



Abschlussbericht

der Schweizerischen

Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über einen LKW-Brand auf einem
Autoverladezug im Furkatunnel

vom 7. November 2023

in Realp (UR)

Reg.-Nr. 2023110702

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 ihre Funktionen unabhängig von ihrem Geschlecht die männliche Form verwendet.

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

Inhaltsverzeichnis

Glossar.....	6
1 Zusammenfassung	7
1.1 Kurzdarstellung	7
1.2 Überblick	7
1.3 Ursachen.....	7
1.4 Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise.....	8
2 Sachverhalt.....	9
2.1 Ort des Ereignisses.....	9
2.2 Untersuchung.....	10
2.3 Vorgeschichte Autoverladezug	10
2.4 Ablauf des Ereignisses	10
2.5 Schäden	12
2.5.1 Personen	12
2.5.2 Infrastruktur.....	12
2.5.3 Fahrzeuge.....	12
2.5.4 Dritte	12
2.6 Beteiligte und betroffene Personen.....	12
2.6.1 Bahnpersonal	12
2.6.2 LKW-Fahrer	12
2.7 Beteiligte und betroffene Unternehmen	13
2.7.1 Infrastrukturbetreiberin	13
2.7.2 Fahrzeughalter	13
2.7.3 LKW-Halter	13
2.8 Infrastruktur.....	13
2.8.1 Bahnanlage	13
2.8.2 Fahrleitung Tunnel.....	13
2.8.3 Leittechnik.....	14
2.8.4 Mobilnetz GSM	14
2.8.5 Funkverbindung.....	15
2.9 Fahrzeuge.....	15
2.9.1 Zug.....	15
2.9.2 LKW	17
2.10 Kommunikation	19
2.11 Auswertung der Datenaufzeichnung.....	19
2.11.1 Fahrdaten Autoverladezug Nr. 2450	19
2.11.2 Datalogger – Tracker LKW	20
2.11.3 Gesprächsaufzeichnung Alarm Rettung 144	20

2.11.4	Video Verladerampe in Oberwald.....	20
2.11.5	Kontrollschilderfassung an den Kassen	20
2.12	Besondere Untersuchungen	20
2.12.1	Wetter, Sichtverhältnisse	20
2.12.2	Feuer	21
2.12.3	Prozesse / Zusammenarbeit.....	21
2.12.4	Signalisation und Informationen über die maximal zulässige Verladehöhe	21
2.12.5	Alarmierung im Notfall	22
2.13	Regelungen und Funktionsbeschreibungen	24
2.13.1	Betriebsvorschriften Furkatunnel	24
2.13.2	Ergänzung zu den Verladevorschriften	24
2.13.3	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV) (Stand: 01.11.2020)	25
2.13.4	Fahrdrahthöhe Strecke Oberwald–Realp	26
2.14	Weitere Untersuchungen	26
2.14.1	Autoverlad Lötschberg und Simplon.....	26
2.14.2	Autoverlad Vereina	27
2.14.3	Auskünfte von Fahrern beim Autoverlad am Lötschberg und am Vereina	27
3	Analyse	28
3.1	Technische Aspekte.....	28
3.1.1	Fahrleitung, Höhe über SOK und Sicherheitsabstand.....	28
3.1.2	Autoverladezug.....	28
3.1.3	LKW	29
3.1.4	Signalisation und Informationen über die maximal zulässige Höhe	29
3.2	Organisatorische Aspekte.....	29
3.2.1	Profilkontrolle beim Verladen.....	29
3.2.2	Kundeninformation im Ereignisfall auf den Autoverladezügen	30
3.3	Betriebliche oder prozessuale Aspekte.....	30
3.3.1	Verladevorschriften und Typenzeichnungen Rampen- und Verladewagen	30
3.4	Menschliche Aspekte	31
4	Schlussfolgerungen.....	32
4.1	Befunde.....	32
4.1.1	Technische Aspekte	32
4.1.2	Organisatorische Aspekte	33
4.1.3	Betriebliche oder prozessuale Aspekte	33
4.1.4	Menschliche Aspekte.....	33
4.2	Ursachen.....	34
5	Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen	35
5.1	Sicherheitsempfehlungen	35

5.1.1	Automatisches Kontrollportalsystem Furkatunnel	35
5.1.2	Aufenthalt der Fahrer von Grossraumfahrzeugen in der Kabine	36
5.1.3	Verhalten im Notfall auf den Autoverladezügen	36
5.2	Sicherheitshinweise	36
5.2.1	Abweichungen zwischen Betriebsvorschriften, technischen Angaben und dem Sollzustand der Fahrleitung	36
5.3	Seit dem Unfall getroffene Massnahmen	37

Glossar

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung vom 15. Dezember 1983, Stand am 1. November 2020 (SR 742.141.11)
BV	Betriebsvorschrift
EBV	Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung) vom 23. November 1983, Stand am 1. November 2020 (SR 742.141.1)
FDL	Fahrdienstleiter
FDV	Schweizerische Fahrdienstvorschriften (R 300.1–.15) vom 4. November 2019, Stand am 1. Juli 2020 (SR 742.173.001)
FL	Fahrleitung
GSM	Global System Mobile
KWRO	Kantonale Walliser Rettungsorganisation
SOK	Schienenoberkante

1 Zusammenfassung

1.1 Kurzdarstellung

Am 7. November 2023 um 15:46 Uhr brach während der Fahrt des MGB-Autoverladezuges Nr. 2450 durch den Furkatunnel im LKW, der auf dem letzten Rampenwagen geladen war, ein Feuer aus. Der LKW-Fahrer konnte nach der Ausfahrt aus dem Tunnel im Bahnhof Realp kurz vor der Verladerampe durch die linke Türe aus seiner Fahrerkabine springen. Er erlitt schwere Verbrennungen.

1.2 Überblick

Verkehrsmittel Eisenbahn

Beteiligte Unternehmen

Eisenbahnverkehrsunternehmen Matterhorn Gotthard Bahn Verkehrs AG (MGB), Brig

Infrastrukturbetreiberin Matterhorn Gotthard Infrastruktur AG (MGI), Brig

Weitere Unternehmen Cabana AG, Herisau

Beteiligte Fahrzeuge

Lokomotive HGe 4/4 II 108	Halter MGB
Rampenwagen Sklv 4801	Halter MGB
Lastwagen MAN TGX 26.400	Halter Cabana AG

1.3 Ursachen

Der Brand des Lastwagens im Furkatunnel ist darauf zurückzuführen, dass im Bereich des Spurwechsels Rotondo ein Lichtbogen zwischen der Antenne des LKWs und der Fahrleitung entstanden ist. Der entstandene Kurzschlussstrom, der über den LKW zur Erde floss, führte dazu, dass die Kabine des LKWs in Brand geriet.

Zur Ursache haben die folgenden Faktoren beigetragen:

- Die Antenne des LKWs wurde nicht abmontiert.
- Die Überschreitung der vorgeschriebenen maximalen Verladehöhe wurde bei der visuellen Kontrolle nicht bemerkt.

Im Rahmen der Untersuchung konnten folgende Risiken erkannt werden:

- Die Fahrleitung im Bereich des Spurwechsels Rotondo war zu tief montiert. Die Höhe der Fahrleitung entsprach nicht der minimalen Höhe gemäss dem Ladeprofil (Oberwald-Realp).
- Die Verladevorschriften, die internen Vorgaben der MGB betreffend die Höhe der Eisenbahnfahrzeuge sowie die Strassensignalisation bei den Verladerampen und die Angaben auf der Website der MGB weichen voneinander ab.
- Eine Selbstrettung des LKW-Fahrers ist nahezu unmöglich.
- Die zum Teil fehlende Alarmierungsmöglichkeit und die uneinheitlichen Verhaltensanweisungen sind für die Benutzer der Autoverladezüge irritierend und gefährden im Ereignisfall Leben.

1.4 Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

Mit diesem Bericht werden drei Sicherheitsempfehlungen und ein Sicherheitshinweis ausgesprochen.

2 Sachverhalt

2.1 Ort des Ereignisses



Abbildung 1: Übersichtskarte Unfallort (Quelle der Karte: Bundesamt für Landestopografie).

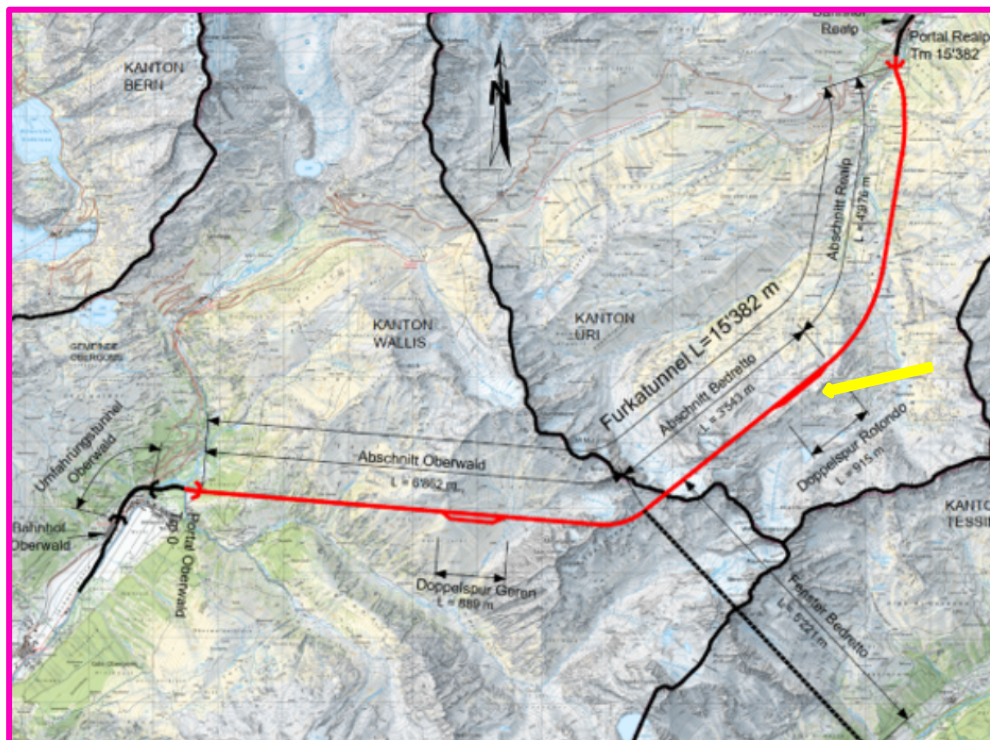


Abbildung 2: Übersichtskarte Furkatunnel. Gelber Pfeil: Ereignisort (Quelle: MGB, Ergänzungen SUST).

2.2 Untersuchung

Die Meldung über den Brand eines LKWs in Realp traf am 7. November 2023, um 16:42 Uhr ein.

Für die Untersuchung standen zur Verfügung:

- Bestandsaufnahme auf der Unfallstelle;
- Fotos;
- Vergleichbarer LKW;
- Diverse MGB-Vorschriften;
- Fahrdaten des Zuges;
- LKW-Datalogger;
- Technische Unterlagen LKW;
- Technische Unterlagen Rampenwagen;
- Technische Unterlagen Infrastruktur;
- Kartenmaterial;
- Gleispläne;
- Befragungen der Beteiligten;
- Auskünfte von LKW- und PW-Fahrern;
- Diverse Dokumentationen und Pläne vom Autoverlad Vereina und Lötschberg / Simplon.

2.3 Vorgeschichte Autoverladezug

Der Autoverladezug Nr. 2450 war am Tag des Ereignisses wie folgt formiert:

An der Spitze befand sich die Lokomotive HGe 108, gefolgt von einem Rampenwagen (Rwg), acht Verladewagen (Vwg), zwei Rwg und am Schluss einem Steuerwagen (BDt) (Abbildung 3).

