



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Schlussbericht

der Schweizerischen

Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über die Kollision eines Zweiwege-
fahrzeugs mit einer Bauzugs-
komposition

vom 17. November 2023

in Poschiavo (GR)

Reg.-Nr. 2023111702

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Der alleinige Zweck der Untersuchung eines Unfalls oder eines schweren Vorfalls ist die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen beim Betrieb von Eisenbahnen, Seilbahnen und Schiffen. Es ist ausdrücklich nicht Zweck der Sicherheitsuntersuchung und dieses Berichts, Schuld oder Haftung festzustellen¹. Wird dieser Bericht zu anderen Zwecken als zur Unfallverhütung verwendet, ist diesem Umstand Rechnung zu tragen.

In diesem Bericht wird aus Gründen des Persönlichkeitsschutzes für alle natürlichen Personen und ihren Funktionen unabhängig von ihrem Geschlecht die männliche Form verwendet.

Die deutsche Fassung dieses Berichts ist das Original und daher massgebend.

¹ Artikel 15 des Eisenbahngesetzes vom 20. Dezember 1957 (EBG), Stand am 1. Juli 2024 (SR 742.101)

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung	5
1.1 Kurzdarstellung.....	5
1.2 Überblick.....	5
1.3 Ursachen	5
1.4 Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise	6
1.4.1 Sicherung eines Zweiwegefahrzeugs gegen Wegrollen beim Ein- und Ausgleisen.....	6
2 Sachverhalt.....	7
2.1 Ort des Ereignisses	7
2.2 Untersuchung	8
2.3 Vorgeschichte	8
2.4 Ablauf des Ereignisses	8
2.5 Schäden.....	10
2.5.1 Personen	10
2.5.2 Infrastruktur	10
2.5.3 Fahrzeuge	10
2.6 Beteiligte und betroffene Personen	10
2.6.1 Maschinist.....	10
2.7 Beteiligte und betroffene Unternehmen	10
2.7.1 Infrastrukturbetreiberin	10
2.7.2 Eisenbahnverkehrsunternehmen.....	10
2.7.3 Fahrzeughalter	10
2.7.4 Bauunternehmen	10
2.8 Infrastruktur.....	11
2.8.1 Bahnanlage	11
2.8.2 Stellwerk und Leittechnik.....	11
2.9 Fahrzeug.....	11
2.9.1 Übersicht	11
2.9.2 Zulassung.....	12
2.9.3 Schienenfahrwerk.....	12
2.10 Kommunikation	14
2.11 Auswertung der Datenaufzeichnung.....	14
2.12 Besondere Untersuchungen	14
2.12.1 Wetter, Sichtverhältnisse, Schienenzustand	14
2.12.2 Ein- und Ausgleisen.....	14
2.12.3 Ausbildung.....	15
2.12.4 Untersuchung des Dumpers.....	15
2.12.5 Berechnungen zum Verlauf des Wegrollens	18

3 Analyse	19
3.1 Technische Aspekte	19
3.2 Organisatorische Aspekte.....	19
3.3 Betriebliche oder prozessuale Aspekte	19
3.4 Menschliche Aspekte.....	20
4 Schlussfolgerungen.....	21
4.1 Befunde	21
4.1.1 Technische Aspekte	21
4.1.2 Organisatorische Aspekte	21
4.1.3 Betriebliche oder prozessuale Aspekte	21
4.1.4 Menschliche Aspekte.....	21
4.2 Ursachen	21
5 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen	22
5.1 Sicherheitsempfehlungen	22
5.2 Sicherheitshinweise	22
5.2.1 Sicherung eines Zweiradfahrzeugs gegen Wegrollen beim Ein- und Ausgleisen	22
5.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen.....	23

1 Zusammenfassung

1.1 Kurzdarstellung

Am 17. November 2023 um 04:25 Uhr rollte oberhalb von Poschiavo (GR) während des Eingleisens ein Zweiwegefahrzeug (Dumper) auf dem Gleis ungebremst rückwärts und kollidierte im nachfolgenden Tunnel mit einer stehende Bauzugskomposition. Der mitfahrende Maschinist wurde schwer verletzt.

1.2 Überblick

Verkehrsmittel Eisenbahn

Beteiligte Unternehmen

Eisenbahnverkehrsunternehmen Rhätische Bahn AG (RhB), Chur

Infrastrukturbetreiberin Rhätische Bahn AG (RhB), Chur

Weitere Unternehmen Heitkamp Construction Swiss GmbH, Dierikon
Vecellio Costruzioni AG, Poschiavo
C. Capelli SA, Impresa Costruzioni, Li Curt

Beteiligte Fahrzeuge Dumper Wacker Neuson 5001 S (Zweiwegefahrzeug), Vecellio Costruzioni AG
Bauzugkomposition, RhB

1.3 Ursachen

Die Kollision eines Zweiwegefahrzeugs (Dumper) mit einer Bauzugskomposition am 17. November 2023 in einem Tunnel oberhalb von Poschiavo ist auf das unbeabsichtigte Herbeiführen von ungebremsten Schienenachsen während des Eingleisens zurückzuführen, worauf der Dumper im starken Gefälle wegrollte.

Zum Unfall haben beigetragen:

- Der Maschinist vertraute auf die Angabe seines Kollegen, wonach der Absenkvorgang des hinteren Schienenfahrwerks abgeschlossen sei.
- Eine zusätzliche Sicherung des Dumpers gegen ungewolltes Wegrollen während des Eingleisvorgangs wurde nicht ausgeführt. Eine solche war in den Betriebsvorschriften auch nicht explizit vorgesehen.

1.4 Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

Mit diesem Bericht wird ein Sicherheitshinweis ausgesprochen.

1.4.1 Sicherung eines Zweiwegefahrzeugs gegen Wegrollen beim Ein- und Ausgleisen

1.4.1.1 Sicherheitsdefizit

Während des Ein- oder Ausgleisvorgangs bei Zweiwegefahrzeugen bleibt eine Schienenachse für einen kurzen Zeitraum ungebremst. In diesem Zeitraum muss die jeweils andere Achse die gesamte Festhaltekraft aufbringen. Ist diese Festhaltekraft ungenügend – insbesondere in starken Gefällen –, rutscht oder rollt das Fahrzeug weg. Eine Absicherung gegen diese Gefahr wird kaum geschult und in Betracht gezogen.

