



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 den Bruch der Frontscheibe
einer Lokomotive

vom 6. Januar 2021

in Rütligen-Alchenflüh (BE)

Reg.-Nr. 2021010602

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
3003 Bern
Tel. +41 58 466 33 00, Fax +41 58 466 33 01
info@sust.admin.ch
www.sust.admin.ch

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 vom 20. Dezember 1957 (EBG), Stand am 1. Januar 2022 (SR 742.101), sind Schuld und Haftung nicht Gegenstand der Untersuchung.

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

Alle Personenbezeichnungen in diesem Bericht sind in der männlichen Form gehalten und gelten für die die Funktion ausübende Person, ungeachtet ihres Geschlechts.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Überblick	5
Untersuchung	5
Kurzdarstellung	5
Ursache	6
Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise	6
Glossar	7
1 Sachverhalt	8
1.1 Ort des Ereignisses	8
1.2 Vorgeschichte	9
1.2.1 Güterzug	9
1.2.2 Personenzug	9
1.3 Ablauf des Ereignisses	9
1.4 Schäden	10
1.4.1 Personen	10
1.4.2 Infrastruktur	10
1.4.3 Fahrzeuge	10
1.5 Beteiligte und betroffene Personen	10
1.5.1 Bahnpersonal	10
1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen	11
1.6.1 Infrastrukturbetreiberin	11
1.6.2 Eisenbahnverkehrsunternehmen	11
1.6.3 Fahrzeughalter	11
1.7 Infrastruktur	11
1.7.1 Bahnanlage	11
1.8 Fahrzeuge	11
1.8.1 Güterzug 53290	11
1.8.2 Personenzug IC 736	12
1.9 Auswertung der Datenaufzeichnung	14
1.9.1 Fahrdaten	14
1.9.2 Zugkontrollenrichtungen	14
1.10 Besondere Untersuchungen	14
1.10.1 Lokomotive Re 460	14
1.11 Normen	19
1.11.1 Norm UIC 651 «Gestaltung der Führerräume von Lokomotiven, Triebwagen, Triebwagenzüge und Steuerwagen»	19
1.11.2 EN 15152 «Bahnanwendungen Frontscheiben für Schienenfahrzeuge»	20
2 Analyse	21

2.1	Technische Aspekte	21
2.1.1	Verklebung der Frontscheibe der Lokomotive Re 460 005	21
2.1.2	Aerodynamische Einflüsse / Lösen von Eisplatten / Festigkeit und Befestigung der Frontscheiben / Normative Aspekte	21
2.2	Organisatorische Aspekte.....	22
2.3	Betriebliche Aspekte	22
3	Schlussfolgerungen.....	23
3.1	Befunde	23
3.1.1	Technische Aspekte	23
3.1.2	Organisatorische Aspekte	23
3.1.3	Betriebliche Aspekte.....	23
3.1.4	Normative Aspekte	23
3.2	Ursache	23
4	Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen	24
4.1	Sicherheitsempfehlungen	24
4.1.1	Weiterentwicklung der Norm EN 15152	24
4.2	Sicherheitshinweis	24
4.3	Seit dem Unfall getroffene Massnahmen.....	25

Zusammenfassung

Überblick

Verkehrsmittel	Eisenbahn	
Beteiligte Unternehmen		
Eisenbahnverkehrsunternehmen	SBB AG, Personenverkehr (SBB-P), Bern SBB Cargo AG, Olten (SBB-C)	
Infrastrukturbetreiberin	SBB AG, Infrastruktur (SBB-I), Bern	
Beteiligte Fahrzeuge	Lokomotive Re 460 005-2	SBB-P
	Containertragwagen Typ Sggmrs	VTG Schweiz GmbH
Ort	Rüdtligen-Alchenflüh (BE)	
Datum und Zeit	6. Januar 2021, 22:20 Uhr	

Untersuchung

Am 6. Januar 2021 um 23:03 Uhr traf die Meldung über den Bruch der Frontscheibe einer Lokomotive in Rüdtligen-Alchenflüh (BE) beim Untersuchungsdienst der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) ein. Es wurde eine Untersuchung eröffnet.

Für die Untersuchung standen zur Verfügung:

- Fotos;
- Fahrdaten;
- Technischen Unterlagen der Lokomotive Re 460;
- Arbeitsanweisungen;
- Normen;
- Kartenmaterial;
- Gleispläne;
- Befragungen.

Kurzdarstellung

Der Richtung Bern fahrende Personenzug IC 736 kreuzte am 6. Januar 2021 gegen 22:20 Uhr auf der Strecke Rothrist–Mattstetten (NBS) bei Kirchberg einen Güterzug. Beim Güterzug löste sich eine grössere Eisplatte vom Dach eines Containers und durchschlug die Frontscheibe der Lokomotive des Personenzuges. Der Lokführer des Personenzuges leitete eine Schnellbremsung ein. Der Zug kam nach dem Südportal des Rüdtligen-Tunnels beim Bahn-km 17.2 zum Stillstand. Es wurde niemand verletzt.

Ursache

Der Bruch der Frontscheibe der Lokomotive eines Fernverkehrs-Zuges IC 736 wurde durch den Aufschlag einer Eisplatte verursacht, die sich von einem Containerdach eines entgegenkommenden Güterzuges gelöst hatte.

Zum Unfall haben beigetragen:

- Selbstständiges Lösen einer Eisplatte vom Dach eines mit einer Blache gedeckten Containers durch aerodynamische Bedingungen.
- Durch den Aufprall auf die Frontscheibe der Lokomotive freigesetzte Energie der ca. 7 kg schweren Eisplatte, die aufgrund der hohen addierten Geschwindigkeiten deutlich über den Norm-Prüfwerten lag.

Die Untersuchung hat den folgenden Faktor als Sicherheitsrisiko eingestuft:

Die nicht fachgerechte Verklebung der Frontscheibe hat möglicherweise begünstigt, dass die Scheibe in den Führerstand einknickte und schlussendlich Fremdkörper in den Führerstand gelangten.

Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

Mit diesem Bericht wird eine Sicherheitsempfehlung ausgesprochen.

Glossar

Vorgaben

AB-EBV	Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung vom 15. Dezember 1983, Stand am 1. November 2020 (SR 742.141.11)
EBV	Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung) vom 23. November 1983, Stand am 1. November 2020 (SR 742.141.1)
EN 15152	Technische Norm «Bahnanwendungen - Frontscheiben für Schienenfahrzeuge»; Ausgabe 2019
FDV	Schweizerische Fahrdienstvorschriften (R 300.1-.15) vom 2. November 2015, Stand am 1. Juli 2020 (SR 742.173.001)
UIC 651	Technische Norm der UIC «Gestaltung der Führerräume von Lokomotive, Triebwagen, Triebwagenzug und Steuerwagen», Ausgabe 1986 (ersetzt durch EN 15152)

Begriffe

BAV	Bundesamt für Verkehr
BLZ	Betriebszentrale der SBB
EN	Europäische Norm
GFK	Glasfaserverstärker Kunststoff
IC	InterCity
LRZ	Lösch- und Rettungszug
NBS	Neubaustrecke (Strecke Mattstetten–Rothrist)
PAO	Profil- und Antennenortungsanlage
UIC	Union Internationale des Chemins de fer
ZKE	Zugkontrollleinrichtung

1 Sachverhalt

1.1 Ort des Ereignisses

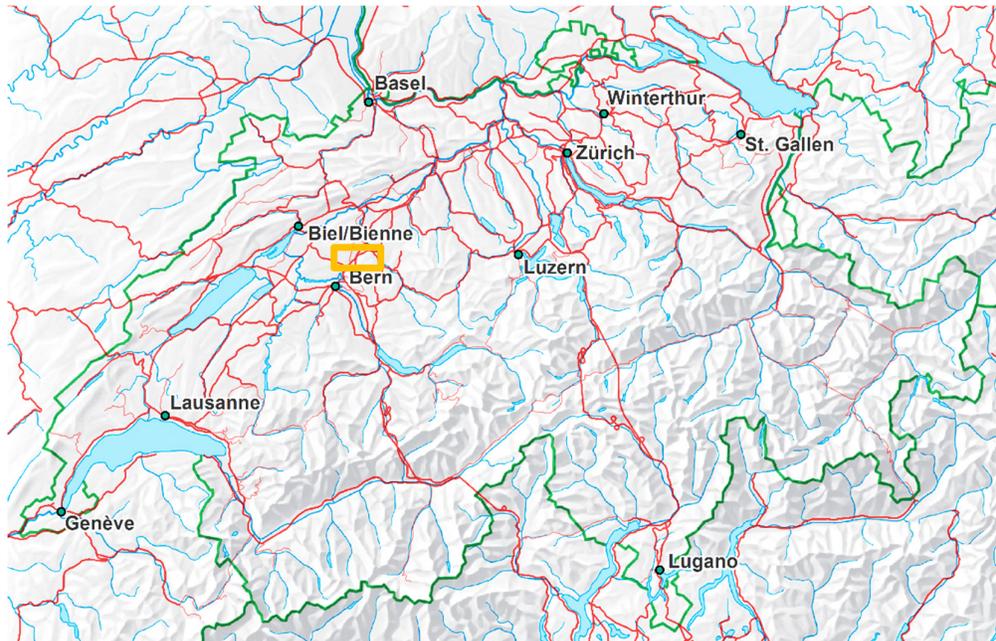


Abbildung 1: Übersichtskarte zum Ort des Unfalls. Quelle der Karte: Bundesamt für Landestopografie.

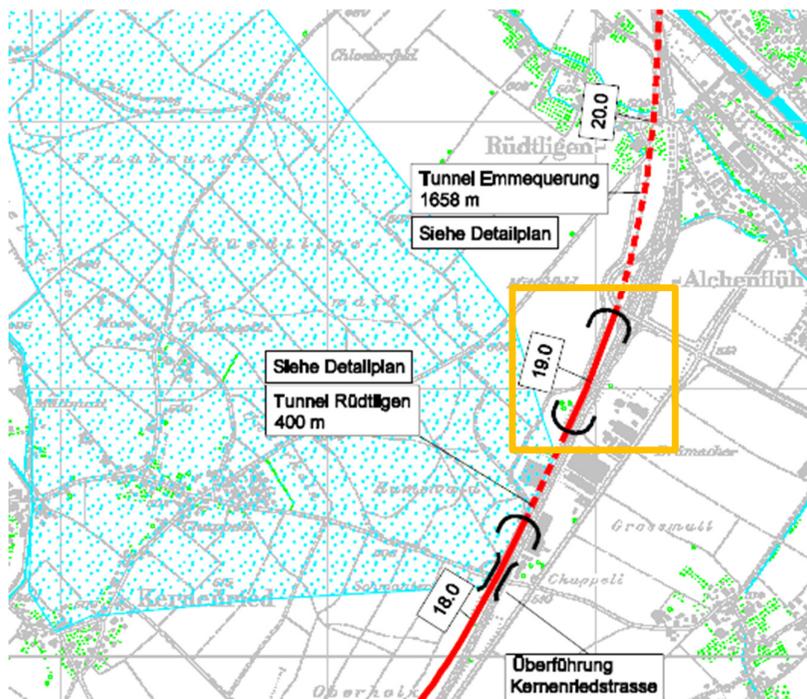


Abbildung 2: Übersichtplan der Teilstrecke NBS bei Rütligen-Alchenflüh / Kirchberg. Oranges Rechteck: Ereignisort (Quelle: Dokument BE 084-00 der SBB).

1.2 Vorgeschichte

1.2.1 Güterzug

Der Güterzug 53290, gebildet aus einer Lokomotive Re 620 und 16 Wagen, geführt von SBB Cargo AG (SBB-C), verkehrte auf der Neubaustrecke (NBS) von Bern in Richtung Zürich.

