/Wissen von Bahnmeistern und pensionierten Bahnmeistern sowie die kantonalen Gefahrenkarten.

Für Standorte in der Prioritätsstufe 5 werden Massnahmen ergriffen.

Beim Prozess „Rutschung“ war der Ereignisort in die Risikostufe 2 eingeteilt. Beim Durchlassbauwerk bei Bahnkilometer 52.234 wurde noch nie ein Ereignis registriert.

1.11.3.2 Streckenüberwachung

Bei der RhB wird zwischen der einfachen Begehung (visuelle Kontrollen) und der detaillierten Begehung (detailliertere Kontrollen und kleine Unterhaltsarbeiten) unterschieden. Die einfache Begehung findet im Durchschnitt wöchentlich und die detaillierte Begehung monatlich statt. Häufigkeit und Zeitpunkt der einzelnen Streckenkontrollen wird vom Leiter der Bahndienstregion mit dem Bahnmeister festgelegt. Der Bahnmeister ist der Vorgesetzte des Streckenwärters.

Die letzte Streckenkontrolle war eine einfache Begehung (Beobachtung des Gleises, der Fahrleitung, der Steinschläge in Nähe des Gleises und der Umgebung) und fand ca. zwei Stunden vor dem Ereignis statt. Bei dieser Kontrolle wurde vom Streckenwärter abgesehen von extrem starken Regenfällen nichts Ungewöhnliches festgestellt. Der Durchlass war frei.

1.11.4 Alarmorganisation der RhB bei Unwetter/Naturereignissen

1.11.4.1 Gestaltung Alarmorganisation RhB

Die RhB verfügt über ein Störungsmanagement sowie über ein Krisenmanagement mit genau definierten Abläufen und Zuständigkeiten. Bei Störungen, die nach Definition noch keine Einberufung des gesamten Krisenstabes notwendig machen, aber für die RhB grössere Tragweite haben können, kann ein „Mini-Krisenstab“ einberufen werden. Dieser wird durch den Leiter Infrastruktur und den Leiter Produktion unter Beizug von anderen Geschäftsbereichen gebildet.

Das Störungsmanagement beinhaltet alle Elemente zur systematischen Massnahmenplanung und -umsetzung nach Eintritt eines Stör- oder Notfalls, der noch nicht aufgrund seines Ausmasses zu einer ausserordentlichen Situation geführt hat und demnach noch nicht zur Krise erklärt wurde.

Das Krisenmanagement ist oberstes und ausschliessliches Führungsorgan der RhB zur Bewältigung einer Krise durch Aufarbeitung von Entscheidungsgrundlagen und/oder die direkte Umsetzung (Anordnung, Kontrolle) von erarbeiteten Entscheidungen zur Behebung der Probleme und zur Wiederherstellung des Normalzustands. Das Krisenmanagement wird normalerweise aufgeföhren, wenn sehr viele

³ Erfasste Ereignisse der RhB seit Bahnbau.

⁴ Dort, wo sich die bestehenden Schutzbauten befinden.

Verletzte oder Tote zu beklagen sind, wenn Sperrungen länger als eine Woche notwendig sind oder die RhB regionen- oder netzweit betroffen ist.

1.11.4.2 Alarmierung nach vorliegendem Ereignis

Das Rail Control Center (RCC) in Landquart wurde durch den Lokführer über den Unfall informiert, nachdem dieser zuvor über die Notrufnummer 144 die Polizei kontaktiert hatte. Zusätzlich wurde beim RCC der Ausfall der Fahrstromversorgung festgestellt, was ebenfalls auf eine Unregelmässigkeit hindeutete. Gemäss Störungshandbuch (Ereignischeckliste „Naturereignis“) hat der Betriebsüberwacher daraufhin Polizei und Feuerwehr aufgeboten, die ausgerückt sind und auch das Kommando vor Ort übernommen haben. Die entsprechenden Abläufe sind mit der Feuerwehr so abgestimmt.

Im vorliegenden Fall wurde entschieden, den Mini-Krisenstab der RhB einzuberufen. Unter dessen Leitung erfolgten Bergung, Betreuung, Kommunikation usw.