1.4.1.2 Sicherheitshinweis Nr. 39

Zielgruppe: Halter von Zweiwegefahrzeugen und deren Maschinisten

Die Halter von Zweiwegefahrzeugen und deren Maschinisten sollten Massnahmen definieren und implementieren, welche eine wirksame Sicherung gegen unbeabsichtigtes Wegrollen von Fahrzeugen beim Ein- und Ausgleisen in Gefällen sicherstellen.

2 Sachverhalt

2.1 Ort des Ereignisses

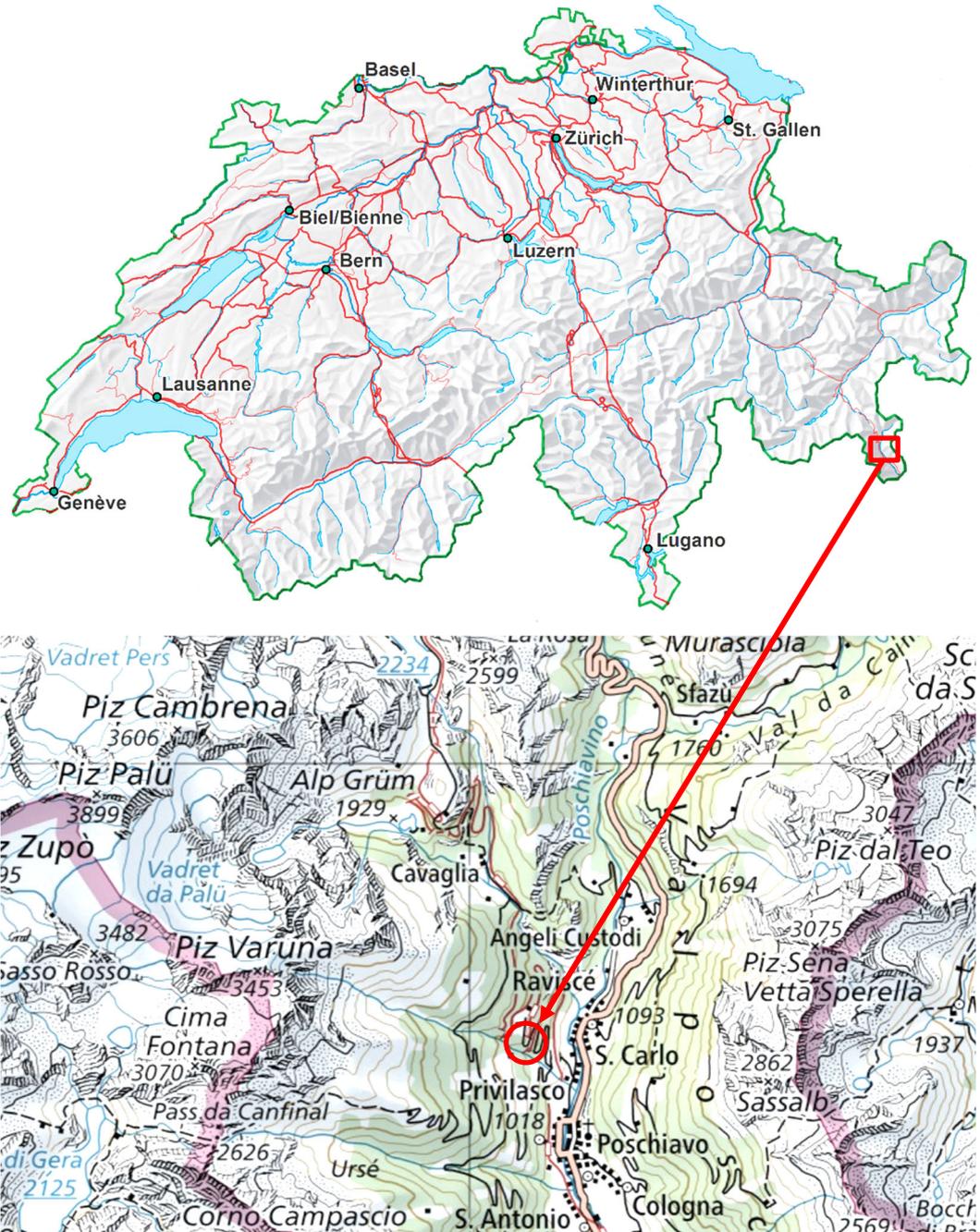


Abbildung 1: Übersichtskarten zum Ort des Unfalls.
Quelle der Karten: Bundesamt für Landestopografie.

2.2 Untersuchung

Die Meldung über die Kollision eines Zweiwegefahrzeugs (Dumper) mit einer stehenden Bauzugskomposition in Poschiavo traf am 17. November 2023 um 04:44 Uhr ein.

Für die Untersuchung standen zur Verfügung:

- Bestandsaufnahme auf der Unfallstelle (durch Kapo GR);
- Fotos (Kapo GR);
- Gutachten;
- Kartenmaterial;
- Gleispläne;
- Betriebs- und Bedienungsanleitung Dumper;
- Befragungen der Beteiligten und Betroffenen.

2.3 Vorgeschichte

Auf der Strecke oberhalb von Poschiavo waren Erneuerungsarbeiten im «Val Varunatunnel II» in Gang. Dazu war in der Nähe des Tunnelportals im Gebiet «Cadera Dafora» Aushubmaterial abzutransportieren. Das Material wurde auf einen Dumper verladen. Dieser wurde zu der vor dem Tunnelportal provisorisch installierten Eingleisstelle gefahren. Nach dem Eingleisen fuhr der Dumper auf den Schienen bergwärts bis zur Materialdeponie. Pro Arbeitsschicht erfolgte dies etwa zehn Mal.