Der Zug war sehr gut ausgelastet. Der LKW (Blau) befand sich am Schluss des Zuges auf dem letzten Rampenwagen (Abbildung 3).

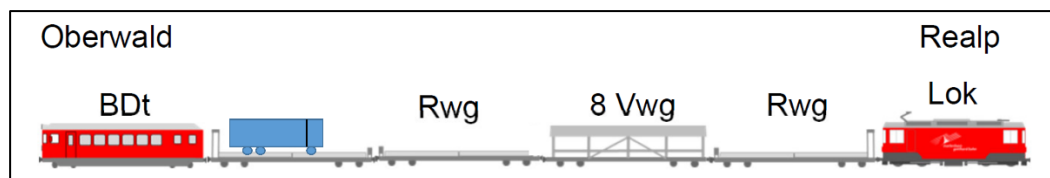


Abbildung 3: Zusammensetzung des Autoverladezuges Nr. 2450 (Quelle: Grunddokument MGB, Ergänzung SUST).

2.4 Ablauf des Ereignisses

Der Autoverladezug Nr. 2450 verliess den Bahnhof Oberwald um 15:37 Uhr (Fahrplan 15:35 Uhr).

Die Fahrt verlief von Oberwald bis kurz vor dem Doppelspurabschnitt «Rotondo» ohne besondere Vorkommnisse. Gegen 15:45 Uhr war der Zug im Bereich des

Doppelspurabschnittes Rotondo (Tunnel km 7.0) unterwegs (Abbildung 2). Der LKW-Fahrer hörte in seiner Kabine einen «Knall», woraufhin ein Feuer ausbrach. Gegen 15:46 Uhr ging ein Notruf des LKW-Fahrers bei der Zentrale der kantonalen Walliser Rettungsorganisation (KWRO) ein. Er meldete, dass sein Fahrzeug in Brand geraten sei. Die Einsatzzentrale stellte eine Verbindung mit der Feuerwehr her.

Aufgrund der knappen Platzverhältnisse zwischen dem LKW und den Tunnelwänden konnte der LKW-Fahrer während der Fahrt innerhalb des Tunnels seine Kabine nicht verlassen. Gegen 15:50 Uhr, als der Autoverladezug aus dem Tunnelportal Realp kam, stand der auf dem letzten Rampenwagen beladene LKW in Brand. Der Lokführer, der die Rückspiegel der Lokomotive öffnete, stellte eine Rauchentwicklung am Schluss des Zuges fest. Kurz darauf erhielt er einen Anruf von der Leitstelle, die ihn über den Brand in Kenntnis setzte. Der LKW-Fahrer konnte dann, kurz vor der Verladerampe, durch die linke Türe aus seiner Kabine herausspringen.

Eine Person, die sich im Bereich der Verladerampe befand, beobachtete die Situation. Sie begab sich zum LKW-Fahrer und leistete bis zur Ankunft der Sanitäter erste Hilfe.

Der Zug hielt an der Verladerampe an und alle anderen Fahrzeuge, die vor dem LKW beladen waren, wurden abgeladen. Danach wurde der Autoverladezug vorgezogen, bis der letzte Rampenwagen mit dem brennenden LKW am Rampenperon stand (Abbildung 4).

Die aufgebotenen Rettungskräfte, d. h. das Tunnel Rettungsteam der MGI und die Ortsfeuerwehr, löschten anschliessend den Brand.



Abbildung 4: Der brennende LKW bei der Verladerampe. Gelbes Rechteck: Begrenzungsseil mit schwarzen Lamellen (Quelle: MGB).

2.5 Schäden

2.5.1 Personen

Der LKW-Fahrer wurde mit schweren Verbrennungen ins Spital überführt.

2.5.2 Infrastruktur

Im Bereich des Doppelspurabschnittes «Rotondo» sind an der Fahrleitung frische Funkenspuren sichtbar (Abbildung 5).

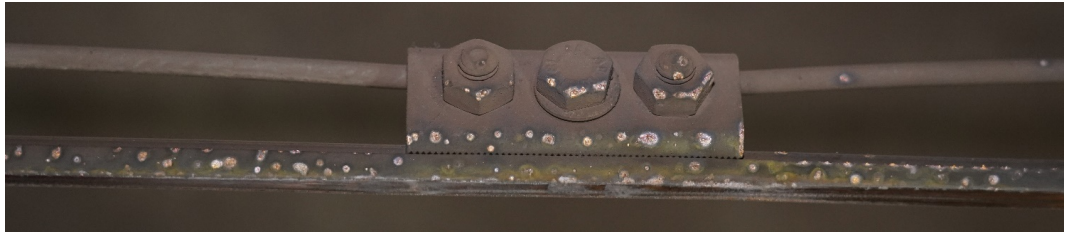


Abbildung 5: Funkenspuren an der Fahrleitung (Quelle: Kapo Uri).

Bei der Verloaderampe in Realp wurde die Fahrleitung durch das Feuer beschädigt.

2.5.3 Fahrzeuge

Der Rampenwagen Sklv 4801 (Abbildung 4) wurde durch die Wärme des Brandes beschädigt.

2.5.4 Dritte

Der LKW erlitt Totalschaden.

2.6 Beteiligte und betroffene Personen

2.6.1 Bahnpersonal

2.6.1.1 Lokführer MGB

Person	Jahrgang 1969 Anstellung bei MGB Dienstort Oberwald
Berechtigung	Ausweis Kat. B

2.6.1.2 Rampenwärter Oberwald

Person	Jahrgang 1992 Dienstort Oberwald / Realp
Berechtigung	Ausbildung / Anstellung MGB als Rampenwärter vorhanden Erfahrung in dieser Funktion: 1.5 Jahre.

2.6.2 LKW-Fahrer

Person	Jahrgang 1995 Anstellung bei Cabana AG Dienstort Herisau
Berechtigung	LKW-Führerausweis vorhanden

2.7 Beteiligte und betroffene Unternehmen

2.7.1 Infrastrukturbetreiberin

Matterhorn Gotthard Infrastruktur AG (MGI), Brig

2.7.2 Fahrzeughalter

Matterhorn Gotthard Bahn Verkehrs AG (MGB), Brig

2.7.3 LKW-Halter

Cabana AG, Herisau

2.8 Infrastruktur

2.8.1 Bahnanlage

2.8.1.1 Beschreibung

Der Furkatunnel wurde zwischen 1970 und 1982 gebaut und bildet die Ost-West-Verbindung zwischen dem Kanton Uri und dem Kanton Wallis. Der Tunnel ist mehrheitlich einspurig. Doppelspurabschnitte sind in Geren (889 m) und Rotondo (915 m) vorhanden (Abbildung 2). Die Tunnellänge beträgt 15 384 m.

2.8.1.2 Feststellung

Die Rampen in den Bahnhöfen Oberwald und Realp haben keine fest eingerichteten Portale zur Kontrolle der maximalen Höhe von Fahrzeugen. Dem Rampenmitarbeiter steht eine Leiter für die Höhenvermessung oder zur Demontage einer Antenne zur Verfügung. Ein Begrenzungsseil mit Lamellen (Abbildung 4) ist entlang der Verladerampe installiert.

2.8.2 Fahrleitung Tunnel

2.8.2.1 Beschreibung

In der Nacht vom 8. auf den 9. November 2023 wurde die Höhe der Fahrleitung (FL) ab Schienenoberkante (SOK) gemessen. Die gemäss den internen Vorgaben der MGB minimale Fahrleitungshöhe beträgt 4850 mm über SOK. Diese entspricht nicht der minimalen Fahrdrathöhe gemäss den Vorgaben des BAV (siehe Kapitel 2.13.4)

Kilometrierung [km]	Höhe Fahrleitung ab SOK [mm]
6.6	4880
6.8	4800
7.0	4740
7.2	4840
7.4	4840
7.6	4790
7.8	4840
8.0	4830
8.2	4830
8.4	4820
8.6	4870

Kilometrierung [km]	Höhe Fahrleitung ab SOK [mm]
8.8	4890
9.0	4870
9.2	4810
9.4	4820
9.6	4840
9.8	4830
10.0	4840
10.2	5020
10.4	4880
10.5	4810

Tabelle 1: Fahrleitungshöhe im Bereich des Doppelspurabschnittes Rotondo.

2.8.2.2 Feststellung

Die Speisung der Fahrleitung im Tunnel ist mit 11 kV 16.7 Hz von Ulrichen und Andermatt sichergestellt.

Um 15:45 Uhr hatten sich beide Unterwerke aufgrund eines Kurzschlusses an der Fahrleitung mit 7 kA bzw. 3 kA Scheitelwert (als der Zug vor Rotondo unterwegs war) abgeschaltet. Nach einer automatischen Überprüfung wurde die Fahrleitung wieder unter Spannung gesetzt.

Eine zweite Abschaltung der Fahrleitung erfolgte um 15:56 Uhr, als der Brand des LKWs die Fahrleitung an der Rampe im Bahnhof Realp durchgeschmolzen hatte.

Beim Spurwechsel Rotondo fanden in den Nächten vor dem Unfall Bauarbeiten statt. Es wurden Bohrungen sowie Befestigungen am Tunnelgewölbe im Bereich der Fahrleitung durchgeführt.

2.8.3 Leittechnik

2.8.3.1 Beschreibung

Die Strecke Realp–Oberwald wird über das Leitsystem Ittis bedient und überwacht.

2.8.3.2 Feststellung

Die Auswertung der Ittis-Aufzeichnung ergab, dass um 15:45 Uhr der Zug Nr. 2450 das Gleis kurz vor dem Spurwechsel Rotondo belegte (Abbildung 6).

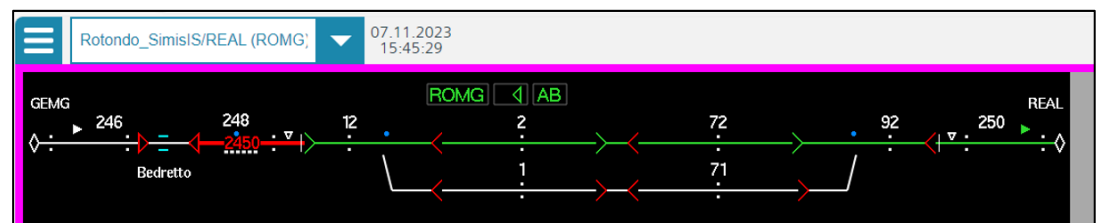


Abbildung 6: Auszug Ittis-Aufzeichnung um ca. 15:45 Uhr.

2.8.4 Mobilnetz GSM

2.8.4.1 Beschreibung

Der Tunnel ist für die Kommunikation mit dem GSM-Netz ausgerüstet.

2.8.4.2 Feststellung

Der LKW-Fahrer konnte mit seinem Mobiltelefon die Rettungskräfte alarmieren. Er wählte dafür die Notfallnummer 144. Sein Anruf wurde an die Kantonale Walliser Rettungsorganisation (KWRO) geleitet.

2.8.5 Funkverbindung

Die Rampenwärter, der Lokführer, die Mitarbeiter an der Kasse und die Betriebsleitzentrale sind alle mit Funk ausgerüstet.

2.9 Fahrzeuge**2.9.1 Zug****2.9.1.1 Beschreibung**

Der Autoverladezug Nr. 2450 bestand aus folgenden Fahrzeugen:

Lokomotive HGe 4/4 II 108 an der Spitze eingereiht,

Sklv 4802 Sklv 4827, Sklv 4814, Sklv 4812, Sklv 4815, Sklv 4820, Sklv 4826, Sklv 4824, Sklv 4818, Sklv 4805, Sklv 4801 und BDt 4363.

Die Rampenwagen (Sklv 4802, 4801, 4805) sind nicht mit einem Dach versehen. Sie verfügen nur über einen schmalen Schutzbogen (Anlage 2, Abbildung 21) auf der Lokseite bzw. auf der Seite des Steuerwagens BDt.