An der vierten Position hinter der Lokomotive (Abbildung 3) war ein sechsachsiger Containertragwagen vom Typ Sggmrs eingereiht (Abbildung 4).



Abbildung 3: Teilübersicht der Zugsbildung des Güterzuges 53290. Rot umrandet: Ereigniswagen (Containertragwagen) an vierter Position (Quelle: ZKE BLS).



Abbildung 4: Containertragwagen mit Typenbezeichnung Sggmrs (Musterbild, Quelle: VTG AG).

1.2.2 Personenzug

Der IC Zug 736 von SBB Personenverkehr (SBB-P), gebildet als Pendelzug mit an der Spitze verkehrender Lokomotive Re 460 005 und Doppelstockwagen IC 2000, fuhr auf der NBS von Zürich in Richtung Bern. Die maximale Geschwindigkeit des Zuges beträgt 200 km/h.



Abbildung 5: Musterbild: Lokomotive Re 460 und Doppelstockwagen IC 2000 (Quelle: SBB).

1.3 Ablauf des Ereignisses

Der IC 736 fuhr mit 200 km/h auf der NBS. Zwischen den Tunnel Emmequerung und Rüttligen kam ihm der mit 95 km/h verkehrende Güterzug 53290 entgegen. Während der Kreuzung der beiden Züge löste sich ein Eisblock von einem Güterwagen, prallte auf die Stirnseite der Lokomotive, riss die Frontscheibe auf der in Fahrrichtung rechten Seite aus deren Verankerung und drückte sie in den Führerstand. Die Scheibe wurde massiv beschädigt aber nicht durchschlagen. Der Lokführer leitete sofort eine Schnellbremsung ein und informierte die BLZ. Der Zug kam kurz nach dem Südportal des Rüttligen-Tunnels bei km 17.2 zum Stehen. Im

IC blieben alle ca. 60 Reisenden unverletzt und wurden durch den aufgebotenen LRZ von Bern evakuiert. Der Lokführer bemerkte, dass im Führerstand viel Eis lag. Er erlitt einen Schock, blieb aber unverletzt. Die BLZ löste einen Nothalt aus, worauf der Gegenzug 53290 ebenfalls eine Schnellbremsung einleitete. Er kam am nördlichen Portal des Tunnels Emmequerung bei km 20.916 zum Stillstand.

Zum Zeitpunkt des Ereignisses war es Nacht bei einer Temperatur von ca. $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.4 Schäden

1.4.1 Personen

Der Lokführer wurde nicht verletzt, erlitt jedoch einen Schock.

1.4.2 Infrastruktur

Keine.

1.4.3 Fahrzeuge

1.4.3.1 Güterzug 53290

Keine.

1.4.3.2 IC 736

Die Frontscheibe der zugführenden Lokomotive Re 460 005 war stark beschädigt. Der linke Teil, von aussen gesehen, war zerbrochen, jedoch nicht durchbrochen, und ragte in den Führerstand.

1.5 Beteiligte und betroffene Personen

1.5.1 Bahnpersonal

1.5.1.1 Lokführer IC 736

Person

Jahrgang 1986,
Anstellung bei SBB AG, Personenverkehr

Berechtigung

BAV-Ausweis Kategorie B zum Ausführen aller Rangierbewegungen und zum Führen aller Züge vorhanden und gültig. Bescheinigung zum Befahren der SBB-Infrastruktur und zum Bedienen des Triebfahrzeugs vom Typ Re 460 vorhanden.

1.5.1.2 Lokführer Güterzug 53290

Person

Jahrgang 1968,
Anstellung bei SBB Cargo AG

Berechtigung

BAV-Ausweis Kategorie B zum Ausführen aller Rangierbewegungen und zum Führen aller Züge vorhanden und gültig. Bescheinigung zum Befahren der SBB-Infrastruktur und zum Bedienen des Triebfahrzeugs vom Typ Re 620 vorhanden.

1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen

1.6.1 Infrastrukturbetreiberin

SBB AG, Infrastruktur (SBB-I), Bern

1.6.2 Eisenbahnverkehrsunternehmen

1.6.2.1 Güterzug 53290

SBB Cargo AG (SBB-C), Olten

1.6.2.2 Personenzug IC 736

SBB AG, Personenverkehr (SBB-P), Bern

1.6.3 Fahrzeughalter

Lokomotive Re 460 005-2, SBB-P

1.7 Infrastruktur

1.7.1 Bahnanlage

1.7.1.1 Beschreibung

Die Neubaustrecke Mattstetten–Rothrist ist ca. 45 km lang. Davon befinden sich 14.4 km in Tunnels. Die maximale zulässige Streckengeschwindigkeit beträgt 200 km/h.

Der Tunnel Rüdtligen ist 400 m lang. Der Tunnel Emmequerung ist 1163 m lang. Zwischen den beiden Tunnels besteht eine Distanz von 437 m (Abbildung 6).

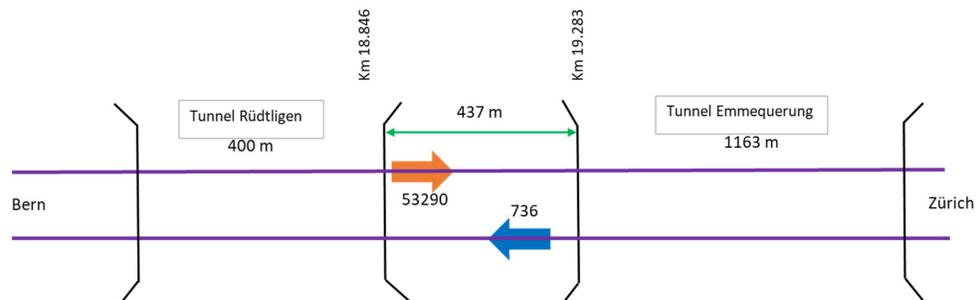


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Streckenabschnitts zwischen dem Tunnel Rüdtligen und dem Tunnel Emmequerung.