Im Auftrag der RhB führte das Unternehmen Heitkamp Construction Swiss GmbH die Arbeiten aus. Das Unternehmen beauftragte für den Abtransport des Aushubmaterials den Unterauftragnehmer Vecellio Costruzioni AG, dessen Dumper eingesetzt wurde. Durch den Unterauftragnehmer wurde für die Bedienung des Dumpers ein Maschinist vom Unternehmen C. Capelli SA ausgeliehen.

2.4 Ablauf des Ereignisses

In der Nacht des 17. November 2023 wurde der Dumper beladen und zur Eingleisstelle gefahren. Für den Eingleisvorgang wurde der Dumper so positioniert, dass die Fahrrichtung «vorwärts» bergwärts führte. Das Tunnelportal lag talwärts rund 15 m hinter dem Dumper.



Abbildung 2: Eingleisstelle mit talwärts liegendem Tunnelportal (Quelle: Kapo GR).

Der Maschinist senkte das hintere (talseitige) Schienenfahrwerk. Dabei bestätigte ein neben der Eingleisstelle stehender Mitarbeiter dem Maschinisten, dass der Absenkvorgang beendet war. Darauf senkte der Maschinist das vordere (bergseitige) Schienenfahrwerk. Als dieser Absenkvorgang die vorderen Pneuräder anhub, begann der Dumper rückwärts wegzurollen. Der Maschinist versuchte, das Schienenfahrwerk wieder anzuheben, damit die Pneuräder Bodenkontakt erhielten. Dies gelang ihm nicht. Abspringen war zu diesem Zeitpunkt nicht mehr möglich, da nach der Einfahrt in den Tunnel dazu kein sicherer Platz mehr war. Nach rund 100 m Zurückrollen kollidierte der Dumper um 04:25 Uhr im Tunnel mit einer abgestellten Bauzugskomposition. Dabei brach das Knickgelenk des Dumpers. Die Mulde und die Ladung drückten gegen das Steuerpult, wobei der Maschinist eingeklemmt und verletzt wurde.

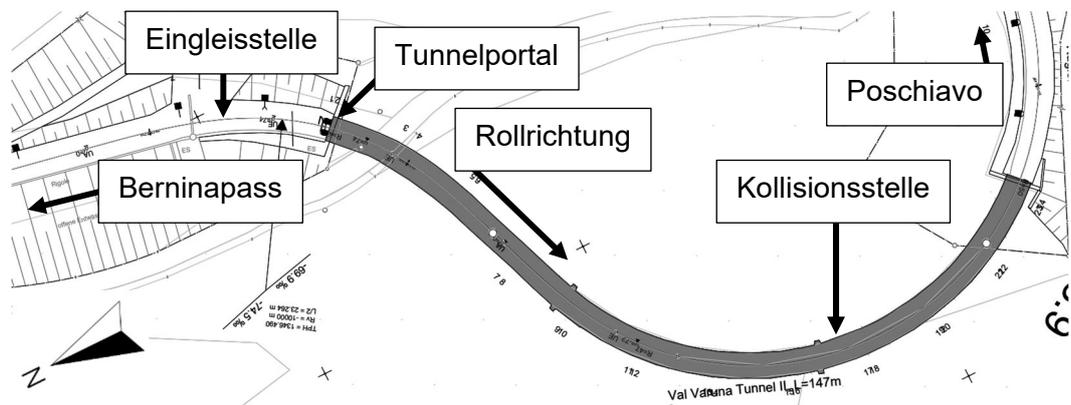


Abbildung 3: Gleisplanausschnitt mit der Eingleisstelle und der Kollisionsstelle im Tunnel (Quelle: RhB, bearbeitet durch SUST).



Abbildung 4: Geknickter Dumper nach der Kollision mit der Bauzugskomposition (Quelle: Kapo GR).

2.5 Schäden

2.5.1 Personen

Eine Person wurde schwer verletzt.

2.5.2 Infrastruktur

Keine Schäden.

2.5.3 Fahrzeuge

Der Dumper wurde stark beschädigt.

Die Bauzugkomposition wurde leicht beschädigt.

2.6 Beteiligte und betroffene Personen

2.6.1 Maschinist

Person	Jahrgang 1969, Anstellung bei C. Capelli SA
Berechtigung	Nachweis über die Ausbildung und Prüfung nach VTE 10b ² zum Befahren gesperrter Gleise mit Zweiwegefahrzeugen und Berechtigung zum Befahren der Infrastruktur RhB vom 15. Juni 2020 vorhanden.
Letzte Prüfung	Periodische Prüfung Juni 2020.
Werdegang	Seit rund 20 Jahren lenkte der Maschinist Dumper. Die Prüfung für das Fahren mit Zweiwegefahrzeugen legte er 2015 ab.

2.7 Beteiligte und betroffene Unternehmen

2.7.1 Infrastrukturbetreiberin

Rhätische Bahn AG (RhB), Chur

2.7.2 Eisenbahnverkehrsunternehmen

Rhätische Bahn AG (RhB), Chur

2.7.3 Fahrzeughalter

Vecellio Costruzioni AG, Poschiavo

2.7.4 Bauunternehmen

Heitkamp Construction Swiss GmbH, Dierikon (Auftragnehmer)

Vecellio Costruzioni AG, Poschiavo (Unterauftragnehmer)

C. Capelli SA, Impresa Costruzioni, Li Curt (Personalverleih)

² Verordnung des UVEK über die Zulassung zum Führen von Triebfahrzeugen der Eisenbahnen vom 27. November 2009, Stand am 1. Februar 2014, Artikel 10, Absatz 1, Buchstabe b (VTE, SR 742.141.21).

2.8 Infrastruktur

2.8.1 Bahnanlage

Die eingleisige Strecke führt vom Berninapass ins Tal Richtung Poschiavo hinunter. Um die über 1200 Höhenmeter zu überwinden, ist die Linienführung mit einem deutlichen Gefälle und mehreren Kehrschleifen, die zum Teil in Tunnels geführt werden, ausgeführt. Bei der Eingleisstelle des Dumpers bis zur Kollisionsstelle im Tunnel beträgt das Gefälle 70 ‰.