Die Verladewagen sind bis zum Wagenende überdacht (Anlage 2, Abbildung 22). Nur der Wagenübergang (450 mm) ist nicht gedeckt.

Der Rampenwagen Sklv Nr. 4801 beförderte den LKW. Das Chassis des Rampenwagens ist durch das Erdungssystem Tibram mit dem Radsatz verbunden.

2.9.1.2 Feststellung**2.9.1.2.1 Rampenwagen**

Gemäss Typenzeichnung des Rampenwagens (Anlage 2, Abbildung 21) beträgt seine maximale Höhe (Bandage neu) 4650 mm über SOK. Auf dem betroffenen Wagen wurde die Höhe des Schutzbogens am Schluss des Rampenwagens mit 4638 mm (Wagenbodenhöhe 938 mm infolge abgenutzter Räder) über SOK gemessen. Es waren keine Kurzschluss Spuren auf dem Schutzbogen sichtbar.

Das Erdungskabel (50 mm²) mit der Zange wurde ordnungsgemäss an der Hebebühne des LKWs angebracht (Abbildung 7).



Abbildung 7: Am Chassis des LKWs angebrachte Erdungszange.

Der Kabelschuh für die Erdung war beim Chassis des Rampenwagens abgerissen und wies Lichtbogenspuren auf (Abbildung 8). Eine Zugentlastung des Kabels, die ein Einknicken des Kabelschuhs verhindert hätte (Anlage 4, Abbildung 24), war nicht vorhanden.



Abbildung 8: Abgerissener Kabelschuh, Lichtbogenspuren auf der Befestigungsschraube.

2.9.1.2.2 Verladewagen

Gemäss Typenzeichnung des Verladewagens (Anlage 2, Abbildung 22) beträgt seine maximale Höhe (Bandage neu) 4670 mm über SOK.

2.9.2 LKW

2.9.2.1 Beschreibung

Der LKW ist mit einer vollen Luftfederung (vorne und hinten) ausgerüstet. Die Luftfederung kann vom Fahrer manuell gesteuert werden und ist unabhängig vom Motorenzustand. Der Hub der Luftfederung beträgt ca. 65 mm.

Die Antenne ist auf dem vorderen Teil des Kabinendachs, leicht exzentrisch, angebracht. Die ca. 400 mm lange flexible Antenne kann von ihrem 80 mm hohen Sockel abgeschraubt werden (Abbildung 13).

Die seitlichen Fenster sind elektrisch.



Abbildung 9: Foto des LKWs mit der Antenne (Quelle: Cabana AG).

2.9.2.2 Typenzeichnung: Abmessungen LKW und Rampenwagen

Der LKW wurde für seine Zulassung durch das Verkehrsamt des Kantons St. Gallen am 28. Juli 2023 vermessen. Im Prüfbericht (Form. 13.20A) wurde die gemessene Höhe von 3650 mm (Luftfederung aktiv, ohne Antenne) eingetragen (Abbildung 10).

Die Luftfederung des LKWs wurde vom LKW-Halter speziell für den Verlad im Furkatunnel bestellt.

Auf der Auftragsbestätigung des Kastenherstellers wurde eine Gesamthöhe (Eckhöhe), mit abgesenkter Luftfederung, von 3530 mm angegeben.

Gemäss Typenskizze ist der LKW ohne ausgeklappte Rückspiegel 2550 mm breit.

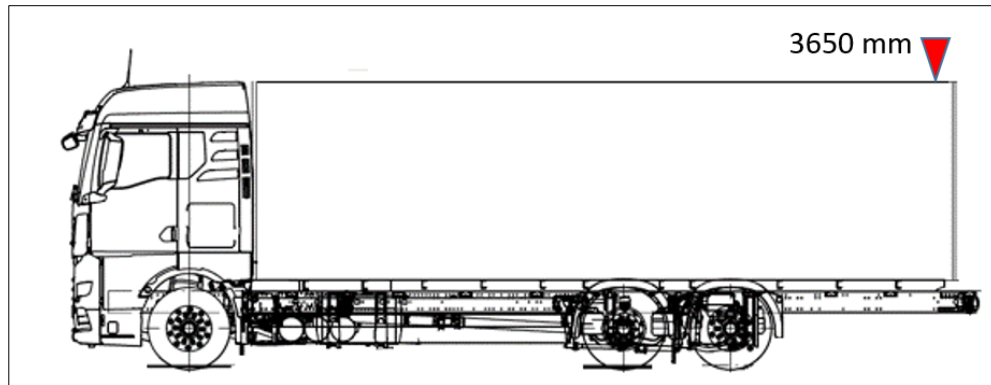


Abbildung 10: Typenzeichnung LKW (Quelle: MAN, Ergänzung SUST).

Mit abgesenkter Luftfederung beträgt die maximale Höhe, inklusiv aufgerichteter Antenne, bei einem typengleichen LKW 3900 mm.

Die Höhe der Verladefläche vom Rampenwagen beträgt 950 mm (Rad neu) über SOK. Der betroffene Rampenwagen hatte eine Höhe von 938 mm.

Es sind zwei Fälle zu betrachten:

- Der LKW fährt von der Rampe auf den Rampenwagen oder umgekehrt: Die Luftfederung ist in der Position "Fahren". Die Höhe des LKWs beträgt 3965 mm (inkl. aufgerichteter Antenne). Die gesamte Höhe (3965 mm + 950 mm) ab SOK beträgt 4915 mm. In dieser Situation ist der LKW nicht geerdet.
- Der LKW steht auf dem Rampenwagen und die Luftfederung ist in der Position «abgesenkt». Die Gesamthöhe ab SOK beträgt 4850 mm (3900 mm + 950 mm) (Abbildung 11). In dieser Situation ist der LKW geerdet.

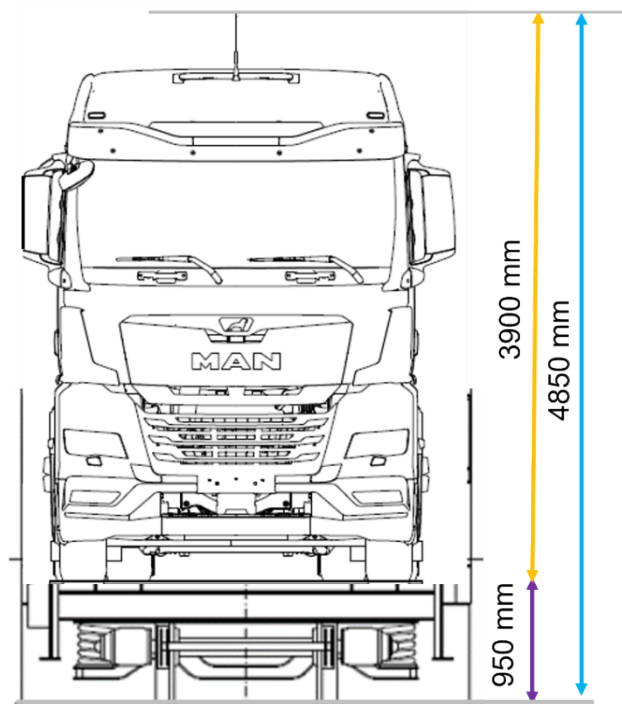


Abbildung 11: Typenzeichnung LKW mit aktiver Luftfederung beladen auf dem Rampenwagen, inkl. aufgerichteter Antenne (Raddurchmesser neu). (Quelle: Zeichnungen MAN und MGB, Zusammensetzung und Ergänzungen durch SUST).

Somit betrug am Unfalltag die Gesamthöhe (mit aufgerichteter Antenne) mit der abgesenkten Luftfederung (3900 mm) und mit dem Rampenwagen (effektiver Rad-durchmesser von 938 mm) 4838 mm.

2.9.2.3 Feststellung

Die Antenne wurde mit Schmelzspuren auf dem Rampenwagenboden hinter dem LKW gefunden. Das Befestigungsgewinde war geschmolzen (Abbildung 12).

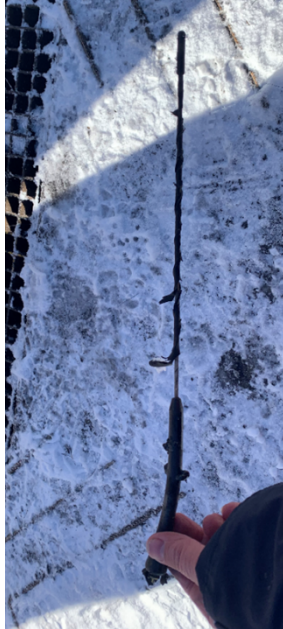


Abbildung 12: Antenne mit Schmelzspuren, gefunden auf dem Rampenwagenboden hinter dem LKW.

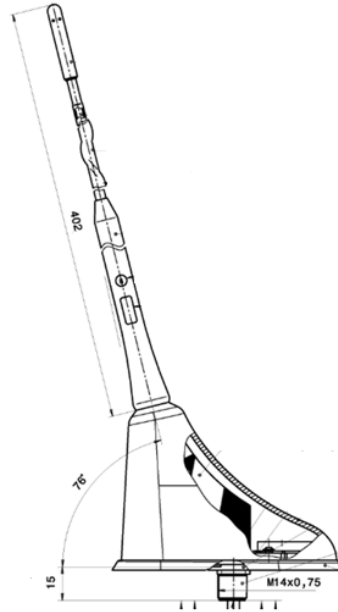


Abbildung 13: Zeichnung der Antenne (Quelle: MAN).

Auf der 24 V-Batterie wiesen die Kupferkabel der Batterieanschlüsse Kurzschluss-spuren und Schmelzspuren auf. Die +/- Kabel waren nicht mehr mit den Klemmen verbunden. Der LKW war somit stromlos.

2.10 Kommunikation

Die Betriebsleitzentrale der MGI wurde um 15:50 Uhr von der kantonalen Einsatz-zentrale Wallis über den Vorfall in Kenntnis gesetzt. Ein Lokführer, der in der Gegenrichtung durch den Bahnhof Realp unterwegs war, meldete dem Fahrdienstleiter (FDL) das Ereignis ebenfalls.

Danach nahm der FDL Kontakt mit dem Lokführer auf und informierte ihn über den Brandausbruch. Zu diesem Zeitpunkt war der Zug schon ausserhalb des Tunnels in Realp unterwegs.

2.11 Auswertung der Datenaufzeichnung

2.11.1 Fahrdaten Autoverladezug Nr. 2450

Die Fahrdaten wurden ausgewertet. Die Auswertung (Anlage 1, Abbildung 20) ergab Folgendes:

- Die Fahrt vom Bahnhof Oberwald bis zum Spurwechsel Rotondo dauerte 8 Minuten und 53 Sekunden. Im Bereich des Spurwechsels Rotondo um 15:44 Uhr war der Zug mit ca. 80 km/h unterwegs.
- Um 15:45 Uhr reduzierte sich die Geschwindigkeit bis auf 56 km/h. Nach weiteren etwa 20 Sekunden beschleunigte der Zug wieder bis auf ca. 80 km/h.
- Mittels einer Betriebsbremsung kam der Zug um 15.53 Uhr an der Verladerampe in Realp zum Stillstand. Vier Minuten später wurde der Zug vorgezogen.
- Die Hauptschalterauslösung der Lok wird nicht aufgezeichnet.

2.11.2 Datalogger – Tracker LKW

Der LKW besitzt ein Erfassungssystem für die Lokalisation sowie die Aufzeichnung der Geschwindigkeit. Der LKW ist rund 15 Minuten vor dem Verlad in Oberwald angekommen.