1.8 Fahrzeuge

1.8.1 Güterzug 53290

1.8.1.1 Beschreibung

Der Güterzug 53290, geführt von SBB-C, bestand aus einer Lokomotive Re 620 und 16 Güterwagen unterschiedlicher Gattung. An dritter Position hinter der Lokomotive war ein 4-achsiger Kesselwagen und an vierter Position ein 6-achsiger, zweiteiliger Containertragwagen eingereiht. Auf dem ersten Teil des Tragwagens stand ein Container, dessen Frontseiten aus Stahl bestanden, die Seitenwände

und das Dach waren mit Blachen verkleidet. Auf dem zweiten Teil des Tragwagens stand ein Container, dessen Wände und Dach aus Stahl gefertigt waren.

1.8.1.2 Feststellung

Bei der Kontrolle des Güterzuges wurde festgestellt, dass das Dach des auf dem vierten Wagen stehenden Containers mit Schnee und Eis bedeckt war und auf der vorderen, rechten Seite (in Fahrrichtung) ein Teil einer Eisplatte fehlte (Abbildung 7).



Abbildung 7: Dach des Containers auf dem vierten Wagen. Roter Kreis: Fehlendes Stück einer Eisplatte (Quelle: SBB Cargo).

1.8.1.3 Fehlender Teil der Eisplatte

Die Dimension der weggelösten Eisplatte wurde von der SUST auf 60 x 50 x 5 cm abgeschätzt was einem Volumen von ca. 15 Liter entspricht. Da die Eisplatte aus einer Mischung von Eis und Schnee bestand, wurde die Masse dieses Volumens auf ca. 7 kg geschätzt.

1.8.2 Personenzug IC 736

1.8.2.1 Feststellung

Neben der beschädigten Frontscheibe (Abbildung 8) wies die Lokomotive keinen zusätzlichen Schaden auf. Die hinter der Lokomotive eingereihten Wagen wiesen keine Schäden auf.



Abbildung 8: Beschädigte und eingenickte Frontscheibe der Lokomotive Re 460 005.



Abbildung 9: Eis und Schnee am Boden im Führerstand (Quelle: SBB).

1.9 Auswertung der Datenaufzeichnung

1.9.1 Fahrdaten

1.9.1.1 Fahrdaten Güterzug 53290

Der Güterzug fuhr zur Ereigniszeit mit einer Geschwindigkeit von ca. 95 km/h. Bei dieser Geschwindigkeit legt der Zug ca. 26.5 Meter pro Sekunde zurück.

1.9.1.2 Fahrdaten IC 736

Der Zug fuhr zur Ereigniszeit mit einer Geschwindigkeit von 200 km/h. Bei dieser Geschwindigkeit legt der Zug 55.5 Meter pro Sekunde zurück.

1.9.2 Zugkontrollleinrichtungen

Die Zugkontrollleinrichtungen (ZKE) sind ortsfeste Messeinrichtungen an den Gleisen, die den vorbeifahrenden Zug auf verschiedene, sicherheitsrelevante Merkmale überprüfen. Die Profil- und Antennenortungsanlage (PAO) ist ein Anlagentyp der ZKE. Die PAO erfassen Lichtraumprofilüberschreitungen. Die PAO-Anlage der BLS Netz AG in Heustrich erfasste den durchfahrenden Zug 53290. Die Abbildung 10 zeigt die Aufnahme des Daches vom Container auf dem vierten Wagen. Das Dach ist noch komplett mit Schnee und Eis bedeckt.



Abbildung 10: Sicht auf das Containerdach bei der Durchfahrt in Heustrich (Quelle: ZKE, BLS Netz AG).

1.10 Besondere Untersuchungen

1.10.1 Lokomotive Re 460

1.10.1.1 Kurzbeschreibung Führerstand – Frontscheibe

Der Führerstand ist aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) gefertigt. Die Frontscheibe ist in das Führerstandgehäuse eingeklebt. Diese Fertigungstechnik war 1990, zum Zeitpunkt der Entwicklung der Lokomotive, eine Neuheit. Die kraftschlüssige Verklebung der Frontscheibe mit dem Führerstandgehäuse ist in Abbildung 11 als Position 3 dargestellt. Rund um die Scheibe war vor dem Verkleben

eine Kunststoffschnur aus Polyethylen eingelegt (Abbildung 11, Position 9). Es gab somit ein definiertes Klebvolumen. In einem zweiten Schritt wurde das Ausfugen von aussen durchgeführt.

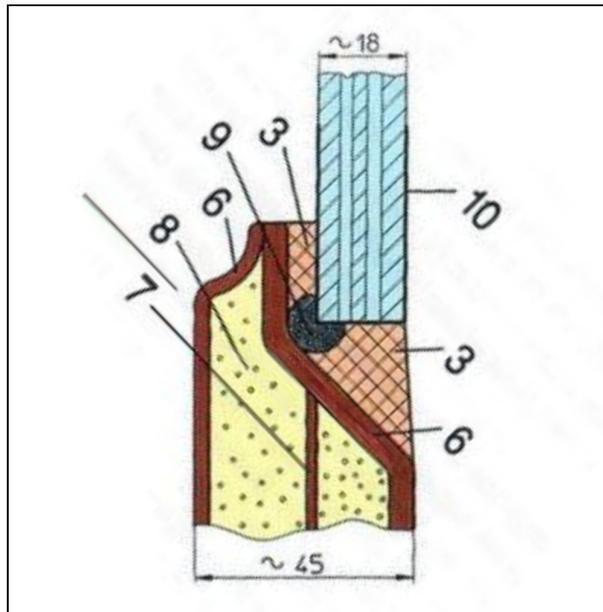


Abbildung 11: Auszug aus der Zeichnung SLM 0.802.039.413c (Quelle: SBB).

Legende: Position 3: Kleb- und Fugenmaterial;
Position 6: Scheibenaufnahme;
Position 9: Schnur.