1.12 Regelungen zur Innenausstattung von Personenwagen

Bei der Konstruktion von Personenwagen sind die Vorgaben der Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV) zu berücksichtigen. Bezüglich der Innenausstattung von Personenwagen gelten u. a. folgende Bestimmungen:

- Bruchstücke von Innenausstattung und Fensterscheiben dürfen in der Regel zu keinen ernstlichen Verletzungen führen. Insbesondere dürfen bei der Zerkümmerung der Fensterscheiben keine Bruchstücke mit freiliegenden scharfen und schneidenden Kanten entstehen (AB-EBV 48.3, Ziffer 2.3, Stand am 1. Juli 2014 bzw. AB-EBV 51.1, Ziffer 2.2.1, Stand 1. Juli 2016).
- Die Innenausstattung muss in der Regel fest montiert sein und darf keine scharfen Kanten aufweisen (AB-EBV 48.3, Ziffer 5, Stand am 1. Juli 2014 bzw. AB-EBV 51.1, Ziffer 2.6, Stand 1. Juli 2016).

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Fahrzeuge und Bremsen

Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestehende technische Mängel an den Schienenfahrzeugen, die den Unfall hätten beeinflussen können.

Der rechnerisch ermittelte Bremsweg unter Berücksichtigung von Gefälle und Fahrgeschwindigkeit ergibt 120 m. Der Anhalteweg von 98 m bestätigt, dass die Bremsen korrekt funktionierten.

2.1.2 Ablauf der Entgleisung

Als die Lok auf das Durchlassbauwerk fuhr, lag noch kein Schutt auf dem Bahntrasse. Mit grösster Wahrscheinlichkeit entgleiste das hintere Drehgestell der Lok, als der erste Wagen durch den Erdbeben weggedrückt wurde.

Der erste Wagen A 1281, der hinter der Lokomotive eingereiht war, wurde durch den Schutt des Erdbebens aus den Schienen gehoben und zum talseitigen Steilhang weggedrückt.

2.1.3 Deckenverschalung in Reisezugwagen

Im talwärts gerutschten Wagen lagen Deckenverschalungen am Boden. Die Verschalungen haben sich mit grösster Wahrscheinlichkeit durch die Erschütterungen während des Abrutschens aus der Halterung gelöst und sind unkontrolliert in den Passagierraum gefallen.

Die AB-EBV verlangt, dass *die Innenausstattung in der Regel fest montiert sein muss und keine scharfen Kanten aufweisen darf*. Wobei nicht klar ist, ob die Vorgabe nur für den normalen Betrieb der Personenwagen gilt, oder ob sie auch für den Fall einer aussergewöhnlich intensiven Verzögerung und Erschütterung des Fahrzeugs angewendet werden muss. Weiter lässt die Bestimmung offen, in welchen Fällen und unter welchen Voraussetzungen davon abgewichen werden darf.

Auch wenn im vorliegenden Fall nicht mit Sicherheit ein Zusammenhang zwischen den Verletzungen der Reisenden und den heruntergefallenen Deckenverschalungen im abgerutschten Wagen hergestellt werden konnte, bestand ein Gefahrenpotential durch sich lösende und herunterstürzende Verschalungen.

2.2 Betriebliche Aspekte

2.2.1 Gefahrenerkennung

Die RhB ist sich der Naturgefahren auf ihrem Bahnnetz bewusst und führt eine entsprechende, laufend angepasste Vorsorgeplanung unter Nutzung kompetenter Stellen, vorhandener Daten und verfügbarer Erfahrungswerte. Aufgrund der Planung bezüglich Naturgefahren musste für die RhB kein Anlass bestehen, trotz der starken, jedoch nicht ausserordentlichen Niederschläge zusätzliche vorsorgliche Massnahmen zu ergreifen.

2.2.2 Fahrgeschwindigkeit

Der Zug fuhr mit 50 km/h und hat somit die Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h für diesen Streckenabschnitt eingehalten. Die Fahrgeschwindigkeit des Zuges führte nicht zur Entgleisung.

Der Lokführer hat die Schnellbremsung eingeleitet, als er Äste auf der Fahrbahn wahrgenommen hat. Die Hangmure ist kurz danach niedergegangen. Durch die Reduktion der Fahrgeschwindigkeit aufgrund der Bremsung wegen der Äste wurde die Bewegungsenergie des fahrenden Zuges reduziert. Dies hat möglicherweise die Folgen der eingetretenen Entgleisung reduziert und dazu beigetragen, dass nicht weitere Wagen den Hang hinabrutschten und tiefer gestürzt sind. Somit ist auch kein noch grösseres Ausmass an Personenschäden eingetreten.