2.11.3 Gesprächsaufzeichnung Alarm Rettung 144

Die Auswertung der Aufzeichnung ergab, dass der Notruf um 15.46 Uhr, als der Zug im Bereich des Doppelspurabschnittes Rotondo unterwegs war, vom LKW-Fahrer ausgelöst wurde. Der LKW-Fahrer meldete einen Brand in seiner Kabine. Nach ersten Abklärungen durch die KWRO wurde zwischen dem LKW-Fahrer und der Feuerwehr eine telefonische Verbindung hergestellt. Gleichzeitig wurden die Rettungsdienste in Realp aufgeboten.

2.11.4 Video Verladerampe in Oberwald

Die Auswertung der Videoaufzeichnung der Verladerampe in Oberwald ergab Folgendes:

- Um 15:19 Uhr kam der LKW an der Verladerampe in Oberwald an.
- Um 15:33 Uhr begann die Verladung der ersten Fahrzeuge.
- Um 15:35 Uhr setzte sich der LKW als letztes Fahrzeug in Bewegung und parkierte rückwärts auf dem hintersten Rampenwagen.
- Um 15:37 Uhr verliess der Autoverladezug Nr. 2450 den Bahnhof Oberwald.

2.11.5 Kontrollschilderfassung an den Kassen

An den Kassen in Oberwald und Realp erfasst ein automatisches System die Kontrollschilder der Fahrzeuge. Die Transportleistungen durch den Furkatunnel werden den Geschäftskunden aufgrund dieser Erfassung in Rechnung gestellt.

Die Auswertung der Daten des Kontrollschilderfassungssystems zwischen Januar 2023 und dem Unfalltag ergab, dass das Kontrollschild des betroffenen LKWs erstmalig am Unfalltag in Oberwald erfasst wurde.

2.12 Besondere Untersuchungen

2.12.1 Wetter, Sichtverhältnisse

Am Nachmittag vom 7. November 2023 betrug die Temperatur in Oberwald ca. 6° C. Es gab keine künstliche Beleuchtung im Tunnel.

2.12.2 Feuer

Der Brand brach im Bereich des Spurwechsels Rotondo in der Kabine des LKWs aus. Bei der Ankunft in Realp hatte sich der Brand bereits stark ausgebreitet.

2.12.3 Prozesse / Zusammenarbeit

Am Tag des Ereignisses waren zwei Mitarbeiter der MGB, einer in Oberwald und einer in Realp, als Rampenwärter im Dienst. Sie waren für die Bedienung der Rampenwagen (Seitenbretter, Abstützungen, Erdung der Strassenfahrzeuge auf den Rampenwagen) sowie für die Einhaltung der Verladerichtlinien zuständig.

Die LKW und Busse können auf dem Rampenwagen sowohl auf der Seite Oberwald als auch auf der Seite Realp verladen werden.

Die Rampenmitarbeiter arbeiten bei den Rangierbewegungen in enger Abstimmung mit dem Lokführer zusammen.

2.12.4 Signalisation und Informationen über die maximal zulässige Verladehöhe

2.12.4.1 Signalisation Verladerampe Realp und Oberwald

Auf der Seite Realp (UR) ist die maximal zulässige Höhe mit 3.5 m angegeben (Abbildung 14).



Abbildung 14: Signalisation Seite Realp.

Auf der Seite Oberwald (VS) ist die maximal zulässige Höhe mit 3.6 m und die Breite mit 2.5 m angegeben (Abbildung 15).

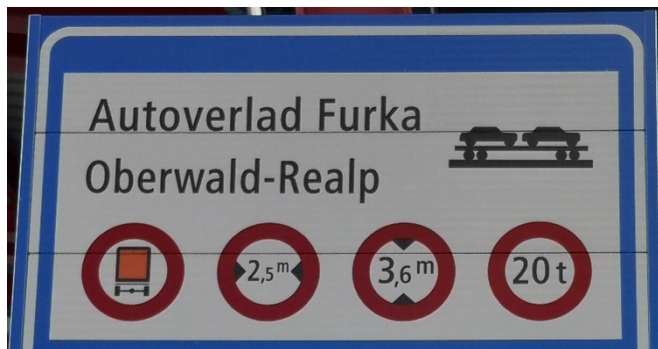


Abbildung 15: Signalisation Seite Oberwald (Quelle: MGB).

2.12.4.2 Information auf der MGB-Website

Auf der MGB- Website waren für den Autoverlad Furka die folgenden Abmessungen für Grossraumfahrzeuge aufgeführt:



Abbildung 16: Auszug MGB-Website Furkatunnel Grossraumfahrzeuge (gültig am Ereignisdatum).

Beim Drive-in-Check gibt es ein dreisprachiges Merkblatt (de/fr/en). Letzteres wird jedoch nicht systematisch abgegeben, da das Ticket entweder an den Kassenautomaten oder online gekauft werden kann. Bei starkem Verkehrsaufkommen hilft ein zweiter Mitarbeiter beim Ticketverkauf vor Ort und händigt bei Bedarf das Merkblatt aus.

2.12.5 Alarmierung im Notfall

Auf den Rampen (Oberwald und Realp) und auf der MGB- Website finden sich folgende Notfallinformationen:

- Notruf-Nr.: 112
- Radiofrequenz UKW 89.40 (SRF1)

Auf jedem Verlade- und Rampenwagen ist ein Notfallknopf (Abbildung 17) an einem Dachpfosten angebracht.



Abbildung 17: Beispiel eines Notfallknopfs an einem Verladewagen.

Wird der Notfallknopf betätigt, blinkt eine rote Lampe im Führerstand auf.

Auf jedem Wagen schreiben sechs Schilder (Abbildung 18) pro Seite (de/fr) Folgendes vor:

- 1. Gang einlegen
- Handbremse anziehen
- Türen nicht öffnen!



Abbildung 18: Schild mit Vorgaben (deutsche Ausführung).

Auf der MGB- Website werden Hinweise zu Störungen gegeben (Abbildung 19).

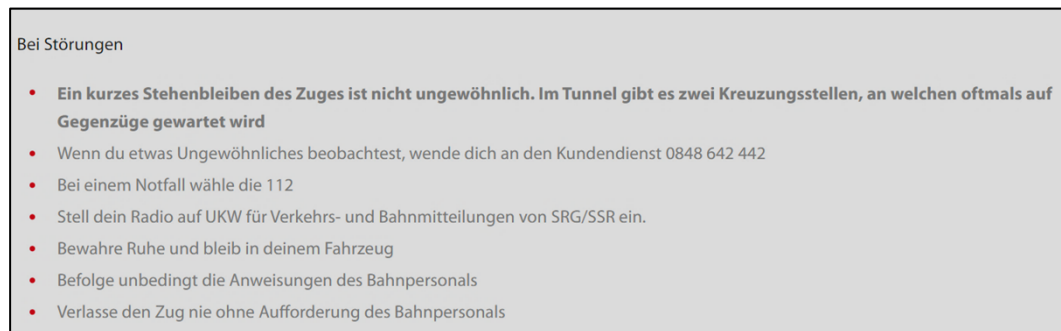


Abbildung 19: Auszug aus dem Text auf der MGB-Website zu Furkatunnel-Störungen.

2.13 Regelungen und Funktionsbeschreibungen

2.13.1 Betriebsvorschriften Furkatunnel

Die MGB hat die Betriebsvorschrift Autoverladewagen Furka «BV 1029 Verlad und Transport von Motorfahrzeugen im Furkatunnel» erstellt. Diese wurde im Oktober 2021 revidiert.

Die Betriebsvorschriften, Teil C Bedienung, Kapitel 4, schreiben Folgendes vor:

4.9. Verlad von Nutzfahrzeugen, Reisecars und Lastwagen

4.9.1. Allgemeines

Dachantennen sind nach Möglichkeit zu demontieren. Falls dies nicht möglich ist, sind sie flach zu biegen oder zu fixieren (Berührungsgefahr mit der Fahrleitung).

4.9.2. Verlad von Reisebussen

Das Bundesamt für Verkehr (BAV) und die MGBahn stufen die mit dem Szenario eines Ereignisses (z. B. eines Grossbrandes) im Reisebus verbundenen Sicherheitsrisiken am Autoverlad Furka als hoch ein. Denn steht ein Bus mit mehr als 16 (15+1) Sitzplätzen und / oder mit einem Gesamtgewicht von über 3.5 Tonnen auf einem Transportwagen des Autozuges, ist das Aussteigen aus dem Fahrzeug nur erschwert möglich, d.h. in den meisten Fällen nur über den Notausgang "Frontscheibe" bzw. "Heckscheibe".

Aus diesem Grund hat die MGBahn entschieden per 01. Juni 2019 Reisebusse mit mehr als 16 (15+1) Sitzplätzen und / oder mit einem Gesamtgewicht von über 3.5 Tonnen auf den Autozügen durch den Furkatunnel nur noch ohne Passagiere zu transportieren. Reisebuspassagiere reisen künftig in den Reisezügen.

4.9.6. Absenkung der Fahrzeuge mit Druckluftfederung

Lastwagen und Reisecars mit einer Druckluftfederung sind nach dem Verlad auf dem Rampenwagen abzusenken.

2.13.2 Ergänzung zu den Verladevorschriften

Eine Ergänzung BA-B 25/2018 zur «BV 1029 Autoverladewagen Furka» wurde am 13. September 2018 erlassen.

Punkt 4 schreibt Folgendes vor:

Bei jedem Grossraumfahrzeug muss die Antenne während dem Transport eingezogen oder abmontiert sein. Dies ist vor dem Verlad zu prüfen, damit ein Kontakt mit der Fahrleitung ausgeschlossen werden kann.

2.13.3 Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung (AB-EBV) (Stand: 01.11.2020)

Die für diesen Unfall relevanten Vorgaben der AB-EBV schreiben in Artikel 44c «Fahrleitungsanlagen» Folgendes vor:

Ziffer 5.2 Abstand zum Boden

Ziffer 5.2.1 Die Höhe der Fahrdrähte (hf) und der mit ihnen verbundenen spannungsführenden Teile über Schienenoberkante oder über Fahrbahn und Radweg muss wenigstens betragen:

Ziffer 5.2.1.1 Minimale Fahrdrathöhe ($hf_{\min, \text{absolut}}$) auf Grundlage der vorhandenen Grenzlinie fester Anlagen:

$$hf_{\min, \text{absolut}} = G_{fa} + f + H + b_e + k$$

G_{fa} : Grenzlinie fester Anlagen

f : Höhenzuschlag bei Kuppen und Wannen der Fahrbahn

H : Höhenzuschlag bei Eisenbahnen mit Rollschemel bzw. Rollbockbetrieb [nicht relevant]

b_e : elektrische Schutzabstand gemäss Ziff. 5.9

k : Sicherheitszuschlag (k) für Meterspur ($0,5 \cdot b_e$, maximal 70 mm)

Ziffer 5.9 Elektrischer Schutzabstand

Ziffer 5.9.1 Zwischen spannungsführenden und nicht unter Spannung stehenden, ganz oder teilweise leitfähigen Teilen muss ein ausreichender elektrischer Schutzabstand vorhanden sein.

Ziffer 5.9.2 Der elektrische Schutzabstand in Luft b_e muss bei einer Fahrdrathennennspannung U_n mindestens betragen:

- auf normalspurigen Strecken, soweit diese nicht in Anhang 5 der EBV aufgeführt sind, die Werte nach SN EN 50119, Ziffern 5.1.3 und 5.1.4.
- auf sonstigen Strecken vorrangig die Werte nach SN EN 50119, Ziffern 5.1.3 und 5.1.4; ist dies nicht möglich, die Werte b_e aus nachfolgender Tabelle:

U_n [kV]	b_e [mm]
$\leq 1,5$	35
$> 1,5 \dots \leq 3,0$	50
$> 3,0 \dots \leq 10,0$	100
$> 10,0$	$10 \cdot U_n$ [kV]

Somit ergibt sich bei der MGB mit einer Fahrleitungsennennspannung von 11 kV:

- ein minimaler elektrischer Schutzabstand von 110 mm gegen geerdete Teile;
- ein Sicherheitszuschlag (k) ($0,5 \times b_e$) von 55 mm bei Fahrzeugen oder Ladungen, die nicht mit der Rückleitung verbunden sind.