Das verwendete Kleb- und Fugenmaterial erwies sich mit der Zeit als hygroskopisch. Eine weiterentwickelte Lösung der Klebetechnik wurde im Jahr 2018 für die Modernisierung der Re 460-Flotte definiert. Die Kunststoffschnur wurde durch ein neues Klebstoffsystem ersetzt. Diese Lösung ist in der Arbeitsanweisung der SBB (Version 03 vom 10.05.2018) festgehalten. Im Rahmen der Modernisierung der Re 460-Flotte wurden die GFK-Führerstände sowie die Frontscheiben ausgebaut (Abbildung 12).

1.10.1.2 Frontscheibe

Die Frontscheiben sind mit einer Splitterschutzschicht versehen. Diese verhindert, dass Splitter ins Innere des Führerstands gelangen und zu Verletzungen des Lokführers führen können, wenn die Frontscheibe durch einen Fremdkörper beschädigt wird.

Die beschädigte Scheibe der Lokomotive Re 460 005 war mit einer Splitterschutzschicht versehen.

1.10.1.3 GFK-Kabine

Anlässlich der Modernisierung werden die GFK-Kabinen einer Nachbehandlung unterzogen. Die Restbestände des Klebstoffes der Scheiben werden mittels Schleifen vollständig entfernt.



Abbildung 12: Beispiel einer ausgebauten GFK-Kabine während der Revision.

1.10.1.4 Montage der Frontscheiben: Klebprozess

Der Klebprozess zwischen Frontscheibe und GFK-Kabine verläuft seit 2018 in drei Phasen:

Zuerst wird von innen die kraftschlüssige Verklebung ausgeführt (Abbildung 13, Position 1).

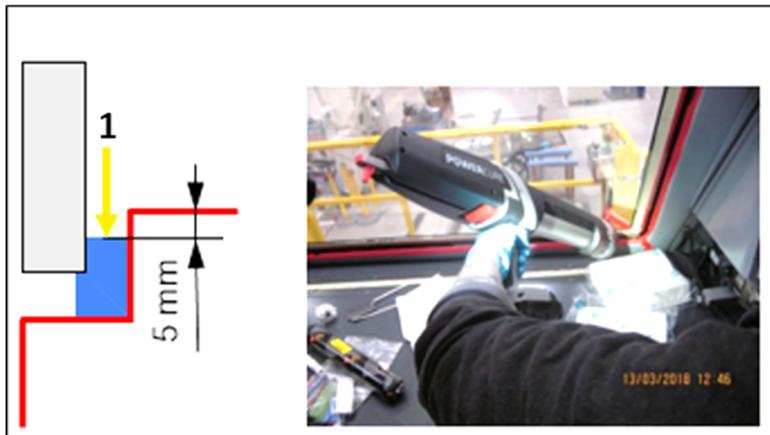


Abbildung 13: Kraftschlüssig Veklebung.

Dann wird die Abdichtung von unten angebracht (Abbildung 14, Position 2).

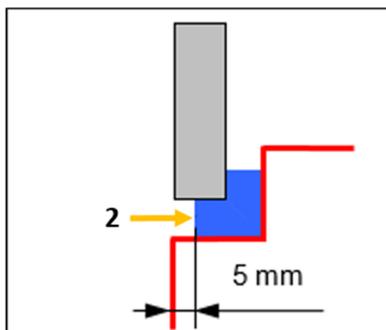


Abbildung 14: Abdichtung von aussen.

Am Schluss wird eine Dichtungsfuge angebracht (Abbildung 15, Position 3).

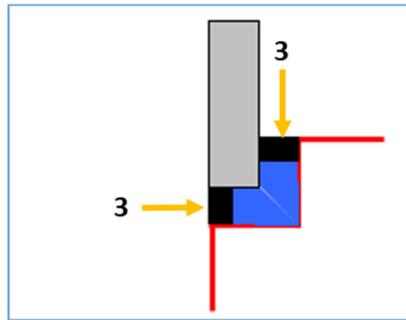


Abbildung 15: Dichtungsfuge.

1.10.1.5 Zustand der geklebten Frontscheibe der Lokomotive Re 460 005-2

1.10.1.5.1 Klebmasse

Anlässlich der Untersuchung in der Werkstatt, wurde ein Abschnitt von ca. 15 cm Länge der Verklebungsmasse abgeschnitten (Abbildung 16).



Abbildung 16: Übersicht der Verklebungsmasse: Grau: Restliche Fasern vom GFK-Material.

Die Untersuchung ergab Folgendes:

- Bei der Verklebung (August 2018) wurde zu wenig Klebmasse appliziert. Lokal war nur ca. 50 % der Fläche der Scheibe im Kontakt mit dem Scheibenrahmen der GFK-Kabine (Abbildung 17).
- Dort, wo Kontakt zwischen der Klebmasse und der GFK-Kabine bestand, war die Haftung der Klebmasse genügend. Das GFK-Material hatte sich jedoch teilweise gelöst (Abbildung 17 und Abbildung 18).
- In der Verklebung der beschädigten Frontscheibe befanden sich auch Klebebandrückstände. Das Klebeband wird während der Montage als Abdeckung des Rahmens und der Scheibe verwendet.



Abbildung 17: Detailansicht der kraftschlüssigen Verklebung. Grau: Ausgerissene GFK-Fasern.

1.10.1.5.2 Sitz der Scheibe im Rahmen der Scheibenaufnahme

Der Rahmen der Frontscheibe wurde an diversen Stellen entlaminiert; d. h. die Laminatschichten des glasfaserverstärkten Kunststoffs wurden aufgerissen (Abbildung 18 und Abbildung 19).



Abbildung 18: Seitliche Entlaminierung der Scheibenaufnahme.



Abbildung 19: Entlaminierung im unteren Rahmenbereich der Scheibenaufnahme.

Die Entlaminierung zeigt auf, dass die Kräfte, die auf die Frontscheibe wirkten, ausserordentlich gross waren.

Bei anderen Kabinen, die sich in der Aufarbeitung befanden (Abbildung 12), wurden zu stark abgeschliffene Scheibenaufnahmen gefunden (Abbildung 11, Position 6). Dies konnte jedoch bei der Lok 460 005 nicht beobachtet werden.