Die Eingleisstelle wurde mit dem Verlegen von Brettern neben und zwischen den Schienen provisorisch eingerichtet (Abbildung 2). Sie befand sich etwa 15 m vom Tunnelportal entfernt.

Von der Eingleisstelle führt in Rollrichtung talwärts über rund 30 m eine Rechtskurve bis in den Tunnel hinein. Es folgt danach der Übergang in eine Linkskurve (Abbildung 3).

2.8.2 Stellwerk und Leittechnik

Das Eingleisen und Wegrollen des Dumpers fand auf einem gesperrten Gleis statt. Die Steuerung und die Sicherung der Gleisinfrastruktur hatten keinen Einfluss auf den Unfallhergang.

2.9 Fahrzeug

2.9.1 Übersicht

Beim Dumper handelt es sich um einen Neuson 5001S, Baujahr 2009. Das Schienenfahrwerk wurde im selben Jahr durch eine in San Carlo (Poschiavo) ansässige Werkstatt verbaut.



Abbildung 5: Unfallbeteiligter Dumper bei der Abnahme durch die RhB im Jahr 2009 (Quelle: RhB).

Für die Fahrt auf der Schiene darf bei einer Zuladung von maximal 5 t das Gesamtgewicht 9.26 t betragen. Die Zug- und Bremskraftübertragung im Gleis erfolgt über Pneu und Reibtrommeln auf beide Schienenachsen. Jeweils auf alle vier Pneuräder wirkt je nach Anwendungsfall:

- eine hydrostatische Beharrungsbremse (gleichmässige Fahrgeschwindigkeit);
- eine Fussbremse;
- eine Feststellbremse.

2.9.2 Zulassung

Für die Zulassung von Fremdfahrzeugen auf dem Netz der RhB liegt mit Datum vom 27. Mai 2009 eine Abnahmecheckliste der RhB vor. Mit Schreiben vom 9. Juli 2009 verständigte die RhB die Firma Vecellio AG über die erfolgreiche Abnahme und die einzuhaltenden Vorgaben für den Einsatz des Dumpers. Die RhB-Betriebsvorschrift BV 653, Ausgabedatum vom 9. Juli 2009, regelt den Einsatz des Dumpers auf dem Netz der RhB.

Das Fahrzeug besass eine gültige, am 22. Februar 2011 ausgestellte Betriebsbewilligung des BAV für den Einsatz in gesperrten und gesicherten Gleisabschnitten auf dem gesamten Netz der RhB, d. h. bei allen Gefällen.

2.9.3 Schienenfahrwerk

Das Schienenfahrwerk wird mittels Hydraulikzylinder abgesenkt und angehoben. Beim Eingleisen wird das Schienenfahrwerk abgesenkt, wobei die Schienenachse nach dem Kontakt mit der Schiene die Pneuräder vom Boden abhebt und sich unter die Räder schiebt, bis die an der Schienenachse angebrachten Reibtrommeln Kontakt mit den Pneurädern haben. Die Bewegung erfolgt weiter, bis sich die Trommeln soweit in den Pneu eindrücken, dass die Kraftübertragung mit genügend Reibung erfolgen kann. Bei dieser Bauart wird das Schienenfahrwerk solange abgesenkt, bis eine Kette³ angespannt wird, welche ein weiteres Ausfahren begrenzt. Die Kette kann so eingestellt werden, dass Abnutzungen von Pneus und Reibtrommeln ausgeglichen werden.

³ Vorderes Schienenfahrwerk: Zwei Ketten; hinteres Schienenfahrwerk: Eine Kette.

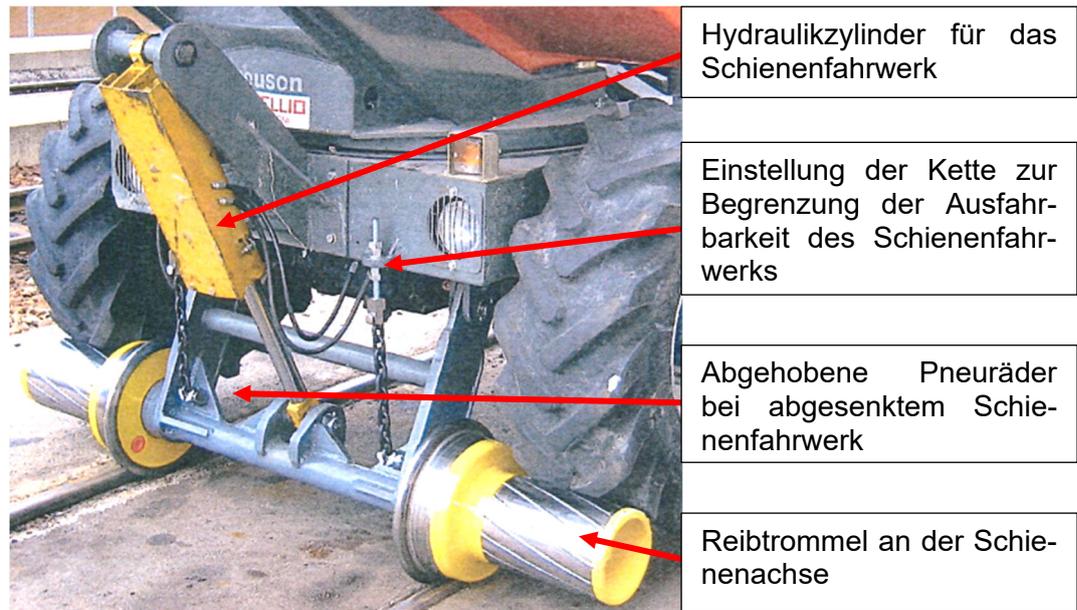


Abbildung 6: Schienenfahrwerk vorne (Quelle: RhB, bearbeitet durch SUST).