2.13.4 Fahrdrathöhe Strecke Oberwald–Realp

2.13.4.1 Minimale Fahrdrathöhe, genehmigte Grenzlinie durch das BAV

Die minimale Fahrdrathöhe stellt ein absolutes Minimum dar, das keinesfalls unterschritten werden darf.

Dieser Wert berechnet sich aus der Höhe der Grenzlinien fester Anlagen (ohne Stromabnehmerraum) und dem elektrischen Schutzabstand sowie einigen Zuschlägen (Kuppen und Wannen, Rollschemel- bzw. Rollbockbetrieb, Erdung von Wagen und Ladung).

Für die Grenzlinie der festen Anlagen (G_{fa}) wurde vom BAV am 21. März 1983 ein Wert von 4700 mm genehmigt.

Daraus ergibt sich für die minimale Fahrdrathöhe ($h_{fmin, absolut}$) folgender Wert:

$$4700 \text{ mm } (G_{fa}) + 110 \text{ mm (Schutzabstand)} + 55 \text{ mm (Sicherheitszuschlag)} = 4865 \text{ mm}$$

2.13.4.2 Definierte minimale Fahrdrathöhe – Unterlagen der MGB

Die MGB-Unterlagen legen mit dem Ladeprofil A (Anlage 5, Abbildung 25) sowie dem Ladeprofil B (Anlage 5, Abbildung 26) eine minimale Fahrdrathöhe von 4850 mm fest.

2.14 Weitere Untersuchungen

Zusätzlich zum Autoverlad Furka untersuchte die SUST die Betriebsprozesse beim Autoverlad Vereina der Rhätischen Bahn (RhB) und beim Autoverlad Lötschberg der BLS. Ziel war es, sowohl die Verhaltensvorgaben für Nutzer bei einem Notfall als auch die Verlagerichtlinien zu vergleichen.

Jedes Unternehmen hat seine eigene Infrastruktur und seine eigenen Vorschriften. Die relevanten Unterschiede, die einen Einfluss auf Unfälle wie jenen bei der MGB in Realp haben, werden in der Anlage 3, Tabelle 2 aufgeführt.

2.14.1 Autoverlad Lötschberg und Simplon

Das Betriebskonzept sieht den Verlad von Strassenfahrzeugen auf überdachten Verladewagen vor. Kleinbusse dürfen nur max. 22 Personen mitführen. Kleine Personenwagen (Höhe < 2.5 m) ohne Aufbauten sind auf den Rampenwagen zugelassen. Grossräumige LKWs oder Reisebusse werden nicht transportiert.

Alle Strassenfahrzeuge fahren durch die ganze Komposition durch.

Bei den Zufahrten zur Kasse sind Kontrollportale eingerichtet, die die folgenden Parameter überprüfen:

- Abmessungen maximale Höhe;
- Thermoerfassung.

Eine Zugkomposition wurde einem Retrofit unterzogen. Der Retrofit der anderen Kompositionen erfolgt intervallweise, wobei die folgenden Anpassungen vorgenommen werden:

- Durchgehende Erdung des Wagenkastens bis zum Radsatz mittels Erdungsbürsten;
- Neue, beleuchtete Anzeigen mit Notfall-Piktogrammen;
- Einbau von Lautsprechern für Durchsagen bei jedem Rampen- bzw. Verladewagen.

Der Autoverlad am Simplon wurde nicht näher betrachtet, da dort die gleichen Vorgaben und Abläufe wie beim Lötschbergtunnel angewendet und zudem keine Grossraumfahrzeuge verladen werden.

2.14.2 Autoverlad Vereina

Beim Autoverlad Vereina sind LKWs bis 4 Meter Eckhöhe zugelassen. Bei den Zufahrten sind Kontrollportale eingerichtet, die die folgenden Parameter überprüfen:

- 3D Vermessungen (max. Höhe und Breite) des Strassenfahrzeuges;
- Thermoerfassung;
- Gewicht kann bei Bedarf erfasst werden.

Unter dem Namen «Betriebskonzept Mischverkehrszug» sind Massnahmen für den Fahrplan 2025 in Vorbereitung:

- Feste Fahrleitung in Tunnel mit Erhöhung auf 5.05 m über SOK aufgrund Verzichts der Erdung bei Grossraumfahrzeugen;
- Neue Rampenwagen (AOS) für 44 t LKWs;
- Verbesserte Signalisation für die Information der Strassenfahrzeugführer.

2.14.3 Auskünfte von Fahrern beim Autoverlad am Lötschberg und am Vereina

Bei der Besichtigung der beiden Verladerampen am Lötschberg und am Vereina führte die SUST Gespräche mit verschiedenen LKW- und PW-Fahrern.

Die LKW-Fahrer gaben an, dass Unsicherheiten bezüglich der genauen Abmessungen ihrer eigenen Fahrzeuge bestehen.

Die PW-Fahrer wiederum waren sich unsicher, wie sie sich im Ereignisfall zu verhalten haben.

3 Analyse

3.1 Technische Aspekte

3.1.1 Fahrleitung, Höhe über SOK und Sicherheitsabstand

Bei der Durchfahrt des Zuges im Bereich des Spurwechsels Rotondo wurde von der Fahrleitung-Überwachung der Unterwerke ein Kurzschluss erfasst und dadurch automatisch die Fahrleitung ausgeschaltet. Die Wiedereinschaltung erfolgte ebenfalls automatisch. Die vorgefundenen Funkenspuren an der Fahrleitung (Abbildung 5) wurden von der Antenne des LKWs (Abbildung 12) hinterlassen.

Die Höhe der Fahrleitung wich im Bereich des Spurwechsels Rotondo stellenweise von der minimalen Fahrdrathöhe gemäss den Vorgaben des BAV (4865 mm) ab SOK ab und betrug an der tiefsten Stelle 4740 mm.

Das Dach des Verladewagens (Anlage 1, Abbildung 21) weist ein Mass von 4670 mm über SOK auf (Verladewagen mit neuen Bandagen). Die Höhe der Fahrleitung im Bereich des Spurwechsels Rotondo betrug am tiefsten Punkt 4740 mm über SOK. Dies ergab somit einen Abstand zwischen Fahrleitung und dem oberen Teil des Verladewagens von 70 mm, was dem minimalen elektrischen Schutzabstand (b_e von 110 mm) nicht entspricht. Unter diesen Umständen können die Bedingungen für die Entstehung eines Lichtbogens zwischen der Fahrleitung und dem Dach des Verladewagens gegeben sein.

3.1.2 Autoverladezug

3.1.2.1 Technischer Zustand

Der technische Zustand der Zugskomposition war in Ordnung.

Der Kabelschuh für die Erdung war beim Chassis des Rampenwagens (Abbildung 8) abgerissen und wies Lichtbogenspuren auf. Ob dieser Schaden beim ersten Kurzschluss (im Tunnel) oder beim zweiten (in Realp) entstanden ist, konnte nicht endgültig geklärt werden.

Die Erdungsverbindung (50 mm²) ist so dimensioniert, dass sie einen Kurzschlussstrom ohne Schaden ableiten kann.

Wird wegen fehlender Zugentlastung während der Erdung eines Fahrzeuges am Erdungskabel gezogen, knickt der Kabelschuh ein (Anlage 4, Abbildung 24). Häufiges Hin- und Herbewegen verursacht Schwachstellen, die dazu führen können, dass der Kabelschuh bei der Zuführung eines Kurzschlussstromes bricht.

3.1.2.2 Erreichbarkeit des Notfallknopfs auf dem Wagen

Pro Wagenseite ist versetzt je ein Notfallknopf angebracht (Abbildung 17). Eine Betätigung durch das geöffnete Fenster ist nur möglich, wenn ein Strassenfahrzeug (kein Grossraumfahrzeug) direkt neben einem solchen Notfallknopf hält. Andere Platzierungen der Fahrzeuge lassen dies nicht zu. Daher kann auf diese Weise nur beschränkt Alarm ausgelöst werden.

3.1.3 LKW

Gemäss den Aufzeichnungen fuhr dieser LKW zum ersten Mal durch den Furkatunnel (Ziff. 2.11.5). Dem Prüfbericht zufolge war er während des Verladeprozesses (mit aktiver Luftfederung, ohne Antenne) 3650 mm hoch, was die maximalen Höhen von 3620 mm laut MGB-Website und 3600 mm gemäss der Strassensignalisation in Oberwald überschritt.

Am Unfalltag war Folgendes zu beachten:

- Die Gesamthöhe des LKWs mit aufgerichteter Antenne und abgesenkter Luftfederung (3900 mm) und dem Rampenwagen (Wagenbodenhöhe mit effektivem Raddurchmesser von 938 mm) betrug 4838 mm. In dieser Konstellation war der erforderliche Sicherheitsabstand nicht gegeben.
- Wäre der LKW ohne Antenne mit abgesenkter Luftfederung auf dem Rampenwagen abgestellt worden (4523 mm), hätte sich an der tiefsten Stelle der Fahrleitung (4740 mm) ein Schutzabstand von 225 mm ergeben. Damit wäre der geforderte Schutzabstand von 110 mm gegen geerdete Teile eingehalten worden.

Der LKW-Fahrer befand sich in seiner Kabine und hatte wegen der Breite seines Fahrzeuges keine seitliche Fluchtmöglichkeit. Der Fahrtwind und das Tunnelprofil verhindern das Öffnen der Türe. Selbst im Stillstand, wenn die Türe teilweise geöffnet werden könnte, besteht kein Laufweg auf dem Rampenwagen. Ein Ausstieg über die seitlichen Fenster war auch nicht möglich, da diese elektrisch angetrieben sind und nach dem Fahrleitungskurzschluss der LKW keine 24 V Stromversorgung mehr hatte. Ein Ausstieg über die Windschutzscheibe war auf Grund des sicheren Designs der Frontscheibe (Verbundsicherheitsglas) nicht möglich. In den Verladevorschriften der MGB, Teil C Kapitel 4.9.2, wird dieses Risiko (Aussteigen aus einem Fahrzeug) erwähnt.

3.1.4 Signalisation und Informationen über die maximal zulässige Höhe

Die signalisierten maximal zulässigen Höhen von Strassenfahrzeugen sind nicht identisch. Zwischen dem niedrigsten Wert in Realp (3,5 m) und dem höchsten Wert auf der MGB-Website (3,62 m) gibt es einen Unterschied von 12 cm. Solche widersprüchlichen Informationen können bei den Strassenfahrzeugführern Verwirrung stiften.

3.2 Organisatorische Aspekte

3.2.1 Profilkontrolle beim Verladen

Für das Einhalten des Verladeprofils ist der Rampenwärter verantwortlich. Da dieser sich nicht auf ein automatisiertes Messsystem stützen kann, kann er vom Boden aus unmöglich sehen, ob ein LKW oder Reisebus nun 3,5 m oder 3,6 m hoch ist.

Während des Verladeprozesses bleibt die Fahrleitung dauernd unter Spannung. Dadurch steigt das Risiko eines Lichtbogens, da beim Auffahren auf den Verladewagen zum einen die Luftfederung des LKWs noch in der Strassenstellung und damit aktiv ist, was mit aufgerichteter Antenne und Rampenwagen eine Gesamthöhe von 4915 mm ergibt, und zum andern der LKW nicht geerdet ist. Unter diesen Umständen muss zusätzlich der Sicherheitszuschlag (k) ($0.5 \times b_e$) von 55 mm berücksichtigt werden.

Mit einer solchen Gesamthöhe kann der minimale elektrische Schutzabstand (b_e von 110 mm) nicht garantiert werden. Nach dem Ereignis hat die MGB die Verladehöhe auf 3,5 m (siehe Ziff. 5.3 getroffene Massnahmen) herabgesetzt, um den Abstand zwischen der Fahrleitung und den Fahrzeugen zu vergrössern. Diese Massnahme allein kann die gewünschte Wirkung nicht erzielen.