1.10.1.6 Dokumentation der durchgeführten Arbeiten

Gemäss den Klebprotokollen der beiden Frontscheiben der Lok Re 460 005 wurden die vorgeschriebenen Bedingungen für die Montage (Umgebungstemperatur, Feuchtigkeit, usw.) eingehalten.

1.10.1.7 Anpassung der Arbeitsanweisung zum Klebeprozess im Herbst 2018

Im Laufe des Jahres 2018 wurde bei Reparaturen an Frontscheiben modernisierter Lokomotiven Re 460 festgestellt, dass zu wenig Klebmasse aufgetragen wurde.

Um dieses Problem zu beheben, wurde die Arbeitsanweisung wie folgt angepasst: Der Klebeprozess wird von zwei Mitarbeitern durchgeführt. Der eine bedient die Klebepistole, während der zweite von aussen darauf achtet, dass die Klebmasse genügend tief nach unten gedrückt wird. (Phase 1 des Klebeprozesses, Abbildung 13.)

Dieser Arbeitsprozess wurde erst in der Arbeitsanweisung mit der Version 05 vom 20.07.2020 festgehalten.

Vor Inkrafttreten der neuen Arbeitsanweisung wurden 25 Re 460 Lokomotiven revidiert.

Die Arbeitsanweisung gilt auch für die Steuerwagen IC-Bt und Bt IC 2000. Diese Fahrzeuge wurden aber in der betroffenen Periode nicht modernisiert.

1.11 Normen

1.11.1 Norm UIC 651 «Gestaltung der Führerräume von Lokomotiven, Triebwagen, Triebwagenzüge und Steuerwagen»

Anfang der 90er Jahren, zu Beginn des Baus der Lokomotive Re 460, war die Norm UIC 651 «Gestaltung der Führerräume von Lokomotive, Triebwagen, Triebwagenzüge und Steuerwagen», Ausgabe Januar 1986, in Kraft. Diese Norm definierte nur die Anforderungen der Festigkeit der Frontscheibe.

Die Anforderungen an die Schnittstelle zwischen Frontscheibe und Fahrzeugkasten sind in der UIC 651 nicht geregelt.

1.11.2 EN 15152 «Bahnanwendungen Frontscheiben für Schienenfahrzeuge»

Dieses Dokument legt die funktionellen Anforderungen für Frontscheiben von Schienenfahrzeugen fest, einschliesslich Typenprüfung, Serienprüfung und Untersuchungsverfahren für Hochgeschwindigkeits-, Vollbahn-, Light Rail- und Untergrundbahnanwendungen. Untenstehend sind auszugsweise die relevanten Anforderungen an die Beschussprüfung aufgeführt:

6.1.1 Anforderungen für die Beschussprüfung

Frontscheiben unterliegen dem Risiko eines vorwiegend längs gerichteten Einschlags durch Schotter oder andere Geschosse, die eine Frontscheibe mit Geschwindigkeiten treffen können, die grösser sind als die Fahrzeugfahrgeschwindigkeit.

Frontscheiben müssen so ausgelegt und gebaut sein, dass sie dem Aufprall eines Geschosses, das versehentlich oder absichtlich auf die Frontscheibe trifft, standhalten können.

6.1.3 Geschossgeschwindigkeit bei der Beschussprüfung

6.1.3.1 Aufprallgeschwindigkeit des Geschosses

Die Nennaufprallgeschwindigkeit des Geschosses V_M muss wie folgt bestimmt werden:

$$V_M = V_{max} \text{ des Fahrzeuges} + 160 \text{ km/h}$$

6.1.4 Verfahren der Beschussprüfung

Prüfgeschosse¹ müssen eine Nennmasse von 1 kg besitzen und in Übereinstimmung mit Anhang D hergestellt worden sein.

6.5 Beschussfestigkeit

Die Prüfung muss als bestanden angesehen werden, wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- *die Kugel durchschlägt den Probekörper nicht;*
- *das Aluminiumblech hinter dem Probekörper hat keinen Abdruck und ist nicht durchschossen;*
- *der Probekörper verbleibt in seinem Rahmen²*

Auf Basis der Norm wurde für die Prüfung der Frontscheibe der Lokomotive Re 460 die Aufprallgeschwindigkeit des 1 kg schweren Geschosses auf 390 km/h bestimmt.

Die Norm EN 15152 legt keine Anforderungen an die Schnittstelle zwischen Frontscheibe und Fahrzeugkasten fest.

¹ Auszug EN 15152, Anhang D. Die Details sind in der Anlage 1 dieses Berichtes vorhanden.

² Rahmen: Die Zeichnung der Rahmen für die Versuchsanordnung Beschussprüfung ist in der Anlage 1 vorhanden.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Verklebung der Frontscheibe der Lokomotive Re 460 005

Die Qualität der Verklebung der Frontscheiben der Lokomotiven Typ Re 460 ist stark von der Ausführung abhängig. Eine saubere Vorbereitung der Klebeflächen zwischen Frontscheibe und Rahmen sowie die vom Hersteller vorgeschriebenen Temperatur- und Feuchtigkeitswerte bei der Applikation des Klebstoffs sind u. a. Schlüsselemente für eine einwandfreie Montagequalität.

Bei der Verklebung der Frontscheibe der Lokomotive Re 460 005 (Arbeitsanweisung, Version 03 vom 10.05.2018) wurde zu wenig Klebmasse appliziert. Dadurch wurde der Widerstand gegen das Herausreissen reduziert.

Zum Ereigniszeitpunkt verkehrten die Züge auf diesem Streckenabschnitt mit einer Geschwindigkeit von 200 km/h respektive 95 km/h. Die durch den Schlag der ca. 7 kg schweren Eisplatte gegen die Frontscheibe freigesetzte Energie überstieg die in der Norm für die Prüfung einer Frontscheibe vorgeschriebene Masse um ein Mehrfaches.