Am Steuerpult wurde für die Steuerung der beiden Schienenfahrwerke ein zusätzlicher Schaltkasten angebracht. Über jeweils einen zugehörigen Schalter wird das jeweilige Schienenfahrwerk angewählt. Der Schalter bleibt eingedrückt, wenn das Schienenfahrwerk abgesenkt oder angehoben wird. Es kann jeweils nur ein Schalter eingedrückt bzw. nur eines der beiden Schienenfahrwerke abgesenkt oder angehoben werden. Links vom Fahrersitz wird danach über einen Hebel das Absenken bzw. Anheben ausgelöst. Sind beide Schalter nicht eingedrückt, wird über denselben Hebel die Kippmulde bedient.

Die Stellung der Schalter (eingedrückt oder nicht) lässt sich optisch kaum feststellen. Die Schalter sind mit einer flexiblen, nach dem Bedienen in die Ausgangslage zurückkehrenden Haube vor Feuchtigkeitseintritt geschützt. Es gibt eine akustische Signalausgabe, solange ein Schalter aktiv ist. Es gibt keine (bspw. optische) Anzeige darüber, welcher der Schalter aktiv ist.

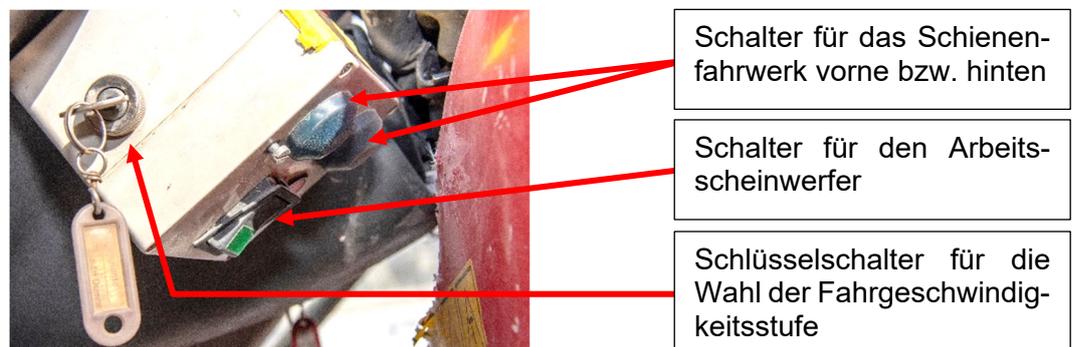


Abbildung 7: Schaltkasten mit Schalter für das Schienenfahrwerk (Quelle: Kapo).

Es gibt keine Anzeige, die das vollständige Absenken bzw. Anheben vermittelt. Ist der Hydraulikzylinder nicht mehr in der Lage, aus- bzw. einzufahren, ist ein Abfallen der Motordrehzahl wahrnehmbar, da die durch den Motor angetriebene Hydraulikpumpe den Gegendruck zu überwinden versucht. Die Bewegung des Hydraulikzylinders ist beim Absenken mit Spannen einer Kette begrenzt, beim

Anheben durch das vollständige Einfahren des Kolbens im Zylinder. Wird das Schienenfahrwerk im Standgas ausgefahren, ist der Drehzahlabfall deutlich wahrnehmbar. Bei hoher Motordrehzahl ist das Ankommen des Hydraulikzylinders im jeweiligen Endanschlag nicht wahrnehmbar.

Bei einem bauähnlichen Dumper wurden die Zeiten für das Absenken und Anheben eines Schienenfahrwerks ermittelt:

Absenken (Eingleisen)	Standgas	Vollgas
Aktion	Zeit	Zeit
Ab Start bis Schienenräder Kontakt mit der Schiene	5 Sekunden	2.5 Sekunden
Ab Schienenkontakt bis Reibtrommeln der Schienenachse die Pneuräder berühren (Abheben der Pneuräder vom Boden, Achse ungebremst)	6 Sekunden	0.5 Sekunden
Ab Kontakt Schienenachse bis vollständigem Eindrücken der Reibtrommeln in die Pneuräder	7 Sekunden	2 Sekunden
Gesamtzeit Absenkvorgang eines Schienenfahrwerks	18 Sekunden	5 Sekunden

Tabelle 1: Zeitspannen beim Absenken eines Schienenfahrwerks.

Im Vergleich zum Absenken sind beim Anheben des Schienenfahrwerks (Ausgleisen) die Abläufe im Standgas kürzer und bei Vollgas nahezu gleich. Relevant ist hierbei insbesondere die Zeit, bis das Schienenfahrwerk soweit angehoben ist, dass die Pneuräder Bodenkontakt haben. Im Standgas dauerte dieser Vorgang 5 Sekunden, bei Vollgas knapp 3 Sekunden.

2.10 Kommunikation

Es fand im direkten Umfeld des Ereignisses keine Kommunikation des Maschinisten bspw. mit dem Fahrdienstleiter oder einem Bauleiter statt.

Während des Eingleisvorgangs bestätigte ein neben dem Dumper stehender Mitarbeiter dem Maschinisten mündlich, dass der Absenkvorgang für das hintere Fahrwerk abgeschlossen sei.

2.11 Auswertung der Datenaufzeichnung

Datenaufzeichnungen wurden keine gemacht. Die Vorschriften fordern dies nicht.

2.12 Besondere Untersuchungen

2.12.1 Wetter, Sichtverhältnisse, Schienenzustand

Es war Nacht, die Eingleisstelle war künstlich beleuchtet. Die Temperatur lag um den Gefrierpunkt. Niederschlag gab es nicht. Der Schienenzustand war nicht aussergewöhnlich.

2.12.2 Ein- und Ausgleisen

Die Vecellio Costruzioni AG hat mit Datum vom 12. September 2007 eine «Gebrauchsanweisung für den Dumper Neuson 5001 auf Gleisen» ausgegeben. Darin wird u. a. der Vorgang zum Eingleisen festgelegt. Demnach soll zuerst das hintere, danach das vordere Schienenfahrwerk abgesenkt werden. Zuletzt soll die Lenkung

in gerader Stellung mittels roter Arretierstange (Anm.: am Knickgelenk) verriegelt werden.