3.2.2 Kundeninformation im Ereignisfall auf den Autoverladezügen

Im Ereignisfall schreiben die Verladehinweise (auf den Wagen und auf der MGB-Website) vor, den angegebenen Radiosender einzustellen. Wird die Antenne des LKWs jedoch abmontiert, ist der Radioempfang nicht garantiert.

Zudem kann mit der Einführung neuer Funktechnologien (z. B. dem Übergang von FM zu DAB+) der Empfang je nach Gerätetyp nicht immer gewährleistet werden.

Im Ereignisfall gelten für Automobilisten in den verschiedenen Tunneln unterschiedliche Vorgaben (Anlage 3, Tabelle 2: Vergleichstabelle der verschiedenen Bedingungen der Autoverladezüge.). So ist etwa am Furka- und Lötschberg-Verlad die 112 (europäische Notfallnummer) zu wählen, im Vereinatunnel hingegen die Notfallnummer 117.

Obwohl heute in den meisten Kantonen alle Notrufe an einer Stelle zusammenlaufen, ist das Vorgehen für viele Autoverladenutzer nicht klar. Das erhöht das Risiko, dass diese sich im Ereignisfall falsch verhalten.

3.3 Betriebliche oder prozessuale Aspekte

Beim Verladen des LKWs in Oberwald wurden die MGB-Verladevorschriften und die Weisung BA-B 25/2018 nicht berücksichtigt. Letztere schreibt vor, dass bei jedem Grossraumfahrzeug die Antenne während des Transportes eingezogen oder abmontiert sein muss.

Der LKW-Fahrer war sich nicht bewusst, dass sein Fahrzeug höher (3650 mm) als die signalisierte maximal zulässige Höhe (3600 mm) war. Beim Verladen in Oberwald bestand somit die latente Gefahr eines Lichtbogens zwischen dem LKW mit aktiver Luftfederung (3650 mm ohne Antenne) und der unter Spannung stehenden Fahrleitung.

Der LKW-Fahrer befand sich in seiner Kabine und hatte während der Fahrt im Tunnel keine Fluchtmöglichkeit.

3.3.1 Verladevorschriften und Typenzeichnungen Rampen- und Verladewagen

Die MGB-Verladevorschriften BV 1029 und die Ergänzung BA-B 25/2018 stimmen in Bezug auf die maximale Höhe von Strassenfahrzeugen (Ziff. 2.12.4) nicht überein und weichen auch von der Strassensignalisation ab.

Gemäss Typenzeichnungen beträgt die maximale Höhe des Verladewagens (Bandage neu) 4670 mm über SOK und die des Rampenwagens 4650 mm. In den Verladevorschriften (Anlage 2, Abbildung 23) ist sowohl für den Rampen- als auch für den Verladewagen eine maximale Höhe von 4500 mm angegeben. Diese Unterschiede wurden nicht erkannt.

3.4 Menschliche Aspekte

Die Verladevorschriften schreiben in Kapitel «Verlad von Nutzfahrzeugen, Reise-cars und Lastwagen» vor, dass Dachantennen nach Möglichkeit zu demontieren sind. Diese Formulierung lässt dem Rampenwärter zu viel Spielraum.

Da immer wieder LKWs der gleichen Firma verladen werden und die LKW-Fahrer den Rampenwärtern bekannt sind, erfolgt das Verladen zum Teil ohne formelle Überprüfung bzw. ohne Kontrolle. Damit können Flüchtigkeitsfehler nicht aufge-fangen werden. Im vorliegenden Fall war sich der Rampenwärter nicht bewusst, dass dieser LKW das erste Mal den Verlad am Furkatunnel nutzte.

Der LKW-Fahrer wiederum wusste nicht, dass er mit seinem Fahrzeug, auch ohne Antenne, die maximale Höhe gemäss Strassensignalisation überschritt.

Andere LKW-Fahrer gaben an, dass viele Fahrer die genauen Abmessungen ihrer Fahrzeuge nicht kennen würden.

4 Schlussfolgerungen

4.1 Befunde

4.1.1 Technische Aspekte

4.1.1.1 Fahrleitung

- Die Fahrleitung war im Bereich des Spurwechsels Rotondo stellenweise nicht auf der minimalen Fahrdrathhöhe gemäss den Vorgaben des BAV von 4865 mm über der SOK. Unter diesen Umständen ist der erforderte minimale elektrische Schutzabstand b_e (gegen geerdete Teile) auch bei Einhaltung der vorgeschriebenen maximalen Fahrzeughöhe nicht gegeben.
- Selbst bei einer korrekten minimalen Höhe der Fahrleitung hätte der LKW mit aufgerichteter Antenne auch diese Höhe überschritten.
- Der vorgeschriebene Schutzabstand b_e von 110 mm zwischen Fahrleitung und dem oberen Teil des Verladewagens wurde im Bereich des Spurwechsels Rotondo nicht eingehalten.
- Die vorgefundenen Funkenspuren an der Fahrleitung im Bereich des Spurwechsels Rotondo sind auf die Antenne des LKWs zurückzuführen.
- Die Unterwerke haben bei den Kurzschlüssen korrekt abgeschaltet.

4.1.1.2 Rollmaterial

- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestehende technische Mängel am Rollmaterial, die den Unfall hätten verursachen können.
- Der abgerissene Kabelschuh der Erdung am Chassis des Rampenwagens ist die Folge eines Kurzschlusses (Abbildung 8). Ob dieser Schaden beim ersten Kurzschluss (im Tunnel) oder beim zweiten (in Realp) entstanden ist, konnte nicht endgültig geklärt werden. Eine Zugentlastung war nicht vorhanden.
- Die Erdungsverbindung ist ausreichend dimensioniert, um einen Kurzschlussstrom abzuleiten.
- Pro Wagenseite steht nur je eine Notruftaste zu Verfügung. Somit ist eine Alarmerung über diese nur sehr beschränkt möglich.

4.1.1.3 LKW

- Dieser LKW fuhr zum ersten Mal durch den Furkatunnel.
- Der LKW überschreitet die maximal zulässige Höhe gemäss der Strassensignalisation in Oberwald und der MGB-Website.
- Der LKW war auf dem Rampenwagen abgesenkt und geerdet.
- Der vorgeschriebene Schutzabstand b_e von 110 mm zur Fahrleitung konnte aufgrund der Höhe dieses LKWs mit aufgerichteter Antenne nicht eingehalten werden.
- Die Antenne wies Schmelzspuren auf, die auf den Lichtbogen zwischen der LKW-Antenne und der Fahrleitung zurückzuführen sind.
- Der Lichtbogen führte zu einem Kurzschlussstrom, der über den LKW zur Erde floss und schliesslich den Brand in der Kabine des LKWs verursachte.
- Im Notfall ist es kaum möglich, den LKW zu verlassen.

- 4.1.1.4 Signalisation und Informationen über die maximal zulässige Höhe
- Die voneinander abweichenden Informationen bezüglich der maximal zulässigen Höhe für Grossraumfahrzeuge in den verschiedenen Medien sorgen bei den Nutzern für Verwirrung und erhöhen das Risiko.
- 4.1.2 Organisatorische Aspekte**
- 4.1.2.1 Profilkontrolle
- Bereits während des Verladeprozesses des LKWs auf den Verladewagen könnte ein Lichtbogen entstehen, da der Sicherheitsabstand nicht eingehalten ist.
 - Die Verantwortung für die Kontrolle des Verladeprofils gemäss den Verladevorschriften liegt beim Rampenwärter.
- 4.1.2.2 Information im Ereignisfall auf den Autoverladezügen
- Die Alarmierung im Notfall unterscheidet sich in den verschiedenen Tunneln, was die Nutzer verunsichern kann.
 - Mit einer abmontierten Antenne kann der Radioempfang nicht garantiert werden.
 - Notfälle und Störungen werden den Verladern in allen Tunneln über das Radio gemeldet. Der Information erfolgt über verschiedene Kanäle (FM oder DAB+). Somit ist der Empfang je nach Art der Ausrüstung des Strassenfahrzeugs nicht gewährleistet.
- 4.1.3 Betriebliche oder prozessuale Aspekte**
- Die Verladehinweise der MGB-Website und die Strassensignalisation weichen in Bezug auf die maximale Verladehöhe von Strassenfahrzeugen voneinander ab.
 - Die MGB-Verladevorschriften BV 1029 und die Typenzeichnungen des Rampen- und Verladewagens stimmen hinsichtlich der Wagengesamthöhe nicht überein.
- 4.1.4 Menschliche Aspekte**
- Die Verladevorschriften empfehlen den Abbau der Antenne bei Reisecars und Lastwagen. Diese Formulierung lässt dem Rampenwärter zu viel Spielraum.
 - Wegen der Routine wird die vorgeschriebene Höhenkontrolle bei den LKWs nicht systematisch durchgeführt.
 - Der LKW-Fahrer war sich nicht bewusst, dass die Eckhöhe seines Fahrzeugs auch ohne aufgerichtete Antenne die maximale Höhe der Strassensignalisation überschritt.

4.2 Ursachen

Der Brand des Lastwagens im Furkatunnel ist darauf zurückzuführen, dass im Bereich des Spurwechsels Rotondo ein Lichtbogen zwischen der Antenne des LKWs und der Fahrleitung entstanden ist. Der entstandene Kurzschlussstrom, der über den LKW zur Erde floss, führte dazu, dass die Kabine des LKWs in Brand geriet.

Zur Ursache haben die folgenden Faktoren beigetragen:

- Die Antenne des LKWs wurde nicht abmontiert.
- Die Überschreitung der vorgeschriebenen maximalen Verladehöhe wurde bei der visuellen Kontrolle nicht bemerkt.

Im Rahmen der Untersuchung konnten folgende Risiken erkannt werden:

- Die Fahrleitung im Bereich des Spurwechsels Rotondo war zu tief montiert. Die Höhe der Fahrleitung entsprach nicht der minimalen Höhe gemäss dem Ladeprofil (Oberwald-Realp).
- Die Verladevorschriften, die internen Vorgaben der MGB betreffend die Höhe der Eisenbahnfahrzeuge sowie die Strassensignalisation bei den Verladerampen und die Angaben auf der Website der MGB weichen voneinander ab.
- Eine Selbstrettung des LKW-Fahrers ist nahezu unmöglich.
- Die zum Teil fehlende Alarmierungsmöglichkeit und die uneinheitlichen Verhaltensanweisungen sind für die Benutzer der Autoverladezüge irritierend und gefährden im Ereignisfall Leben.

5 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

5.1 Sicherheitsempfehlungen

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014 (VSZV), Stand am 1. Januar 2025 (SR 742.161), bezüglich Sicherheitsempfehlungen folgende Regelung vor:

Art. 48 Sicherheitsempfehlungen

¹ Die SUST richtet die Sicherheitsempfehlungen an die für die Aufsicht zuständige Stelle. Ist die Aufsichtsbehörde eine Bundesbehörde, informiert sie auch das zuständige Departement. Bei dringlichen Sicherheitsproblemen informiert sie umgehend das zuständige Departement.

^{1bis} Sie richtet Sicherheitsempfehlungen an ausländische Behörden, wenn dies nach internationalen Abkommen vorgesehen ist.

² Die Adressaten der Sicherheitsempfehlungen unterrichten die SUST periodisch über die Umsetzung der Empfehlungen oder über die Gründe, weshalb sie auf Massnahmen verzichten.

^{2bis} Ist der Adressat eine Bundesbehörde, unterrichtet diese auch das zuständige Departement.

^{2ter} Die SUST nimmt zu den Umsetzungsberichten der Bundesämter Stellung. Sie kann zu den Umsetzungsberichten der Bundesbehörde zuhanden des zuständigen Departements Stellung nehmen.