Ob die Verklebung und die Frontscheibe mit dem neuen Klebprozess (ab Herbst 2018) einer solche Beanspruchung standgehalten hätte, kann nicht abschliessend beurteilt werden.

2.1.2 Aerodynamische Einflüsse / Lösen von Eisplatten / Festigkeit und Befestigung der Frontscheiben / Normative Aspekte

Die aerodynamischen Bedingungen, die während der Fahrt entstehen können, insbesondere der Übergang von Überdruck auf Unterdruck nach einem Tunnelportal, verursachen Wellenbewegungen bei nicht festen Fahrzeugverkleidungen. Daher können sich die auf einem Dach eines mit einer Blache verkleideten Behälters angesammelten Eisplatten jederzeit selbstständig lösen.

Weniger sensibel sind Wagen oder Container mit einer Stahlabdeckung. Feste Elemente sind bei unterschiedlichen Druckbedingungen keinen Wellenbewegungen ausgesetzt. Trotzdem können sich angesammelte Eisplatten ebenfalls jederzeit selbstständig lösen.

Während der für die Zulassung einer Frontscheibe durchgeführten Typentests (Norm EN 15152) wird ein Einschlag eines Geschosses in die Scheibe simuliert. Für die Versuche werden die Frontscheiben in einem speziell für die Tests entwickelten Rahmen befestigt. Daher kann die Festigkeit der gesamten Konstruktion (Schnittstelle zwischen Scheibe und Fahrzeugkasten) im eingebauten Zustand nicht überprüft werden. Eine solche Überprüfung wird weder von der Norm 15152 noch anderen einschlägigen Normen verlangt

Wie dieser Fall zeigt, können im Betrieb andere Bedingungen als beim Typentest eintreffen. Die Masse der Eisplatte von ca. 7 kg, multipliziert mit den addierten Geschwindigkeiten der Züge ergibt eine Energie, die so gross war, dass die Befestigung der Frontscheibe dieser Belastung nicht standhalten konnte. Die Frontscheibe ragte durch den Aufprall der Eisplatte teilweise in den Führerstand hinein.

2.2 Organisatorische Aspekte

Bei der Zuguntersuchung prüft der technische Kontrolleur die Lauffähigkeit der Wagen (Räder, Bremsen, Federn, Kupplungsstellen usw.). Eine Kontrolle des Daches ist nicht vorgeschrieben und auch nicht durchführbar.

2.3 Betriebliche Aspekte

Es gibt keine Vorgabe, die Begegnungen von Zügen bei aussergewöhnlichen Wetterbedingungen (Aussentemperatur, Schnee, usw.) einschränkt. Güterzüge können lange Strecken mit sehr unterschiedlichen meteorologischen Verhältnissen zurücklegen. Schneemengen können sich auf dem Dach sammeln, schmelzen und wieder zu Eis gefrieren. Dies gilt nicht nur beim Ausgangsbahnhof, sondern auch bei starkem Schneefall und grosser Kälte während eines betrieblichen Zwischenhalts.

Während der Fahrt kann sich jederzeit eine auf einem Wagendach gebildete Eisplatte selbstständig lösen. Auf Doppelspurstreckenabschnitten kann bei der Begegnung zweier Züge ein sich von einem Wagendach gelöstes Objekt einen entgegenfahrenden Zug treffen und in Funktion der relativen Geschwindigkeit entsprechende Beschädigungen verursachen.

Seit Ende 2004 verkehren Personen- und Güterzüge auf der Neubaustrecke Mattstetten–Rothrist. Bis zu diesem Vorfall ist der SUST kein Fall bekannt, bei dem die Begegnung zweier Züge durch eine sich von einem Wagendach gelöste Eisplatte zu schweren Beschädigungen geführt hatte.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Die Ausführung des Klebprozesses der Frontscheibe der Lokomotive Re 460 005 entsprach der zur Einbauzeit der Frontscheibe gültigen Arbeitsanweisung V03.
- Der Klebprozess der Frontscheibe nach der Arbeitsanweisung V03 war für die Lokomotive Re 460 (und zugehörige Steuerwagen) nicht fachgerecht ausgelegt.
- Die Verklebung der Frontscheibe konnte den durch den Schlag der ca. 7 kg schweren Eisplatte erzeugten Kräften nicht standhalten. Die Scheibe knickte teilweise in den Führerstand.
- Der neue Arbeitsprozess wurde im Oktober 2018 eingeführt und formell in der Arbeitsanweisung Version 05 vom 20.07.2020 festgehalten.
- Die Splitterschutzschicht hat ihre Funktion korrekt erfüllt.

3.1.2 Organisatorische Aspekte

Bei einer Zuguntersuchung ist die Kontrolle von Fahrzeugdächern nicht möglich.

3.1.3 Betriebliche Aspekte

Bis zum Zeitpunkt dieses Vorfalles ist der SUST kein Fall bekannt, bei dem die Begegnung zweier Züge durch eine sich von einem Wagendach gelöste Eisplatte zu schweren Beschädigungen geführt hatte.

3.1.4 Normative Aspekte

- Die auf den Lokomotiven Re 460 eingebauten Frontscheiben erfüllen die Vorgaben der Norm UIC 651 sowie der Norm EN 15152 für Beschussprüfungen.
- Die Norm EN 15152 legt keine Anforderungen an die Schnittstelle zwischen Frontscheibe und Fahrzeugkasten fest.

3.2 Ursache

Der Bruch der Frontscheibe der Lokomotive eines Fernverkehrs-Zuges IC 736 wurde durch den Aufschlag einer Eisplatte verursacht, die sich von einem Containerdach eines entgegnkommenden Güterzuges gelöst hatte.

Zum Unfall haben beigetragen:

- Selbstständiges Lösen einer Eisplatte vom Dach eines mit einer Blache gedeckten Containers durch aerodynamische Bedingungen.
- Durch den Aufprall auf die Frontscheibe der Lokomotive freigesetzte Energie der ca. 7 kg schweren Eisplatte, die aufgrund der hohen addierten Geschwindigkeiten deutlich über den Norm-Prüfwerten lag.