Die Betriebsvorschrift der RhB hält fest, dass das Fahrzeug während des Ein- oder Ausgleisens jederzeit gebremst sein soll. Bei abgesenkten Schienenradsätzen muss ein genügender Kraftschluss, d. h. ein genügendes Eindringen der Reibtrommeln in die Pneu, sichergestellt sein. Im Schienenbetrieb muss die Lenkung in Geradeaus-Stellung blockiert sein. Es sind alle Manipulationen zu vermeiden, die zu einem Leerlauf oder zum Entlaufen des Fahrzeuges führen könnten.

Beide Vorgaben legen nicht konkret fest, mit welchen Mitteln – bspw. durch Legen von Hemmschuhen – das Vermeiden eines Wegrollens sichergestellt werden soll.

2.12.3 Ausbildung

Der Maschinist hat während einer Anstellung bei einer anderen Firma im Jahr 2015 die Ausbildung zum Triebfahrzeugführer der Kategorie VTE 10b absolviert. Die Ausbildung wurde auf dem Campus in Sursee durchgeführt. Dabei wurde das Ein- und Ausgleisen vermittelt. Eine besondere Sicherung gegen das Wegrollen wurde dabei nicht thematisiert. Das Gleis, das auf dem Campus Sursee zur Verfügung steht, ist gefällefrei. Die Ausbildung erfolgte in italienischer Sprache. Die Prüfung wurde von einem Deutsch sprechenden Experten mit Unterstützung eines Dolmetschers geleitet.

Im Abstand von fünf Jahren legte der Maschinist jeweils eine theoretische Wiederholungsprüfung ab.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde bekannt, dass einzelne Anbieter von Schulungen zum Triebfahrzeugführer VTE 10b ausdrücklich darauf hinweisen, dass beim Ein- und Ausgleisen zusätzliche Sicherungsmassnahmen gegen ungewolltes Wegrollen anzuwenden sind.

2.12.4 Untersuchung des Dumpers

Am 24. November 2023 fand in Poschiavo eine erste Besichtigung der Wrackteile statt. Ebenso wurde mit einem bauähnlichen Dumper der Ein- und Ausgleisvorgang besichtigt. Anschliessend wurden die Wrackteile für eingehende Untersuchungen zur Vertretung von Wacker-Neuson nach Birr (AG) transportiert. Anlässlich einer Besprechung am 30. November 2023 wurde das Vorgehen der Untersuchung festgelegt. Die Resultate waren am 6. Februar 2024 bekannt.

Feststellungen aller Untersuchungen:

- Das zulässige Gesamtgewicht von 9.26 t wurde nicht überschritten.
- Die Laufflächen der Schienenräder wiesen keine Flachstellen auf.
- Grösserer Abrieb an einer Stelle der Pneu war nicht festzustellen.
- Der Reifendruck war bei allen Pneurädern im vorgesehenen Bereich.
- Nach Anpassung der Vorgaben durch das BAV ab dem Jahr 2011 war keine periodische Untersuchung des Dumpers vorgeschrieben.
- Die Pneuräder und das Schienenfahrwerk erschienen in betriebsstüchtigen Zustand.
- Die Verriegelungsstange beim Knickgelenk war in der Parkstellung (keine Verriegelung der Lenkung; Eingleisvorgang war auch noch nicht abgeschlossen).
- Im Schaltkasten waren, infolge Verschiebung des Steuerpults als Unfallfolge, diverse Kabelschuhe von den Schaltern für das Schienenfahrwerk abgetrennt.

Dadurch war auch bei erfolgter Manipulation an den Schaltern nach der Kollision kein Einfluss auf die Relais zur Steuerung des Schienenfahrwerks möglich.

- Im bei Wacker-Neuson angelieferten Zustand war das Ventil für das hintere Schienenfahrwerk aktiv.
- Nach provisorischer Reparatur der Steuerung und des Dumpers war das Schienenfahrwerk bedienbar. Die Hydraulikzylinder wurden soweit ausgefahren, wie sie auf der Unfallstelle von der Kapo fotografisch dokumentiert wurden:
 - Das hintere Schienenfahrwerk war soweit abgesenkt, dass die Pneuräder keinen Bodenkontakt hatten. Die Reibtrommeln der Schienenachse hatten Berührung mit den Pneurädern, waren jedoch nicht in den Pneu eingedrückt und die Kette des Schienenfahrwerks war nicht gespannt.
 - Das vordere Schienenfahrwerk war soweit abgesenkt, dass die Pneuräder keinen Bodenkontakt hatten. Die Reibtrommeln waren mit sichtbarem Abstand nicht in Kontakt mit den Pneurädern. Entsprechend waren die Ketten des Schienenfahrwerks nicht gespannt.
- Die beiden Schienenfahrwerke des Unfallfahrzeugs bewegten sich für den gesamten Absenk- bzw. Hebevorgang zeitlich etwa 10 Sekunden langsamer als das baugleiche Vergleichsfahrzeug (Tabelle 1).
- Die Bremsen (Fuss- und Feststellbremse) funktionierten einwandfrei.



Abbildung 8: An der Unfallstelle: Ein Abstand der Reibtrommel zum Pneurad ist beim vorderen Schienenfahrwerk deutlich sichtbar. Bodenkontakt des Pneurads infolge Bruch des Knickgelenks (Quelle: Kapo).



Abbildung 9: An der Unfallstelle: Berührung der Reibtrommel zum Pneurad beim hinteren Schienenfahrwerk, Kette nicht gespannt, kein Eindrücken der Reibtrommeln in die Pneus. Bodenkontakt des Pneurads infolge Bruch des Knickgelenks (Quelle: Kapo).

Auf dem unfallbeteiligten Fahrzeug war ein Hemmschuh vorhanden. Die Ausrüstung umfasst normalerweise zwei Hemmschuhe. Laut Abnahmeprotokoll und Betriebsvorschrift der RhB wird ein Hemmschuh als genügend angesehen. Explizit genannt wird das Verwenden eines Hemmschuhs einzig beim Sichern eines abgestellten Fahrzeugs im Gefälle.