2.2.3 Kommunikationsverbindung

Weil im Bereich der Unfallstelle weder eine Funk- noch eine Mobiltelefonverbindung hergestellt werden konnte, war das Aufbieten der Notfallorganisation nicht sofort möglich. Es blieb dem Lokführer überlassen, eine Lösung zu finden.

Ob durch eine umgehend mögliche Alarmierung Personenschäden reduziert worden wären, lässt sich nicht beurteilen.

2.3 Menschliche Aspekte

Das beteiligte Bahnpersonal hat sich bezüglich Alarmierung und Betreuung der Passagiere sinnvoll abgesprochen und eine gute Koordination vorgenommen.

2.4 Umwelt

2.4.1 Ablauf Erdbeben

Der genaue Ablauf des Erdbebens kann aus geologischer Sicht nicht mit Sicherheit rekonstruiert werden. Die im Gelände festgestellten zwei Ausbruchgebiete lassen aber darauf schliessen, dass das Ereignis in zwei Phasen ablief.

Die beiden Ausbruchgebiete waren frisch. Insbesondere der untere Ausbruchbereich zeigte keine Anzeichen, die darauf schliessen liessen, dass eine weiter oben ausgebrochene Schlammlawine über diesen Bereich hinweggeflossen war. Dies deutet darauf hin, dass der untere Ausbruch erst erfolgte, nachdem der obere Ausbruch bereits als Schlammlawine die Rinne hinuntergeflossen war. Das in der Rinne liegende Totholz wurde mitgerissen und führte relativ schnell zu einer Verstopfung des Durchlassbauwerkes. Vermutlich überfloss danach vor allem die Rutschmasse aus dem zweiten, unteren Ausbruchgebiet das Durchlassbauwerk und erfasste den Zug.

2.4.2 Vorhersehbarkeit des Erdbebens

Der Erdbeben wird als Hangmure bezeichnet. Mit grösster Wahrscheinlichkeit war der Abriss von Lockergestein eine kaum vorhersehbare, typische Spontanrutschung. Das mobilisierte Material war murgangartig als Schlammlawine durch die Rinne geflossen. Hangmuren werden erst seit ca. 10 Jahren intensiver untersucht und die Zusammenhänge ihrer Entstehung sind noch nicht restlos geklärt.

Das Gefahrenpotential von Hangmuren ist im Gelände schwer erkennbar. Im betroffenen Bahnabschnitt deutete bisher nichts auf eine solche Gefahr hin. Es gibt

weder dokumentierte frühere Ereignisse noch irgendwelche stummen Zeugen⁵ im Gelände. Dies ist auch deswegen bemerkenswert, weil die Hänge in der Vergangenheit bereits weitaus intensiveren Niederschlägen ausgesetzt waren.

Es gibt zurzeit kein Simulationsmodell für eine detaillierte Analyse der Hangmurengefährdung, weil die wissenschaftlichen Grundlagen noch fehlen.

Obschon ein genereller Risikoverdacht bestand, war das Ereignis nicht vorhersehbar.

⁵ Spuren im Gelände, die Rückschlüsse auf vergangene Ereignisse zulassen

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

- Die zulässige Höchstgeschwindigkeit wurde nicht überschritten.
- Der Lokführer bremste den Zug wegen Ästen auf dem Gleis, der Erdrutsch folgte unmittelbar danach.
- Der Anhalteweg entsprach dem zu erwartenden Bremsweg.
- Die Bremsung des Zuges vor der Entgleisung reduzierte das Ausmass an Sach- und Personenschaden.
- Seit der Eröffnung der Strecke sind an der Ereignisstelle keine Ereignisse registriert worden.
- Die Strecke wurde durch einen Streckenwärter kontrolliert.
- Die Wetterverhältnisse liessen keine besonderen Vorkommnisse erwarten.
- Die grundsätzlich möglichen Risiken bezüglich Naturereignissen wurden erfasst und beurteilt.
- Für die Ereignisstelle waren keine vorsorglichen Massnahmen vorgesehen.
- Der Erdrutsch war nicht vorhersehbar.
- Von den heruntergefallenen Deckenverschalungen im abgerutschten Wagen ging ein zusätzliches Verletzungsrisiko aus.
- Die Netzabdeckung zur mobilen Kommunikation auf dem Streckennetz der RhB ist nicht lückenlos.

3.2 Ursache

Die Entgleisung eines Personenzuges am 13. August 2014 zwischen Tiefencastel und Thusis ist auf einen unvorhersehbaren Erdrutsch zurückzuführen, der während der Durchfahrt des Zuges erfolgte.

Im Rahmen der Untersuchung konnten folgende Risiken erkannt werden:

- Im abgerutschten Wagen bestand ein Gefahrenpotential durch herunterfallende Deckenverschalungen.
- Wegen einer Lücke in der Netzabdeckung zur mobilen Kommunikation war das Aufbieten der Notfallorganisation nicht sofort möglich.

4 Sicherheitsempfehlung und -hinweise sowie seit dem Unfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlung

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) bezüglich Sicherheitsempfehlungen folgende Regelung vor:

„Art. 48 Sicherheitsempfehlungen

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

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

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

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

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

4.1.1 Verschalung in Reisezugwagen

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Am 13. August 2014 um 12:18 Uhr ist ein Zug zwischen Tiefencastel und Thusis aufgrund eines Erdbebens entgleist. Ein Wagen stürzte ca. 20 m einen Steilhang hinunter und wurde durch Bäume angehalten. Im Passagierabteil des Wagens lagen Teile der Deckenverschalung am Boden. Eine Deckenverschalung besteht aus Aluminium und hat teilweise scharfe Kanten sowie eine Masse von rund 6 kg. Die Deckenverschalungen werden an der Wagendecke durch Schnappverschlüsse gehalten. Bei Zugunfällen (Zusammenstoss, Entgleisung) können sich diese Dachverschalungen leicht aus ihren Halterungen lösen, in den Fahrgastraum fallen und mitfahrende Personen verletzen.

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 111

Das BAV sollte die Vorgaben für die Befestigung von Verschalungen in Innenräumen von Reisezugwagen überprüfen und wo nötig so anpassen und anwenden, dass sich solche Innenausstattungen bei grösseren Erschütterungen nicht lösen können.

4.2 Sicherheitshinweis

Als Reaktion auf während der Untersuchung festgestellte Sicherheitsdefizite kann die SUST Sicherheitshinweise veröffentlichen. Sicherheitshinweise werden formuliert, wenn eine Sicherheitsempfehlung nicht angezeigt erscheint, formell nicht möglich ist oder wenn durch die freiere Form eines Sicherheitshinweises eine grössere Wirkung absehbar ist. Sicherheitshinweise der SUST haben ihre Rechtsgrundlage in Artikel 56 der VSZV:

„Art. 56 Informationen zur Unfallverhütung

Die SUST kann allgemeine sachdienliche Informationen zur Unfallverhütung veröffentlichen.“

4.2.1 Netzabdeckung Mobilkommunikation

4.2.1.1 Feststellung

Am 13. August 2014 um 12:18 Uhr ist ein Zug zwischen Tiefencastel und Thusis aufgrund eines Erdbebens entgleist. Weil im Bereich der Unfallstelle weder eine Funk- noch eine Mobiltelefonverbindung hergestellt werden konnte, war das Aufbieten der Notfallorganisation nicht sofort möglich.

4.2.1.2 Sicherheitshinweis Nr. 04

Zielgruppe: Rhätische Bahn AG

Die Rhätische Bahn AG sollte sicherstellen, dass die Möglichkeit zur Alarmierung in Notfällen an allen Stellen ihres Streckennetzes jederzeit vorhanden ist.

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Das Bahnunternehmen hat nach dem Unfall folgende Massnahmen getroffen:

- Der Erdbeben hat am Ereignisort einen Grossteil des Lockergesteins ausgeräumt. Damit besteht neu eine Gefährdungslage, in der herabstürzende Steine teilweise ungehindert auf das Bahntrasse fallen können. Gleich nach dem Unfall wurde oberhalb des zweiten Ausbruchgebiets das in der Rinne verbliebene wassergesättigte Lockergestein bis auf den Fels und bis hoch zur Steilstufe ausgeräumt. Nach der Räumung der Rinne wurde das Einlauf- und Durchlassbauwerk mittels Spülen und Handarbeit geräumt, so dass für künftige, murgangartige Schlammlawinen wieder der vollständige Durchlassquerschnitt zur Verfügung steht.
- Ein von der RhB in Auftrag gegebenes geologisches Gutachten enthält Sicherheitshinweise bezogen auf die Situation auf dem Streckennetz. Die RhB hat die Hinweise aufgenommen und verarbeitet sie.

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