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.

5.1.1 Automatisches Kontrollportalsystem Furkatunnel

5.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Der betroffene LKW überschreitet die maximale Höhe gemäss Strassensignalisation und den allgemeinen Verladehinweisen der MGB-Website. Der Rampenmitarbeiter hatte keine Möglichkeit, eine wirksame technische Überprüfung der maximalen Aussenmasse sowie des Gewichtes des Fahrzeuges durchzuführen.

5.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 202

Die SUST empfiehlt dem Bundesamt für Verkehr (BAV) den Autoverladezugbetreiber des Furkatunnels aufzufordern, die Verladerampen in Oberwald und Realp mit einem automatischen Kontrollportalsystem auszurüsten.

5.1.2 Aufenthalt der Fahrer von Grossraumfahrzeugen in der Kabine

5.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Die Fahrer von Grossraumfahrzeugen (u. a. LKW und Reisebusse) bleiben während der Fahrt in der Kabine. Wegen der Breite des Fahrzeuges können im Ereignisfall die Türen nicht oder nur teilweise geöffnet werden. Somit hat der Fahrer keine seitliche Fluchtmöglichkeit. Ein Ausstieg über die Windschutzscheibe (Verbundsicherheitsglas) ist ebenfalls nicht möglich. Dieses Risiko (s. a. Ziff. 2.13.1) wird in den Verladevorschriften der MGB erwähnt.

Im Ereignisfall schreiben die Verladehinweise vor, dass die Nutzer Radio auf den angegebenen Sendern hören müssen. Wird die Antenne eines Grossraumfahrzeuges jedoch abmontiert, kann der Radioempfang nicht garantiert werden. Somit kann es vorkommen, dass bei Störungen wichtige Informationen nicht an den Fahrer übermittelt werden.

5.1.2.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 203

Die SUST empfiehlt dem Bundesamt für Verkehr (BAV) den Autoverladezugbetreiber des Furkatunnels aufzufordern, die Fahrer von Grossraumfahrzeugen (u.a. LKW und Reisebusse) nicht mehr in der Fahrerkabine, sondern im Begleitwagen zu befördern.

5.1.3 Verhalten im Notfall auf den Autoverladezügen

5.1.3.1 Sicherheitsdefizit

Wer verschiedene Autoverladezüge auf dem Schweizer Schienennetz benutzt, muss in jedem Tunnel (Furka, Vereina, Lötschberg usw.) ein anderes Verfahren befolgen. Dabei geht es beispielsweise darum, welche Informationen man beim Verladen erhält, welche Nummern im Notfall zu wählen sind, über welche Kanäle man informiert wird und wie man sich im Notfall verhalten soll. Die unterschiedlichen Prozesse können die Strassennutzer verunsichern und im Notfall zu Fehlverhalten verleiten.

5.1.3.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 204

Die SUST empfiehlt dem BAV, die Autoverladezugbetreiber aufzufordern, eine Standardisierung der Notfallprozesse zu prüfen. Ziel sollte es sein, eine gemeinsame «Unité de doctrine» für alle Autoverladezüge zu schaffen, die Aspekte wie Signaletik, Notrufnummern sowie Verhaltensregeln umfasst, damit die Strassennutzer bei Zwischenfällen richtig und sicher handeln können.

5.2 Sicherheitshinweise

5.2.1 Abweichungen zwischen Betriebsvorschriften, technischen Angaben und dem Sollzustand der Fahrleitung

5.2.1.1 Sicherheitsdefizit

Die Betriebsvorschrift Autoverladewagen Furka, die Ergänzungen zu den Verladevorschriften sowie den technischen Angaben der Rampen- respektive Verladewagen, sowie die minimale Fahrdrathöhe weichen in Bezug auf die Verlade-, Fahrzeug- und minimale Fahrleitungshöhe voneinander ab. Eine Anpassung, die einzig über eine schriftliche interne Weisung erfolgt (siehe Ziff. 5.3), ist nicht zielführend.

5.2.1.2 Sicherheitshinweis Nr. 50

Zielgruppe: Matterhorn Gotthardbahn

Die Matterhorn Gotthardbahn (MGB) sollte die Betriebsvorschriften Autoverladewagen Furka, die Verladevorschriften und die technischen Angaben zu Fahrzeugen sowie die minimale Fahrdrachthöhe überarbeiten respektive anpassen und diese Angaben in einer neuen Version bereitstellen.

5.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.

Die MGB bzw. MGI haben die folgenden Massnahmen umgesetzt:

Rollmaterial:

Alle Erdungskabel und Kabelschuhe an Verladewagen wurden kontrolliert und mit Zugentlastung versehen.

Organisatorische und betriebliche Aspekte:

- Die maximale Verladehöhe wurde auf 3.50 m beschränkt.
- Alle Strassensignale mit der Höhenbegrenzung wurden ausgewechselt.
- In allen Verkaufs- und Kundenportalen wurde die neue Höhenbegrenzung angepasst.
- Alle bekannten und regelmässigen Kunden von Grossraumfahrzeugen wurden einzeln über die neuen Vorgaben angeschrieben.
- Eine schriftliche, interne Weisung, die die maximale Verladehöhe auf 3.50 m einschränkt, wurde nach Feststellung der Unstimmigkeiten, per Mail an alle betroffenen Mitarbeiter versendet. Diese Weisung berichtigt die maximale Verladehöhe in den Dokumenten BV 1029 und BA-B 25/2018.
- Die Ausbildung und die Ausbildungsunterlagen der Rampenmitarbeiter wurden optimiert.
- Kontrolle und neues Ausrichten des Begrenzungsseils direkt bei der Auffahrt auf den Autozug (Sichtkontrolle).

Dieser Abschlussbericht 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, 8. April 2025

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

Anlage 1

Fahrdaten des Zuges Nr. 2450

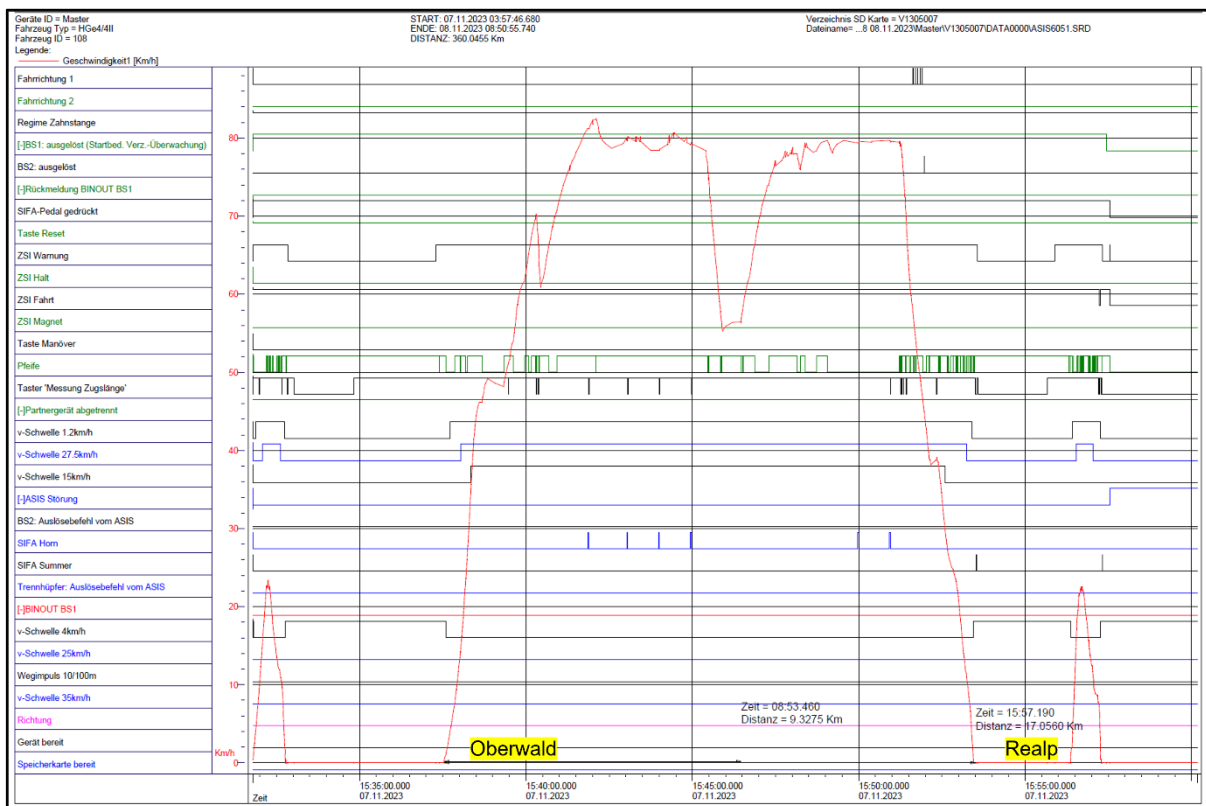


Abbildung 20: Grafische Darstellung der Fahrdaten.

Anlage 2

Rampenwagen

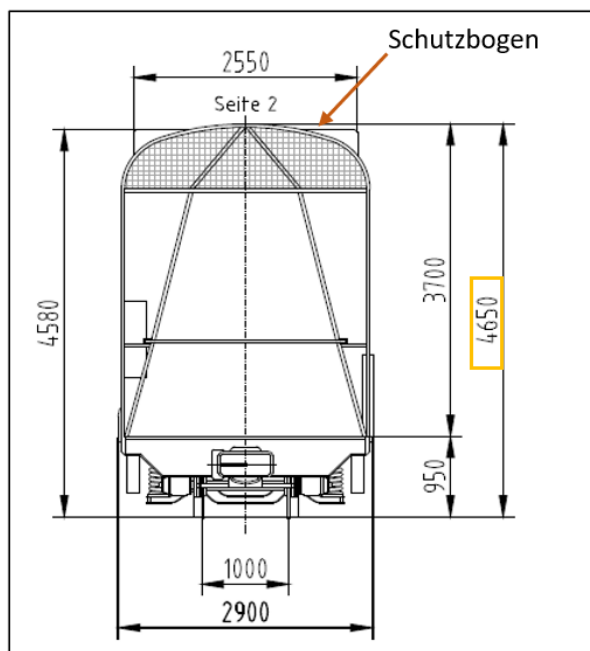


Abbildung 21: Typenzeichnung Rampenwagen (Quelle: MGB).

Verladewagen

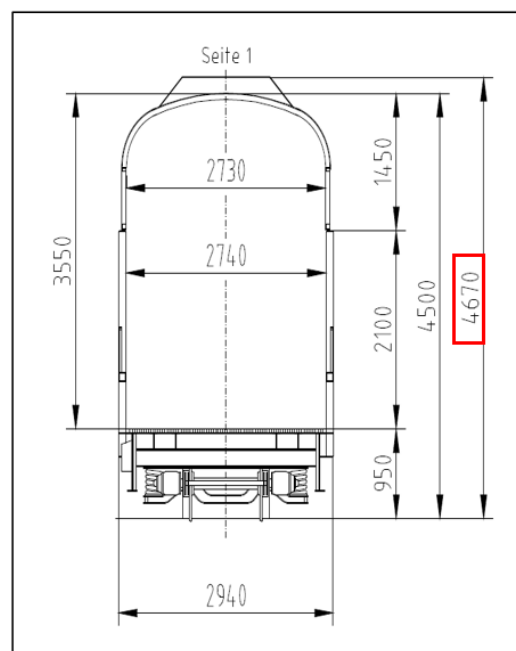


Abbildung 22: Typenzeichnung Verladewagen (Quelle: MGB).