Die Untersuchung hat den folgenden Faktor als Sicherheitsrisiko eingestuft:

Die nicht fachgerechte Verklebung der Frontscheibe hat möglicherweise begünstigt, dass die Scheibe in den Führerstand einknickte und schlussendlich Fremdkörper in den Führerstand gelangten.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014 (VSZV), Stand am 1. Februar 2015 (SR 742.161), 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 Weiterentwicklung der Norm EN 15152

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Die Frontscheiben unterliegen bezüglich ihrer Festigkeit der Norm EN 15152. Die Befestigung der Frontscheibe sowie das Verkleben mit der Führerkabine ist nicht normiert und auch nicht Bestandteil einer Typenprüfung.

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 172

Die SUST empfiehlt dem Bundesamt für Verkehr (BAV), die Ergebnisse dieser Untersuchung dem Normengremium der EN 15152 zu unterbreiten, um die Erkenntnisse aus diesem Vorfall in der Weiterentwicklung der Norm zu berücksichtigen.

4.2 Sicherheitshinweis

Keine.

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.

Im Laufe des Jahres 2018 wurde die Schwäche der Verklebung der Frontscheibe erkannt. Die korrigierte Arbeitsanweisung wurde dem Werkstattpersonal zugestellt und instruiert.

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, 17. Mai 2022

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

Anlage 1

Norm EN 15152

Anordnung für den Beschussversuch mit einer Probekörper-Frontscheibe

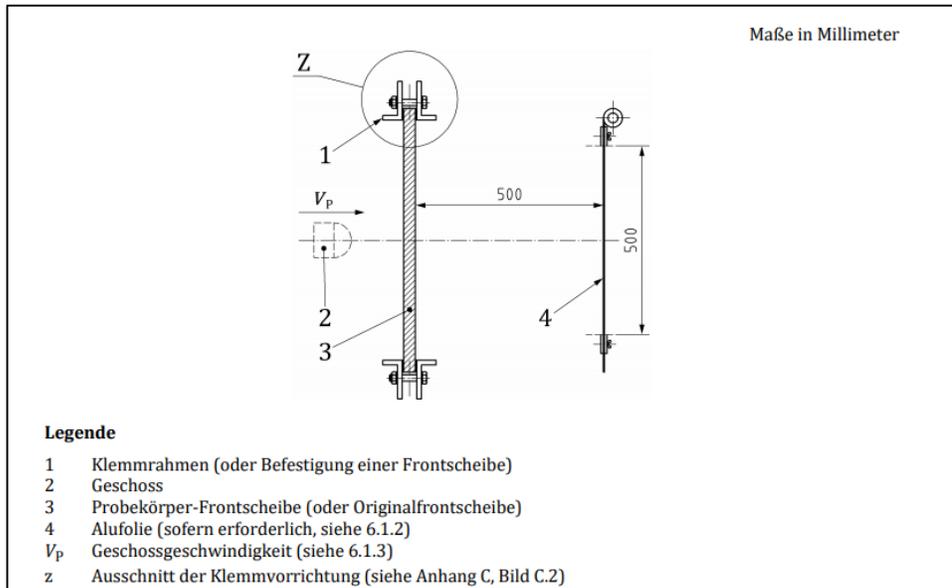


Abbildung 20: Auszug der Norm EN 15152 bezüglich die Prüfanordnung.

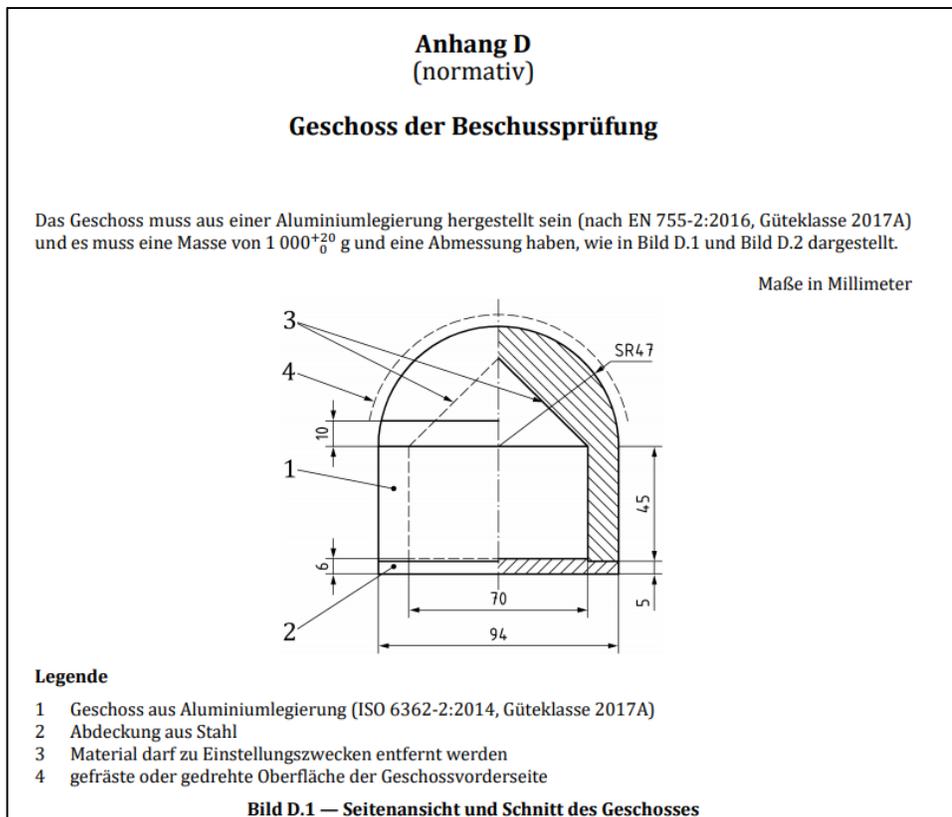


Abbildung 21: Auszug der Norm EN 15152 bezüglich des Geschosses.