Abbildung 10: Verunfallter Dumper von hinten, ein Hemmschuh in der Halterung links vorhanden, Halterung rechts ist leer (Quelle: Kapo).

2.12.5 Berechnungen zum Verlauf des Wegrollens

Durch Berechnungen wurde ein möglicher Verlauf des Wegrollens ermittelt. Diese Resultate ergaben:

- Bei der Einfahrt in den Tunnel rollte der Dumper während 6.5 Sekunden und mit einer Geschwindigkeit von 16.5 km/h.
- Nach weiteren 10.4 Sekunden erreichte der Dumper bei der Kollisionsstelle eine Geschwindigkeit von 42.6 km/h.
- Das Rollen dauerte insgesamt 16.9 Sekunden.

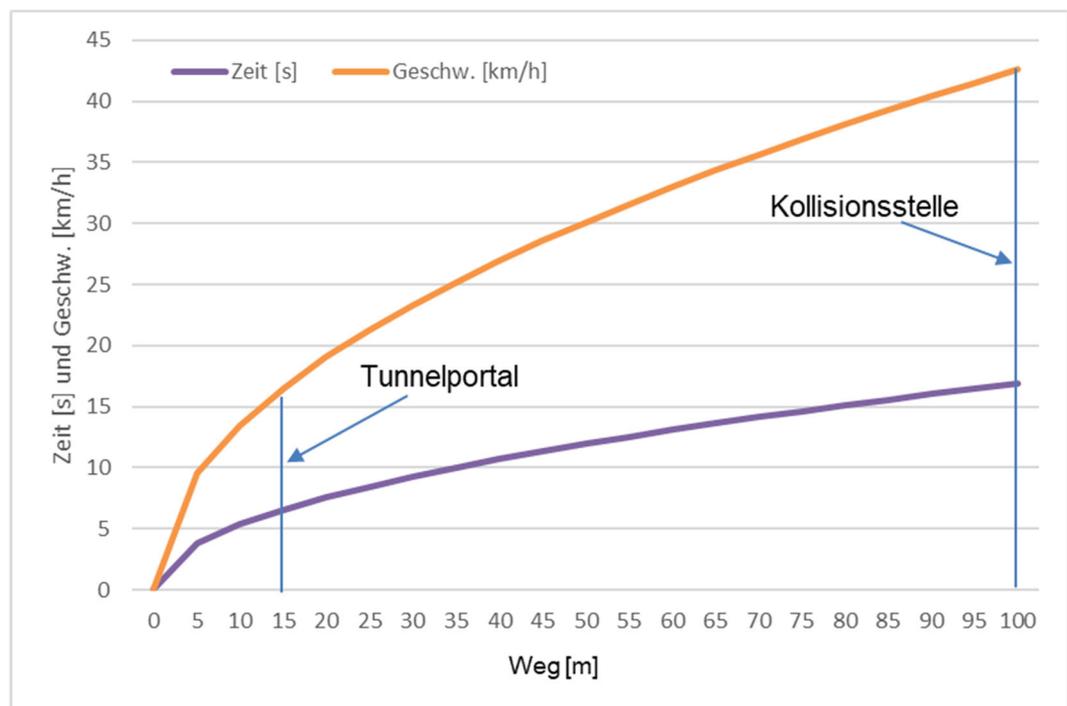


Abbildung 11: Berechnetes Weg-Zeit- / bzw. Weg-Geschwindigkeits-Diagramm zum Verlauf des Wegrollens.

3 Analyse

3.1 Technische Aspekte

Beim Eingleisen wurde zuerst das hintere Schienenfahrwerk abgesenkt. Dies nicht bis in die Endstellung, sondern nur soweit, dass die Pneuräder vom Boden abgehoben waren und die Reibtrommel der Schienenachse knapp berührten, ohne dass eine Kraftübertragung erfolgen konnte. Vor dem Wegrollen wurde beim Dumper danach das vordere Schienenfahrwerk abgesenkt und die Pneuräder vom Boden abgehoben. Der Versuch, das Schienenfahrwerk unmittelbar wieder abzusenken, hätte nach dem Wegrollen die Pneuräder kurz vor dem Tunnelportal wieder zu Bodenkontakt bringen müssen. Bis dahin waren rund 6 Sekunden vergangen. Bis zur Kollision standen weitere 10 Sekunden zur Verfügung, in der die Pneu in Bodenkontakt hätten gebracht werden können. Der Dumper wurde deshalb auf einen möglichen technischen Defekt hin untersucht.

Die Untersuchungen des Dumpers ergaben keine Feststellungen, die auf ein technisches Problem deuteten. Die beiden Schienenfahrwerke konnten abgesenkt und angehoben werden. Die Bremsen funktionierten bestimmungsgemäss.

Die Untersuchungen der Wrackteile haben ergeben, dass die Ventilstellungen zur Steuerung der Schienenfahrwerke in der Position für die Aktivität des hinteren Schienenfahrwerks geschaltet waren. Bei der Kollision wurde das Steuerpult des Dumpers verschoben, wodurch Kabel von den Schaltern für die Schienenfahrwerke getrennt wurden. Die Schaltung der Ventile für die Schienenfahrwerke musste somit vor der Kollision erfolgt sein.

Das Rutschen eines gebremsten Schienenrads auf der Schiene verursacht Flachstellen auf der Lauffläche. Es waren keine Flachstellen festzustellen. An den Laufflächen der Pneuräder war kein auffälliger Abrieb festzustellen, der auf durchdrehende Pneu auf den Reibtrommeln hindeutete. Ungenügende Haftreibung zwischen den Schienen und den Schienenrädern kann damit ausgeschlossen werden.

Die Reibtrommeln hatten keinen genügenden Kontakt zu den Pneurädern. Der Dumper rutschte somit nicht talwärts, er rollte auf den ungebremsten Schienenrädern weg.

3.2 Organisatorische Aspekte

Der Dumper war ordnungsgemäss zugelassen für das Befahren der Strecke zwischen dem Berninapass und Poschiavo.