BV 1029, Autoverladewagen Furka

B. Technik

1. Allgemeines

1.1. Technische Daten

		Steuer- wagen	Rampen- wagen	Verlade- wagen
Länge über Kopfstück	[mm]	20'000	20'000	20'000
Länge über Kupplung	[mm]	20'900	20'900	20'900
Wagenbreite	[mm]	2'760	2'900	2'940
Wagengesamthöhe	[mm]	3'551	4'500	4'500
Fahrbahnhöhe (Fussboden)	[mm]	945	950	950

Abbildung 23: Auszug MGB-Betriebsvorschriften Autoverlad, Version Oktober 2021.

Anlage 3

Vergleichstabelle der verschiedenen Bedingungen der Autoverladzüge Furka, Vereina und Lötschberg

Merkmale	Zustand Furka	Zustand Vereina	Zustand Lötschberg
Automatisches Kontrollportal	Nicht vorhanden	3D-Messung Thermoportal Waage vorhanden	Laserstrahl mit Alarmauslösung akustisch und visuell bei Höhe 3.55 m Thermoportal
Fahrleitungsspannung	11kV 16.7Hz	11kV 16.7Hz	15kV 16.7Hz
Schutzabstand	110 mm	110 mm	150 mm
Höhe der Fahrleitung	4850 mm	4950 mm	4900 mm
Sollwerte Sicherheitsabstand gegen FL Höhe mit Grossraum FZ auf Rampenwagen	280 mm	300 mm	Auf Rampenwagen sind nur Fahrzeuge mit einer Höhe von < 2.5 m zugelassen. Folglich ist die Forderung eingehalten.
Kundeninformation vor dem Verlad	Nur kleine Piktogramme an Schildern am Strassenrand. PW-Infoblatt wird nicht systematisch abgegeben. Beim Online-Ticketkauf ist ein QR-Code angezeigt, über den man zu den Sicherheitshinweisen auf der MGB-Website gelangt.	Infoblatt (de+en) wird für PW fallweise abgegeben. Für LKWs systematisch.	Infoblatt (de+en+fr+it) wird für PW und LKWs systematisch abgegeben. Beim Online-Ticketkauf wird ein QR-Code angezeigt und die Sicherheitshinweise müssen quittiert werden.
Kundeninformation an Bord	Schild mit: - 1. Gang einlegen	Schild mit folgenden Angaben:	Die Komposition nach einem Refit: 4 Schilder pro Wagenseite beleuchtet. 2 Lautsprecher sind pro Wagen installiert.

Merkmale	Zustand Furka	Zustand Vereina	Zustand Lötschberg
	- Handbremse anziehen - Türen nicht öffnen Eine Nottaste pro Wagen ist angebracht.	- 1. Gang einlegen - Handbremse anziehen - Radio einschalten: 95.2 MHz; 99.7 MHz; 89.4 MHz - Im Notfall: SOS-Taste drücken und Telefon 117 anrufen	Bei Durchsagen blinkt das Piktogramm. 
Information im Ereignisfall	Radio SOS 89.40	Radio FM SRF1, Südostschweiz, Radio Rumantsch und DAB+	DAB+ auf Radio SRG/SSR Keine Verständigung möglich mit Autos ohne DAB+ Empfang. Die Radiodurchsagen erfolgen über die Betriebstelefonie-Anlage (BTA). Informationen können durch die Betriebsleitung des Autoverlads und durch die Leitstelle der Bahnproduktion abgesetzt werden. Die Informationen können pro Zug separat vermittelt werden.
Nottaste	Eine Nottaste seitlich pro Wagen	Die Nottaste am Wagenende leiten einen Alarm den Führerstand der Lok oder Steuerwagen weiter. Wenn die Parkstellung aktiv ist, wird kein Alarm ausgelöst.	Nicht vorhanden

Tabelle 2: Vergleichstabelle der verschiedenen Bedingungen der Autoverladezüge.

Anlage 4



Abbildung 24: Einknickter Kabelschuh (Aufnahme auf einem Vergleichsrampenwagen).

Anlage 5

MGB-Ladeprofil A, Furkatunnel Oberwald-Realp

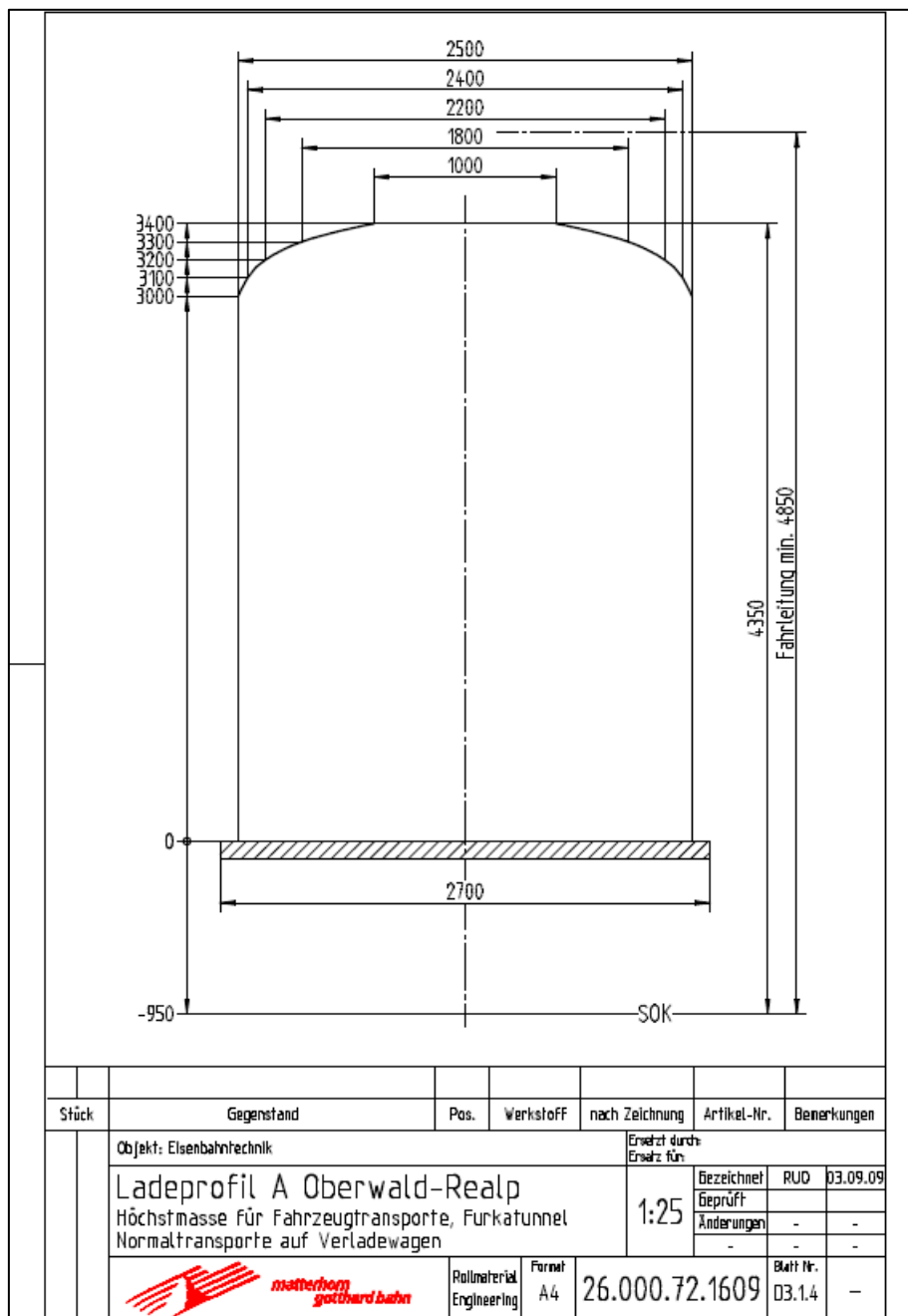


Abbildung 25: Typenzeichnung MGB Ladeprofil A mit der minimalen Fahrdrathöhe.

MGB-Ladeprofil B, Furkatunnel Oberwald–Realp

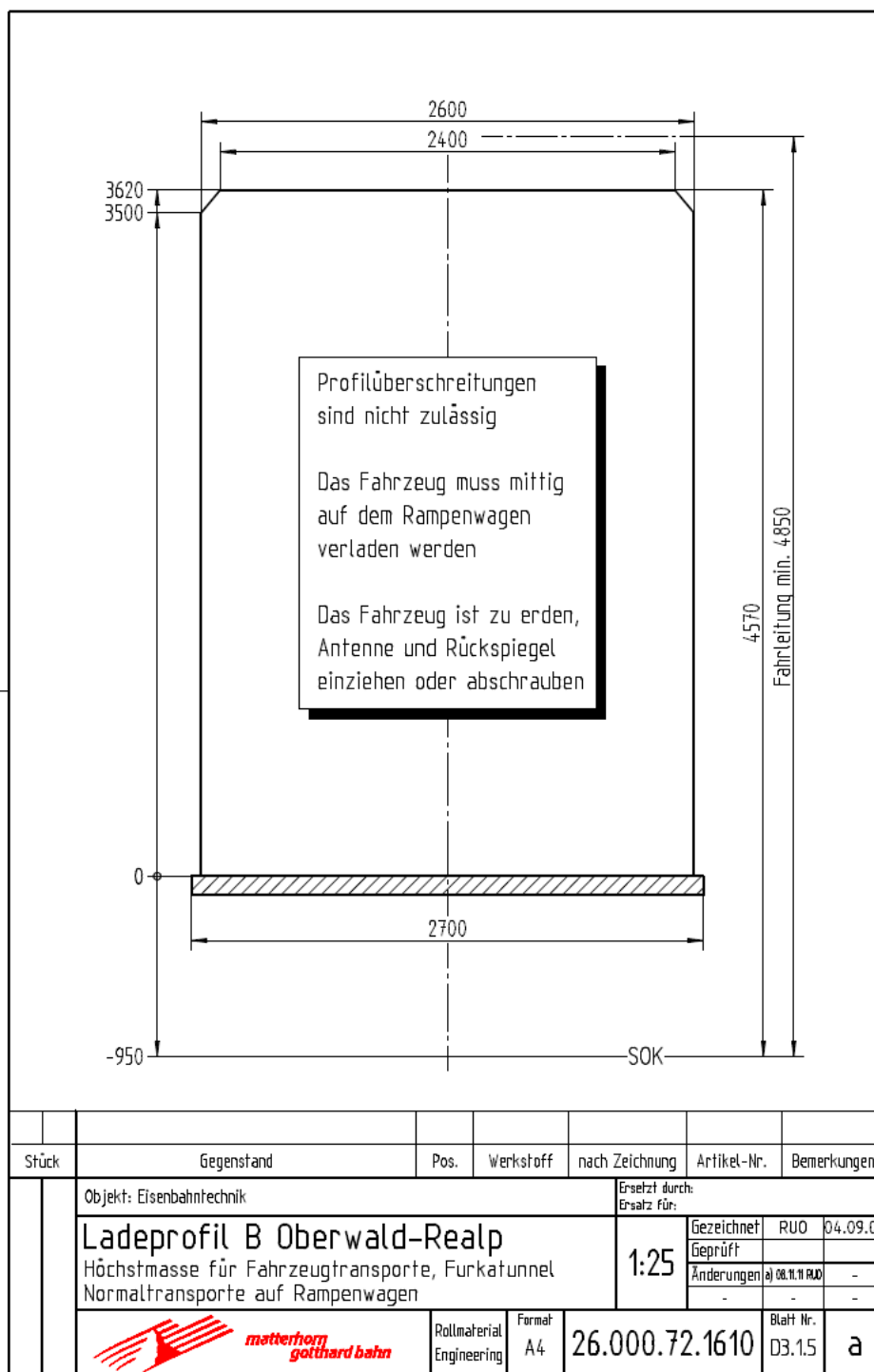


Abbildung 26: Typenzeichnung MGB Ladeprofil B mit der minimalen Fahrdrathöhe.