Es wurden keine Mängel festgestellt, die auf einen vernachlässigten Unterhalt des Dumpers deuteten.

Der Maschinist hat für die Bedienung des Dumpers auf Eisenbahngleisen eine Schulung erhalten und eine Prüfung darüber abgelegt. Die praktische Schulung des Eingleisvorgangs erfolgte auf einem gefällefremden Gleis am Campus Sursee. Was bei einem inkorrekten Eingleisvorgang auftreten könnte und welche Gegenmassnahmen zu treffen sind, konnte in der Praxis nicht geübt werden.

3.3 Betriebliche oder prozessuale Aspekte

Die RhB hat für den Einsatz des Dumpers spezifische Betriebsvorschriften erlassen. Das Vorgehen für das Ein- und Ausgleisen war in einer Arbeitsanweisung des Fahrzeughalters beschrieben.

Die Anweisungen gehen von einer korrekten Umsetzung des Eingleisvorgangs aus. Eine zusätzliche Sicherung gegen mögliches Wegrollen wird nicht näher beschrieben.

3.4 Menschliche Aspekte

Der Maschinist vertraute der Angabe seines Kollegen, wonach das hintere Schienenfahrwerk genügend abgesenkt sei. Dabei berührte die Reibtrommel zwar das Pneurad, eine Kraftübertragung konnte in dieser Stellung jedoch nicht erfolgen. Der Maschinist schaltete auf die Bedienung des vorderen Schienenfahrwerks und begann dessen Absenkung. Nachdem auch die vorderen Pneuräder vom Boden abgehoben waren, wurde der Maschinist vom Wegrollen des Dumpers überrascht.

Was genau er dann unternommen hatte, konnte nicht mehr in Erfahrung gebracht werden. Er musste, aufgrund der Feststellungen im Rahmen der Untersuchungen, während des Wegrollens auf das hintere Schienenfahrwerk geschaltet haben.

Bereits nach kurzer Strecke rollte der Dumper in den einspurigen Tunnel. Ein Abspringen war da nicht mehr möglich.

4 Schlussfolgerungen

4.1 Befunde

4.1.1 Technische Aspekte

- Der Dumper war technisch in einem funktionalen Zustand.
- Der Dumper rollte auf den ungebremsten Schienenrädern weg.

4.1.2 Organisatorische Aspekte

- Der Dumper war ordnungsgemäss für die befahrene Strecke zugelassen.
- Der Maschinist war für das Ein- und Ausgleisen des Dumpers geschult und geprüft.

4.1.3 Betriebliche oder prozessuale Aspekte

- Für den Ein- und Ausgleisvorgang wurden Betriebsvorschriften und eine Arbeitsanweisung erstellt.
- Explizite Vorgaben gegen ein ungewolltes Wegrollen beim Ein- oder Ausgleisen sind nicht vorgegeben.

4.1.4 Menschliche Aspekte

- Der Maschinist war nicht vorbereitet darauf, mit welchen Massnahmen einem ungewollten Wegrollen begegnet werden kann.
- Der Maschinist konnte sich nicht mehr an seine Handlungen nach dem Wegrollen erinnern.

4.2 Ursachen

Die Kollision eines Zweiwegefahrzeugs (Dumper) mit einer Bauzugkomposition am 17. November 2023 in einem Tunnel oberhalb von Poschiavo ist auf das unbeabsichtigte Herbeiführen von ungebremsten Schienenachsen während des Eingleisens zurückzuführen, worauf der Dumper im starken Gefälle wegrollte.

Zum Unfall haben beigetragen:

- Der Maschinist vertraute auf die Angabe seines Kollegen, wonach der Absenkvorgang des hinteren Schienenfahrwerks abgeschlossen sei.
- Eine zusätzliche Sicherung des Dumpers gegen ungewolltes Wegrollen während des Eingleisvorgangs wurde nicht ausgeführt. Eine solche war in den Betriebsvorschriften auch nicht explizit vorgesehen.

5 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

5.1 Sicherheitsempfehlungen

Keine

5.2 Sicherheitshinweise

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 VSZV⁴:

Art. 56 Informationen zur Unfallverhütung

Die SUST kann allgemeine sachdienliche Informationen zur Unfallverhütung veröffentlichen.

5.2.1 Sicherung eines Zweibegefahrzeugs gegen Wegrollen beim Ein- und Ausgleisen

5.2.1.1 Sicherheitsdefizit

Während des Ein- oder Ausgleisvorgangs bei Zweibegefahrzeugen bleibt eine Schienenachse für einen kurzen Zeitraum ungebremst. In diesem Zeitraum muss die jeweils andere Achse die gesamte Festhaltekraft aufbringen. Ist diese Festhaltekraft ungenügend – insbesondere in starken Gefällen –, rutscht oder rollt das Fahrzeug weg. Eine Absicherung gegen diese Gefahr wird kaum geschult und in Betracht gezogen.

5.2.1.2 Sicherheitshinweis Nr. 39

Zielgruppe: Halter von Zweibegefahrzeugen und deren Maschinisten

Die Halter von Zweibegefahrzeugen und deren Maschinisten sollten Massnahmen definieren und implementieren, welche eine wirksame Sicherung gegen unbeabsichtigtes Wegrollen von Fahrzeugen beim Ein- und Ausgleisen in Gefällen sicherstellen.

⁴ Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014 (Stand am 1. Juli 2024) (SR 742.161)

5.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.

- Die RhB hat alle Unternehmen, die Zweiwegefahrzeuge auf dem Netz der RhB einsetzen, mit einem Schreiben auf den Vorfall aufmerksam gemacht und auf die Gefahren hingewiesen.
- Die RhB hat ein Merkblatt erstellt und verteilt, das den Ein- und Ausgleisprozess detailliert beschreibt und auf die spezifischen Risiken hinweist.
- Die Betriebsanweisungen der Fahrzeuge wurde überarbeitet, um den Ein- und Ausgleisprozess präziser zu definieren.
- Spezialisten der RhB werden Lösungsvarianten für die Durchführung periodischer Kontrollen ausarbeiten.

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

Bern, 13. August 2024

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle