



BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut

Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

Auftraggeber:

BAV Bundesamt für Verkehr
3003 Bern

Herausgeber:

ENOTRAC AG
Seefeldstrasse 8
CH-3600 Thun
Tel. +41 (0)33 346 66 11
Fax +41 (0)33 346 66 12
e-mail: info@enotrac.com
www.enotrac.com

Freigegeben
12.07.2018

ECH-157.25-009.V1.0.Verteilung_Freisetzungsorte.docx
© ENOTRAC AG



Quelle: SUST, Unfallbericht vom Ereignis Mühlehorn (CH-008)

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

Aktuelle Version

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
1.0	12.07.2018	Freigegeben	J. Tschumi	D. Würgler	J. Schulze

Vorherige Version

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben

Änderungen seit der vorherigen Version

--

Urheberrecht

Dieses Dokument wurde durch ENOTRAC AG im Auftrag des Kunden erarbeitet. Für das Dokument und den darin dargestellten Gegenstand erhält der Kunde das Nutzungsrecht. Die Urheberrechte liegen bei ENOTRAC AG. Vervielfältigung, Bekanntgabe an Dritte oder Verwertung seines Inhalts über die vorgesehene Nutzung hinaus sind ohne schriftliche Zustimmung verboten.
© ENOTRAC AG

Bookmarks

Projekttitle	ProjTitle1	BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
	ProjTitle2	
Berichttitle	DocTitle1	Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte
	DocTitle2	abgeleitet aus Unfallberichten
	DocTitle3	
Berichtnummer	DocNumber	ECH-157.25-009
Auftraggeber	ClientName	BAV Bundesamt für Verkehr
	ClientAddr	3003 Bern
Logos	EnoLogoHeader	
	ClientLogo1Header	
	ClientLogo2Header	
Kontakt	Contact	Jürg Tschumi, Tel. +41 33 346 66 48
	Contact_Mail	juerg.tschumi@enotrac.com

Inhalt:

1	Zusammenfassung	5
1.1	Vorgehen	5
1.2	Ergebnisse	5
1.3	Fazit	6
2	English summary	7
2.1	Approach	7
2.2	Results	7
2.3	Conclusion	8
3	Einleitung	9
3.1	Ausgangslage und Fragestellung	9
3.2	Methode	10
3.2.1	Recherche	10
3.2.2	Auswertung von Unfalldaten	11
3.3	Abkürzungen, Begriffe	12
4	Datengrundlage	13
4.1	Quellen	13
4.2	Allgemeine Angaben	14
4.3	Erhobene Daten	15
4.3.1	Allgemeines	15
4.3.2	Die Begriffe „verunfallter Wagen“ und „Wagen mit Schaden am Wagenaufbau“	16
4.3.3	Parameter der Unfallereignisse	18
4.3.4	Merkmale der Unfallereignisse	20
4.4	Nicht berücksichtigte Unfallberichte	24
4.4.1	F-003	24
4.4.2	F-007	25
5	Ergebnisse	27
5.1	Allgemeine Eigenschaften der verunfallten Züge	27
5.1.1	Anzahl Wagen	27
5.1.2	Infrastruktur am Unfallort	29
5.1.3	Geschwindigkeit der Unfallzüge	32
5.1.4	Lichtraumprofilverletzungen	38
5.1.5	Ursache der Unfälle	38
5.2	Allgemeine Eigenschaften der verunfallten Wagen	39
5.2.1	Anzahl verunfallte, entgleiste, am Wagenaufbau beschädigte Wagen	39
5.2.2	Endlage der verunfallten Wagen auf oder neben Trasse	40
5.3	Distanz Wagen zum Gleis	41
5.3.1	Distanz Wagen zum Gleis als Funktion des Merkmals Ort	42
5.3.2	Distanz Wagen zum Gleis als Funktion der Geschwindigkeit	44
5.4	Distanz Freisetzungsorte zum Gleis	47

6	Referenzen	51
6.1	Gesetze, Verordnungen	51
6.2	Unfalldatenbanken	51
6.3	Weitere Dokumente	51
7	Anhang I – Mindmap Einflussgrößen	53
8	Anhang II – Erhobene Daten allgemein	54
9	Anhang III – Daten zu Gefahrgut	82
10	Anhang IV – Zahlenwerte zu den wichtigsten Abbildungen	84

1 ZUSAMMENFASSUNG

1.1 Vorgehen

In der vorliegenden Studie wurde untersucht, wie sich bei Eisenbahnunfällen die Häufigkeitsverteilung der potenziellen Freisetzungsorte von Gefahrgut in Abhängigkeit zur Distanz von der befahrenen Gleisachse verhält. Ebenso wurde untersucht, welchen Einfluss weitere Unfallparameter (lokale Eigenschaften des Unfallorts, Geschwindigkeit, ...) auf diese Verteilung ausüben.

Da Eisenbahnunfälle mit Gefahrgutfreisetzung zum Glück seltene Ereignisse sind, wurden die potenziellen Freisetzungsorte aus allgemeinen Unfällen von Güterzügen abgeleitet. Dazu wurden die öffentlich zugänglichen Unfallberichte der nationalen Untersuchungsbehörden von Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, der Niederlande, Österreich und der Schweiz ausgewertet. So konnten total 129 verunfallte Güterzüge mit 2997 Wagen, in denen insgesamt 410 Güterwagen verunfallten, untersucht werden.

Für die Bestimmung der Verteilung der Freisetzungsorte wurden dabei zwei unterschiedliche Ansätze gewählt:

- a) Es wurden die Mittelpunkte aller verunfallten¹ Güterwagen als möglicher Freisetzungsort von Gefahrgut betrachtet
- b) Es wurden nur die Mittelpunkte derjenigen Güterwagen berücksichtigt, welche Schäden am Wagenaufbau aufgewiesen haben.

Die Wagen nach Ansatz b) sind eine Teilmenge der Wagen nach Ansatz a). Ansatz b) berücksichtigt nur Wagen, deren Beschädigung ein deutlich erhöhtes Risiko für Gefahrgutfreisetzung impliziert. Beim Ansatz b) berücksichtigt sind z.B. Wagen, die gekippt sind oder durch Aufklettern anderer Wagen am Wagenaufbau beschädigt wurden. Nicht berücksichtigt sind bei Ansatz b) Wagen, die zwar entgleist sind, dabei jedoch keinen Schaden am Wagenaufbau erlitten haben.

Um auch die Ausdehnung der Wagen zu berücksichtigen, wurde anhand der Länge und des Durchmesser eines typischen Gefahrgutkessels und der ebenfalls erfassten Lage der Längsachse der verunfallten Wagen zum befahrenen Gleis zusätzlich eine Häufigkeitsverteilung unter Berücksichtigung potentieller Lecks an den Wagenenden abgeleitet (nebst dem Wagenmittelpunkt wurden auch die vier Extrempunkte an den Wagenenden als potentielle Freisetzungsorte betrachtet).

1.2 Ergebnisse

Die im Rahmen dieser Studie bestimmten Verteilungskurven der potenziellen Freisetzungsorte von Gefahrgut weichen im Nahbereich zum Trassee kaum von den heutigen Annahmen im Screening Umweltrisiken ab. Rund 50 % der Freisetzungsorte liegen nicht weiter als 1.5 m (Ansatz a) resp. 3.5 m (Ansatz b) von der Gleisachse weg. Deutlich ist der Unterschied jedoch für die grösseren Abstände: Nur gerade 1-2 % der verunfallten Wagen resp. der Wagen mit Schaden am Wagenaufbau befinden sich nach dem Unfall mehr als 20 m vom Gleis entfernt. Nach heutigem Modell wird von je 25 % (links und rechts) in einem Abstand von 25 m ausgegangen.

¹ Entgleist oder mit Schaden am Wagenaufbau; genaue Definition siehe Kapitel 4.3.2

Welche Verteilungskurve (nach Ansatz a) oder b)) in das „Screeningtool“ integriert werden soll, ist unter anderem auch anhand der genauen Definition des Parameters „Wahrscheinlichkeit der Freisetzung von Gefahrgut“ noch festzulegen.

Die Auswertung der Unfallberichte hat gezeigt, dass die Geschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt nur einen sehr schwachen Einfluss auf die Abstände der Fahrzeuge nach dem Unfall hat. Dies hängt auch damit zusammen, dass bei keinem der untersuchten Unfälle alle Wagen entgleisten oder beschädigt wurden und auch bei denjenigen Unfällen, wo einzelne Wagen vergleichsweise weit vom Gleis zum Stillstand kamen, andere verunfallte Wagen des gleichen Zugs nahe beim Gleis verblieben. Für die Terrainart (Ebene, Hanglage, Damm, ...) kann ein Einfluss nicht ausgeschlossen werden. Da aber fast alle Unfälle in der Ebene erfolgten, ergibt sich für die anderen Terrainarten aufgrund der tiefen Unfallzahlen keine Signifikanz. Auch für das Merkmal Linienführung (mit den Kategorien Gerade, Kurve, Weiche gerade, Weiche ablenkend) konnte kein Einfluss auf die Verteilung der potenziellen Freisetzungsorte abgeleitet werden. Der Einfluss des Merkmals Unfallort hat für die Kategorien „Bahnhofsgebiet“ und „offene Strecke“ jedoch die Herleitung von zwei unterschiedlichen Verteilungen der potenziellen Freisetzungsorte erlaubt – auf offener Strecke sind die Distanzen tendenziell etwas grösser.

Die Auswertung der Unfallberichte mit der Erfassung zahlreicher Unfallmerkmale hat noch die Bestimmung weiterer für Risikoanalysen von Güterzugsunfällen relevanter Kenngrößen ermöglicht: z.B. Mittlere Zahl verunfallter Wagen in einem Unfallzug, Anteil der verunfallten Wagen, die auf dem Bahnareal verbleiben, Anteil der Unfälle, die zu Lichttraumprofilverletzungen auf nicht vom Unfallzug befahrenen Gleisen führen.

1.3 Fazit

Mittels Auswertung von mehr als 120 Unfällen von Güterzügen mit mehr als 400 verunfallten Güterwagen erfolgte eine Ableitung der Häufigkeit der potenziellen Freisetzungsorte von Gefahrgut als Funktion des Abstands vom Gleis. Damit kann die bisherige grobe Verteilungsannahme von 50 % im Gleisbereich und je 25 % im Abstand von 50 m links und rechts vom Trassee durch eine detailliertere und aus Unfalldaten abgeleitete Verteilungskurve ersetzt werden. Die erhobenen Daten zeigen, dass mit dem aktuellen Modell der Anteil der Freisetzungsorte mit einem Abstand von 20 m bis 50 m vom Trassee überschätzt wird. Der Nutzen allfälliger Massnahmen in diesem Bereich wird dadurch deutlich überbewertet.

Die aus den Unfallberichten von Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, der Niederlande, Österreich und der Schweiz abgeleitete Häufigkeitsverteilung ist deutlich „schlanker“ (Ereignisse mit grossen Abständen sind seltener) als eine frühere Untersuchung [9] für Unfälle in den USA und Kanada ergeben hat. Dies dürfte auf die anderen Bedingungen des Eisenbahnverkehrs in Nordamerika zurück zu führen sein (sehr lange Züge, Zentralkupplung, keine Seitenpuffer und wohl auch teilweise schlechteren allgemeinen Gleiszustand). Zudem ist der Unfalltyp, bei dem Wagen durch Explosionen weit vom Gleis zu liegen kamen, in keinem Unfallbericht aus den vorgenannten europäischen Ländern aufgetreten.

Die Auswertung hat auch gezeigt, dass die Geschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt keinen deutlichen Einfluss auf den Abstand möglicher Freisetzungsorte vom Gleis aufweist.

2 ENGLISH SUMMARY

2.1 Approach

The aim of the present study was the determination of the distribution of potential release places of dangerous goods relative to the track after a railway accident. The influence of other accident parameters (such as local characteristics of the accident place, speed, etc.) on this distribution was also considered.

Fortunately, railway accidents with release of dangerous goods are rare events. Therefore, the potential release places were determined based on accidents with freight trains in general to obtain a meaningful statistical base. The publicly accessible accident reports of the national authorities of Germany, France, Great Britain, the Netherlands, Austria and Switzerland were analysed. A total of 129 accidents with freight trains consisting of 2997 freight wagons, 410 of them derailed or damaged, have been assessed for the present study.

For the determination of the distribution of the potential release places of dangerous goods, two different approaches were chosen:

- a) The centre of all freight wagons affected by the accident² was considered as possible release place of dangerous goods
- b) Only the centre of all freight wagons with damage on the upper body of the wagon were considered as possible release place of dangerous goods

The wagons included in approach b) are a subset of the wagons included in approach a). Approach b) considers only freight wagons with damages that clearly implicate an increased risk for release of dangerous goods. E.g. overturned wagons and wagons damaged by climbing belong to approach b). Not included in approach b) are derailed wagons with no damage on the upper body of the wagon.

To account for the dimensions of the wagons, the distribution of possible release places for dangerous goods was amended with the consideration of leakage at the four extremities of the wagons (and not only the centre). This calculation has been modelled assuming a typical vessel for dangerous goods and with data of the centre line of the wagons after the accident.

2.2 Results

For places on or near the track, the derived distribution for possible release places of dangerous goods shows no big difference to the current assumptions of the model for environmental risks: About 50 % of the release places are no further away than 1.5 m (approach a) respectively 3.5 m (approach b) from the centre of the track. A distinct difference exists for greater distances: Only 1-2 % of the wagons affected by the accident respectively with damage on the upper body are more than 20 m away from the track centre. The current model assumes 25 % of the release places on each side of the track at a distance of 25 m.

² Derailed or with damage on the upper body of the wagon

The analysis of the accident reports revealed only a very low influence of the train speed on the distances of the wagons from the track after the accident. This is related to the fact, that in none of the investigated accidents all wagons of a train derailed or were damaged and that also for accidents where some wagons ended rather far away from the track centre, other damaged wagons remained close to the track. The influence of the terrain at the place of the accident (with attributes such as flat, hilly, track on a dam etc.) cannot be excluded. Because almost all investigated accidents occurred in flat areas, the low number of accidents on other terrain does not allow a useful evaluation for these types of terrain. The layout of the line (with attributes such as straight line, curve, switches in straight or diverting position) did also not show a distinctive influence. The place of the accident with the attributes "station area" and "open track" permitted to determine two different distributions: On open track, the distances of the damaged or derailed wagons from the track centre are slightly bigger.

The analysis of the accident reports with the acquisition of numerous accident characteristics allowed the determination of further numbers relevant for risk analysis of freight trains like mean number of damaged wagons per train, percentage of wagons that stay in the railway zone after an accident, percentage of accidents that result in violation of the clearance gauge of neighbouring tracks not used by the involved train(s).

2.3 Conclusion

By means of the analysis of more than 120 accidents with freight trains that resulted in more than 400 damaged freight wagons, the distribution of the release place of dangerous goods relative to the track centre was determined. This allows to replace the currently used assumptions (50 % on track, 25 % at 25 m on each side of the track) by a more detailed distribution that is derived from accident data. The present survey reveals that the current model overestimates the percentage of release places in a distance between 20 m and 50 m from the track centre. The benefit of mitigation measures in this range is therefore clearly overrated by the current model.

The derived distribution is based on accidents reports from Germany, France, Great Britain, the Netherlands, Austria and Switzerland. The shape of the distribution is narrower than the results of a previous study [9] based on accidents in North America (USA, Canada). The main reason may be due to the very long trains, central couplings and the generally worse conditions of the track in North America. Additionally, one accident scenario, where wagons are pushed away from the track by explosions, never happened according to the accident reports of the aforementioned European countries.

The analysis also revealed that the speed of the freight train at the time of the accident has no big influence on the distribution of the distance of possible release places of dangerous goods from the track centre.

3 EINLEITUNG

3.1 Ausgangslage und Fragestellung

Gemäss der Störfallverordnung (StFV) [1] unterstehen³ die Normalspur-Eisenbahnlinien der Schweiz mit relevantem Güterverkehrsaufkommen dieser Verordnung. Dementsprechend muss der Inhaber einer solchen Eisenbahnlinie (unter anderem) gemäss Art. 5, Abs. 2d einen Kurzbericht mit einer „Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Störfalls mit schweren Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt“ beim Bundesamt für Verkehr (BAV) als Vollzugsbehörde⁴ einreichen.

Die auf einer bestimmten Strecke transportierten Mengen Gefahrgut können sich relativ rasch ändern⁵ und dementsprechend müssen diese Einschätzungen der Wahrscheinlichkeit eines Störfalls recht oft nachgeführt werden („Änderung der Verhältnisse“ gemäss Art. 8a StFV). In der Praxis hat sich deshalb für Eisenbahnen etabliert, dass diese Einschätzung einheitlich mittels dem vom BAV betriebenen „Screeningtool“ erbracht wird und der Inhaber der Anlage die dazu nötigen Inputparameter bereitstellen muss. Im Rahmen von regelmässigen „Screenings“ (daher der Name des Tools) werden die Risiken anhand der aktualisierten Daten für Gefahrgutmengen und Bevölkerungsentwicklung neu berechnet.

Falls mit dem Kurzbericht nicht mehr aufgezeigt werden kann, dass „die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Störfall mit schweren Schädigungen eintritt, hinreichend klein ist“ (Art. 6, Abs. 3b), muss die Vollzugsbehörde nach Art. 6, Abs. 4 vom Inhaber der Eisenbahnlinie als zweite Stufe eine „Risikoermittlung nach Anhang 4“ der StFV einfordern. Die Eigenschaften des „Screeningtools“ erlauben seine Anwendung auch für diese Risikoermittlung. Ebenso kann das „Screeningtool“ im Rahmen von Projekten der Beurteilung und Bewertung von Sicherheitsmassnahmen dienen.

Im Rahmen der Weiterentwicklung der Berechnungsmethodik der Risiken aus dem Transport gefährlicher Güter per Bahn überprüft das BAV aktuell mehrere Modellparameter des „Screeningtools“ (ortsspezifische und allgemeine Parameter), unter anderen auch den Ort der Freisetzung von Gefahrgut nach einem Bahnereignis und Leckschlagen der Gefahrgutumschliessung. Wo genau Gefahrgut freigesetzt wird, hat Einfluss auf die Art und die Kosten von präventiven Sicherheitsmassnahmen und auf den Umwelt- und Personenschaden. Der Parameter „Freisetzungsort von Gefahrgut“ hat daher insbesondere Bedeutung bei der Anordnung allfälliger zusätzlicher Sicherheitsmassnahmen (Art. 8 StFV) und der dazu notwendigen Kosten/Nutzen-Analyse.

Der Parameter „Freisetzungsort von Gefahrgut“ wird aktuell im „Screeningtool“ nur für die Bestimmung von Umweltrisiken genutzt und ist folgendermassen festgelegt:

- Bei 50 % der Ereignisse mit Freisetzung von Gefahrgut erfolgt diese Freisetzung auf dem Bahntrasse
- Bei 25 % der Ereignisse mit Freisetzung von Gefahrgut erfolgt diese Freisetzung 25 m links vom Bahntrasse

³ Die StFV listet die Strecken im Anhang 1.2a explizit auf.

⁴ Die StFV legt fest, dass die Kantone für den Vollzug verantwortlich sind, sofern der Vollzug nicht dem Bund übertragen ist. Der Vollzug bei Eisenbahnanlagen ist dem Bund übertragen und dort dem BAV.

⁵ z.B. sind in letzter Zeit einige kleinere Herstellstandorte von Gefahrgut geschlossen und dafür grössere geschaffen worden. Dies führt dann zur Konzentration der Gefahrguttransporte auf gewissen Linien.

- Bei 25 % der Ereignisse mit Freisetzung von Gefahrgut erfolgt diese Freisetzung 25 m rechts vom Bahntrasse

Dieser Ansatz beruht einerseits auf einer Expertenschätzung und andererseits auf dem Raster von 25 m des aktuell im „Screeningtool“ eingesetzten Geomodells der Schweiz.

Um in künftigen Versionen des „Screeningtools“ den Freisetzungsort allenfalls detaillierter modellieren zu können, hat das BAV ENOTRAC mit einer Forschungsstudie zum Thema Freisetzungsort beauftragt. Die Studie soll dabei folgende Fragen beantworten:

- Wo (Abstand seitlich von der Gleismitte) wird das Gefahrgut mit welcher Wahrscheinlichkeit freigesetzt, wenn ein Güterzug verunfallt und die Tankhülle des Containers/Kesselwagens beschädigt wird?
- Von welchen lokalen Gegebenheiten oder Parametern (wie z.B. der Geschwindigkeit des verunfallten Zuges, Brücken) hängt diese Verteilung ab?

3.2 Methode

3.2.1 Recherche

In einem ersten Schritt erfolgte eine Recherche zum Thema Freisetzungsort von Gefahrgut. Sowohl die Recherche nach vorhandener Literatur als auch die Anfrage bei Fachpersonen (Hochschulen, Risikomanager Infrastruktur, Interventionsverantwortliche Bahn und Kantone) in der Schweiz und Deutschland hat jedoch nur zu einem mageren Ergebnis geführt. Die Frage nach den Freisetzungsorten von Gefahrgut relativ zum Bahntrasse wurde bisher kaum systematisch angegangen.

Einig waren sich alle befragten Fachpersonen, dass sie keine Eisenbahnunfälle kennen, bei denen das Gefahrgut als solches Auslöser des Unfalls war. Ebenso waren den Fachpersonen keine Untersuchungen bekannt, die für Gefahrgutwagen spezifische Unfallursachen identifiziert haben. Diese beiden Aussagen sind für den in der vorliegenden Studie gewählten Ansatz (siehe Kapitel 3.2.2) zur Herleitung der Freisetzungsorte zentral: Die Verallgemeinerung von verunfallten Gefahrgutwagen auf verunfallte Güterwagen wäre ohne diese Annahme nicht zulässig.

Die Publikationen [13] und [14] beschreiben die Modellierung des dynamischen Verhaltens von Zugkompositionen nach einer Entgleisung. Die Situation ist jedoch nicht auf europäische und im speziellen Schweizer Verhältnisse übertragbar. Das Modell basiert auf langen Zügen mit Zentralkupplung und ohne Seitenpuffer. In der Publikation [9] ist eine Verteilungskurve für die Entfernung von entgleisten Güterwagen seitlich zum Gleis enthalten, die auf 298 Eisenbahnunfällen in den USA und Kanada basiert. Dementsprechend stellt sich auch hier die Frage der Übertragbarkeit auf europäische Verhältnisse.

Die Anforderungen an bahnnahes Bauen aus der AB-EBV [2] referenzieren zum UIC Kodex 777-2 [10] und dieser basiert auf einer Untersuchung aus dem Jahre 2000 [11] über Schäden an Bauwerken, verursacht durch abdriftende Eisenbahnfahrzeuge. Die vom BAV beauftragte Studie [12] hat den Fokus ebenfalls auf den Schäden an bahnnaher Infrastruktur. Das Schadensausmass an den Eisenbahnfahrzeugen – was für die Freisetzung von Gefahrgut relevant ist – wird in diesen Studien dementsprechend nicht behandelt. Zudem zeigt der in diesen Studien abgeleitete Zusammenhang zwischen seitlicher Abdrift und der Zugsgeschwindigkeit eine schlechte Übereinstimmung zwischen Modellvorstellungen und 11 effektiven Ereignissen (siehe Abbildung A4-4 in [11]).

3.2.2 Auswertung von Unfalldaten

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie beruhen daher auf der Auswertung von öffentlich zugänglichen Unfallberichten nationaler europäischer Untersuchungsbehörden zu Eisenbahnunfällen. Berücksichtigt wurden dabei nur Unfälle von Güterzügen. Unfälle bei Rangierfahrten wurden nicht untersucht.

Da die Zahl der Ereignisse mit Freisetzung von Gefahrgut glücklicherweise tief ist, lässt sich jedoch nur auf Basis von Unfällen mit Freisetzung von Gefahrgut keine Wahrscheinlichkeitsverteilung für den Freisetzungsort bestimmen – sie wäre durch die wenigen Einzelereignisse geprägt. Zudem ist die Frage, ob ein verunfallter Gefahrgutwagen im Unfallablauf tatsächlich leckschlägt und es dadurch zur Freisetzung kommt, nicht Teil der Fragestellung der vorliegenden Studie.

Es wurde daher die Grundannahme getroffen, dass Gefahrgutwagen gleichartig wie jeder andere Güterwagen verunfallen – auch wenn dann das Schadensausmass bei einem Unfall mit Gefahrgut für Mensch und Umwelt ganz anders ausfällt. Diese Grundannahme wird durch die bereits in Kapitel 3.2.1 erwähnte Erfahrung, dass das Gefahrgut nicht Auslöser der Unfälle ist, gestützt. Sie vernachlässigt jedoch die Frage, ob z.B. ein Kesselwagen oder ein Tragwagen für Container bei einem Unfall so unterschiedlich rollen, kippen, überschlagen oder gestossen und geschleudert werden, dass die Verteilung der Endlagen der Fahrzeuge bezogen auf die befahrene Gleisachse im Mittel voneinander signifikant abweichen.

Entsprechend der Grundannahme wurde deshalb die Endlage verunfallter Güterwagen als möglicher Freisetzungsort von Gefahrgut betrachtet. Dass bereits während dem Unfallablauf Gefahrgut austreten könnte, wird vernachlässigt. Als „verunfallte Güterwagen“ wurden diejenigen Wagen eines Unfallzugs bezeichnet, die entgleisten oder auch ohne Entgleisung Schäden am Wagenaufbau⁶ erlitten (z.B. durch Aufklettern oder Stauchen). Zusätzlich wurde noch untersucht, wie sich die Wahrscheinlichkeitsverteilung möglicher Freisetzungsorte für Gefahrgut verändert, wenn nur Güterwagen betrachtet werden, die beim Unfall Schäden am Wagenaufbau erlitten haben (z.B. durch Kippen, Touchieren von Hindernissen, Aufklettern oder Stauchen) und nicht bloss entgleist sind. (Details zur Unterscheidung „verunfallte Güterwagen“ und „Wagen mit Schaden am Wagenaufbau“ siehe Kapitel 4.3.2 und Tabelle 3-1.)

Nebst der Endlage der verunfallten Güterwagen wurden noch zahlreiche weitere Parameter der Unfälle erfasst. Dazu wurden im Vorfeld der Auswertung der Unfallberichte mögliche Einflussgrössen auf die Endlage eruiert (siehe Mindmap im Kapitel 7). Welche Parameter schlussendlich tatsächlich aus den Unfallberichten und in welcher Qualität erhoben werden konnten, ist in den Kapiteln 4.3.3 und 4.3.4 beschrieben.

⁶ In dieser Studie wird die Verallgemeinerung von Gefahrgutwagen auf Güterwagen genutzt. Auf Stufe Gefahrgutumtschliessung wird die entsprechende Verallgemeinerung als „Schaden am Wagenaufbau“ bezeichnet. Siehe auch Tabelle 3-1.

3.3 Abkürzungen, Begriffe

Begriff	Definition, Bedeutung, Anmerkung
#	Anzahl
[x-y[	Intervall resp. Klasse; zugehörig sind alle Werte von x (inklusive) bis y (exklusive)
BAV	Bundesamt für Verkehr
Bestimmtheitsmass	In verschiedenen Abbildungen im Kapitel 5 (Ergebnisse) sind für eine Beurteilung der Korrelation der entsprechenden Grössen lineare Trends (durch lineare Korrelation bestimmt) dargestellt. Die zu diesen linearen Trends ausgewiesenen Bestimmtheitsmasse geben an, wie gross der Anteil der durch die Korrelation erklärten Variation an der gesamten Variation der abhängigen Variablen (auf der Ordinate dargestellt) ist.
Gefahrgutwagen	Güterwagen, der Gefahrgut transportiert und dazu mit dem Gefahrgutzeichen gekennzeichnet ist. Tragwagen für Container wurden als Gefahrgutwagen klassiert, wenn sie beim Unfall mit Containern mit Gefahrgutzeichen beladen waren.
Merkmal	Merkmale dienen der Einteilung der Ereignisse und können nur eine vorgegebene Kategorie annehmen (z.B. Unfallursache: Flankenfahrt). Kontinuierliche Grössen siehe Begriff Parameter.
n	Anzahl Ereignisse, die zu einer bestimmten Statistik beigezogen werden konnten (z.B. Anzahl verunfallte Züge zur Bildung der mittleren Zugsgeschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt). Anmerkung: Da nicht für alle verunfallten Züge oder verunfallten Wagen sämtliche Parameter erhoben werden konnten, variiert z.B. die Zahl der verunfallten Züge je nach untersuchtem Parameter.
Parameter	Parameter sind Grössen, welche im Prinzip beliebige Werte annehmen können (z.B. Geschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt, Abstand eines verunfallten Wagens zum Gleis). Grössen, die einer Kategorie zugewiesen werden, siehe Begriff Merkmal.
Schaden am Wagenaufbau	In dieser Studie ein Begriff, der einen grösseren Schaden und insbesondere im Zusammenhang mit Gefahrgutwagen einen Schaden an der Gefahrgutumschliessung impliziert. Die Wahrscheinlichkeit für die Freisetzung von Gefahrgut ist gegenüber einem Unfall mit z.B. bloss entgleister Achse, stark erhöht. (Details siehe Kapitel 4.3.2) In dieser Studie wird die Verallgemeinerung von Gefahrgutwagen auf Güterwagen genutzt. Auf Stufe Gefahrgutumschliessung wird die entsprechende Verallgemeinerung als „Schaden am Wagenaufbau“ bezeichnet.
StFV	Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung), SR 814.012
Trasse	Bereich der Eisenbahnfahrbahn und Perronbereiche. Siehe auch Kapitel 4.3.4.9 für die Anwendung des Begriffs bei der Beurteilung der Unfallberichte.
Unfallort	Ort, wo die Wagen nach einem Unfall zum Stillstand gekommen sind.
Unfallereignis	In dieser Studie immer ein verunfallter einzelner Güterzug und seine Wagen. Bei der Kollision zweier Güterzüge führt dies zu zwei Unfallereignissen.
verunfallter Zug	Die in den Unfallberichten erwähnten Güterzüge; bei Kollisionen typisch 1-2 Güterzüge, bei Entgleisungen typisch 1 Güterzug
verunfallter Wagen	Wagen ist entgleist oder Wagenaufbau ist beschädigt oder beides (Details siehe Kapitel 4.3.2)

Tabelle 3-1: Verwendete Abkürzungen und Begriffe

4 DATENGRUNDLAGE

4.1 Quellen

Die Datengrundlage der vorliegenden Untersuchung basiert auf Unfallberichten aus Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, den Niederlanden, Österreich und der Schweiz. Für diese Länder kann davon ausgegangen werden, dass sie ein zur Schweiz ähnliches Sicherheitsniveau im Eisenbahnverkehr aufweisen. Zudem ist auch die Spurweite identisch und die Güterzüge sind (mit wenigen Ausnahmen) mit Schraubenkupplung und Seitenpuffer ausgerüstet. Mit Ausnahme von Grossbritannien werden zudem die Güterwagen zwischen diesen Ländern grenzüberschreitend eingesetzt.

Als Datenquellen wurden die offiziellen Untersuchungsstellen für Eisenbahnunfälle der entsprechenden Länder genutzt (siehe Tabelle 4-1). Dabei wurden die über die Internetseiten der Untersuchungsstellen allgemein zugänglichen Berichte ausgewertet. Die Berichte wurden in der 1. Hälfte Januar 2018 heruntergeladen.

Land	Untersuchungsstelle	Referenz mit Link zu den Berichten
Deutschland	Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung (BEU)	[3]
Frankreich	Le Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre	[4]
Grossbritannien	Rail Accident Investigation Branch, Department for Transport	[5]
Niederlande	Dutch Safety Board	[6]
Österreich	Verkehrssicherheitsarbeit für Österreich (versa), Bundesanstalt für Verkehr, Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes	[7]
Schweiz	Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle, (SUST)	[8]

Tabelle 4-1: Untersuchungsstellen für Eisenbahnunfälle der verschiedenen in der Studie berücksichtigten Länder.

Von den verfügbaren Unfallberichten wurden nur diejenigen weiter untersucht, welche die nachfolgenden Kriterien erfüllen:

- Mindestens ein Güterzug war in den Unfall involviert
- Der Unfall erfolgte nicht beim Rangieren
- Beim Unfall handelt es sich nicht um entlaufene Wagen
- Es handelt sich nicht um eine Kollision eines Güterzugs mit einem Auto (z.B. auf einem Bahnübergang). Die Güterwagen hinter der Lok nehmen bei solchen Kollisionen keinen Schaden.
- Der Unfallbericht ist abgeschlossen. Die für die Schweiz abrufbaren Vorberichte, resp. Zwischenberichte in Österreich, weisen generell einen deutlich zu geringen Informationsgehalt auf, um den entsprechenden Unfall gemäss den in Kapitel 4.3 beschriebenen Parametern klassieren zu können.
- Der Unfall betrifft Normalspurfahrzeuge

Die so übrig gebliebenen Berichte sind in Tabelle 4-2 als „ausgewertete Güterzugberichte“ bezeichnet. Diese Unfallberichte wurden mit Landeskürzel und einer fortlaufenden Nummer gekennzeichnet (z.B. CH-002 oder F-003).

In einigen Fällen wurden zu den Unfällen weitere Informationen (typisch weitere Bilder oder Kartenmaterial) im Internet recherchiert.

4.2 Allgemeine Angaben

In Tabelle 4-2 und Tabelle 4-3 sind grundlegende Informationen zu den Unfallberichten der verschiedenen Länder dargestellt.

Land	Zeitbereich Unfallberichte	# Berichte Total	# ausgewertete Güterzugberichte
Deutschland	2011-2017	49	33
Frankreich	2002-2016	73	8**
Grossbritannien	2005-2017	158	25
Niederlande	1999-2017	13	5
Österreich	2008-2017	108	25
Schweiz	2003-2017	126	24
Total	-	527	120

Tabelle 4-2: Zeitbereich der im Internet verfügbaren Unfallberichte, deren Anzahl sowie die Anzahl der für die vorliegende Studie ausgewerteten Unfallberichte. ** ohne F-003 und F-007 (siehe Kapitel 4.4). Anmerkung: Erscheinungsjahr des Unfallberichts und Unfalljahr sind nicht unbedingt gleich. z.B. Bericht D-028 ist 2012 erschienen, der Unfall ereignete sich jedoch schon 2006.

Tabelle 4-2 zeigt, dass die verschiedenen Unfalluntersuchungsstellen ihre Berichte zeitlich ganz unterschiedlich weit zurück reichend im Internet zur Verfügung stellen⁷. Ebenso macht die Tabelle aber auch deutlich, dass die Anzahl Berichte und der Zeitraum nicht als Mass für die Sicherheit des Eisenbahnverkehrs im entsprechenden Land gesehen werden sollten. Die Schwelle für die Erstellung eines Untersuchungsberichts liegt in den verschiedenen Ländern offensichtlich unterschiedlich. Bei der Untersuchung ist z.B. aufgefallen, dass die (wenigen) Berichte aus den Niederlanden sehr ausführlich sind oder dass in Frankreich der Unfalltyp „Regionalzug kollidiert mit Hindernis auf einem Bahnübergang“ zum Grossteil der Untersuchungsberichte führt. Die Berichte aus Grossbritannien weisen im Vergleich zu den anderen Ländern eine ausgeprägte gleichartige Struktur im Berichtsaufbau auf.

Abgesehen von der unterschiedlichen „Auslöseschwelle“ für die Erstellung eines Unfallberichts ist auch zu beachten, dass der Zeitbereich der untersuchten Unfallberichte und der Zeitbereich der entsprechenden Unfälle nicht deckungsgleich sind. Es dauert zum Teil sehr lange, bis Unfallberichte veröffentlicht werden. So wurde D-028 im Jahr 2012 veröffentlicht (und daher in der vorliegenden Studie berücksichtigt), der Unfall ereignete sich jedoch bereits 2006. Auch das Gegenteil wird auftreten: Bei späterer Recherche auf den Internetseiten der Untersuchungsstellen werden weitere Unfälle aus den in Tabelle 4-2 angegebenen Zeitbereichen der Unfallberichte auftauchen. So ist z.B. die Entgleisung eines Chlor-Kesselwagens am 1. September 2017 in Brig bis Mitte Januar 2018 noch nicht mit einem Unfallbericht dokumentiert worden.

⁷ Anmerkung zu Deutschland: Nach Abschluss der Auswertung wurde festgestellt, dass auch noch einige ältere Berichte zu Unfällen vor 2011 zur Verfügung stehen würden. Bei der Suche für die vorliegende Studie wurde nach den auf der Webseite des BEU explizit vorgegebenen Jahren (Jahre ab 2011) gesucht und deshalb wurden die älteren Berichte nicht gefunden.

Land	# verunfallte Güterzüge	# verunfallte Güterzüge mit verunfallten Gefahrgutwagen	# verunfallte Wagen total	# verunfallte Gefahrgutwagen total
Deutschland	37	12	119	23
Frankreich	9	2	14	6
Grossbritannien	26	3	105	18
Niederlande	6	2	32	2
Österreich	25	5	80	10
Schweiz	26	3	60	13
Total	129	27	410	72

Tabelle 4-3: Anzahl der in der vorliegenden Studie untersuchten verunfallten Güterzüge und Güterwagen

Anmerkung zur 3. Spalte der Tabelle 4-3: In den Untersuchungsberichten wird Gefahrgut nicht systematisch erfasst. Nicht verunfallte Wagen werden in der Regel im Bericht nicht identifiziert und auch bei verunfallten Wagen musste die Information „Gefahrgutwagen“ in der Regel aufgrund der Unfallfotos, der Wagentypen-Angabe oder einer allgemeinen Beschreibung im Berichtstext (z.B. „Benzin-Kesselwagen“) getroffen werden. Die 3. Spalte bezieht sich daher nur auf Unfälle, bei denen auch Gefahrgutwagen verunfallt sind. In wie vielen der verunfallten Güterzüge Gefahrgutwagen eingereiht waren, lässt sich aus den Unfallberichten nicht eruieren.

Die Unfallberichte beschreiben Ereignisse. Da z.B. bei Kollisionen meist zwei Züge beteiligt sind, ist die Zahl verunfallter Güterzüge höher als die Anzahl ausgewerteter Unfallberichte. Ein Unfallereignis bezieht sich in dieser Studie immer auf einen verunfallten Güterzug und seine Wagen.

4.3 Erhobene Daten

4.3.1 Allgemeines

Bevor die Unfallberichte ausgewertet wurden, wurde eine Liste möglicher Einflussgrössen auf den Freisetzungsort sowie von allgemeinen, den Unfall beschreibenden Eigenschaften erarbeitet. Daraus wurden Parameter und Merkmale für die Unfallereignisse abgeleitet (siehe Kapitel 7).

Parameter sind dabei Grössen, welche im Prinzip beliebige Werte annehmen können (z.B. Geschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt, Abstand eines verunfallten Wagens zum Gleis). Merkmale dienen der Einteilung der Ereignisse und können nur eine vorgegebene Kategorie annehmen (z.B. Unfallursache, Bahnlinientyp am Unfallort). Parameter und Merkmale wurden dabei entweder auf Stufe verunfallter Zug (z.B. Parameter Geschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt oder Merkmal Unfallursache) oder auf Stufe verunfallter Wagen (z.B. Parameter Abstand eines verunfallten Wagens zum Gleis oder Merkmal Richtung der Wagenlängsachse nach dem Unfall relativ zur Gleisachse) erhoben.

Im Verlauf der Auswertung der Unfallberichte hat sich gezeigt, dass nicht alle der ursprünglich zur Erhebung angestrebten Eigenschaften in den Unfallberichten auch genügend Erwähnung (textlich oder bildlich) finden. Allfällige Sicherheitsmassnahmen an Fahrzeugen (z.B. Entgleisungsdetektoren, Überpufferungsschutz) sind praktisch in keinem Bericht erwähnt. Bei einem Ereignis (CH-016)

wurden zwar Entgleisungsdetektoren erwähnt, es wurde aber nicht geklärt, ob die Schnellbremsung aufgrund der Entgleisungsdetektoren erfolgte oder doch einfach durch das Reißen der Bremsleitung. Es wurde nur festgehalten, dass alle Entgleisungsdetektoren entgleister Fahrzeuge schlussendlich angesprochen haben. Ebenso konnten aus den Unfallberichten keine systematischen Angaben zu infrastrukturseitigen Sicherheitsmassnahmen (z.B. Zugkontrolleinrichtungen zur Messung der Temperatur von Rädern und Bremsen oder dynamische Radsatzlast-Waagen zur Erkennung beschädigter Lager) gewonnen werden.

Nicht zufriedenstellend ausgewertet werden konnte auch die Distanz zwischen Ursache einer Entgleisung und der Endlage der Wagen in Längsrichtung entlang dem Gleis (z.B. Ereignisse wie Entgleisung auf einer Weiche, Weiterfahrt des Wagens im Schotter und dann Kippen beim nächsten Hindernis im Gleis; oder Achslagerbruch und dann späteres Entgleisen und Kippen wegen Radsatzentlastung). In der Tendenz wurde diese Distanz in den Unfallberichten nur bei Extremfällen erwähnt (z.B. 12 km zwischen Radscheibenbruch und Entgleisung im Ereignis D-007). Bei Ereignissen aufgrund von Achsbrüchen ist der die Entgleisung schlussendlich initiiierende Ort (z.B. Zwangspunkt in einer Weiche, der den Gewaltbruch forciert) auch kaum zu eruieren. Die Längsdistanz zwischen unmittelbarem Unfallauslöser und Endlage der Güterwagen ist eine ausgeprägte Einzelfall-Eigenschaft. Diese Distanz wurde daher in der vorliegenden Studie nicht weiter ausgewertet.

Die erhobenen Parameter und Merkmale sind in den Tabellen im Anhang (Kapitel 8) zu finden. Die Beschreibung dieser Parameter und Merkmale folgt in den Kapiteln 4.3.3 und 4.3.4. Ebenso ist in diesen Kapiteln jeweils eine qualitative Aussage zur möglichen Erhebungsqualität im Rahmen der Unfallberichte angegeben. „Sehr gut“ bedeutet dabei, dass die entsprechende Grösse explizit und fast in allen Berichten ausgewiesen wird. „gut“ drückt aus, dass die Information in den Berichten eruiert werden kann, in der Regel jedoch nicht explizit ausgewiesen ist. „genügend“ bedeutet, dass bei der Beurteilung auch interpretiert werden muss.

4.3.2 Die Begriffe „verunfallter Wagen“ und „Wagen mit Schaden am Wagenaufbau“

Für das Verständnis der Ergebnisse der vorliegenden Studie sind die Begriffe „verunfallter Wagen“ und „Wagen mit Schaden am Wagenaufbau“ wichtig. Als Wagenaufbau sind dabei die Wagenteile oberhalb des Längsträgers zu verstehen, d.h. Drehgestelle oder Puffer zählen beispielsweise nicht dazu.

Da Unfälle mit Freisetzung von Gefahrgut selten sind, kann die Bestimmung der Freisetzungsorte von Gefahrgut nach einem Eisenbahnunfall nicht aufgrund dieser wenigen Ereignisse erfolgen. In der vorliegenden Studie wird deshalb von der Endlage verunfallter Güterwagen im Allgemeinen – und nicht nur leckgeschlagener Gefahrgutwagen – auf die möglichen Freisetzungsorte von Gefahrgut geschlossen. Es wurden daher zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt, welche beide eine Art Extremfall abdecken und es wurden die Begriffe „verunfallte Wagen“ und „Wagen mit Schaden am Wagenaufbau“ eingeführt:

- Im ersten Ansatz werden die Orte aller „verunfallten Wagen“ als mögliche Freisetzungsorte betrachtet. Zu den verunfallten Wagen zählen alle Güterwagen, welche entgleist sind (unabhängig von der Grösse und Art des Schadens am Wagen) oder welche einen Schaden am Wagenaufbau aufweisen. Damit sind alle wesentlichen Unfälle von Güterwagen in Güterzügen abgedeckt – insbesondere auch „Bagatellunfälle“⁸ bei denen z.B. nur eine Achse aus den Schienen springt

⁸ „Bagatellunfälle“ gemessen am Schadensausmass, das bei einer tatsächlichen Freisetzung von Gefahrgut auftreten kann.

und der betroffene Wagen nicht umkippt oder nicht gegen Hindernisse prallt und damit nicht mit der Freisetzung von Gefahrgut zu rechnen ist.

- Beim zweiten Ansatz wird davon ausgegangen (und die Erfahrung zeigt es), dass nicht jeder Unfall mit Güterwagen so schlimm ausgeht, dass Gefahrgut freigesetzt wird. Es braucht in der Regel beträchtliche Einwirkungen auf den Wagen, damit die Integrität eines Gefahrgutwagens verloren geht. Aus diesem Grund wurde die Verteilung der Freisetzungsorte auch noch basierend auf den Güterwagen, welche einen Schaden am Wagenaufbau erleiden, bestimmt. Erst solchermassen beschädigte Wagen haben ein relevantes Potenzial für die Freisetzung von Gefahrgut. Es ist zu erwarten, dass diese Wagen im Vergleich zum ersten Ansatz tendenziell weiter von der Gleisachse entfernt liegen werden.

Abbildung 4-1 illustriert die Begriffe und die Unterscheidung. Im Kapitel 5 (Ergebnisse) sind dann auch die Unterschiede der Verteilungskurve der potenziellen Freisetzungsorte aufgrund dieser zwei Ansätze ersichtlich.



Abbildung 4-1: Beide Wagen sind entgleist, der Wagen rechts ist jedoch nur als „entgleist“ klassifiziert, während der Wagen links zusätzlich noch als Wagen „mit Schaden am Wagenaufbau“ gezählt wird. Umgekippte Wagen wurden auch dann als „mit Schaden am Wagenaufbau“ gezählt, wenn der eigentliche Wagenaufbau auf den Fotos nicht sichtbar war. Beim Wagen rechts darf eine Freisetzung von Gefahrgut als unwahrscheinlich bezeichnet werden, beim Wagen links ist die Wahrscheinlichkeit einer Freisetzung jedoch sicherlich stark erhöht. (Quelle: Verkehrssicherheitsarbeit für Österreich (versa) [7], Unfall A-005)

Anmerkung: Welcher der beiden vorangehend erwähnten Ansätze zur Herleitung der Verteilungskurve der potentiellen Freisetzungsorte für das „Screeningtool“ geeignet ist, lässt sich im

Rahmen dieser Studie nicht abschliessend beurteilen. Im Modell des „Screeningtools“ wird eine Wahrscheinlichkeit verwendet, mit der bei einem Unfall Gefahrgut freigesetzt wird. Es muss geklärt werden, wie bei der Bestimmung dieser Wahrscheinlichkeit der Begriff „Unfall“ definiert war. Grundsätzlich kann aber festgehalten werden, dass der zweite Ansatz (potenzielle Freisetzungsorte bestimmt aufgrund der verunfallten Wagen mit Schaden am Wagenaufbau) den Nutzen risikomindernder Massnahmen im oder ganz nahe beim Trassee konservativer beurteilt als der erste Ansatz (bei gleichbleibender Freisetzungswahrscheinlichkeit).

4.3.3 Parameter der Unfallereignisse

In den nachfolgenden Kapiteln sind die untersuchten Parameter der verschiedenen Unfallereignisse erläutert. Ebenso wird jeweils eine Aussage gemacht, in welcher Qualität die betreffenden Parameter aus den Unfallberichten erhoben werden konnten.

4.3.3.1 Allgemeine Parameter des Unfallereignisses

Tabelle 4-4 zeigt und beschreibt die allgemeinen Parameter, welche für die Unfallereignisse erfasst wurden. Generell sind die Angaben sehr gut aus den Unfallberichten zu entnehmen. Bei den Massen ist nicht in jedem Unfallbericht ganz klar, ob nur die Anhängelast oder die Masse inklusive Lok ausgewiesen ist, was für die vorliegende Untersuchung aber keine Bedeutung hat.

Parameter	Beschreibung, Beispiele
Unfalldatum	Datum, an welchem sich der Unfall ereignet hat
Unfallort	Ortsbezeichnung der Unfallstelle
Geschwindigkeit	Geschwindigkeit [km/h], mit welcher der Zug zum Unfallzeitpunkt verkehrte
Relative Geschwindigkeit	Falls zwei Züge in den Unfall verwickelt sind (Kollisionen, Auffahrunfälle, Flankenfahrten) die relative Geschwindigkeit zwischen den Zügen. Anmerkung: Bei den Auswertungen wurde für die Ereignisse mit nur einem beteiligten Zug die Geschwindigkeit dieses Zugs als relative Geschwindigkeit verwendet.
Zugslänge	Länge [m] des verunfallten Güterzugs
Zugsmasse	Masse [t] des verunfallten Güterzugs
Anzahl Wagen	Anzahl Wagen des verunfallten Güterzugs (verunfallte und nicht verunfallte Wagen)

Tabelle 4-4: Allgemeine Parameter der Unfallereignisse

4.3.3.2 Parameter der verunfallten Wagen

Tabelle 4-5 zeigt und beschreibt die erfassten Parameter der verunfallten Wagen. Die Angaben zu den entgleisten Wagen sind den Unfallberichten sehr gut zu entnehmen, da entgleiste Wagen ein Schwerpunkt der Unfallberichte sind. Gut möglich ist die Beurteilung für „Schaden am Wagenaufbau“. Die Unfallberichte geben für diesen Parameter (der extra für die vorliegende Studie definiert wurde; siehe Kapitel 4.3.2) erwartungsgemäss keine explizite Angabe. Meist erfolgte daher eine Einschätzung anhand der Fotos im Unfallbericht, gelegentlich fanden sich auch Hinweise im Text.

Die Distanz der Wagen zum Gleis ist selbstverständlich nicht völlig exakt möglich, doch bieten die Fotos in den Unfallberichten über den Vergleich mit der Spurweite und Flugaufnahmen vom Unfallort in der Regel doch gute Bestimmungsmöglichkeiten.

Die Unterscheidung „Wagen mit Gefahrgut“ und „Wagen ohne Gefahrgut“ wurde rein aus Sicht Gefahrgut beurteilt. So wird Gefahrgut der Klassen 1 und 7 für die Bestimmung der Risiken mit dem „Screeningtool“ nicht berücksichtigt, in der vorliegenden Studie sind entsprechende verunfallte Wagen jedoch als „Wagen mit Gefahrgut“ klassiert. Ebenso wurden Wagen, die Kalkschlamm (gilt als Substanz als Gefahrgut) führten, als „Wagen mit Gefahrgut“ klassiert, auch wenn die Wagen aufgrund der Konzentration des Gefahrguts ohne Gefahrgutzeichen verkehren dürfen (Ereignis CH-008).

Anmerkung: Die nicht verunfallten Wagen werden in den Unfallberichten nur selten erwähnt (in der Regel nur indirekt, wenn es sich zum Beispiel um einen Blockzug handelte) Es kann aus den Unfallberichten nicht eruiert werden, wie viele Gefahrgutwagen im verunfallten Zug eingereiht waren.

Parameter	Beschreibung, Beispiele
Anzahl entgleister Wagen ohne Gefahrgut	Anzahl der Wagen, die nach dem Unfall nicht mehr mit allen Achsen auf den Schienen stehen und keine Gefahrgutwagen sind. Hinweis: Das Schadensausmass spielt dabei keine Rolle.
Anzahl entgleister Wagen mit Gefahrgut	Wie oben, jedoch für Wagen, die das Gefahrgutzeichen tragen oder die beim Unfall Container mit Gefahrgutzeichen transportiert haben.
davon Wagen mit Schaden am Wagenaufbau ohne Gefahrgut	Anzahl der Wagen, die entgleist sind und dabei auch noch Schäden am Wagenaufbau erlitten haben und keine Gefahrgutwagen sind.
davon Wagen mit Schaden am Wagenaufbau mit Gefahrgut	Wie oben, jedoch für Wagen, die das Gefahrgutzeichen tragen oder beim Unfall Container mit Gefahrgutzeichen transportiert haben.
Anzahl Wagen mit Schaden am Wagenaufbau ohne Entgleisung ohne Gefahrgut	Anzahl der Wagen, die zwar noch mit allen Achsen auf den Schienen stehen, jedoch Schäden am Wagenaufbau aufweisen (z.B. nach dem Aufklettern eines Wagens oder nach dem Stauchen des Wagenkastens bei einer Kollision) und die keine Gefahrgutwagen sind.
Anzahl Wagen mit Schaden am Wagenaufbau ohne Entgleisung mit Gefahrgut	Wie oben, jedoch für Wagen, die das Gefahrgutzeichen tragen oder beim Unfall Container mit Gefahrgutzeichen transportiert haben.
Wagentyp entgleist ohne Schaden am Wagenaufbau	Wagentyp der entgleisten Wagen, die keinen Schaden am Wagenaufbau erlitten haben. In den Unfallberichten wird teilweise die genaue Güterwagenbezeichnung (z.B. „Zans“) verwendet oder allgemeine Bezeichnungen (z.B. „Kesselwagen“).
Wagentyp entgleist mit Schaden am Wagenaufbau	Wagentyp der entgleisten Wagen, die Schaden am Wagenaufbau erlitten haben. In den Unfallberichten wird teilweise die genaue Güterwagenbezeichnung (z.B. „Zans“) verwendet oder allgemeine Bezeichnungen (z.B. „Kesselwagen“).
Distanz zum Gleis	Distanz [m] des verunfallten Wagens zur ursprünglich befahrenen Gleisachse. Als Ort des verunfallten Wagens wurde dabei vom Mittelpunkt des Wagens ausgegangen. Aus den Unfallberichten lässt sich nicht eruieren, ob die Abdrift des Wagens allenfalls durch Infrastruktur ausserhalb des Lichtraumprofils begrenzt oder begünstigt wurde.

Tabelle 4-5: Parameter der verunfallten Wagen

4.3.3.3 Parameter zur Position der verunfallten Wagen im Zugverband

Tabelle 4-6 zeigt und beschreibt die erfassten Parameter zur Position der verunfallten Wagen im Zugverband. Diese Positionen im ursprünglichen Zugverband sind in den meisten Unfallberichten explizit aufgeführt. Für die Auswertungen in der vorliegenden Studie ist es zudem unerheblich, ob z.B. der 10. Wagen nach dem Unfall eine Distanz von 5 m und der 11. Wagen eine solche von 7 m aufweisen oder ob es gerade umgekehrt ist.

Parameter	Beschreibung, Beispiele
Reihenfolge entgleiste Wagen	Die Reihenfolge der entgleisten Wagen ist die Abfolge der Position der entsprechenden Wagen im Zugverband, bestimmt von der Zugspitze her (1→1. Wagen)
Reihenfolge Wagen mit Schaden am Wagenaufbau	Die Reihenfolge der Wagen mit Schaden am Wagenaufbau ist die Abfolge der Position der entsprechenden Wagen im Zugverband, bestimmt von der Zugspitze her (1→1. Wagen)

Tabelle 4-6: Parameter zur Position der verunfallten Wagen im Zugverband

4.3.4 Merkmale der Unfallereignisse

In den nachfolgenden Kapiteln sind die untersuchten Merkmale und Kategorien der verschiedenen Unfallereignisse erläutert. Ebenso ist jeweils eine qualitative Aussage zur möglichen Erhebungsqualität im Rahmen der Unfallberichte angegeben.

4.3.4.1 Merkmal Unfallursache

Für das Merkmal „Unfallursache“ wurden die Ereignisse in die 14 Kategorien gemäss Tabelle 4-7 unterteilt. Das Merkmal „Unfallursache“ bezieht sich auf den verunfallten Güterzug. Das Merkmal ist anhand der Unfallberichte sehr gut zu erheben, da die Unfallberichte generell die unmittelbare Ursache im Fokus haben.

Kategorie	Beschreibung, Beispiele
Entgleisung Geschwindigkeit	Wenn überhöhte Geschwindigkeit ursächlich für die Entgleisung ist, z.B. überhöhte Geschwindigkeit beim Befahren einer Kurve, Weiche usw. Nicht enthalten ist eine Entgleisung mit überhöhter Geschwindigkeit aufgrund eines Fahrzeugdefekts (z.B. Bremsversagen).
Entgleisung Fahrzeugdefekt	Defekt am Fahrzeug führt zur Entgleisung, z.B. Radsatzbruch, Flachstellen durch Festbremsen, defekte Achslager usw.
Entgleisung Weiche	Wenn die Weiche das Initialereignis für die Entgleisung darstellt. Gilt nicht als Initialereignis, wenn die Entgleisung z.B. wegen mangelhaftem Radprofil beim Passieren einer Weiche erfolgt. Gilt z.B. als Initialereignis, wenn die Endlage der Weiche nicht erreicht wird und dadurch eine Entgleisung erfolgt
Entgleisung Gleisschaden Fehler	Gleisverwindung, Gleisabsenkung, Schienenbruch usw.
Kollision frontal	Zwei Züge stossen frontal zusammen (entgegengesetzte Fahrtrichtung).
Auffahrunfall Spitze	Beschreibt die Situation, in welcher zwei Züge in gleicher Fahrtrichtung aufeinander auffahren. Diese Kategorie beschreibt den Güterzug, welcher auf den anderen Zug von hinten auffährt.
Auffahrunfall Schluss	Beschreibt die Situation, in welcher zwei Züge in gleicher Fahrtrichtung aufeinander auffahren. Dieser Parameter beschreibt den Güterzug, welcher vom anderen Zug von hinten gerammt wird.

Kategorie	Beschreibung, Beispiele
Flankenfahrt verursacht	Beschreibt eine Kollision verursacht durch eine Flankenfahrt. Dieser Parameter beschreibt den Güterzug, welcher den anderen Zug seitlich erfasst. Anmerkung: Dies muss nicht der „verursachende Zug“ im Sinne des Unfallberichts sein. Für die vorliegende Studie ist jedoch relevant, dass bei „Flankenfahrt verursacht“ die Lokomotive als erstes Fahrzeug des betrachteten Zugs verunfallt.
Flankenfahrt erlitten	Beschreibt die Kollision verursacht durch eine Flankenfahrt. Dieser Parameter beschreibt den Güterzug, welcher von einem Zug seitlich erfasst wird. Anmerkung: Dies kann im Sinne des Unfallberichts auch der „verursachende Zug“ sein. Für die vorliegende Studie ist es jedoch relevant, dass bei „Flankenfahrt erlitten“ fast immer Wagen des betrachteten Zugs als erste direkt gerammt werden.
Zusammenstoss mit Objekt	Kollision mit Murgang, Camion, Bus, usw., nicht mit einem Zug, nicht mit einem PKW.
Beladungsfehler	Ungleichmässige Beladung , verrutschen der Ladung usw.
Längskräfte	Überpufferung und anschliessende Entgleisung wegen zur starker Bremskraft. Ungleichmässige Verteilung der Ladung (schwere Wagen hinten, leichte Wagen vorne) erzeugt zu grosse Längskräfte.
Kombination	Wenn die Ursache für die Entgleisung aus einer Kombination verschiedener Ursachen besteht, wobei keine dieser Ursachen im Einzelnen eine Abweichung vom Sollzustand darstellt. (Gegenbeispiel A-010: Ursachen waren ein herunterhängender Bremsschlauch und Ersatzschienen im Gleis; der herunterhängende Bremsschlauch ist jedoch eine Abweichung vom Sollzustand und das Ereignis wurde daher als „Entgleisung Fahrzeugdefekt“ klassiert.)
andere	Noch nicht zugeordnete Ereignisse wie z.B. Unachtsamkeit Lokführer, Kurzschlaf usw.

Tabelle 4-7: Einteilung der Ereignisse in Kategorien zum Merkmal Unfallursache.

4.3.4.2 Merkmal Betrieb Güterzugtyp

Die zwei Kategorien in Tabelle 4-8 unterscheiden die Art der Zusammenstellung der verunfallten Güterzüge. Das Merkmal ist anhand der Unfallberichte gut zu erheben.

Kategorien	Beschreibung, Beispiele
einheitlich	alle Wagen des verunfallten Zugs sind von der gleichen Wagengattung; diese sind jedoch nicht zwangsläufig gleich beladen
gemischt	unterschiedliche Wagengattungen im verunfallten Zug

Tabelle 4-8: Einteilung der Ereignisse in Kategorien zum Merkmal Betrieb Güterzugtyp.

4.3.4.3 Merkmal Bahnlinie Typ

Für das Merkmal „Typ der Bahnlinie“ am Unfallort (wo die Wagen zum Stillstand gekommen sind) zeigt Tabelle 4-9 die vier unterschiedenen Kategorien. Das Merkmal bezieht sich auf den verunfallten Güterzug. Das Merkmal ist anhand der Unfallberichte gut zu erheben.

Kategorien	Beschreibung, Beispiele
Einspur	Einspurbetrieb
Doppelspur	Doppelspurbetrieb
Mehrspur	Mehrspurbetrieb auf mehr als zwei Gleisen, z.B. Vorbahnhof
Bahnhof	Im Bahnhof im Bereich der Perrons

Tabelle 4-9: Einteilung der Ereignisse in Kategorien zum Merkmal Bahnlinie Typ.

4.3.4.4 Merkmal Bahnlinie Ort

Für das Merkmal „Ort der Bahnlinie“ am Unfallort (wo die Wagen zum Stillstand gekommen sind) zeigt Tabelle 4-10 die vier verschiedenen Kategorien. Das Merkmal bezieht sich auf den verunfallten Güterzug. Das Merkmal ist anhand der Unfallberichte gut zu erheben.

Kategorien	Beschreibung, Beispiele
Offene Strecke	Stellt die freie Strecke dar bis zum Einfahrsignal oder zur ersten Weiche vor dem Bahnhof. Zur freien Strecke gehören auch Abzweigstellen, Anschlussstellen, Überleitstellen usw., nicht jedoch Tunnel und Brücken.
Tunnel	Unfallort im Tunnel
Brücke	Unfallort auf und allenfalls neben Brücke
Bahnhof	Unfallort im Bahnhofbereich (Vorbahnhof, Perron usw.)

Tabelle 4-10: Einteilung der Ereignisse in Kategorien zum Merkmal Bahnlinie Ort

4.3.4.5 Merkmal Bahnlinie Terrainart

Für das Merkmal „Bahnlinie Terrainart“ am Unfallort zeigt Tabelle 4-11 die fünf verschiedenen Kategorien. Das Merkmal bezieht sich auf den verunfallten Güterzug. Das Merkmal ist anhand der Unfallberichte nur genügend zu erheben und muss in der Regel anhand der Bilder im Unfallbericht abgeschätzt werden, da die Unfallberichte nur selten auf die Terrainart Bezug nehmen.

Kategorien	Beschreibung, Beispiele
Ebene	Unfallort in der Ebene
Hanglage	Unfallort im Bereich eines deutlichen Gefälles quer zu den Gleisen
Stützmauer	Unfallort im Bereich von seitlichen Stützmauern. Anmerkung: Mit dem Unfall im Simplontunnel (CH-006) weist nur ein Ereignis die Kategorie „Stützmauer“ auf. Auf freier Strecke ereignete sich kein Ereignis im Bereich einer Stützmauer. Stützmauern (oder eben auch Tunnelwände) schränken den möglichen Abstand verunfallter Wagen zum Gleis offensichtlich ein.
Einschnitt	Unfallort im Bereich von Einschnitten
Damm	Unfallort liegt auf erhöhtem Gleisbett

Tabelle 4-11: Einteilung der Ereignisse in Kategorien zum Merkmal Bahnlinie Terrainart

4.3.4.6 Merkmal Bahnlinie Linienführung

Für das Merkmal „Bahnlinie Linienführung“ am Unfallort zeigt Tabelle 4-12 die vier verschiedenen Kategorien. Das Merkmal bezieht sich auf den verunfallten Güterzug. Das Merkmal ist anhand der Unfallberichte nur genügend zu erheben. Die Unterscheidung zwischen „Gerade“ und „Kurve“ ist eine Schätzung, die Radien der Gleise im Bereich des Unfallorts sind in den Berichten nicht erwähnt. Zudem dehnt sich der Unfallort bei grösseren Unfällen über längere Distanzen als Weichenlängen aus und ist damit auch nicht immer eindeutig.

Kategorien	Beschreibung, Beispiele
Gerade	Unfallort in einer Geraden (nicht jedoch auf einer gerade befahrenen Weiche)
Kurve	Unfallort in einer Kurve (nicht jedoch auf einer ablenkend befahrenen Weiche)
Weiche ablenkend	Unfallort auf einer Weiche in ablenkender Richtung
Weiche gerade	Unfallort auf einer Weiche ohne Ablenkung

Tabelle 4-12: Einteilung der Ereignisse in Kategorien zum Merkmal Bahnlinie Linienführung

4.3.4.7 Merkmal Lichtraumprofilverletzung

Für das Merkmal „Lichtraumprofilverletzung“ zeigt Tabelle 4-13 die zwei Kategorien. Das Merkmal bezieht sich auf den Einfluss des verunfallten Güterzugs auf benachbarte Gleise. Das Merkmal ist anhand der Unfallberichte nur genügend zu erheben. In den meisten Berichten ist die Lichtraumprofilverletzung nicht erwähnt und muss daher anhand der Bilder beurteilt werden. Bei dieser Beurteilung sind viele Fälle völlig klar, andere aber nur sehr schwierig abzuschätzen.

Kategorien	Beschreibung, Beispiele
ja	Mindestens ein verunfallter Güterwagen verletzt in seiner Endlage das Lichtraumprofil eines nicht von einem Unfallzug befahrenen Gleises und es könnte daher ein Folgeunfall eintreten. Implizit wird daher davon ausgegangen, dass auf den Gleisen der Unfallzüge auch nach dem Unfall „besetzt“ registriert wird. Bei allen untersuchten Unfällen ist nie der ganze Zug entgleist. Beispiel: Eine Flankenfahrt führt nach dieser Definition nicht zwingend zu einer Lichtraumprofilverletzung. Auf beiden Gleisen stehen Züge, welche die Gleise als besetzt rückmelden.
nein	Wenn nicht ja

Tabelle 4-13: Einteilung der Ereignisse in Kategorien zum Merkmal Lichtraumprofil

4.3.4.8 Merkmal Lage Wagenlängsachse relativ zur Gleisachse

Für das Merkmal Lage der „Wagen-Längsachse relativ zur Gleisachse“ nach dem Unfall zeigt Tabelle 4-14 die drei erhobenen Kategorien. Das Merkmal bezieht sich auf den einzelnen verunfallten Güterwagen. Das Merkmal ist anhand der Unfallberichte nur genügend zu erheben und nur über die Beurteilung der Bilder abzuschätzen, zudem sind die Kategorien auch nicht scharf abzugrenzen.

Kategorien	Beschreibung, Beispiele
P (~ parallel)	Die Wagenlängsachse des verunfallten Wagens liegt mehr oder weniger parallel zur Gleisachse (ungefähr 0°-30°)
Q (~ quer)	Die Wagenlängsachse des verunfallten Wagens liegt etwa 45° schräg zur Gleisachse (ungefähr 30°-60°)
S (~ senkrecht)	Die Wagenlängsachse des verunfallten Wagens liegt mehr oder weniger senkrecht zur Gleisachse (ungefähr 60°-90°)

Tabelle 4-14: Einteilung der verunfallten Wagen bezüglich dem Merkmal Lage der Wagenlängsachse relativ zur Gleisachse

4.3.4.9 Merkmal Endlage auf Bahntrasse

Für das Merkmal „Endlage auf Bahntrasse“ zeigt Tabelle 4-15 die zwei Kategorien. Das Merkmal bezieht sich auf den einzelnen verunfallten Güterwagen. Das Merkmal ist anhand der Unfallberichte nur genügend zu erheben und muss über die Beurteilung der Bilder bestimmt werden. Bei Wagen, die zum Teil im Fahrbahnbereich liegen, wurde im Zweifelsfall der Ort der Wagenmitte beurteilt. Auch hier gilt, dass die Endlage in vielen Fällen völlig klar ist, in anderen aber nur schwierig abgeschätzt werden kann.

Kategorien	Beschreibung, Beispiele
auf Trasse (aT)	Die Endlage des verunfallten Güterwagens liegt im Bereich der Fahrbahn (allenfalls auch benachbarter Gleise)
neben Trasse (nT)	Wenn nicht auf Trasse

Tabelle 4-15: Einteilung der verunfallten Wagen bezüglich dem Merkmal Endlage

4.4 Nicht berücksichtigte Unfallberichte

Unter den 122 Unfallberichten, welche die Kriterien gemäss Kapitel 4.1 erfüllten und daher für die vorliegende Studie eigentlich zu berücksichtigen wären, wurden zwei nach der detaillierten Betrachtung nicht in die Statistik aufgenommen.

4.4.1 F-003

Der Unfallbericht F-003 beschreibt die Entgleisung eines mit Kohle beladenen Güterzugs am 29. Juli 2010 in Bully-Grenay (F).



Abbildung 4-2: Bild der Unfallstelle. Quelle: Unfallbericht des Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre (BEA-TT) [4].

Dieser Unfallbericht wurde aus folgenden Gründen nicht in die Statistik aufgenommen:

- Der verunfallte Wagentyp hat nur noch eine streckenbezogene Zulassung in Frankreich zur Fahrt als Blockzug.
- Beim verunfallten Wagentyp handelt es sich um Doppelwagen aus zwei kurzgekuppelten Zweiachsern mit Zentralpuffern zwischen den Halbwagen. Es ist davon auszugehen, dass Zentralpuffer und kurze Zweiachser zu einem anderen Entgleisungsverhalten als normale Wagen mit Seitenpuffern führen.
- Aus dem Bericht ist nicht klar ersichtlich, ob sich die hohe Zahl verunglückter Wagen – angegeben sind 19 Wagen – auf Halbwagen oder die Doppelwagen bezieht. Die Wagenzahl aus diesem für Gefahrguttransporte nicht repräsentativen Zug würde als Einzelereignis die Statistik dominieren.

4.4.2 F-007

Der Unfallbericht F-007 beschreibt die Kollisionen eines Auslegers eines verladenen Forstfahrzeugs mit drei kreuzenden Zügen am 20. Mai 2009 zwischen Livernant und Charmant (F). Da der Ausleger beim Verlad nicht korrekt fixiert wurde, konnte sich der Ausleger während der Fahrt lösen und mehrmals ins Lichtraumprofil des Gegenleises schwenken und dort verkehrende Fahrzeuge beschädigen.



Abbildung 4-3: Bild des verladenen Forstfahrzeugs nach dem Stopp des Güterzugs. Quelle: Unfallbericht des Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre (BEA-TT) [4].

Dieser Unfallbericht wurde aus folgenden Gründen nicht in die Statistik aufgenommen:

- Aufgrund des Unfallberichts ist es nicht möglich, den tatsächlichen Schaden an den einzelnen Wagen zu bewerten. Im Bericht sind Extreme zu erkennen: An einer Lok wurde der Führerstand zertrümmert, weil der Ausleger frontal aufschlug, an einem Autoverladewagen sind jedoch eher geringe seitliche Schäden (Kratzspuren) zu erkennen.
- Die grosse Zahl betroffener Wagen mit Schäden würde dazu führen, dass dieser sehr spezielle Unfalltyp als Einzelereignis die Statistik dominieren würde. Es ist doch sehr erstaunlich, dass das Forstfahrzeug bei all diesen Kollisionen nicht vom Verladewagen gefallen ist und fortlaufend bis zum Halt des Zuges zu neuen Schäden durch Lichtraumprofil-Verletzungen führte.

5 ERGEBNISSE

5.1 Allgemeine Eigenschaften der verunfallten Züge

Eine für die vorliegende Studie wichtige Eigenschaft der Güterzüge ist, dass sie immer mit mindestens einer Lokomotive⁹ an der Zugspitze verkehren. Dies hat sicher in einigen Fällen dazu beigetragen, dass im verunfallten Güterzug keine Wagen entgleisten oder beschädigt wurden. Ein Extrembeispiel ist dabei die Frontalkollision (mit Relativgeschwindigkeit 135 km/h) eines Güterzugs (mit zwei Lokomotiven an der Spitze) mit einem Personenzug am 29.01.2011 in Hordorf (D-026 in dieser Studie). Der Schaden war enorm: Im Personenzug starben 10 Personen, die restlichen der insgesamt 32 Personen im Personenzug wurden zum Teil schwer verletzt. Schwer verletzt wurde ebenso der Lokführer des Güterzugs. Die vordere Lok des Güterzugs wurde schwer beschädigt. Es entgleisten jedoch keine Güterwagen und die Güterwagen wurden auch nicht beschädigt.

5.1.1 Anzahl Wagen

Land	n	# Wagen	# verunfallte Wagen pro Zug	Anteil verunfallte Wagen pro Zug	# Wagen mit Aufbauschaden pro Zug	Anteil Wagen mit Aufbauschaden pro Zug	# verunfallte Gefahrgutwagen pro Zug	Anteil verunfallte Gefahrgutwagen pro Zug	Anteil verunfallte Gefahrgutwagen an den verunfallten Güterwagen
Deutschland	36	25.94	3.31	0.13	1.47	0.06	0.64	0.02	0.19
Frankreich	9	25.22	1.56	0.06	0.89	0.04	0.67	0.03	0.43
Grossbritannien	26	24.00	4.04	0.17	1.81	0.08	0.69	0.03	0.17
Niederlande	6	27.50	5.33	0.19	3.83	0.14	0.33	0.01	0.06
Österreich	25	21.08	3.20	0.15	0.96	0.05	0.40	0.02	0.13
Schweiz	25	20.80	2.40	0.12	1.04	0.05	0.52	0.03	0.22
Total	127	23.60	3.23	0.14	1.43	0.06	0.57	0.02	0.18

Tabelle 5-1: Mittlere Anzahlen respektive Anteile der Wagen, der verunfallten Wagen, der Wagen mit Aufbauschaden und der verunfallten Gefahrgutwagen, gemittelt über die verunfallten Züge.

Die Unfälle in Frankreich zeigen im Vergleich mit den anderen Ländern zwei Auffälligkeiten:

- Die Zahl der verunfallten Wagen pro verunfalltem Zug ist deutlich tiefer – sowohl absolut als auch anteilmässig. Die beiden Werte liegen bei weniger als 50 % des Mittelwerts über alle sechs Länder. Während in Frankreich 1.56 Wagen/Unfallzug verunfallen (6 % der mittleren Wagenzahl der Unfallzüge) liegen diese Werte in den restlichen Ländern im Bereich 2.40-5.33 Wagen/Unfallzug (12-19 % der mittleren Wagenzahl). Dies ist insbesondere auch deshalb

⁹ Bei den in der vorliegenden Studie untersuchten Güterzügen war dies immer der Fall. Cargo-Pendel-Züge sind aktuell eine absolute Ausnahme.

auffällig, weil die Geschwindigkeit der verunfallten Züge in Frankreich im Mittel und beim Median am höchsten liegt (siehe Tabelle 5-2).

- Obwohl in Frankreich die Zahl verunfallter Wagen/Unfallzug deutlich am tiefsten liegt, gilt dies nicht für die verunfallten Gefahrgutwagen. Dementsprechend ist der Anteil der verunfallten Gefahrgutwagen an den verunfallten Güterwagen mit 43 % wesentlich höher als in den anderen Ländern (13-22 %).

Der zweite Punkt spielt unter der allgemeinen getroffenen Annahme („Gefahrgut ist nicht Ursache für den Unfall“) keine Rolle. Die Unfalldaten aus Frankreich wurden gleichwohl für die weitere Auswertung beibehalten, obwohl sie ein gewisses Indiz aufzeigen, dass sie im Vergleich zu den anderen Ländern nicht repräsentativ sind. Es ist jedoch auch zu beachten, dass die Statistik für Frankreich von nur 9 Zügen stammt.

In der Schweiz und in Österreich sind die verunfallten Züge im Durchschnitt kürzer als in den restlichen vier Ländern. Dies dürfte darauf zurück zu führen sein, dass die Züge aufgrund der höheren Neigungen der Strecken in diesen Ländern und der daraus resultierenden Begrenzung der Anhängelast generell kürzer sind. Nur aus Unfallberichten kann nicht eruiert werden, welchen Einfluss die Zuglänge auf das Verunfallen hat. Ohnehin kann man sich verschiedene gegenläufige Tendenzen vorstellen:

- Bei gegebener Anzahl „schlechter“ Güterwagen und gegebenem Güteraufkommen nimmt der Anteil der Züge, die einen solchen „schlechten“ Wagen mitführen bei Verlängerung der Züge zu (weil die Anzahl Züge insgesamt abnimmt).
- In längeren Zügen nimmt die Bedeutung der Längskräfte (und damit z.B. die Wichtigkeit einer geeigneten Reihung der Wagen) zu.
- Bei gegebenem Güteraufkommen nimmt die Zahl der Züge durch das Bilden längerer Züge ab. Dementsprechend sinkt die Wahrscheinlichkeit für Kollisionen oder Flankenfahrten.
- Ein entgleisender Wagen reisst typisch seine Nachbarwagen mit und hat wenig Auswirkung auf den ganzen Zugsverband (unter den 127 verunfallten Zügen sind nie sämtliche Wagen verunfallt, siehe Abbildung 5-2).

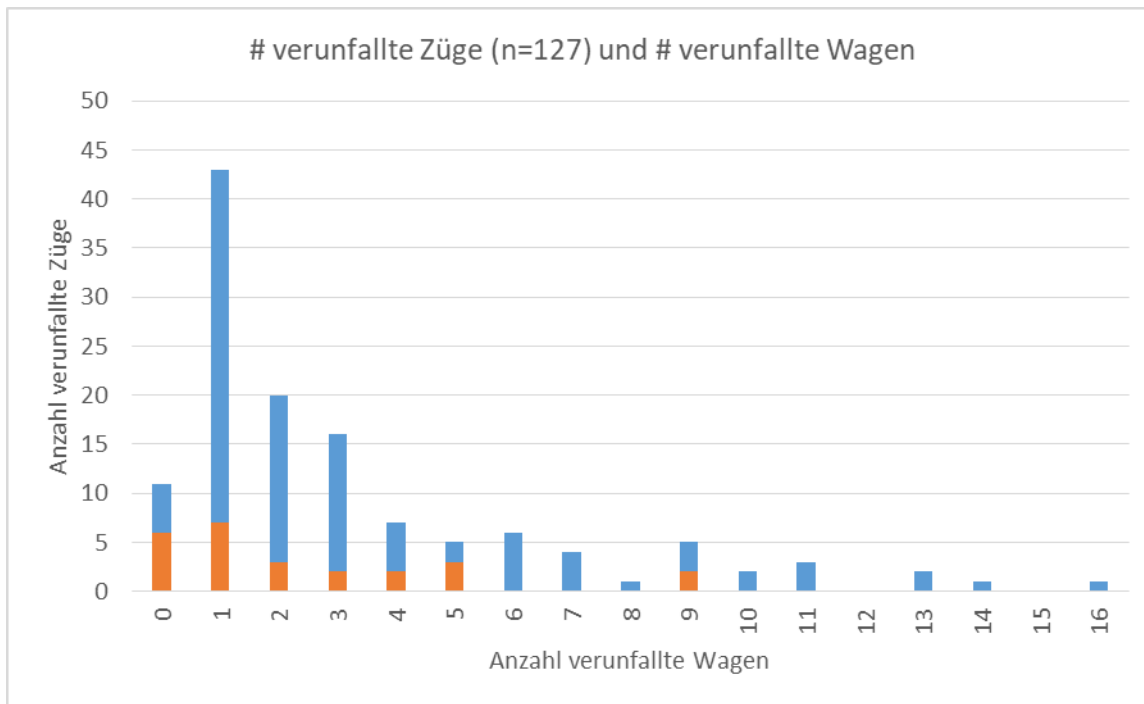


Abbildung 5-1: Anzahl der verunfallten Züge in Abhängigkeit der Anzahl verunfallter Wagen des Zuges. Oranger Anteil der Balken: In der Schweiz verunfallte Züge.

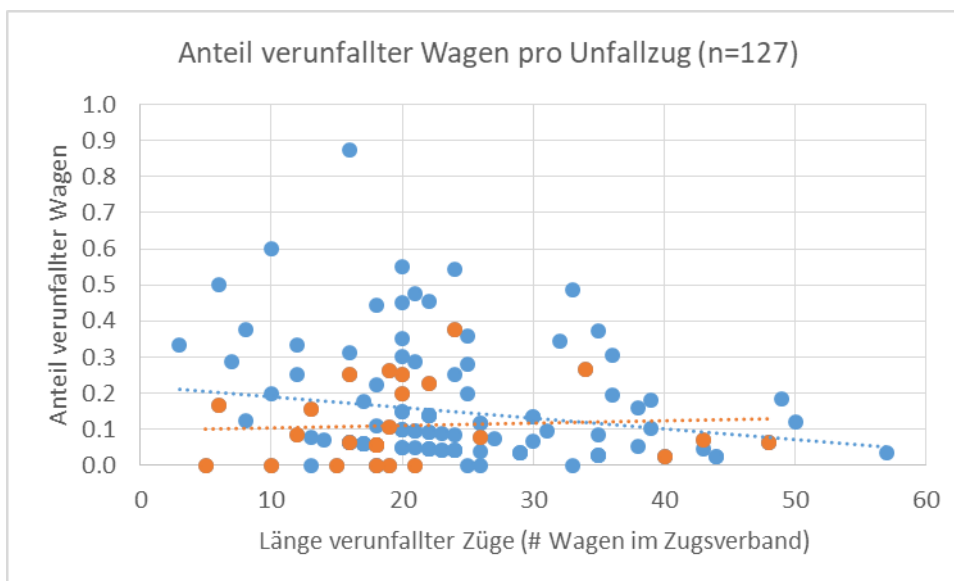


Abbildung 5-2: Anteil der verunfallten Wagen in Abhängigkeit der Anzahl Wagen im entsprechenden verunfallten Zug. Orange: In der Schweiz verunfallte Züge (n=25). Die gepunkteten Linien stellen lineare Trends dar, das Bestimmtheitsmass ist jedoch gering (0.04 alle Länder, 0.004 nur Schweiz).

5.1.2 Infrastruktur am Unfallort

Abbildung 5-3 zeigt, dass die Daten aus den Unfallberichten für das Merkmal „Ort“ höchstens eine Unterscheidung nach den Kategorien „Bahnhof“ und „offene Strecke“ zulassen. Die Merkmale

„Tunnel“ und „Brücke“ sind mit nur 1 resp. 4 Ereignissen zu seltene Orte für eine Ableitung der Freisetzungsorte für diese Kategorien. Anmerkung: Das Verhältnis der Anzahl Ereignisse im Bahnhof zur Anzahl Ereignisse auf offener Strecke beträgt 0.88 (58/66). Auf Stufe der verunfallten Wagen beträgt dieses Verhältnis jedoch nur 0.61 (146 verunfallte Wagen im Bahnhof, 240 verunfallte Wagen auf offener Strecke), d.h. auf offener Strecke verunfallen bei einem Ereignis mehr Wagen als im Bahnhof. Aufgrund der hohen Ereigniszahlen und der guten Zuweisungsmöglichkeit wird für die Kategorien „Bahnhof“ und „offene Strecke“ eine separate Auswertung der Freisetzungsorte ausgeführt (siehe Kapitel 5.3 und 5.4).

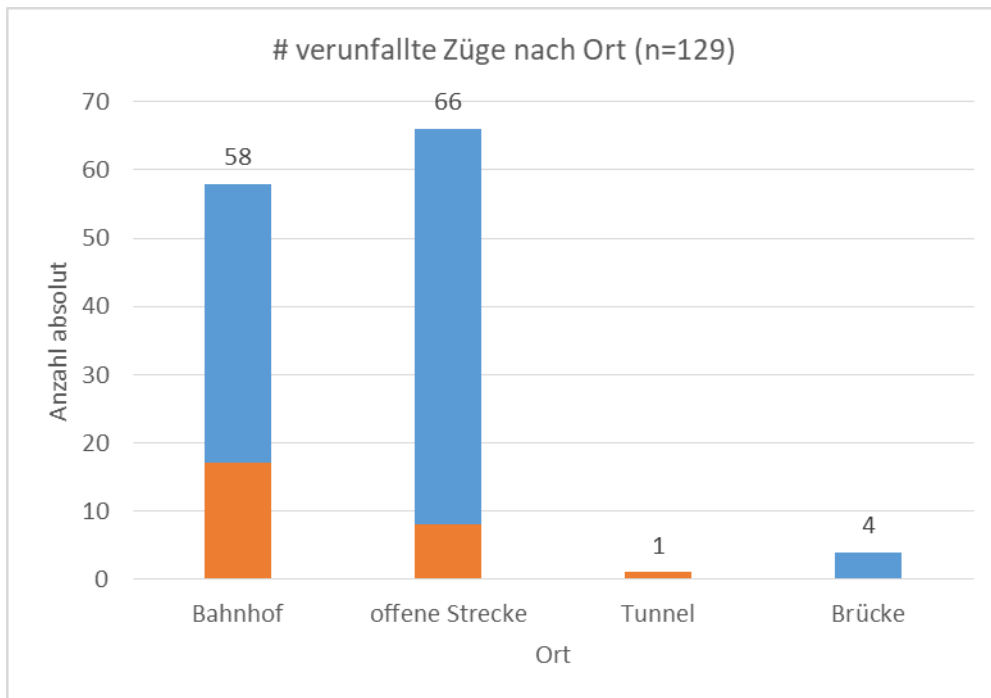


Abbildung 5-3: Anzahl verunfallter Züge aufgeteilt nach dem Merkmal „Ort“. Oranger Anteil der Balken: In der Schweiz verunfallte Züge (n=26).

Abbildung 5-4 zeigt, dass die Daten aus den Unfallberichten für das Merkmal „Terrainort“ keine Unterscheidung der Freisetzungsorte nach den Kategorien dieses Merkmals zulassen. Nur 15 Ereignisse stammen nicht aus der Kategorie „Ebene“.

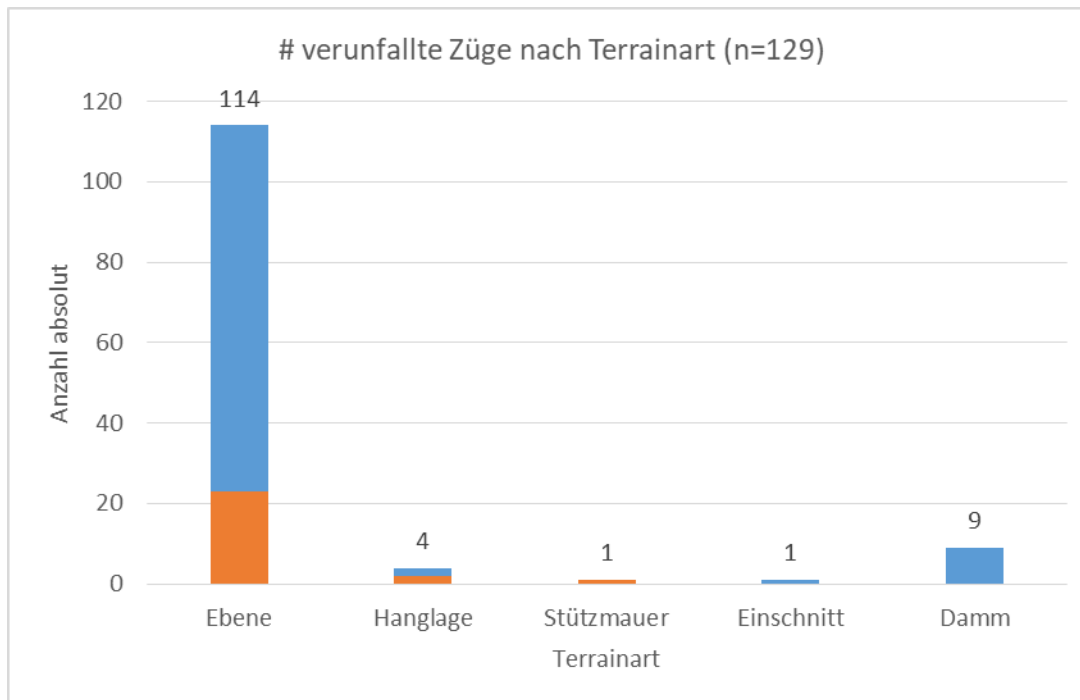


Abbildung 5-4: Anzahl verunfallter Züge aufgeteilt nach dem Merkmal „Terrainart“. Oranger Anteil der Balken: In der Schweiz verunfallte Züge (n=26).

Abbildung 5-5 zeigt die Zahl verunfallter Züge aufgeteilt nach Kategorien des Merkmals „Linienführung“. „Weiche gerade“ und „Weiche ablenkend“ treten bei diesem Merkmal zu selten auf, um für diese Kategorien eine separate Ableitung der Freisetzungsorte zu bestimmen. Zudem weisen die beiden „Weichen“-Kategorien noch eine starke Inhomogenität der Ereignisse auf: Einerseits sind es Entgleisungen eines einzelnen Zuges auf den Weichen und andererseits Flankenfahrten. Weil die Kategorien „Gerade“ und „Kurve“ den Ereignissen nur schlecht zuteilbar sind (siehe Kapitel 4.3.4.6), wird auf eine separate Auswertung der Freisetzungsorte für die Kategorien dieses Merkmals verzichtet.

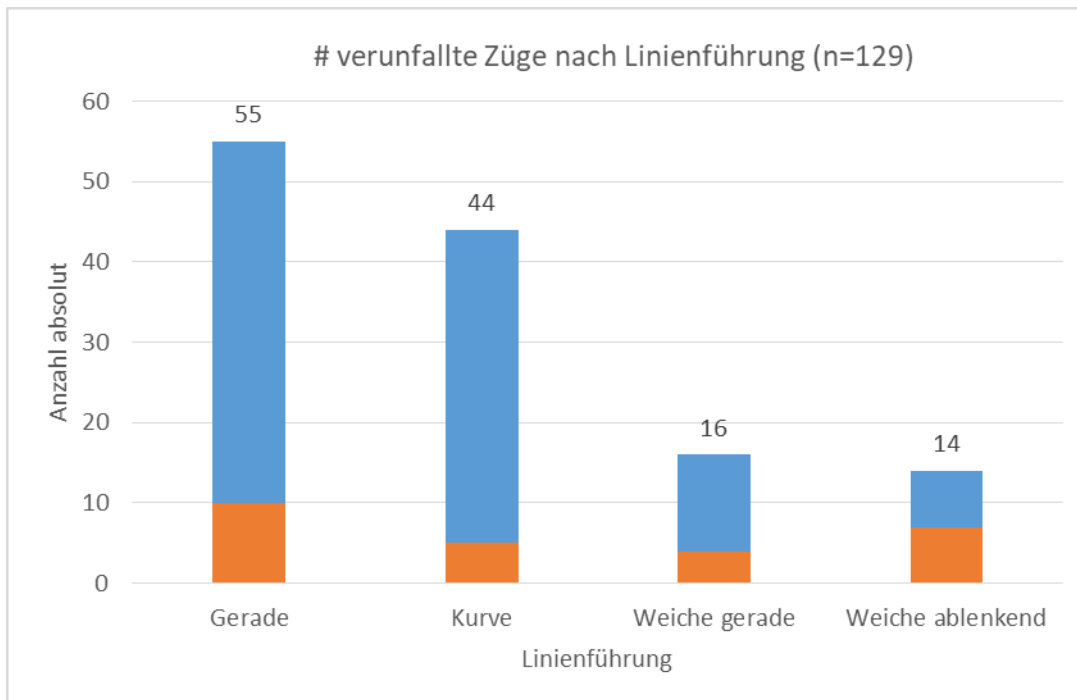


Abbildung 5-5: Anzahl verunfallter Züge aufgeteilt nach dem Merkmal „Linienführung“. Oranger Anteil der Balken: In der Schweiz verunfallte Züge (n=26).

5.1.3 Geschwindigkeit der Unfallzüge

Bei Unfällen einzelner Züge wurde die Geschwindigkeit des Unfallzugs und bei Ereignissen mit zwei in einen Unfall verwickelten Zügen (Kollisionen, Auffahrunfälle, Flankenfahrten zwischen Zügen; insgesamt bei 26 von 128 verunfallten Güterzügen) zusätzlich noch die relative Geschwindigkeit zwischen den Zügen erhoben. Zur Charakterisierung der Unfälle eignen sich grundsätzlich beide Geschwindigkeiten (Zugsgeschwindigkeit und relative Geschwindigkeit), für die möglichen Folgen (z.B. auf die möglichen Freisetzungsorte für Gefahrgut) ist jedoch nicht a priori klar, welche Geschwindigkeit die Richtige ist. Die relative Geschwindigkeit ist ein gutes Mass wenn man die Unfälle bezüglich involvierter Energie betrachtet, sie kann aber z.B. nicht zeigen, dass auch stehende Züge bei Kollisionen gefährdet sind¹⁰ oder sie gibt die Verhältnisse bei Flankenfahrten oder Auffahrunfällen von ursprünglich in die gleiche Richtung verkehrenden Zügen nicht richtig wieder.¹¹

Anmerkung: Bei Auswertungen der relativen Geschwindigkeit wurde für die einzeln verunfallten Züge jeweils die Zugsgeschwindigkeit verwendet.

Die mittlere Geschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt der verunfallten Züge ist in der Schweiz am tiefsten. Mittelwert und Median weichen kaum voneinander ab (letzteres gilt auch für Deutschland und die Niederlande). In Grossbritannien haben wenige Unfälle mit einer hohen Geschwindigkeit zu einem grossen Unterschied zwischen Mittelwert und Median geführt: Während die mittlere Unfallgeschwindigkeit bei 44.6 km/h liegt, beträgt der Median nur 27.0 km/h. Gleichartiges gilt für die mittlere relative Geschwindigkeit.

¹⁰ Die relative Geschwindigkeit macht bei Kollisionen keine Angabe zur Geschwindigkeit des einzelnen Zugs.

¹¹ Es ist zu erwarten, dass sich bei diesen Unfalltypen trotz gleicher Relativgeschwindigkeit in Abhängigkeit der effektiven Zugsgeschwindigkeiten ganz unterschiedliche Unfallbilder ergeben: z.B. Flankenfahrt mit $v = 20$ km/h gegen einen stehenden Zug oder Flankenfahrt eines Zugs mit $v = 100$ km/h gegen einen anderen Zug mit $v = 80$ km/h.

Land	n	Mittelwert Geschwindigkeit [km/h]	Median Geschwindigkeit [km/h]	Mittelwert relative Geschwindigkeit [km/h]	Median relative Geschwindigkeit [km/h]
Deutschland	37	55.2	57.0	60.0	64.0
Frankreich	9	60.4	66.0	62.7	66.0
Grossbritannien	26	44.6	27.0	46.3	29.5
Niederlande	6	43.3	46.0	68.7	61.5
Österreich	24	51.3	40.5	51.3	40.5
Schweiz	26	36.5	35.5	43.3	40.0
Total	128	48.3	40.5	52.8	45.5

Tabelle 5-2: Mittelwert und Median der Geschwindigkeiten der verunfallten Züge und der relativen Geschwindigkeiten der verunfallten Züge.

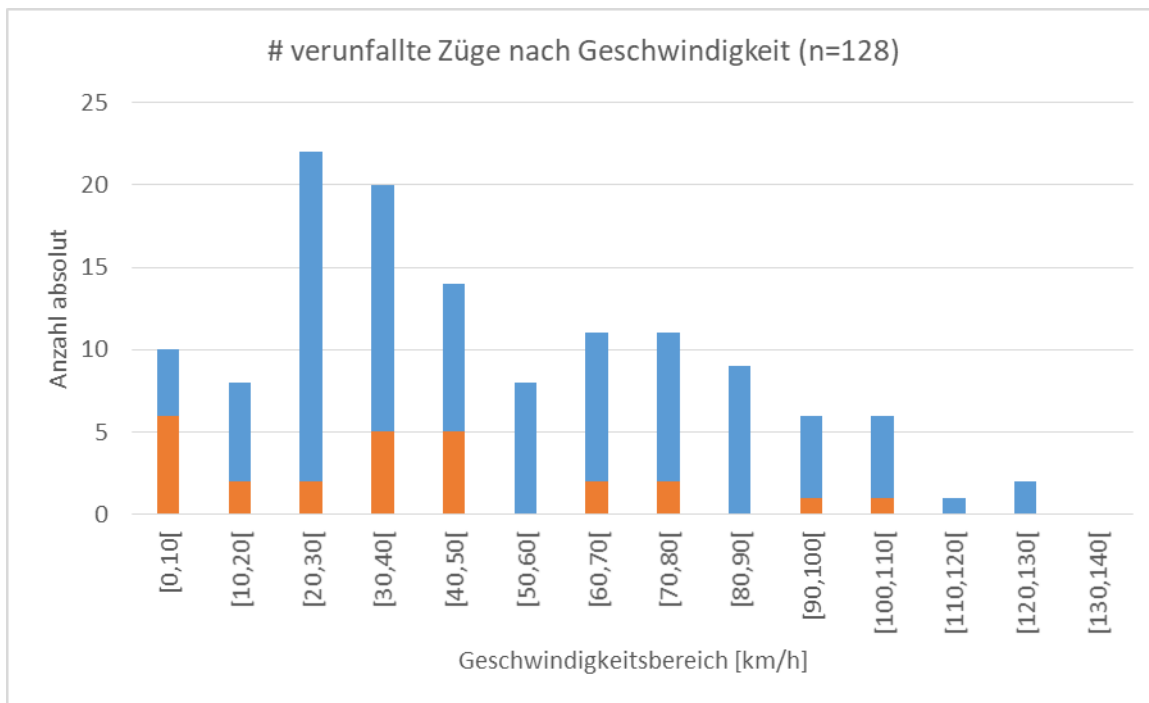


Abbildung 5-6: Anzahl verunfallter Züge nach absoluter Geschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt. Oranger Anteil der Balken: In der Schweiz verunfallte Züge (n=26).

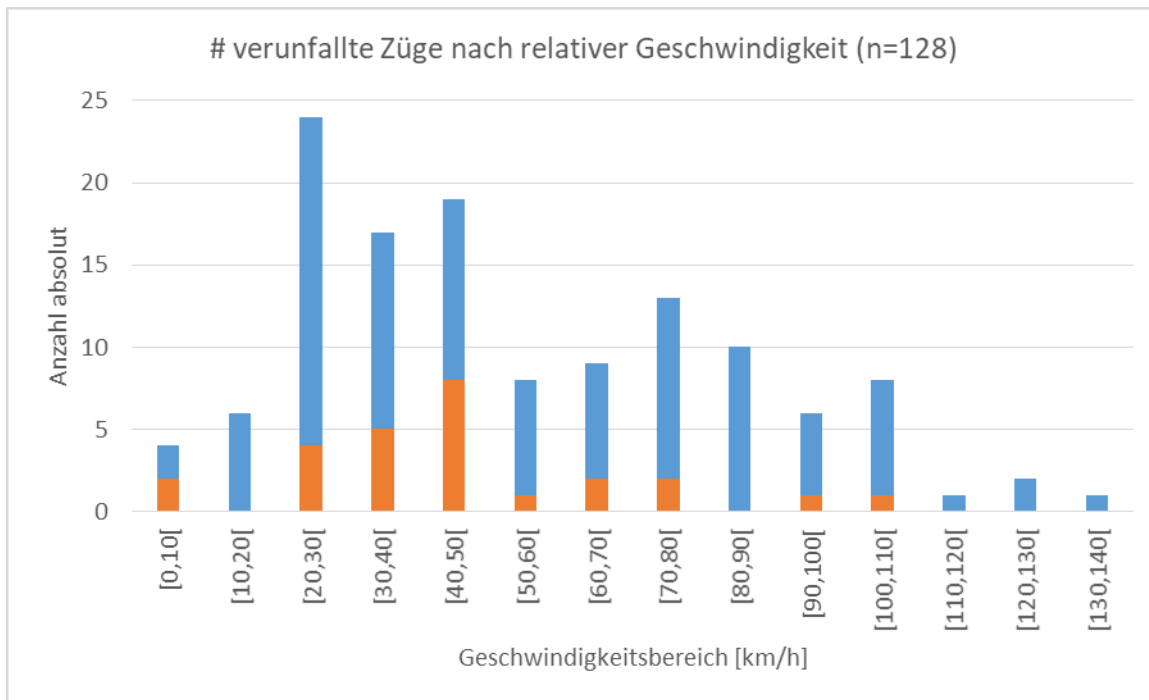


Abbildung 5-7: Anzahl verunfallter Züge nach relativer Geschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt. Oranger Anteil der Balken: In der Schweiz verunfallte Züge (n=26).

5.1.3.1 Anzahl verunfallte Wagen in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

Abbildung 5-8, Abbildung 5-9 und Abbildung 5-10 zeigen, dass die Anzahl verunfallter Wagen resp. die Anzahl Wagen mit Schaden am Wagenaufbau in einem Unfallzug nicht relevant von der Unfallgeschwindigkeit abhängt. Die lineare Korrelation kann in allen Fällen weniger als 10 % der Variabilität der Daten erklären. Dementsprechend können die Daten der sechs Länder trotz der unterschiedlichen Unfallgeschwindigkeiten bezüglich der Zahl betroffener Güterwagen zusammen betrachtet werden.

Abbildung 5-9 und Abbildung 5-10 zeigen zudem, dass die Korrelation zwischen Geschwindigkeit und der Anzahl verunfallter Wagen des Unfallzugs sowohl für die absolute Zugsgeschwindigkeit als auch die relative Geschwindigkeit gleichartig tief ausfällt. Bezogen auf die relative Geschwindigkeit ist der Trend jedoch stärker ansteigend als für die Zugsgeschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt: Die Zahl der verunfallten Wagen mit Schaden am Wagenaufbau nimmt im Mittel bei einer Änderung der relativen Geschwindigkeit um 100 km/h um 2.3 zu, bei einer Änderung der Zugsgeschwindigkeit zum Unfallzeitpunkt um 100 km/h jedoch nur um 1.1.

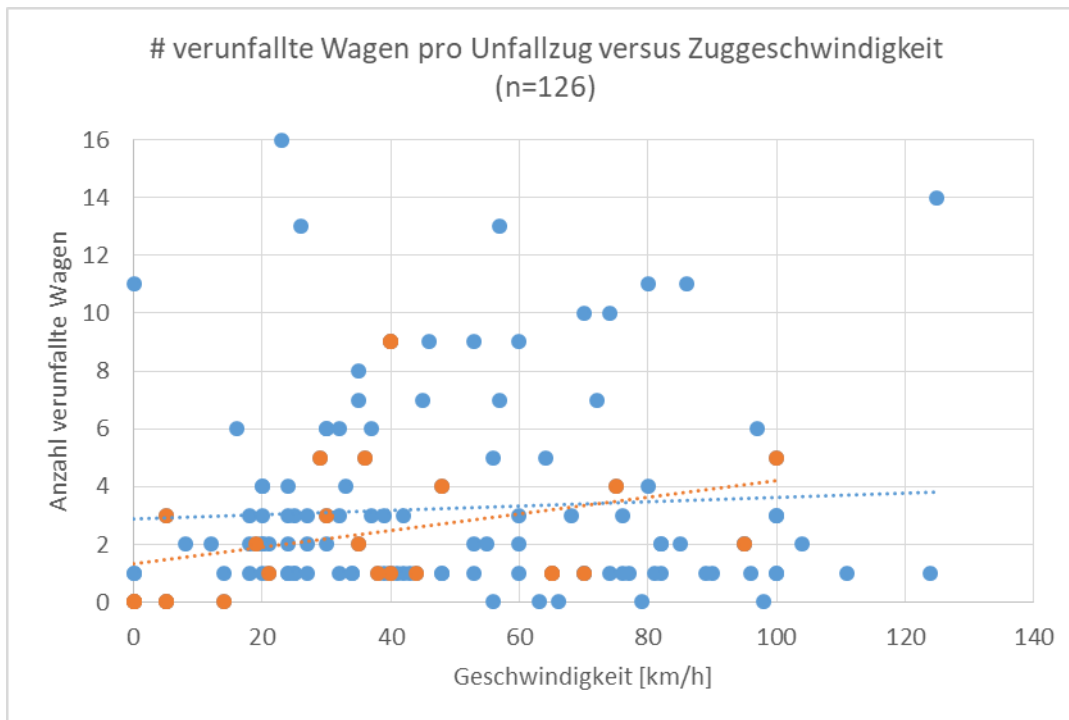


Abbildung 5-8: Anzahl der verunfallten Wagen in Abhängigkeit der Geschwindigkeit des entsprechenden verunfallten Zugs. Orange: In der Schweiz verunfallte Züge. Die gepunkteten Linien stellen lineare Trends dar, das Bestimmtheitsmass ist jedoch gering (0.005 alle Länder, 0.10 nur Schweiz).

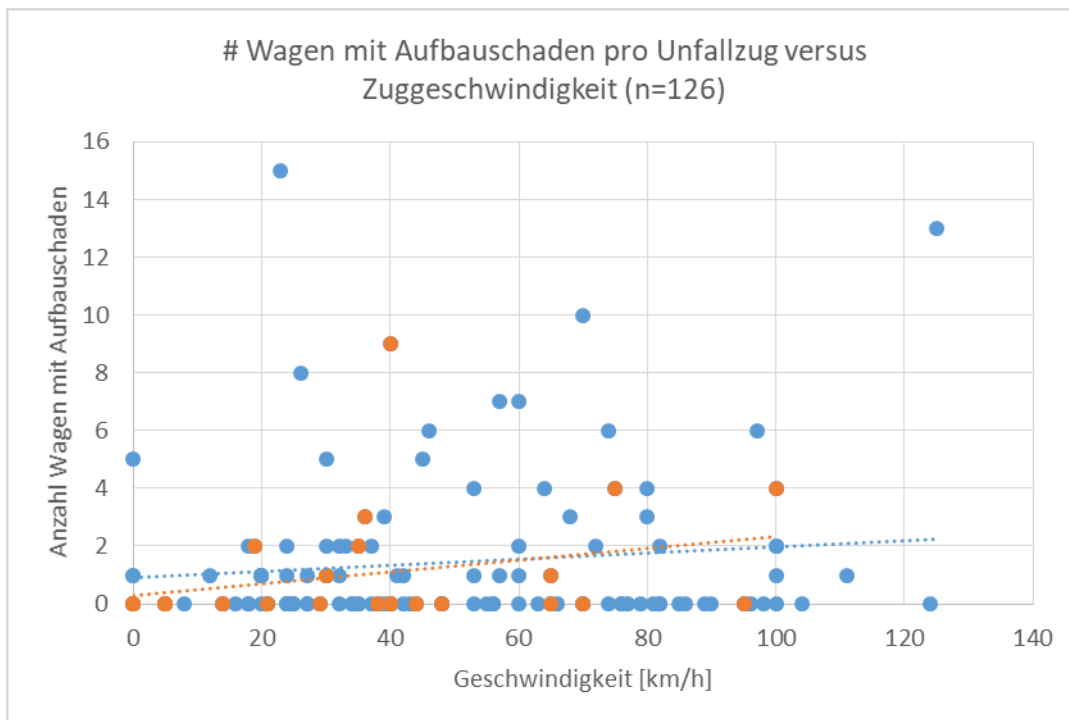


Abbildung 5-9: Anzahl der Wagen mit Aufbauschaaden in Abhängigkeit der Geschwindigkeit des entsprechenden verunfallten Zugs. Orange: In der Schweiz verunfallte Züge. Die gepunkteten Linien stellen lineare Trends dar, das Bestimmtheitsmass ist jedoch gering (0.02 alle Länder, 0.08 nur Schweiz).

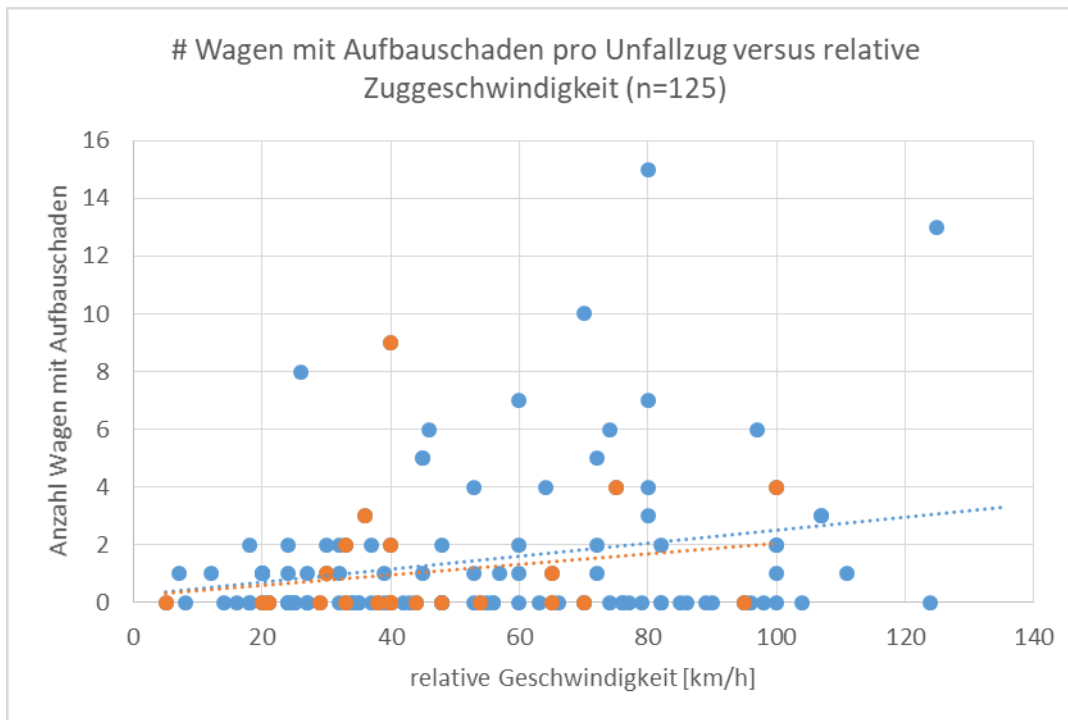


Abbildung 5-10: Anzahl der Wagen mit Aufbauschaden in Abhängigkeit der relativen Geschwindigkeit des entsprechenden verunfallten Zugs. Orange: In der Schweiz verunfallte Züge. Die gepunkteten Linien stellen lineare Trends dar, das Bestimmtheitsmass ist jedoch gering (0.06 alle Länder, 0.04 nur Schweiz).

5.1.3.2 Maximale Distanz verunfallter Wagen in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

Wie auch noch bei den Ergebnissen zu den einzelnen Wagen im Kapitel 5.3.2 gezeigt wird, ist die Korrelation zwischen Geschwindigkeit und der Distanz verunfallter Wagen zum Gleis schwach. Es wurde daher für jeden Unfallzug die Distanz des am weitesten vom Gleis entfernten Güterwagens bestimmt. Abbildung 5-11 zeigt diese maximale Distanz pro Unfallzug als Funktion der relativen Geschwindigkeit. Auch dieser Extremwert der Distanz zum Gleis weist jedoch nur eine ganz schwache Korrelation (Bestimmtheitsmass 0.11) zur relativen Geschwindigkeit auf. Die Korrelation verbessert sich nur unwesentlich, wenn für das Merkmal „Ort“ für die beiden Kategorien „Bahnhof“ und „offene Strecke“ getrennt ein linearer Trend berechnet wird (Abbildung 5-12; Bestimmtheitsmass 0.11 und Steigung 0.030 m/(km/h) für Kategorie „Bahnhof“, 0.12 und Steigung 0.058 m/(km/h) für Kategorie „offene Strecke“).

Anmerkung: Eine geschwindigkeitsabhängige Verteilung der potenziellen Freisetzungsorte würde in der Modellanwendung sehr detaillierte Kenntnisse des tatsächlichen Betriebs erfordern. Die zulässigen Streckengeschwindigkeiten liegen in der Regel deutlich über den Unfallgeschwindigkeiten – z.B. weil Weichenstellungen oder Bremsverhältnisse tiefere Geschwindigkeiten erfordern. In der vorliegenden Studie wurde jedoch nicht systematisch untersucht, wie stark die Unfallgeschwindigkeit von der zulässigen Geschwindigkeit abweicht und welcher Einflussfaktor die zulässige Geschwindigkeit am Unfallort definiert.

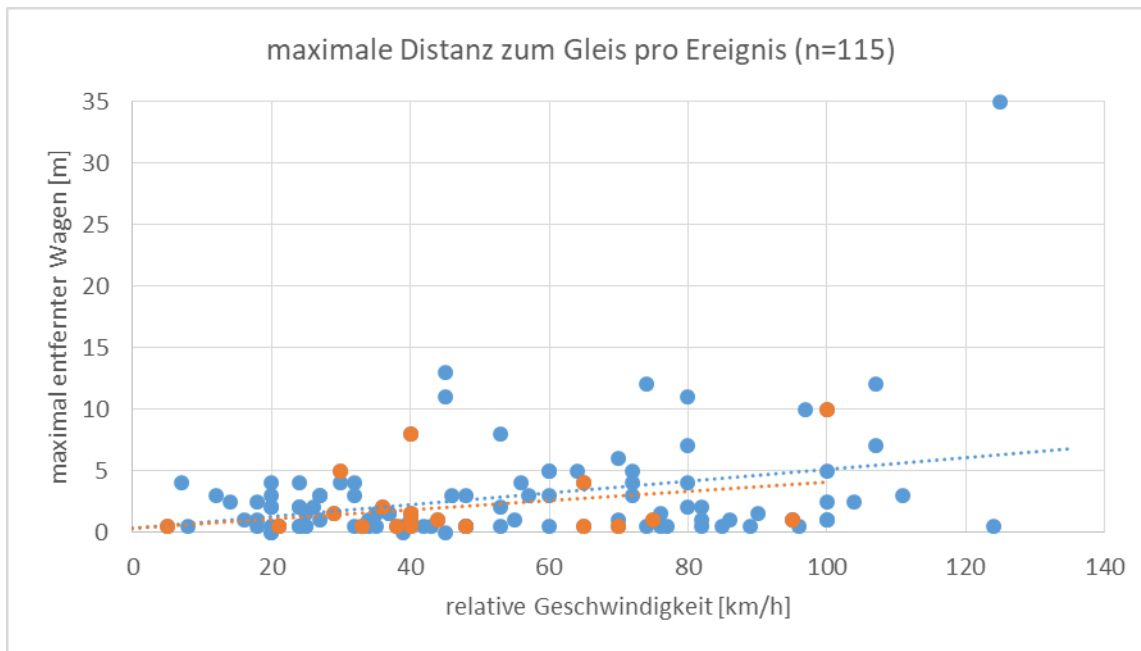


Abbildung 5-11: Distanz des pro verunfallten Güterzuges am weitesten vom Gleis entfernten Güterwagens. Orange: In der Schweiz verunfallte Züge (n=19). Die gepunkteten Linien stellen lineare Trends dar, das Bestimmtheitsmass beträgt 0.11 (alle Länder und CH).

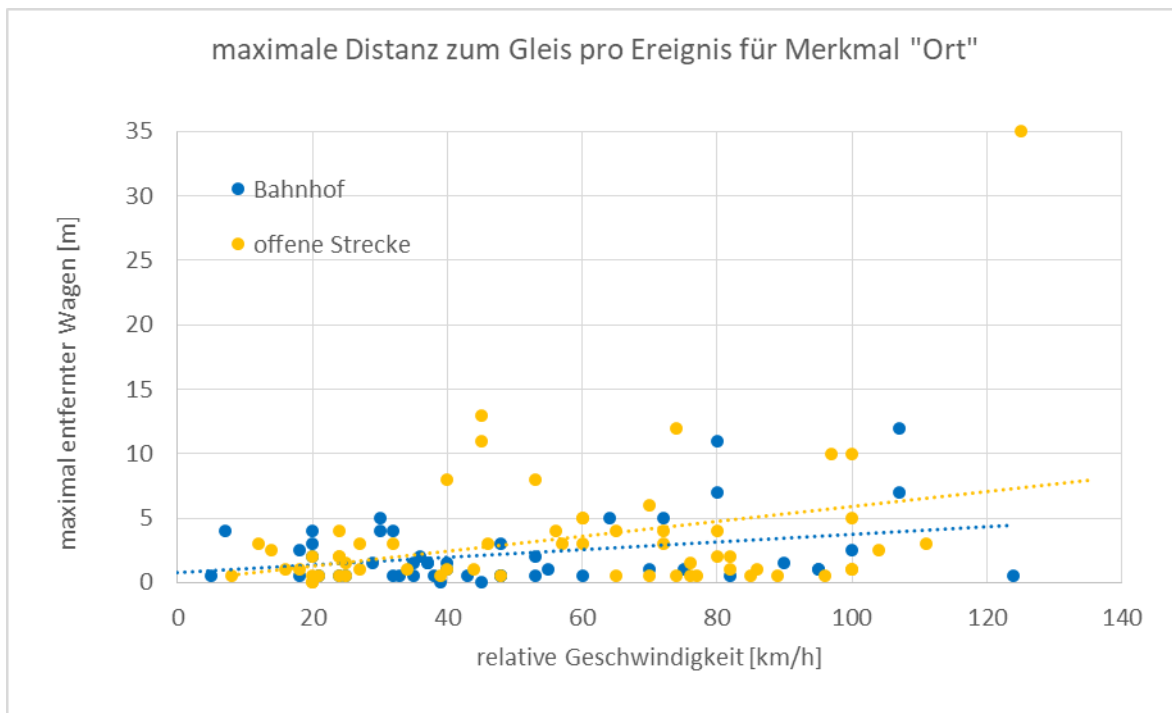


Abbildung 5-12: Distanz des pro verunfallten Güterzuges am weitesten vom Gleis entfernten Güterwagens für die Kategorie „Bahnhof“ (n=47) und „offene Strecke“ (n=60) des Merkmals „Ort“. Die gepunkteten Linien stellen lineare Trends dar, das Bestimmtheitsmass beträgt 0.11 (Bahnhof) resp. 0.12 (offene Strecke).

5.1.4 Lichtraumprofilverletzungen

Das Merkmal Lichtraumprofilverletzung wurde als Indikator für mögliche Folgeunfälle eines initialen Ereignisses definiert: Mindestens ein verunfallter Güterwagen verletzt in seiner Endlage das Lichtraumprofil eines nicht von einem Unfallzug befahrenen Gleises (siehe auch Tabelle 4-13). Über alle untersuchten Unfallzüge in den 6 Ländern ist in 38 % der Fälle eine solche Lichtraumprofilverletzung aufgetreten. Gleichwohl ist in diesen Fällen jedoch nie ein Güterzug in einen Folgeunfall verwickelt gewesen.¹² Auffällig ist das Ergebnis der Unfälle in Deutschland: Dort überwiegen die Ereignisse mit Lichtraumprofilverletzungen (61 % aller Ereignisse). Auch in den Niederlanden überwiegen die Ereignisse mit Lichtraumprofilverletzungen, die Anzahl Ereignisse ist jedoch tief und die „Auslöseschwelle“ für die in den Niederlanden sehr ausführlichen Unfallberichte könnte hier eine bedeutende Rolle spielen. Den untersuchten Unfallberichten kann kein Grund entnommen werden, weshalb es trotz dieser doch häufigen Lichtraumprofilverletzungen nicht häufiger zu Folgeunfällen kommt. Die rasche Alarmierung (durch betroffene Lokführer, Beobachtungen, aber auch durch Abschaltung der Fahrleitungsspeisung z.B. aufgrund von Kurzschlüssen) scheint recht gut zu wirken.

Land	n	ja	nein	Anteil ja
Deutschland	36	22	14	0.61
Frankreich	9	3	6	0.33
Grossbritannien	25	7	18	0.28
Niederlande	6	5	1	0.83
Österreich	25	6	19	0.24
Schweiz	25	5	20	0.20
Total	126	48	78	0.38

Tabelle 5-3: Anzahl Ereignisse mit Lichtraumprofilverletzung und deren Anteile an allen Ereignissen.

Das Merkmal Lichtraumprofilverletzung hat keinen direkten Einfluss auf die möglichen Freisetzungsorte von Gefahrgut. Es wurde in dieser Studie nur zur allgemeinen Charakterisierung von Unfällen mit Güterzügen ausgewertet.

5.1.5 Ursache der Unfälle

Über alle sechs Länder betrachtet, dominieren als Ursachen für die verunfallten Güterzüge die beiden Kategorien „Entgleisung Fahrzeugdefekt“ und „Entgleisung Gleisschaden Fehler“. Sie weisen je einen Anteil von 25 % auf. Betrachtet man nur die in der Schweiz aufgetretenen Unfälle, so sind diese beiden Merkmale nicht so dominant und die Ursachen gleichmässiger verteilt.

¹² Beim Ereignis F-001 verkehrte ein TGV während der Entgleisung des Güterzugs auf dem Nachbargleis und wurde erheblich beschädigt. Beim Ereignis D-030 entgleiste ein erster Güterzug nach einer Kollision mit einem Bus. Der verunglückte Zug verletzte das Lichtraumprofil des Gegengleises nicht. Teile des Buswracks verblieben jedoch auf dem Gegengleis, wo es nachfolgend zur Kollision mit einem zweiten Güterzug kam.

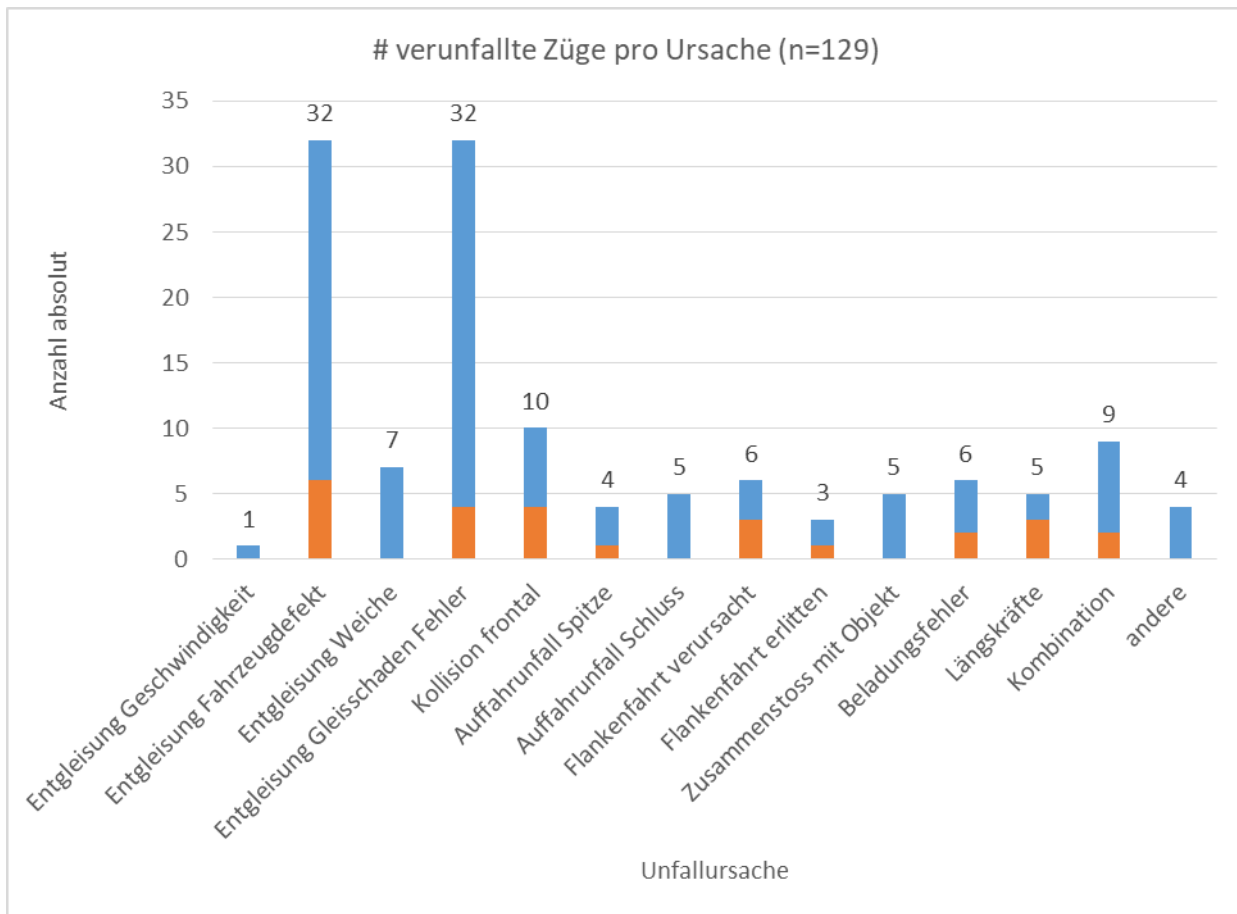


Abbildung 5-13: Anzahl verunfallter Züge aufgeteilt nach dem Merkmal „Unfallursache“. Oranger Anteil der Balken: In der Schweiz verunfallte Züge (n=26).

5.2 Allgemeine Eigenschaften der verunfallten Wagen

5.2.1 Anzahl verunfallte, entgleiste, am Wagenaufbau beschädigte Wagen

In den 129 verunfallten Zügen verunfallten insgesamt 410 Wagen. Davon waren 72 Wagen Gefahrgutwagen (18 %) und 338 waren keine Gefahrgutwagen. Entgleist waren 402 Wagen und bei 181 Wagen wurde der Wagenaufbau beschädigt. Bei 8 Wagen wurde der Wagenaufbau ohne Entgleisung beschädigt. 229 Wagen entgleisten ohne dass der Wagenaufbau beschädigt wurde (56 % der verunfallten Wagen). Abbildung 5-14 visualisiert die entsprechenden Zahlen und Merkmale.

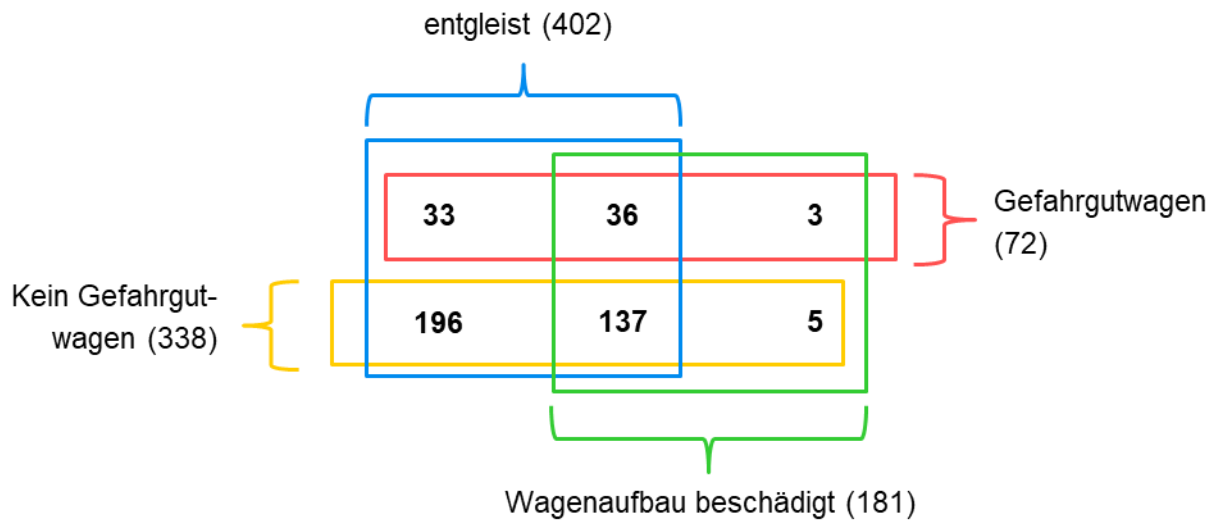


Abbildung 5-14: Anzahl entgleiste resp. am Wagenaufbau beschädigte Wagen mit der Unterscheidung nach Gefahrgutwagen und kein Gefahrgutwagen.

5.2.2 Endlage der verunfallten Wagen auf oder neben Trassee

Massnahmen an der Infrastruktur zur Risikominderung im Zusammenhang mit der Freisetzung von Gefahrgut sind im Allgemeinen am einfachsten zu realisieren, wenn sie im Bereich des Eisenbahntrassees erfolgen. Es wurde daher nicht nur die Distanz verunfallter Wagen zum Gleis untersucht, sondern auch qualitativ erfasst, ob der Wagen nach dem Unfall noch im Bereich der Eisenbahninfrastruktur liegt („auf Trassee“) oder nicht („neben Trassee“). Tabelle 5-4 zeigt die entsprechenden Ergebnisse.

	Absolute Zahlen			Anteil bezogen auf alle verunfallten Wagen			Anteil bezogen auf Kategorie		
	verunfallt	ohne Schaden am Wagenaufbau	Mit Schaden am Wagenaufbau	verunfallt	ohne Schaden am Wagenaufbau	Mit Schaden am Wagenaufbau	verunfallt	ohne Schaden am Wagenaufbau	Mit Schaden am Wagenaufbau
auf Trassee	367	226	141	0.90	0.55	0.34	0.90	0.99	0.78
neben Trassee	43	3	40	0.10	0.01	0.10	0.10	0.01	0.22
Total	410	229	181	1.00	0.56	0.44	1.00	1.00	1.00

Tabelle 5-4: Endlage der verunfallten Wagen nach den Kategorien des Merkmals „Endlage auf Bahntrassee“.

Die verunfallten Wagen ohne Schaden am Wagenaufbau befinden sich fast ausnahmslos im Bereich der Eisenbahninfrastruktur. Nur 1 % der Wagen ohne Schaden am Wagenaufbau befinden sich nach dem Unfall neben dem Trassee. 10 % aller verunfallter Wagen befinden sich nach dem Unfall neben dem Trassee und weisen einen Schaden am Wagenaufbau auf.

5.3 Distanz Wagen zum Gleis

Für die Auswertung und Darstellung wurden die Distanzen der verunfallten Wagen zum Gleis (Einzelwerte im Anhang in Kapitel 8) in 8 Abstandsklassen eingeteilt. Die Wahl dieser Abstandsklassen orientierte sich an zwei Prinzipien:

- In den Unfallbildern lassen sich die Abstände in Gleisnähe besser bestimmen, da dort mehr Referenzgrößen ersichtlich sind (Spurweite, Gleisabstände). Dementsprechend wurden für kleine Abstände geringe Klassenbreiten gewählt.
- Die Ergebnisse (relative Anteile der entsprechenden Klassen) können durch Zusammenlegen von Klassen durch einfache Addition auf weniger Klassen reduziert werden. Deshalb wurde eine eher grosse Zahl von Klassen festgelegt.

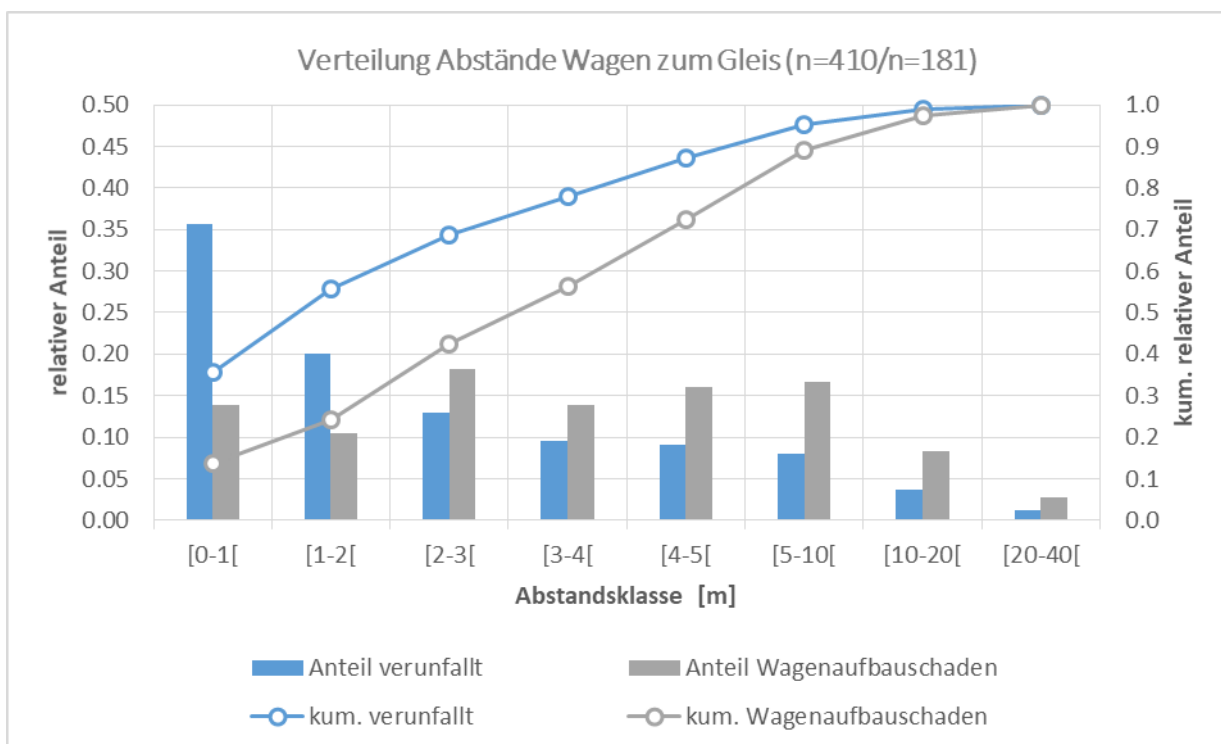


Abbildung 5-15: Distanz der Wagen von der Gleisachse nach dem Unfall. Linke Achse/Balken: relativer Anteil der Distanzklasse, rechte Achse/verbundene Punkte: kumulierter Anteil bis und mit der entsprechenden Distanzklasse. Blau: alle verunfallten Wagen (n=410), grau: nur Wagen mit Schaden am Aufbau (n=181). (Zahlenwerte siehe Kapitel 9)

Betrachtet man nur die Lage der Wagen mit Schaden am Wagenaufbau (und nicht alle verunfallten Wagen) als mögliche Orte für die Freisetzung von Gefahrgut, so nimmt der Anteil in den beiden tiefsten Abstandsklassen [0-1[und [1-2[ab und in allen weiter entfernten Abstandsklassen zu. Vergleicht man die Verteilung gemäss Abbildung 5-15 mit dem heutigen Ansatz im Screening-Tool, so kann folgendes festgehalten werden:

- 50 % der potenziellen Freisetzungsorte liegen bis zu rund 1.5 m (alle verunfallten Wagen) resp. bis zu rund 3.5 m (nur Wagen mit Schaden am Wagenaufbau) von der Gleisachse entfernt. Dies stimmt recht gut mit der heutigen Annahme von „50 % auf dem Bahntrasse“ überein. Anmerkung: Der Begriff „Bahntrasse“ hat beim heutigen Modell nicht die gleiche Bedeutung wie im Merkmal „Endlage auf Bahntrasse“ in dieser Studie.

- Die potenziellen Freisetzungsorte liegen fast vollständig weniger als 20 m vom der Gleisachse entfernt. Distanzen über 20 m haben nur einen Anteil von 1-2 %. Die heutige Annahme, dass je 25 % links und rechts in einem Abstand von 25 m liegen ist daher sehr pessimistisch.

5.3.1 Distanz Wagen zum Gleis als Funktion des Merkmals Ort

Im Kapitel 5.1.2 wurde gezeigt, dass für die Merkmale Ort, Terrainart und Linienführung aufgrund der Kategoriengrösse und der Bestimmbarkeit der Kategorien sinnvollerweise nur für das Merkmal Ort und dessen Kategorien „Bahnhof“ und „offene Strecke“ eine Unterscheidung der Freisetzungsorte untersucht werden sollte. Abbildung 5-16 und Abbildung 5-17 zeigen die Verteilung der Abstände der Mittelpunkte der verunfallten Wagen für die Unfälle im Bahnhofsbereich resp. auf offener Strecke.

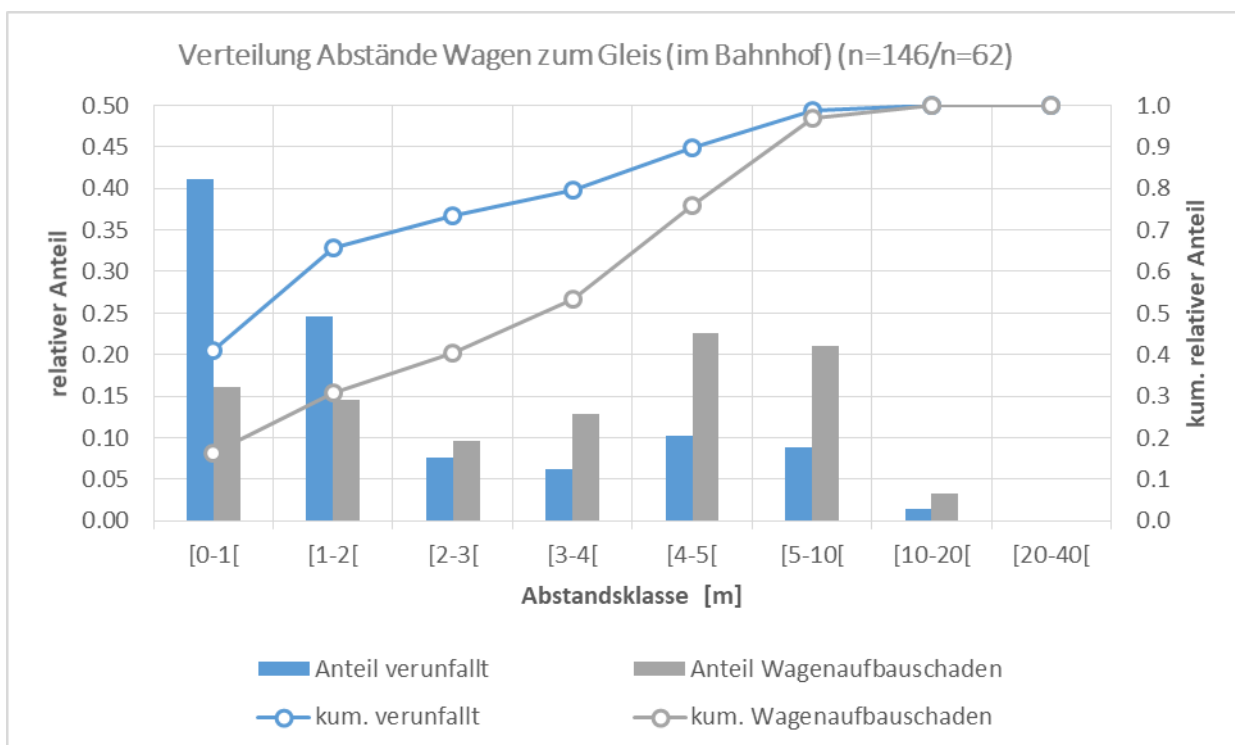


Abbildung 5-16: Distanz der Wagen von der Gleisachse nach dem Unfall im Bahnhof. Linke Achse/Balken: relativer Anteil der Distanzklasse, rechte Achse/verbundene Punkte: kumulierter Anteil bis und mit der entsprechenden Distanzklasse. Blau: alle verunfallten Wagen (n=146), grau: nur Wagen mit Schaden am Aufbau (n=62). (Zahlenwerte siehe Kapitel 9)

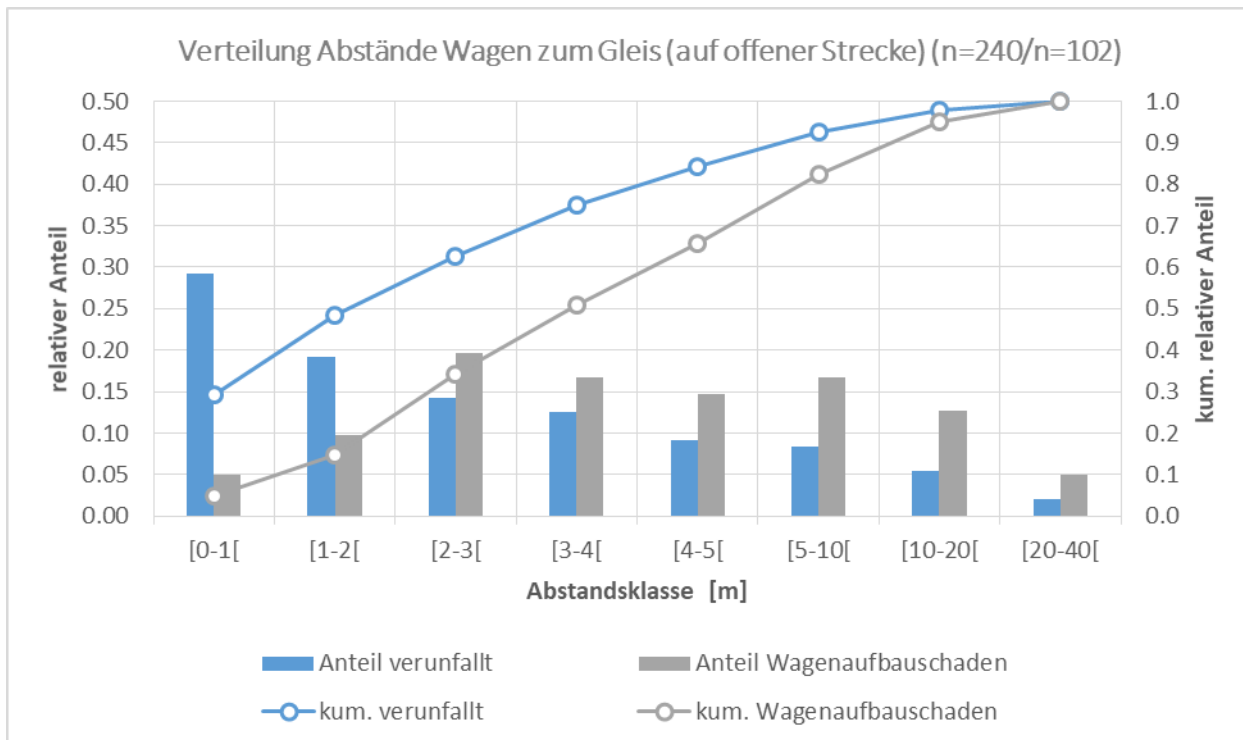


Abbildung 5-17: Distanz der Wagen von der Gleisachse nach dem Unfall. Linke Achse/Balken: relativer Anteil der Distanzklasse, rechte Achse/verbundene Punkte: kumulierter Anteil bis und mit der entsprechenden Distanzklasse. Blau: alle verunfallten Wagen (n=240), grau: nur Wagen mit Schaden am Aufbau (n=102). (Zahlenwerte siehe Kapitel 9)

Es stellt sich jetzt die Frage, ob sich die beiden Verteilungen der Freisetzungsorte separiert für die Ereignisse im Bahnhofsbereich und auf offener Strecke auch tatsächlich relevant von der Verteilung der Freisetzungsorte basierend auf allen Ereignissen unterscheiden (absolute Häufigkeiten siehe Tabelle 5-5). Da die einzelnen Datenpunkte der Wagen nicht unabhängig sind (z.B. sind die Datenpunkte der Ereignisse im Bahnhofsbereich eine Teilmenge aller erhobenen Datenpunkte), eignen sich die bekannten statistischen Verfahren zur Beurteilung, ob sich zwei Histogramme relevant unterscheiden, nicht. Für eine Abschätzung wurde deshalb folgendes Verfahren gewählt:

- Hypothese ist, dass sich die beiden Histogramme der Verteilungen der Freisetzungsorte (z.B. alle verunfallte Wagen versus alle verunfallte Wagen im Bahnhofsbereich, d.h. alle Ereignisse versus eine Teilmenge davon) nicht unterscheiden.
- Aus dem Sample aller Ereignisse wurden wiederholt (n=10'000 Mal) zufällig und gleichverteilt so viele Ereignisse gewählt, wie es der Mächtigkeit der Teilmenge entspricht (→ n Test-Teilmengen)
- Der Erwartungswert für die Anzahl Ereignisse in jeder Abstandsklasse der Teilmenge wurde linear über das Verhältnis der Anzahl Ereignisse in der Teilmenge zur Anzahl aller Ereignisse bestimmt (Erwartungsverteilung unter der im ersten Punkt angenommenen Hypothese).
- Für jede der n Test-Teilmengen wurde die „Distanz“ zur Erwartungsverteilung bestimmt: Pro Abstandsklasse wurde die Differenz zur Erwartungsverteilung quadriert und über alle Abstandsklassen aufsummiert (→ n Distanzen zur Erwartungsverteilung) Die gleiche Berechnung wurde für die tatsächliche Verteilung der Teilmenge durchgeführt.
- Es wurde bestimmt, wie gross der Anteil der n Distanzen zur Erwartungsverteilung ist, die kleiner als die Distanz der tatsächlichen Verteilung der Teilmenge sind. Wenn dieser Anteil gross ist (z.B. 95 %), so ist die tatsächliche Teilmenge tendenziell ein Extremfall und daher nicht konform mit der ursprünglichen Hypothese, dass sich die beiden Histogramme nicht unterscheiden.

Für die vier Varianten ergibt das obige Verfahren, dass die tatsächliche Teilmenge nicht zu den 95 % der möglichen Teilmengen mit den kleinsten Distanzen zur Erwartungsverteilung gehört (verunfallte Wagen im Bahnhofsbereich 0.98, verunfallte Wagen auf offener Strecke 0.99, Wagen mit Schaden am Wagenaufbau im Bahnhofsbereich 0.95, Wagen mit Schaden am Wagenaufbau auf offener Strecke 0.99). Die Hypothese, dass sich die Histogramme der Verteilungen der Freisetzungsorte nicht unterscheiden, ist daher nicht aufrecht zu halten und die Verwendung unterschiedlicher Verteilungen der potenziellen Freisetzungsorte mithin gerechtfertigt.

	[0-1[	[1-2[	[2-3[	[3-4[	[4-5[	[5-10[	[10-20[	[20-40[
verunfallt	146	82	53	39	37	33	15	5
mit Schaden	25	19	33	25	29	30	15	5
verunfallt Bahnhof	60	36	11	9	15	13	2	0
mit Schaden Bahnhof	10	9	6	8	14	13	2	0
verunfallt offene Strecke	70	46	34	30	22	20	13	5
mit Schaden offene Strecke	5	10	20	17	15	17	13	5

Tabelle 5-5: Absolute Häufigkeiten der Abstandsklassen (Abstandsklassen in m).

Tabelle 5-5 zeigt noch etwas Weiteres: Bei den untersuchten Unfällen weisen alle verunfallten Wagen, die sich nach dem Unfall 10 und mehr Meter von der Gleisachse befinden, auch Schäden am Wagenaufbau auf.

5.3.2 Distanz Wagen zum Gleis als Funktion der Geschwindigkeit

Im Kapitel 5.1.3.2 wurde bereits gezeigt, dass selbst die Distanz des für jeden Unfallzug am weitesten vom Gleis entfernten Güterwagens nur schwach mit der relativen Geschwindigkeit des Unfallzugs korreliert.

Die nachfolgenden drei Abbildungen zeigen jeweils die gleichen Datenpunkte (Distanz Wagen zum Gleis versus Geschwindigkeit), es wurden jedoch für die Merkmale „Ort“, „Terrainart“ und „Linienführung“ die jeweiligen Kategorien farblich unterschieden.

Hinweise:

- Teilweise liegen mehrere Datenpunkte (auch unterschiedlicher Kategorien eines Merkmals) übereinander und es können deshalb in den Abbildungen nicht alle Datenpunkte gesehen werden. Die Abbildungen sollen jedoch nur qualitativ aufzeigen, dass die Kategorien sich im Distanz-Geschwindigkeitsdiagramm nicht einfach separieren lassen. Auch ein multifaktorieller Ansatz ist nicht zielführend, da dann die Anzahl Ereignisse pro Kategorie rasch abnimmt.
- Die Datenpunkte bei $v = 0$ km/h repräsentieren die durch Kollisionen und Flankenfahrten verunfallten Wagen stehender Züge.

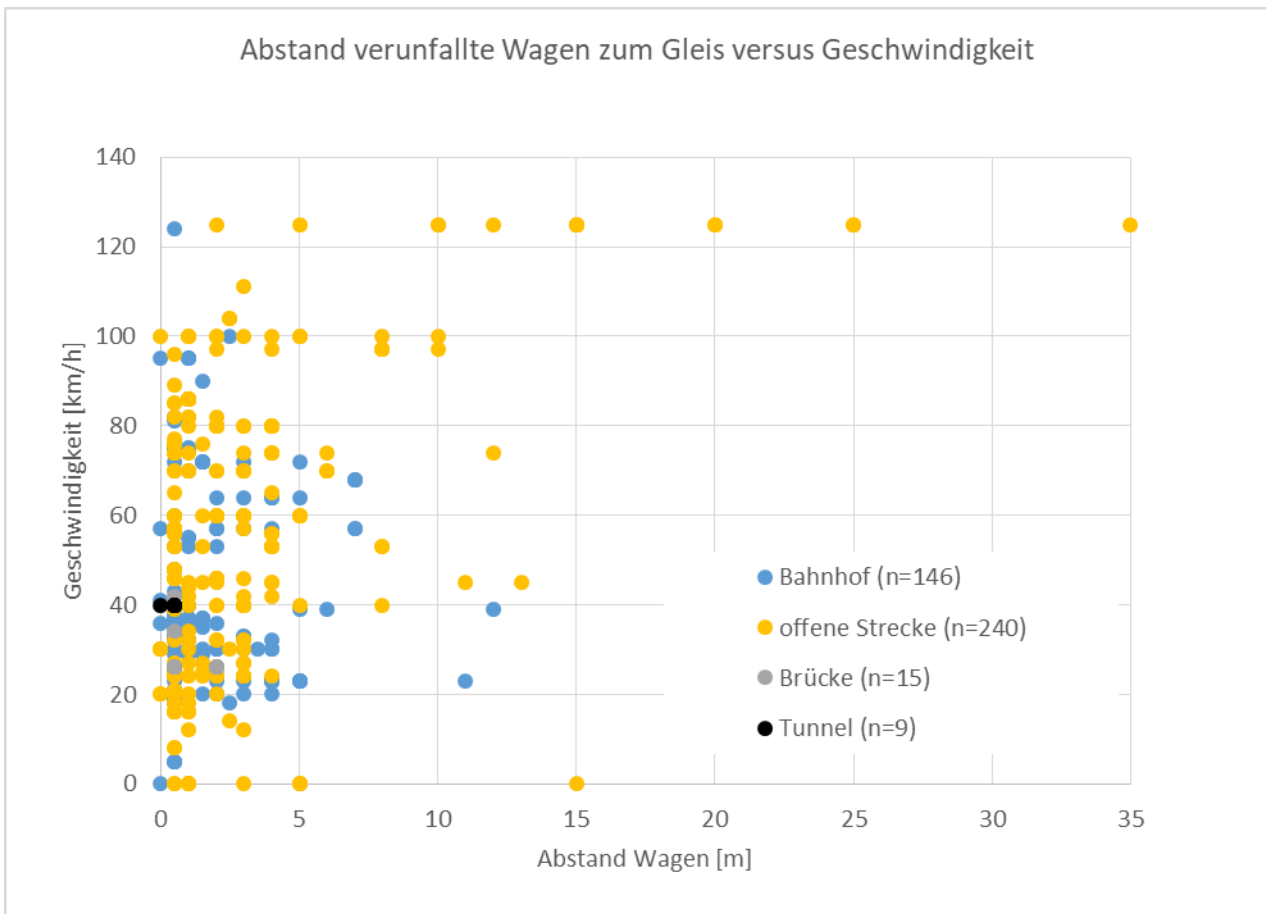


Abbildung 5-18: Abstand der verunfallten Wagen als Funktion der Geschwindigkeit des Unfallzugs für das Merkmal „Ort“ und seine vier Kategorien Bahnhof, offene Strecke, Brücke und Tunnel. n gibt die Anzahl verunfallter Wagen an.

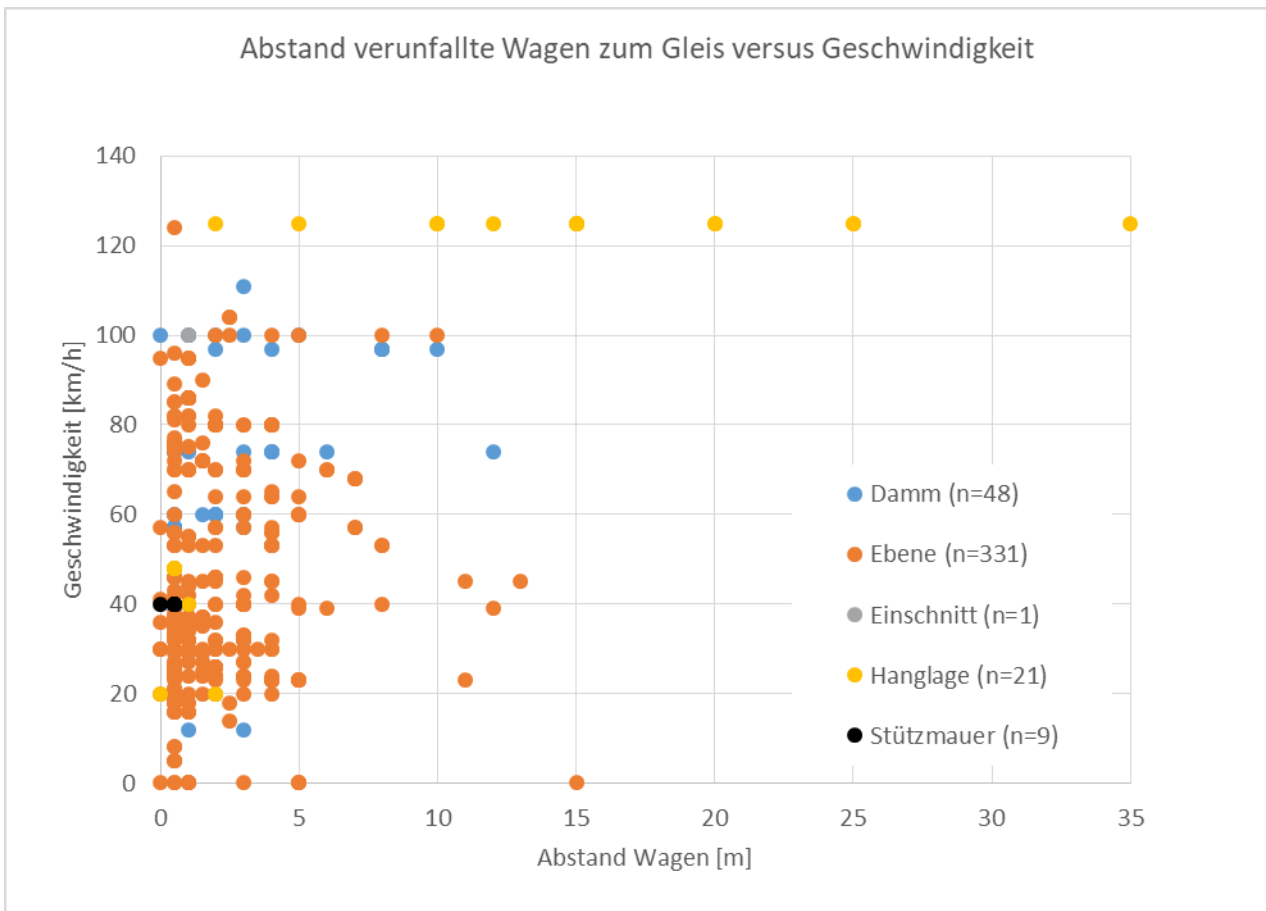


Abbildung 5-19: Abstand der verunfallten Wagen als Funktion der Geschwindigkeit des Unfallzugs für das Merkmal „Terrainart“ und seine fünf Kategorien Damm, Ebene, Einschnitt, Hanglage und Stützmauer. n gibt die Anzahl verunfallter Wagen an.

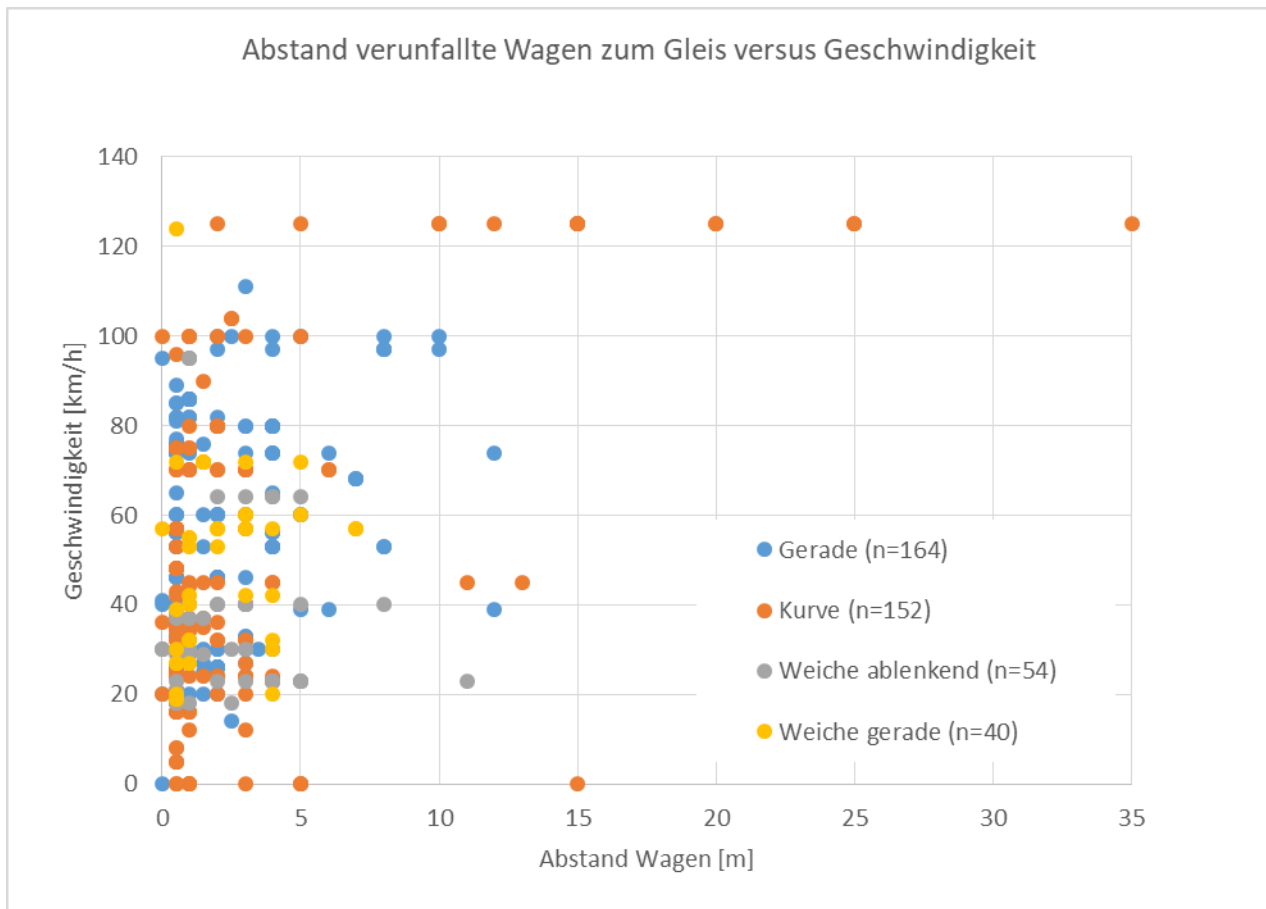


Abbildung 5-20: Abstand der verunfallten Wagen als Funktion der Geschwindigkeit des Unfallzugs für das Merkmal „Linienführung“ und seine vier Kategorien Gerade, Kurve, Weiche ablenkend und Weiche gerade. n gibt die Anzahl verunfallter Wagen an.

5.4 Distanz Freisetzungsorte zum Gleis

Im Kapitel 5.3 wurde die Distanz des Mittelpunkts der Wagen zum Gleis ausgewertet und damit implizit die Annahme getroffen, dass diese Mittelpunktlage auch der Ort potentieller Freisetzung von Gefahrgut ist. Gefahrgut kann jedoch irgendwo, auch im Bereich der Wagenenden austreten und die Wagenenden können einen bis zu einer halben Wagenlänge grösseren resp. kleineren Abstand zum Gleis aufweisen. Um auch die Wagendimensionen zu berücksichtigen, wurden für die Auswertungen im vorliegenden Kapitel daher folgende Annahmen getroffen (siehe auch Abbildung 5-21):

- Jeder Wagen hat fünf mögliche Freisetzungsorte: Je Wagenende zwei Ecken und die Wagenmitte.
- Ein Gefahrgutwagen hat eine typische Länge von 15 m und eine (Kessel-)Breite von 2.8 m (Kesselwagen vom Typ Zacns).
- Basierend auf dem ebenfalls erhobenen Merkmal „Lage der Wagenlängsachse relativ zur Gleisachse“ mit den Kategorien „P“ (~ parallel), „Q“ (~ 30°-60° zur Gleisachse) und „S“ (~ senkrecht) wurden ausgehend vom Wagenmittelpunkt zusätzlich die Abstände der vier Wagenecken vom Gleis bestimmt. (Falls die Distanz <0 m wird, so wird der Betrag dieser Distanz verwendet). Für die Wagen mit Kategorie „P“ wurde dabei von einem Winkel zur Gleisachse von

0°, für die Wagen der Kategorie „Q“ von 45° und für die Wagen der Kategorie „S“ von 90° ausgegangen.

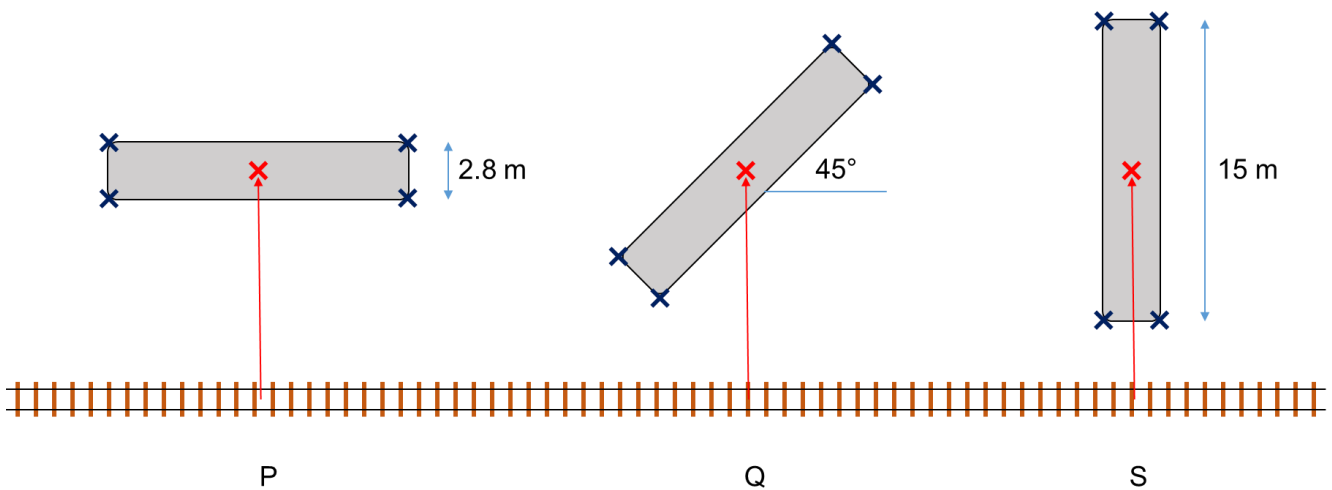


Abbildung 5-21: Darstellung der Berücksichtigung der Wagendimension: Pro Wagen wurden je 5 potentielle Freisetzungsorte modelliert: Wagenzentrum (rotes Kreuz; entsprechend der aus den Unfallberichten erhobenen Distanz der Wagen zur Gleisachse) und vier Extrempunkte (blaue Kreuze; berechnet aufgrund der Lage des Wagenzentrums). Für die Berechnung der entsprechenden Abstände wurde für das Merkmal „Lage der Wagenlängsachse relativ zur Gleisachse“ für die Kategorie P von genauer Parallelität, für die Kategorie Q von 45° und für die Kategorie S von genau senkrecht ausgegangen.

Mit diesem Ansatz verschiebt sich die Dichte der Freisetzungsorte geringfügig zu grösseren Distanzklassen. Massnahmen zur Risikominderung in unmittelbarer Nähe des Gleises haben bei diesem Ansatz einen geringeren Einfluss.

Die vergleichsweise hohe Zahl der Datenpunkte (n) darf jedoch nicht darüber hinweg täuschen, dass bei dieser Ableitung der Verteilung der Freisetzungsorte die Datenpunkte gleich eine doppelte Nicht-Unabhängigkeit aufweisen: Einerseits prägt die Unfallart die Zahl der verunfallten oder beschädigten Wagen und deren Position zum Gleis und andererseits sind die fünf angenommenen Freisetzungsorte pro Wagen natürlich auch sehr stark korreliert – es gibt ja nur drei Varianten (P, Q und S) für die relative Lage der potenziellen Freisetzungsorte pro Wagen. Des Weiteren kommt noch dazu, dass die angenommene Länge und Breite des Wagens nur typisch für Gefahrgutwagen sind, im Einzelfall (z.B. Container mit Gefahrgut) jedoch Abweichungen auftreten.

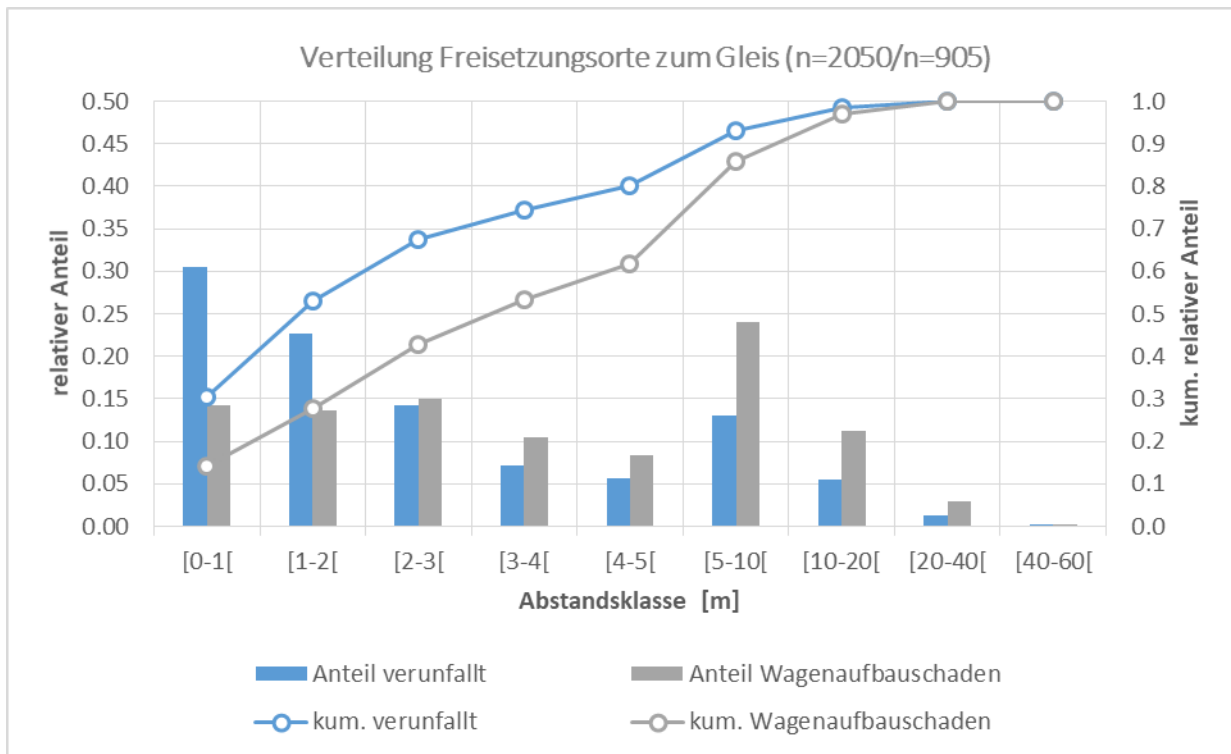


Abbildung 5-22: Distanz der Freisetzungsorte von der Gleisachse unter der Annahme von fünf möglichen Freisetzungsorten pro Wagen: Wagenmitte und vier Wagenecken. Linke Achse/Balken: relativer Anteil der Distanzklasse, rechte Achse/verbundene Punkte: kumulierter Anteil bis und mit der entsprechenden Distanzklasse. Blau: Freisetzungsorte aller verunfallten Wagen (n=2050), grau: nur Freisetzungsorte der Wagen mit Schaden am Aufbau (n=905).

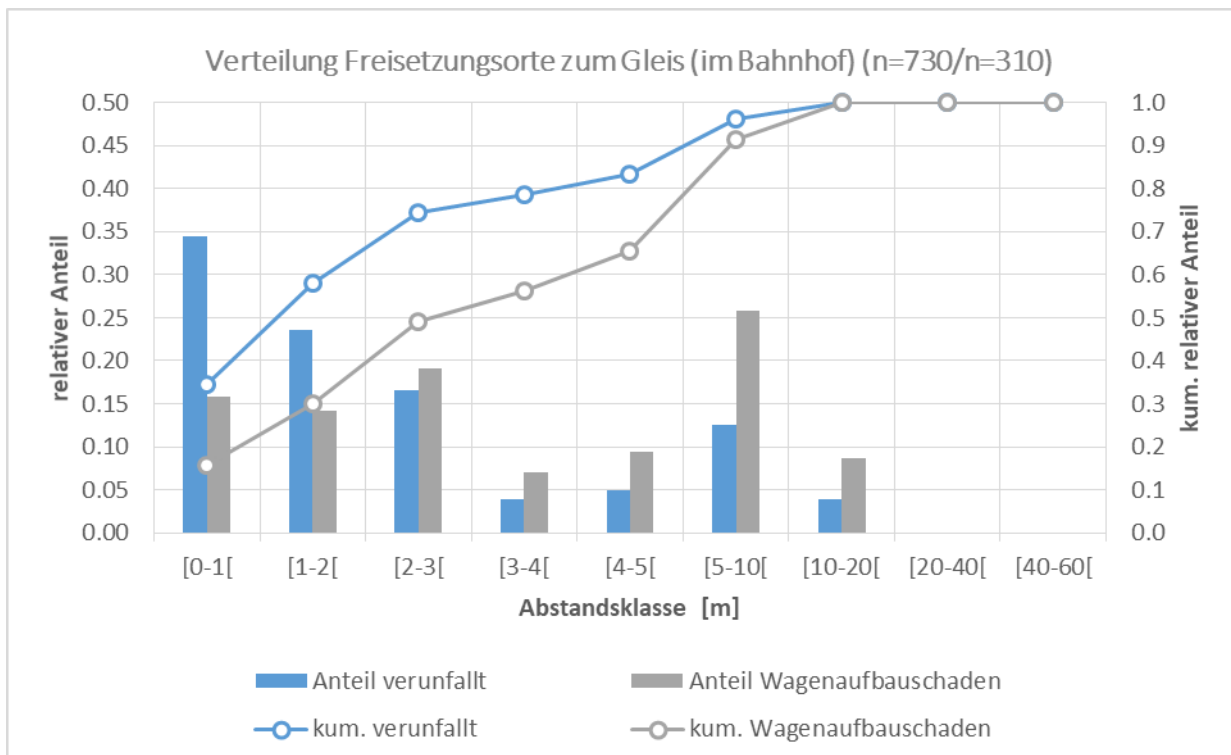


Abbildung 5-23: Distanz der Freisetzungsorte von der Gleisachse unter der Annahme von fünf möglichen Freisetzungsorten pro Wagen für die Unfälle im Bahnhofsbereich: Wagenmitte und vier

Wagenecken. Linke Achse/Balken: relativer Anteil der Distanzklasse, rechte Achse/verbundene Punkte: kumulierter Anteil bis und mit der entsprechenden Distanzklasse. Blau: Freisetzungsorte aller verunfallten Wagen im Bahnhofsbereich (n=730), grau: nur Freisetzungsorte der Wagen mit Schaden am Aufbau im Bahnhofsbereich (n=310).

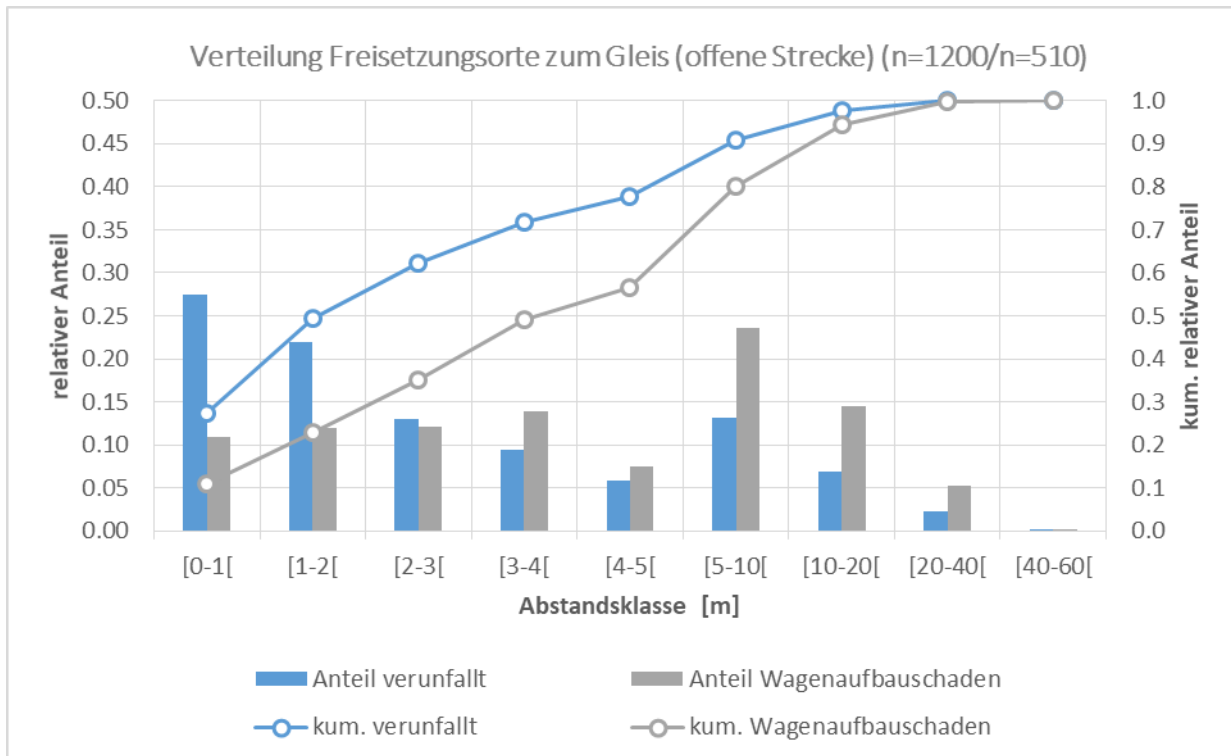


Abbildung 5-24: Distanz der Freisetzungsorte von der Gleisachse unter der Annahme von fünf möglichen Freisetzungsorten pro Wagen für die Unfälle im Bereich offene Strecke: Wagenmitte und vier Wagenecken. Linke Achse/Balken: relativer Anteil der Distanzklasse, rechte Achse/verbundene Punkte: kumulierter Anteil bis und mit der entsprechenden Distanzklasse. Blau: Freisetzungsorte aller verunfallten Wagen im Bereich offene Strecke (n=1200), grau: nur Freisetzungsorte der Wagen mit Schaden am Aufbau im Bereich offene Strecke (n=510).

6 REFERENZEN

6.1 Gesetze, Verordnungen

- [1] Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV, SR 814.012), 27. Februar 1991 (Stand am 1. Juni 2015)
- [2] Bauten an, über und unter der Eisenbahn, Anhang Nr. 1 zu den AB-EBV zu Art. 27, UVEK, 1. Juli 2014

6.2 Unfalldatenbanken

- [3] Deutschland, Bundesstelle für Eisenbahnunfalluntersuchung (BEU), https://www.eisenbahn-unfalluntersuchung.de/EUB/DE/home_node.html
- [4] Frankreich, Le Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport Terrestre (BEA-TT), <http://www.bea-tt.developpement-durable.gouv.fr/les-transports-ferroviaires-r9.html>
- [5] Grossbritannien, Rail Accident Investigation Branch, Department for Transport, <https://www.gov.uk/raib-reports>
- [6] Niederlande, Dutch Safety Board, <https://www.onderzoeksraad.nl/en/sectoren/rail-traffic>
- [7] Österreich, Verkehrssicherheitsarbeit für Österreich (versa), Bundesanstalt für Verkehr, Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes, <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/sub/schiene/berichte/index.html>
- [8] Schweiz, Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle, (SUST), <https://www.sust.admin.ch/index.php?id=232&L=0>

6.3 Weitere Dokumente

- [9] Zum Gefahrguttransport mit Eisenbahnkesselwagen, R. Konersmann, Transportunfälle Bd. 50 (2009), Nr. 11/12
- [10] Überbauungen von Bahnanlagen – Bautechnische Massnahmen im Gleisbereich, Internationaler Eisenbahnverband, UIC-Kodex 777-2, 2. Ausgabe, Oktober 2002
- [11] Safety Assessment of Structures Exposed to Impact Damage, Ernst Basler + Partner AG, Mai 2000
- [12] Beurteilung von Anprallrisiken, Vertiefte Untersuchung von Ereignishäufigkeit und Schadensausmass, Schlussbericht, BAV Sektion Bautechnik / Ernst Basler + Partner AG, 31.12.2007

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

- [13] Dynamic Simulation of Train Derailments, C.R. Paetsch, A.B. Perlman, D.Y. Jeong, Proceedings of IMECE2006, ASME 2006
- [14] Equations of Motion for Train Derailment Dynamics, D.Y. Jeong, M.L. Lyons, O. Orringer, A.B. Perlman, Proceedings of RTDF2007, ASME 2007
- [15] Risiken für die Bevölkerung beim Transport gefährlicher Güter auf der Bahn, Methodik & Datenaufbereitung Screening Personenrisiken 2014, BAV, Februar 2015
- [16] Risiken beim Transport gefährlicher Güter mit der Bahn, Methodik zum netzweiten Screening der Umweltrisiken 2014, BAV / Ernst Basler + Partner AG, BAV-522.11, Mai 2015
- [17] https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_UN-Nummern; abgerufen am 03.07.2018

7 ANHANG I – MINDMAP EINFLUSSGRÖSSEN

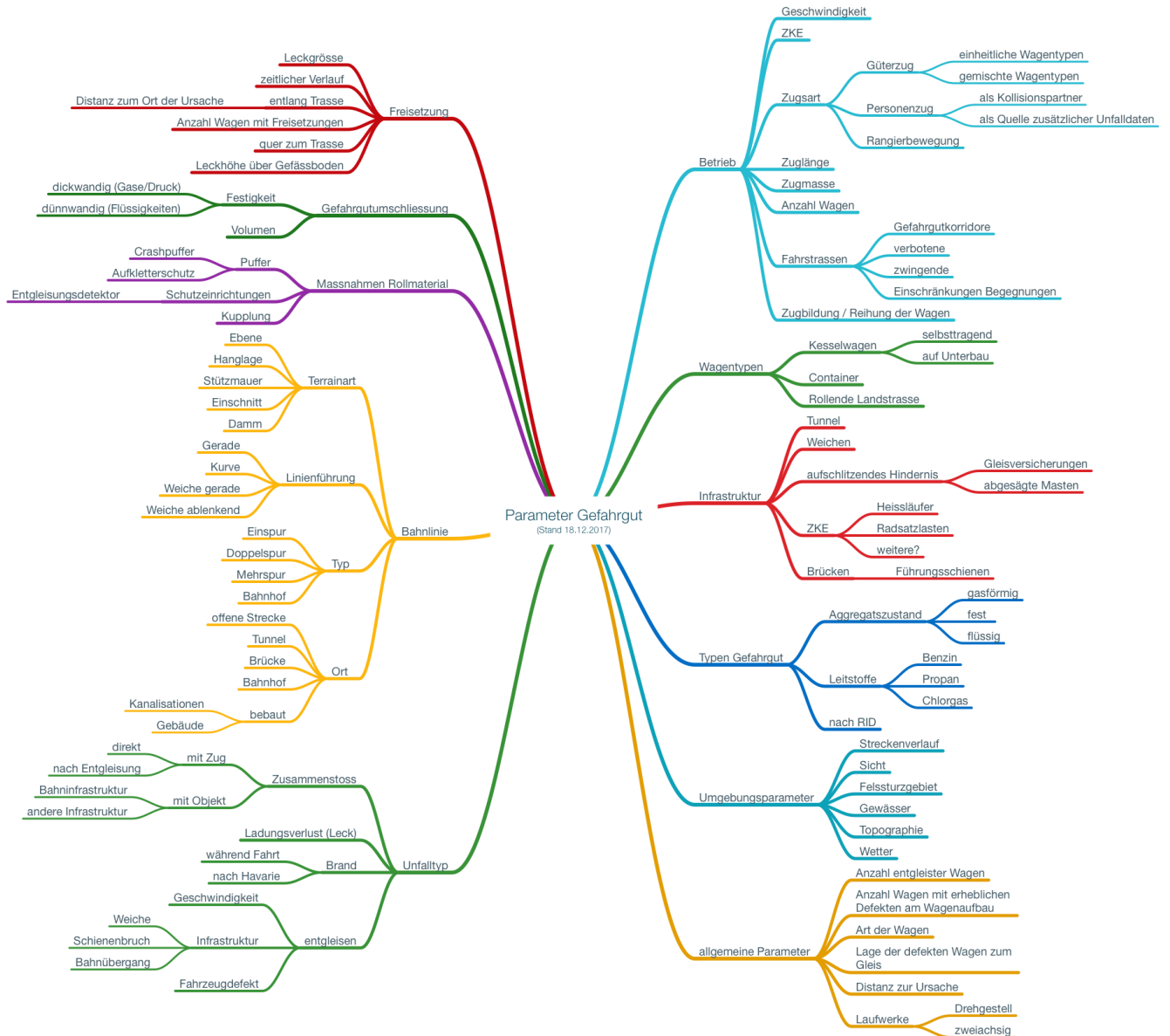


Abbildung 7-1: Mindmap der für Eisenbahnunfälle im Allgemeinen und für Gefahrguttransporte im Speziellen relevanten Parameter.

8 ANHANG II – ERHOBENE DATEN ALLGEMEIN

Nr.	Parameter
	ID
1	Datum
2	Ort
3	Ursache
4	Anzahl entgleister Wagen ohne Gefahrgut
5	Anzahl entgleister Wagen mit Gefahrgut
6	Davon Wagen mit Schaden Wagenaufbau ohne Gefahrgut
7	Davon Wagen mit Schaden Wagenaufbau mit Gefahrgut
8	Anzahl Wagen mit Schaden Wagenaufbau ohne Entgleisung ohne Gefahrgut
9	Anzahl Wagen mit Schaden Wagenaufbau ohne Entgleisung mit Gefahrgut
10	Wagentyp entgleist ohne Schaden
11	Wagentyp entgleist mit Schaden
12	Distanzen zum Gleis [m]
13	Lage Wagen zum Gleis
14	Lichtraumprofilverletzung ja/nein
15	auf Trasse/neben Trasse
16	Reihenfolge entgleiste Wagen
17	Reihenfolge Wagen mit Schaden am Wagenaufbau
18	Güterzugstyp
19	Geschwindigkeit [km/h]
20	relative Geschwindigkeit [km/h]
21	Zuglänge [m]
22	Zugmasse [t]
23	Anzahl Wagen
24	Typ
25	Ort
26	Terrainart
27	Linienführung

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	CH-001	CH-002	CH-003	CH-004	CH-005
1	24.11.2015	25.04.2015	14.12.2013	30.09.2008	30.09.2006
2	Rotkreuz (ZG)	Daillens (VD)	ZH, Bahnhof Museumsstrasse	ZH, Meilen Herrliberg	Kreuzlingen
3	Längskräfte	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Längskräfte	Kombination	Beladungsfehler
4	3	1	1	1	9
5	0	4	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	4	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	Ks	Containerwagen	Ks	Xs	Rils, Samms, Hbbillns (7)
11	-	Containerwagen, Kesselwagen	-	-	-
12	0.5;0.5;0.5	10;8;4;5;2	1	1	8;5;3;3;3;3;3;2;2
13	P;P;P	P;P;Q;P;P	P	P	Q;Q;Q;P;P;P;P;P
14	nein	ja	nein	nein	ja
15	aT;aT;aT	nT;nT;nT;nT;aT	aT	aT	aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT
16	4;5;6	18;19;20;21;22	10	12	14;15;16;17;18;19;20;21;22
17		18;19;20;21			
18	gemischt	gemischt	gemischt	gemischt	gemischt
19	5	100	40	44	40
20					
21	699	325			408
22	2059	1120	1598	602	1020
23	48	22	40	12	24
24	Mehrspur	Doppelspur	Bahnhof	Doppelspur	Mehrspur
25	Bahnhof	offene Strecke	Bahnhof	offene Strecke	offene Strecke
26	Ebene	Ebene	Hanglage	Ebene	Ebene
27	Kurve	Gerade	Weiche gerade	Gerade	Weiche ablenkend

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	CH-006	CH-007	CH-008	CH-009	CH-010
1	26.07.2006	06.12.2004	17.08.2006	19.01.2009	08.02.2006
2	Simplontunnel	AG Siggenthal-Würenlingen	Mühlehorn	RBL Limmattal	Amsteg
3	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Längskräfte	Beladungsfehler
4	8	1	0	3	1
5	0	0	4	0	0
6	8	0	0	1	0
7	0	0	4	0	0
8	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	-	Uacs	-	Rs,Hbillns	Sggmrss
11	Tamns	-	Zisternenwagen	-	-
12	0.5;0.5;0.5;0.5;0.5;0.5;0.5;0.5;	0.5	0.5;0.5;1;1	2;3.5;2	0.5
13	P;P;P;P;P;P;P;Q	P	P;P;P;P	Q;Q;Q	P
14	nein	nein	nein	ja	nein
15	aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT		aT;aT;aT;aT	aT;aT;aT	aT
16	13;14;15;16;17;18;19;20		13;14;15;16	11;12;13	18
17	8;13;14;15;16;17;18;19;20		13;14;15;16	12	
18	einheitlich	einheitlich	einheitlich	gemischt	
19	40	21	75	30	70
20					
21	478	144	209	709	
22	3000	743	1368	1194	1511
23	34	18	16	43	18
24	Einspur	Einspur	Bahnhof	Mehrspur	Doppelspur
25	Tunnel	offene Strecke	Bahnhof	Bahnhof	offene Strecke
26	Stützmauer	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Gerade	Weiche ablenkend	Kurve	Gerade	Kurve

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	CH-011	CH-012	CH-013	CH-014	CH-015
1	21.05.2010	28.02.2013	18.04.2006	27.01.2005	28.06.2011
2	Visp	Kloten	Basel SBB RB	Thun	Basel RB
3	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgl. Gleisschaden Fehler	Kombination	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgl. Gleisschaden Fehler
4	2	1	1	1	5
5	0	0	0	0	0
6	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	Ks;Ks	-	Ks	Uacos	-
11	-	Tbis	-	-	-
12	1;1	4	0.5	0.5	0.5;1.5;1;1;1
13	P;P	Q	P		P;P;P;P;P
14	nein	nein	nein		ja
15	aT;aT	nT	aT	aT	aT;aT;aT;aT;aT
16	8;9	4	1	16	14;15;16;17;18;
17		4			
18	gemischt	gemischt	gemischt		gemischt
19	95	65	38	65	29
20					
21			338	235	483
22	566		1090	1268	1453
23	13	6	18	16	19
24	Mehrspur	Einspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur
25	Bahnhof	offene Strecke	Bahnhof	offene Strecke	Bahnhof
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Weiche ablenkend	Gerade	Weiche ablenkend	Gerade	Weiche ablenkend

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	CH-016	CH-017	CH-018	CH-019	CH-019
1	24.03.2006	27.07.2006	29.01.2004	04.08.2007	04.08.2007
2	Cornaux	Villangeaux	Dietlikon	Biel RB	Biel RB
3	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgl. Gleisschaden Fehler	Flankenfahrt erlitten	Kollision frontal	Kollision frontal
4	0	4	0	0	2
5	4	0	0	0	0
6	0	0	0	0	2
7	2	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0
10	Kesselwagen	Zs, Eaos (3)	-	-	-
11	Kesselwagen	-	-	-	-
12	1;1;1;2;0	0.5;0.5;0.5;0.5			0.5;0.5
13	P;P;P;P;P	P;P;P;P			P;P
14	nein	nein	nein	nein	nein
15	aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT;aT;aT			aT;aT
16		1;5;6;8			4;5
17					4;5
18	einheitlich	gemischt	einheitlich	gemischt	gemischt
19	36	48	0	14	19
20			20	33	33
21	360	328	173		
22	1885	882	140	1074	1190
23	20	20	10	19	26
24	Mehrspur	Einspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur
25	Bahnhof	offene Strecke	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof
26	Ebene	Hanglage	Ebene	Ebene	Ebene
27	Kurve	Kurve	Weiche ablenkend	Weiche gerade	Weiche gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	CH-020	CH-021	CH-021	CH-022	CH-023
1	30.11.2007	28.01.2010	28.01.2010	12.12.2012	27.02.2013
2	Winterthur	Brig	Brig	Lenzburg	Basel Bad. Bhf.
3	Flankenfahrt verursacht	Kollision frontal	Kollision frontal	Flankenfahrt verursacht	Auffahrunfall Spitze
4	0	2	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	2	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	-	-	-	-	-
11	-	Containertragwagen	Containertragwagen	-	-
12		0.5;1.5			
13		P;Q			
14	nein	ja	nein	nein	nein
15		aT;aT			
16		2;3			
17		2;3			
18	einheitlich	gemischt	gemischt	gemischt	gemischt
19	0	35	5	5	30
20	40	40	40	54	25
21		485	511		560
22	85	1291	787		1632
23	5	19	15	18	
24	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur
25	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Weiche ablenkend	Gerade	Gerade	Gerade	Gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	CH-024	A-001	A-002	A-003	A-004
1	17.05.2014	26.12.2016	22.09.2009	03.07.2010	26.04.2012
2	Spiez	Spittal	Im-Bf	Weisskirchen	Bhf Wien
3	Flankenfahrt verursacht	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Kombination	Zusammenstoss mit Objekt	Entgl. Gleisschaden Fehler
4	0	7	1	2	2
5	0	0	0	0	1
6	0	0	0	2	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	-	Fals-z	Sggrs	-	Rnooss-uz;Zans;Uacs
11	-	-	-	Sg...	-
12		1;1.5;0.5;0.5;0.5;0.5;0.5	0.5	5;5	1;0.5;1.5
13		P;P;P;P;P;P;P	P	Q;P	P;P;P
14	nein	ja	nein	nein	nein
15		aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT	aT;aT	aT;aT;aT
16		2;3;4;5;6;7;8	17	2;3	19;20;23
17				2;3	
18	einheitlich	einheitlich	gemischt	einheitlich	gemischt
19	0	35	48	60	37
20					
21	445	286	664	288	628
22	1111	1769	1441	1590	1264
23	21	20	35	10	31
24	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur	Einspur	Mehrspur
25	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof	offene Strecke	Bahnhof
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Weiche gerade	Kurve	Kurve	Gerade	Weiche ablenkend

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	A-005	A-006	A-007	A-008	A-009
1	29.09.2011	20.06.2011	15.06.2011	24.05.2011	23.05.2011
2	Staatz	Bhf Bruck an der Maur	Bhf Gramatneusiedl	Bhf Wels	Bhf Linz Voest
3	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgl. Gleisschaden Fehler
4	2	1	1	1	11
5	1	1	0	0	0
6	2	0	0	0	4
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	Zacs	Uacs, Zacns	Fals	Ealos	Fals
11	Fals;Fals	-	-	-	Fals
12	2;3;5	1;1	1.5	0.5	2;4;4;3;2;2;4;4;4;3
13	P;P;P	P;P	Q	P	P;P;P;P;Q;S;S;Q;P;P;P
14	nein	nein	ja	nein	ja
15	aT;nT;nT	aT;aT	aT	aT	aT;nT;nT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT
16	4;5;6	2;3	1	18	7;8;9;10;11;13;14;15;16;17;18
17	5;6				7;8;9;15
18	gemischt	gemischt	gemischt	gemischt	einheitlich
19	100	55	25	76	80
20					
21	101	454	75	388	288
22	326	637	252	1049	1590
23	6	22	3	22	20
24	Einspur	Mehrspur	Doppelspur	Doppelspur	Mehrspur
25	offene Strecke	Bahnhof	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke
26	Damm	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Gerade	Weiche gerade	Gerade	Gerade	Gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	A-010	A-011	A-012	A-013	A-014
1	16.06.2010	17.04.2010	01.09.2009	09.04.2009	08.04.2009
2	Bf Hintergasse	Bf Wackersbach	Wien Matzleinsdorf	St. Peter-Seitenstetten	Leithabrücke
3	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgl. Gleisschaden Fehler	Kombination	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgl. Gleisschaden Fehler
4	14	1	1	3	1
5	0	0	0	0	0
6	13	0	0	1	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	Laaeks (TAL)	Schotterwagen	Simms	Taoos-y	Laagrss
11	Laaeks (TAL)	-	-	Taoos-y	-
12	10;15;10;12;15;25;35;5;2;15;15;20;20;25	1	0.5	3;3;5	0.5
13	S;S;Q;Q;Q;Q;Q;Q;P;Q;Q;Q;Q;Q	P	P	P;P;P	P
14	ja	nein	nein	ja	nein
15	nT;nT;nT;nT;nT;nT;nT;nT;aT;nT;nT;nT;nT;nT	aT	aT	aT;aT;aT	aT
16	1;2;3;4;5;6;7;8;11;12;13;14;15;16	13	3	18;19;20	6
17	1;2;3;4;5;6;7;8;12;13;14;15;16			20	
18	einheitlich	einheitlich	einheitlich	gemischt	gemischt
19	125	34	39	60	34
20					
21	548	223	264	416	523
22	863	383	1339	1117	986
23	16	21	18	20	16
24	Einspur	Einspur	Doppelspur	Doppelspur	Einspur
25	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke	Brücke
26	Hanglage	Ebene	Damm	Ebene	Ebene
27	Kurve	Kurve	Weiche gerade	Weiche gerade	Kurve

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	A-015	A-016	A-017	A-018	A-019
1	20.12.2008	31.10.2008	22.10.2008	18.10.2008	12.09.2008
2	Seekirchen	Gummern	Wien	Pöchlarn	Bhf Linz
3	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Beladungsfehler	Längskräfte	Kombination
4	1	5	1	3	2
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	Hbikklls	Tamns, Laes,Laes	Fals	Lgss	Lgss
11	-	-	-	-	-
12	0.5	4;4;0.5;0.5;0.5	0.5	0.5;0.5;0.5	0.5;0.5
13	P	P;Q;P;P;P	P	P;P;P	P;P
14	nein	ja	nein	nein	nein
15	aT	aT;aT;aT;aT;aT	aT	aT;aT;aT	aT;aT
16	8	7;8;9;10;11	13	15;16;17	37;38
17					
18	gemischt	gemischt	gemischt	gemischt	
19	42	56	32	25	21
20					
21	351	490	270	708	706
22	1032	1400	1668	1430	829
23	17	25	20	48	38
24	Doppelspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur
25	Brücke	offene Strecke	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Kurve	Gerade	Kurve	Kurve	Kurve

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	A-020	A-021	A-022	A-023	A-024
1	06.09.2008	16.08.2008	24.03.2008	09.12.2010	27.03.2013
2	Rosenbach	Bhf Neulengbach	Bhf Leoben	Süssenbrunnen	Obereggendorf
3	Kombination	Kombination	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Kollision frontal
4	1	1	8	0	0
5	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	Laagrss	Sggrss	Fals-z	Zacs	-
11	-	-	-		-
12	0.5	0.5	0.5;0.5;0.5;0.5;0.5;0.5;0.5;0.5	1	
13	P	P	P;P;P;P;P;P;P;P	P	
14	nein	nein	nein	nein	nein
15	aT	aT	aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT	
16	11	16	3;4;5;6;7;8;9;10	5	
17					
18	einheitlich	gemischt	einheitlich	gemischt	einheitlich
19	24	53	35		98
20					
21	543	664	256	386	312
22	1370	1676	1576	1577	552
23	16	24	18	23	18
24	Doppelspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur
25	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof	offene Strecke	Bahnhof
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Kurve	Kurve	Gerade	Weiche gerade	Gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	A-025	D-001	D-002	D-003	D-004
1	13.08.2013	07.04.2010	07.08.2009	15.03.2010	30.05.2012
2	Bhf Wien	Bhf Gelsenkirchen	Nürnberg	Bhf Stuttgart	Bad Endorf
3	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgleisung Weiche	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgleisung Fahrzeugdefekt
4	0	0	12	0	1
5	6	2	1	3	0
6	0	0	1	0	0
7	2	1	0	1	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	Zans,Zacns	Kesselwagen	-	-	Lgs
11	Zans,Zas	Kesselwagen	-	Kesselwagen	-
12	0.5;1.5;1.5;1;1;0.5	4;0.5	0.5;0.5;0.5;0.5;0.5;3;0.5;0.5;0.5;0.5;0.5;0.5	4;1;1	0.5
13	P;P;P;P;P;P	P;P	P;P;P;P;P;P;P;P;P;P;P;P	S;P;P	P
14	nein	ja		ja	nein
15	aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT	aT;aT;aT;aT;aT;nT;aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT;aT	aT
16	3;4;5;6;7;8	20;21	6;7;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18	1;2;3	21
17	4;5	20	11	1	
18	einheitlich	einheitlich	gemischt	einheitlich	gemischt
19	37	20	57	32	74
20					
21	365	352	466	328	592
22	1942	1816	1483	1892	1572
23	20	21	24	20	29
24	Mehrspur	Mehrspur	Doppelspur	Mehrspur	Doppelspur
25	Bahnhof	Bahnhof	offene Strecke	Bahnhof	offene Strecke
26	Ebene	Ebene	Damm	Ebene	Ebene
27	Kurve	Weiche gerade	Kurve	Weiche gerade	Gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	D-005	D-006	D-007	D-008	D-009
1	01.09.2010	05.03.2010	20.05.2011	16.06.2010	26.07.2010
2	Bacharach	Bhf Herlasgrün	Müllheim	Bhf Peine	Bhf Falkenberg
3	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt
4	1	0	6	9	2
5	0	1	1	0	0
6	0	0	1	6	1
7	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	Falns	Zas	-	Fccpps	Fccpps
11	-		Sgns	Fccpps	Fccpps
12	0.5	0.5	5;3;1.5;1.5;1.5;0.5	3;2;0.5;0.5;2;2;2;0.5	2;1
13	P	P	S;Q;Q;P;P;P	S;S;P;S;Q;Q;Q	S;P
14	nein	nein	ja	ja	ja
15	aT	aT	aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT
16	2	3	17;18;19;20;21;22;23	10;11;12;13;14;15;16;17;18	56;57
17			17;18	10;11;14;15;16;17	56
18		gemischt	gemischt	einheitlich	einheitlich
19	82	60	72	46	53
20					
21	502	357	-	-	614
22	3647	1086	-	2054	600
23	40	17	25	49	57
24	Bahnhof	Bahnhof	Mehrspur	Doppelspur	Bahnhof
25	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof	offene Strecke	Bahnhof
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Gerade	Gerade	Weiche gerade	Gerade	Weiche gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	D-010	D-011	D-012	D-013	D-014
1	04.07.2010	02.07.2013	14.02.2013	21.01.2012	25.03.2010
2	Bhf Augsburg	Düsseldorf	Vahr	Langenselbold	Üst Voerde
3	Entgleisung Weiche	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt
4	5	0	1	2	1
5	0	4	0	0	0
6	4	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	-	Zagkks	Hccrrs	-	Falns
11	-	Zagkks	-	Laagss;Sgnss	-
12	2;4;4;5;3	3;0.5;0.5;0.5	0.5	2;0.5	0.5
13	Q;P;P;P;P	P;P;P;P	P	P;P	P
14	ja	ja	nein	nein	nein
15	aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT;aT;aT	aT	aT;aT	aT
16	10;11;12;13;14	8;9;10;12	16	6;7	13
17	11;12;13;14	8			
18	gemischt	einheitlich		gemischt	einheitlich
19	64	20	48	82	25
20					
21	235	232	549	578	
22	1396	1002	706	1391	3960
23	16	12	20	23	44
24	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur	Doppelspur	Mehrspur
25	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof	offene Strecke	offene Strecke
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Weiche ablenkend	Kurve	Gerade	Gerade	Gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	D-015	D-016	D-017	D-018	D-019
1	17.07.2009	10.07.2014	30.10.2014	04.10.2011	21.04.2015
2	Bhf Bruchmühlen	Köln	Dahlbruch	Bhf Frelstadt	Goslar
3	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Weiche	Entgleisung Weiche	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Weiche
4	0	2	1	11	1
5	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	Zas	Eaos-x	Rbns	Eanos	Rs
11	-	-	-	-	-
12	0.5	0.5;0.5	2.5	1;1;1;1;1;1;1;1;1;1	2.5
13	P	P;P	P;P	P;P;P;P;P;P;P;P;P;P	Q
14	nein	nein	ja	ja	ja
15	aT	aT;aT	aT	aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT
16	16	2;3	5	8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18	13
17					
18	einheitlich	gemischt	gemischt	einheitlich	gemischt
19	89	18	14	86	18
20					
21	353	665	195	506	304
22	1875	-	-	2848	1349
23	22	43	8	32	13
24	Doppelspur	Mehrspur	Doppelspur	Doppelspur	Bahnhof
25	offene Strecke	Bahnhof	offene Strecke	offene Strecke	Bahnhof
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Gerade	Weiche ablenkend	Gerade	Gerade	Weiche ablenkend

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	D-020	D-021	D-022	D-023	D-024
1	19.01.2014	01.12.2012	13.12.2012	09.06.2013	11.09.2015
2	Obernjesa	Hannover Hbf	Löhne	Kaub-Lorch	Duisburg
3	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgleisung Fahrzeugdefekt
4	1	3	1	2	1
5	0	0	0	0	0
6	1	1	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	-	-	Laaers	Laaers	Samms
11	Hbillns	Uacs	-	-	-
12	2.5	1.5;2;0.5	1.5	2.5;2.5	0.5
13	P	P;P;P	P	P;P	P
14	ja	ja	ja	ja	nein
15	aT	aT;aT;aT	aT	aT;aT	aT
16	13	21;22;23	22	19;20	3
17	13	22			
18	gemischt	gemischt	gemischt	einheitlich	gemischt
19	100	20	90	104	77
20					
21	562	574	671	640	348
22	1503	1396	1185	847	1620
23	35	35	29	20	23
24	Doppelspur	Mehrspur	Bahnhof	Mehrspur	Doppelspur
25	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof	offene Strecke	offene Strecke
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Gerade	Kurve	Kurve	Kurve	Gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	D-025	D-026	D-027	D-028	D-029
1	16.04.2009	29.01.2011	25.11.2008	01.11.2006	21.09.2011
2	Berlin	Hordorf	Recklinghausen	Obervellmar	Bleicherode
3	Auffahrunfall Schluss	Kollision frontal	Kollision frontal	Kollision frontal	Auffahrunfall Spitze
4	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0
10	Kesselwagen			Kesselwagen	Containerwagen
11	-	-	-	-	-
12	0			1	0.5
13				Q	P
14	nein	nein	nein	ja	ja
15				aT	aT
16				1	1
17	24			1	
18	einheitlich	einheitlich		einheitlich	gemischt
19	41	69	79	70	81
20	39	135	79	70	48
21	446		400		585
22	1988		2254		1145
23	24		26	17	26
24	Mehrspur	Doppelspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur
25	Bahnhof	offene Strecke	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Gerade	Gerade	Gerade	Gerade	Gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	D-029	D-030	D-030	D-031	D-031
1	21.09.2011	19.12.2012	19.12.2012	26.07.2012	26.07.2012
2	Bleicherode	Düsseldorf	Düsseldorf	Hosena	Hosena
3	Auffahrunfall Schluss	Zusammenstoss mit Objekt	Zusammenstoss mit Objekt	Flankenfahrt verursacht	Flankenfahrt erlitten
4	0	2	0	7	16
5	4	0	0	0	0
6	0	2	0	7	15
7	2	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10		Containerwagen			
11	Kesselwagen	-		-	
12	0.5;0.5;3;3	1;1		7;0;3;7;4;2;2	4;4;4;4;5;11;3;5;5;5;4;4;4;2;0.5
13	P;P;Q;Q	P;P		Q;Q;Q;P;Q;Q;Q	P;P;P;P;S;S;Q;Q;Q;P;P;P;Q;P
14	ja	nein	nein	ja	ja
15	aT;aT;aT;aT	aT;aT		aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT	nT;nT;nT;nT;nT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT
16	15;16;17;18	12;14		1;2;3;4;5;6;7	16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31
17	17;18	12;14		1;2;3;4;5;6;7	16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30
18	einheitlich	gemischt	gemischt	einheitlich	einheitlich
19	33	82	56	57	23
20	48			80	80
21	297	561	576	549	
22		1174	1119	3120	
23	18	22	33	39	33
24	Mehrspur	Doppelspur	Doppelspur	Mehrspur	Mehrspur
25	Bahnhof	offene Strecke	offene Strecke	Bahnhof	Bahnhof
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Gerade	Gerade	Gerade	Weiche gerade	Weiche ablenkend

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	D-032	D-032	D-033	NL-001	NL-002
1	26.10.2013	26.10.2013	01.08.2014	08.11.2008	06.06.2005
2	Gladbeck	Gladbeck	Mannheim	Amsterdam	Amsterdam
3	Flankenfahrt verursacht	Flankenfahrt erlitten	Flankenfahrt verursacht	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt
4	0	3	1	9	6
5	3	0	1	0	0
6	0	2	1	4	2
7	1	0	0	0	0
8	0	3	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	Zags	Fals	Containerwagen	Falns	
11	Zags	Fals	Containerwagen	Falns	
12	4;3;1	0;0;0;3;2.5;1	4;0.5	4;4;4;8;8;4;1.5;0.5;0.5	1;1;3;0.5;4
13	P;Q;P	P;P;P;P;Q;P	P;P	P;P;S;Q;Q;Q;P;P;P	P;P;S;Q;P;P
14	ja	ja	ja	ja	ja
15	aT;aT;aT	aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT	aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT;aT;aT;aT;aT
16	1;2;3	22;23;24	1;2	11;12;13;14;15;16;17;18;19	21;22;23;24;25;26
17	1	19;20;21;22;23	1;2	12;13;14;15	22;26
18	einheitlich	einheitlich	gemischt	gemischt	gemischt
19	42	30	30	53	30
20	72	72	7		
21	163				482
22	341		227	2138.9	
23	8	24	7	25	50
24	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur
25	offene Strecke	offene Strecke	Bahnhof	offene Strecke	Bahnhof
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Weiche gerade	Weiche ablenkend	Weiche gerade	Gerade	Gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	NL-003	NL-004	NL-004	NL-005	GB-001
1	22.11.2008	24.09.2009	24.09.2009	06.03.2015	02.10.2014
2	Apeldoorn	Barendrecht	Barendrecht	Tillburg	Porthkerry
3	Entgleisung Geschwindigkeit	Kollision frontal	Kollision frontal	Auffahrunfall Schluss	Entgl. Gleisschaden Fehler
4	10	3	2	0	2
5	0	0	1	0	0
6	10	3	2	0	0
7	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	1	0
10		Containerwagen			HTA
11			Containerwagen, Zans		
12	0.5;1;2;6;6;3;3;2;3;1	7;7;7	6;12;5	0	3;1.5
13	P;P;S;S;S;Q;Q;Q;Q;Q	Q;Q;Q	Q;Q;Q	P	P;P
14	ja	ja	ja	nein	nein
15	aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT;aT	aT;aT;aT	aT	aT;aT
16	1;2;3;4;5;6;7;8;9;10	1;2;3	1;2;3		20;21
17	1;2;3;4;5;6;7;8;9;10	1;2;3	1;2;3	35	
18	einheitlich	einheitlich	gemischt	gemischt	einheitlich
19	70	68	39	0	27
20		107	107	45	
21		600	230	624	
22	1758	1200	1088	1313	
23	21	22	12	35	21
24	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur	Mehrspur	Doppelspur
25	offene Strecke	Bahnhof	Bahnhof	Bahnhof	offene Strecke
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Kurve	Gerade	Gerade	Gerade	Kurve

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	GB-002	GB-003	GB-004	GB-005	GB-006
1	22.06.2007	09.02.2006	12.06.2008	31.01.2006	10.05.2007
2	Ely	Brentingby		North London	Newcastle
3	Längskräfte	andere	Entgleisung Weiche	Entgl. Gleisschaden Fehler	Kombination
4	13	3	1	2	4
5	0	0	0	0	0
6	8	2	0	1	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	PHA		FSA	JHA,HLA	HAA;HMA
11	PHA			JHA,HLA	
12	0.5;0.5;2;2;2;2;2;2;2;0.5;0.5;0.5	1;0.5;0.5	0.5	3;1	0.5;0.5;0.5;0.5
13	P;Q;Q;Q;Q;Q;Q;Q;P;P;P	P;P;P	P	P;P	P;P;P;P
14	nein	nein	nein	ja	nein
15	aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT;aT	aT	nT;aT	aT;aT;aT;aT
16	13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25	1;2;3	10	8;9	22;23;24;25
17	14;15;16;17;18;19;20;21	1;2		8	
18	einheitlich	gemischt	gemischt	gemischt	einheitlich
19	26	18	124	12	20
20					
21					
22	1941	1435			507
23	35	26	16	18	39
24	Einspur	Mehrspur	Doppelspur	Doppelspur	Mehrspur
25	Brücke	offene Strecke	Bahnhof	offene Strecke	offene Strecke
26	Ebene	Ebene	Ebene	Damm	Ebene
27	Gerade	Weiche ablenkend	Weiche gerade	Kurve	Kurve

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	GB-007	GB-008	GB-009	GB-010	GB-011
1	27.01.2009	21.01.2013	27.08.2013	21.01.2006	25.03.2008
2	Ayrshire	Leicestershire	Nottingham	Ayrshire	Birmingham
3	andere	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgl. Gleisschaden Fehler
4	0	3	0	6	4
5	6	0	2	0	0
6	0	0	0	0	2
7	6	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	TEA		TEA	HTA	
11	TEA				SSA
12	4;8;10;8;8;2	0.5;0.5,1.5	0.5;0.5	0.5;0.5;0.5;1;1;0.5	3;4;2;1
13	P;P;P;Q;Q;P	P;P;P	P;P	P;P;P;P;P;P	Q;Q;Q;P
14	nein	ja	nein	nein	nein
15	aT;nT;nT;nT;nT;aT	aT;aT;aT	aT;aT	aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT;aT,aT
16	5;6;7;8;9;10	18;19;20	26;28	16;17;18;19;20;21	14;15;16;17
17	5;6;7;8;9;10				15;16
18	gemischt	gemischt	einheitlich	einheitlich	einheitlich
19	97	76	85	16	24
20					
21					
22			3160	1827	450
23	10	26	30	21	30
24	Einspur	Doppelspur	Doppelspur	Einspur	Mehrspur
25	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke
26	Damm	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Gerade	Gerade	Gerade	Kurve	Kurve

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	GB-012	GB-013	GB-014	GB-015	GB-016
1	18.10.2005	25.01.2008	03.06.2015	02.04.2014	30.06.2015
2	Birmingham	Scunthorpe	Charlton	SE London	Lincolnshire
3	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgl. Gleisschaden Fehler	Beladungsfehler	Beladungsfehler	Entgl. Gleisschaden Fehler
4	1	1	3	2	0
5	0	0	0	0	10
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	6
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	SSA	HHA	JGA	JRA	TEA
11					TEA
12	0.5	1	0.5;1.5;2	0.5;0.5	0.5;0.5;0.5;4;12;4;6;4;3;1
13	P	P	P;P;Q	P;P	P;P;P;P;Q;Q;S;P;Q;P
14	nein	nein	ja	nein	ja
15	aT	aT	aT;aT;aT	aT;aT	aT;aT;aT;aT;nT;aT;aT;aT;aT
16	14	10	10;11;12	9;10	11;12;13;14;15;16;17;18;19;20
17					14;15;16;17;18;19
18	gemischt	einheitlich	einheitlich	gemischt	einheitlich
19	96	40	24	8	74
20					
21					
22		1500			
23	17	18	22	20	22
24	Doppelspur	Doppelspur	Doppelspur	Mehrspur	Doppelspur
25	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke
26	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene	Damm
27	Kurve	Kurve	Kurve	Kurve	Gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	GB-017	GB-018	GB-019	GB-020	GB-021
1	10.08.2007	20.03.2017	15.10.2013	18.01.2006	15.10.2013
2	Birmingham	East Somerset	Gloucester	York station	
3	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgl. Gleisschaden Fehler	Beladungsfehler	Kombination
4	2	6	1	1	1
5	0	0	0	0	0
6	1	2	1	0	1
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	FEA				FEA
11			Sffggmrrss		
12	3;3	0.5;1;2;3;3;2	3	0.5	3
13	Q;P	P;P;P;Q;Q;P	P	P	P
14	ja	nein	nein	nein	nein
15	aT;aT	aT	aT	aT	aT
16	7;8	24;25;26;27;28;29	14	15	5
17	7	27;28	14		5
18	gemischt	einheitlich	gemischt	einheitlich	gemischt
19	24	32	111	43	27
20					
21					
22		3900			
23	24	38	14	29	22
24	Mehrspur	Doppelspur	Doppelspur	Bahnhof	Doppelspur
25	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke	Bahnhof	Brücke
26	Ebene	Ebene	Damm	Ebene	Ebene
27	Kurve	Kurve	Gerade	Kurve	Kurve

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	GB-022	GB-023	GB-024	GB-025	GB-025
1	27.12.2012	28.06.2006	08.09.2006	01.08.2015	02.08.2015
2	Leicestershire	Maltby North	Washwood	Logan	Logan
3	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgleisung Weiche	andere	Auffahrunfall Spitze	Auffahrunfall Schluss
4	9	3	1	7	11
5	0	0	0	0	0
6	7	0	0	5	5
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10		HHA	FAA	MHA	MHA
11	IIA, HOA, JGA			MHA	MHA
12	0.5;0.5;1.5;3;3;2;2;2	0.5;1;0.5	0.5	1;4;13;11;4;2;1.5	0.5;0.5;0.5;6;6;1;3;3;5;4;11
13	P;P;P;Q;Q;P;P;P	P;P;P	P	P;S;S;S;S;P;Q	P;P;P;S;S;P;Q;Q;S;Q;Q;S
14	nein		nein	ja	ja
15	aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT;aT	aT;aT;aT	aT	aT;aT;nT;nT;aT;aT;aT	aT;aT;aT;nT;nT;aT;aT;aT;aT;nT
16	11;12;14;15;16;17;18;19;20	1;2;3	13	1;2;3;4;5;6;7	27;28;29;30;31;32;33;34;35;36;37
17	14;15;16;17;18;19;20			2;3;4;5;6	30;34;35;36;37
18	gemischt	einheitlich	gemischt	einheitlich	einheitlich
19	60	27	24	45	0
20				45	45
21				349	348
22	1900	1717			
23	20	17	17	36	36
24	Mehrspur	Doppelspur	Mehrspur	Doppelspur	Doppelspur
25	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke
26	Damm	Ebene	Ebene	Ebene	Ebene
27	Gerade	Kurve	Kurve	Kurve	Kurve

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	F-001	F-002	F-003	F-004	F-005
1	20.10.2011	09.11.2011	29.07.2010	22.05.2010	24.11.2009
2	Valence d'Agen	Artenay	Bully-Grenay	Neufchâteau	Orthez
3	Entgl. Gleisschaden Fehler	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt	Entgleisung Fahrzeugdefekt	andere
4	3	2		0	0
5	0	0		4	2
6	2	0		0	0
7	0	0		3	1
8	0	0		0	0
9	0	0		0	0
10	Uas	-		-	-
11	Uas	Laaips / Kbis	EFc60	3 Kesselwagen, 1 Flachwagen	Kesselwagen
12	1;1;0	1;0		2;2;2;1	2;0
13	P;P;P	P		P;P;P;P	Q;P
14	ja	nein		ja	nein
15	aT;aT;aT	aT;aT		aT;aT;aT;aT	nT;nT
16	19;20;21	17;19		27;28;29;30	26;27
17	19;20			27;28;29	26
18	gemischt	einheitlich	einheitlich	gemischt	einheitlich
19	100	95	83	80	20
20					
21	476	576	700	700	484
22	1773	1749	3604	1057	1217
23	22	20	44	30	27
24	Doppelspur	Bahnhof	Bahnhof	Doppelspur	Doppelspur
25	offene Strecke	Bahnhof	Bahnhof	offene Strecke	offene Strecke
26	Damm	Ebene	Ebene	Ebene	Hanglage
27	Kurve	Gerade	Weiche gerade	Kurve	Kurve

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	F-006	F-007	F-008	F-009	F-010
1	13.06.2006	20.05.2009	25.09.2009	25.01.2011	01.02.2012
2	La Ferté-sur-Chiers	Tunnel de Livernant	Landes	Balbigny	Maillé
3	Entgl. Gleisschaden Fehler	Beladungsfehler	Zusammenstoss mit Objekt	Zusammenstoss mit Objekt	Auffahrunfall Spitze
4	1		0	0	1
5	0		0	0	0
6	0		0	0	1
7	0		0	0	0
8	0		0	0	0
9	0		0	0	0
10	-		-	-	-
11	Schüttwagen		-	-	Flachwagen für Container
12	1				0
13	P				P
14	nein	ja	nein	nein	ja
15	aT				
16	44				1
17					1
18	einheitlich		gemischt	einheitlich	gemischt
19	100		66	63	20
20					20
21	620			572	745
22	3568		753	1112	1482
23	44		13	25	24
24	Doppelspur		Doppelspur	Doppelspur	Doppelspur
25	offene Strecke		offene Strecke	offene Strecke	offene Strecke
26	Einschnitt		Ebene	Ebene	Ebene
27	Kurve		Gerade	Gerade	Gerade

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

ID	F-010
1	01.02.2012
2	Maillé
3	Auffahrunfall Schluss
4	0
5	0
6	0
7	0
8	1
9	0
10	-
11	Schotterwagen
12	0
13	P
14	nein
15	
16	
17	22
18	einheitlich
19	0
20	20
21	384
22	1959
23	22
24	Doppelspur
25	offene Strecke
26	Ebene
27	Gerade

9 ANHANG III – DATEN ZU GEFAHRGUT

Für diejenigen Ereignisse, bei denen Gefahrgutwagen verunfallt waren, ist in der nachfolgenden Tabelle angegeben, ob es zu einer Freisetzung gekommen ist, welches Gefahrgut involviert war und welchem Leitstoff das Gefahrgut im Screening 2014 zugewiesen war (für Personenrisiken, resp. Umweltrisiken).

Die Identifikation des Gefahrguts erfolgte typischerweise über die Substanzbeschreibung in den Unfallberichten und nachfolgender Bestimmung der zugehörigen UN-Nummer anhand der Liste von Wikipedia [17]. Leitstoffe für Personenrisiken [15] sind Benzin, Propan oder Chlor, Leitstoffe für Umweltrisiken [16] sind Mineralölprodukte, Epichlorhydrin oder Perchlorethylen. „keiner“ bedeutet, dass das entsprechende Gefahrgut keinem der Leitstoffe zugewiesen ist.

Ereignis-ID	Freisetzung?	UN-Nummer	Leitstoff Personenrisiken	Leitstoff Umweltrisiken
CH-002	ja	1830, 1824	keiner	Epichlorhydrin
CH-008	nein	3266	keiner	keiner
CH-016	nein	1202	Benzin	Mineralölprodukte
A-004	nein	1203	Benzin	Mineralölprodukte
A-005	nein	1830	keiner	Epichlorhydrin
A-006	nein	2014	keiner	keiner
A-023	nein	1131	Benzin	keiner
A-025	nein	1202, 1203	Benzin	Mineralölprodukte
D-001	ja	1090	Benzin	keiner
D-002	nein	3266	keiner	Epichlorhydrin
D-003	ja	1202	Benzin	Mineralölprodukte
D-006	nein	1230	Benzin	Epichlorhydrin
D-007	ja	1866	Benzin	Perchlorethylen
D-011	nein	1077	Propan	keiner
D-015	nein	1202	Benzin	Mineralölprodukte
D-025	nein	1077	Propan	keiner
D-028	nein	?		
D-029	ja	1203, 2265	Benzin	Mineralölprodukte, Epichlorhydrin
D-032	nein	1077	Propan	keiner
D-033	nein	3082, 3265	keiner	Mineralölprodukte
NL-004	nein	1972	Propan	keiner
N-005	ja	1010	Propan	keiner
GB-007	ja	1202, 1863	Benzin	Mineralölprodukte
GB-009	nein	1202	Benzin	Mineralölprodukte
GB-016	nein	1202	Benzin	Mineralölprodukte
F-004	ja	2312	keiner	Epichlorhydrin
F-005	ja	1978	Propan	keiner

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

Anmerkungen:

- CH-008: Die verunfallten Wagen transportierten „Kalkmilch“. „Kalkmilch“ gilt als Substanz als Gefahrgut; in der transportierten Konzentration ist es jedoch kein Gefahrgut gemäss RID.
- D-028: Es verunfallten leere, nicht gereinigte Wagen. Das Gefahrgut ist aus dem Bericht jedoch nicht zu eruieren.

10 ANHANG IV – ZAHLENWERTE ZU DEN WICHTIGSTEN ABBILDUNGEN

Alle Ereignisse Abstandsklasse	verunfallte Wagen		Wagen mit Schaden am Aufbau	
	Anteil	kumuliert	Anteil	kumuliert
[0-1[	0.356	0.356	0.138	0.138
[1-2[	0.200	0.556	0.105	0.243
[2-3[	0.129	0.685	0.182	0.425
[3-4[	0.095	0.780	0.138	0.564
[4-5[	0.090	0.871	0.160	0.724
[5-10[	0.080	0.951	0.166	0.890
[10-20[	0.037	0.988	0.083	0.972
[20-40[	0.012	1.000	0.028	1.000
[40-60[	0.000	1.000	0.000	1.000

Tabelle 10-1: Zahlenwerte zu Abbildung 5-15.

Ereignisse im Bahnhofsbereich Abstandsklasse	verunfallte Wagen		Wagen mit Schaden am Aufbau	
	Anteil	kumuliert	Anteil	kumuliert
[0-1[	0.411	0.411	0.161	0.161
[1-2[	0.247	0.658	0.145	0.306
[2-3[	0.075	0.733	0.097	0.403
[3-4[	0.062	0.795	0.129	0.532
[4-5[	0.103	0.897	0.226	0.758
[5-10[	0.089	0.986	0.210	0.968
[10-20[	0.014	1.000	0.032	1.000
[20-40[	0.000	1.000	0.000	1.000
[40-60[	0.000	1.000	0.000	1.000

Tabelle 10-2: Zahlenwerte zu Abbildung 5-16.

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

Ereignisse auf offener Strecke	verunfallte Wagen		Wagen mit Schaden am Aufbau	
	Abstandsklasse	Anteil	kumuliert	Anteil	kumuliert
[0-1[	0.292	0.292	0.049	0.049
[1-2[	0.192	0.483	0.098	0.147
[2-3[	0.142	0.625	0.196	0.343
[3-4[	0.125	0.750	0.167	0.510
[4-5[	0.092	0.842	0.147	0.657
[5-10[	0.083	0.925	0.167	0.824
[10-20[	0.054	0.979	0.127	0.951
[20-40[	0.021	1.000	0.049	1.000
[40-60[	0.000	1.000	0.000	1.000

Tabelle 10-3: Zahlenwerte zu Abbildung 5-17.

Alle Ereignisse, 5 Freisetzungsorte/Wagen	verunfallte Wagen		Wagen mit Schaden am Aufbau	
	Abstandsklasse	Anteil	kumuliert	Anteil	kumuliert
[0-1[	0.304	0.304	0.143	0.143
[1-2[	0.227	0.531	0.136	0.278
[2-3[	0.142	0.674	0.149	0.428
[3-4[	0.072	0.745	0.105	0.533
[4-5[	0.056	0.801	0.084	0.617
[5-10[	0.131	0.932	0.241	0.857
[10-20[	0.054	0.986	0.112	0.969
[20-40[	0.013	1.000	0.030	0.999
[40-60[	0.000	1.000	0.001	1.000

Tabelle 10-4: Zahlenwerte zu Abbildung 5-22.

Ereignisse im Bahnhofsbereich, 5 Freisetzungsorte/Wagen	verunfallte Wagen		Wagen mit Schaden am Aufbau	
	Abstandsklasse	Anteil	kumuliert	Anteil	kumuliert
[0-1[	0.344	0.344	0.158	0.158
[1-2[	0.236	0.579	0.142	0.300
[2-3[	0.166	0.745	0.190	0.490
[3-4[	0.040	0.785	0.071	0.561
[4-5[	0.049	0.834	0.094	0.655
[5-10[	0.126	0.960	0.258	0.913
[10-20[	0.040	1.000	0.087	1.000
[20-40[	0.000	1.000	0.000	1.000
[40-60[	0.000	1.000	0.000	1.000

Tabelle 10-5: Zahlenwerte zu Abbildung 5-23.

BAV, Freisetzungsorte Gefahrgut
Örtliche Verteilung der Freisetzungsorte abgeleitet aus Unfallberichten

ECH-157.25-009
Version 1.0

Ereignisse auf offener Strecke, 5 Freisetzung- orte/Wagen	verunfallte Wagen		Wagen mit Schaden am Aufbau	
	Abstandsklasse	Anteil	kumuliert	Anteil	kumuliert
[0-1[	0.274	0.274	0.110	0.110
[1-2[	0.219	0.493	0.120	0.229
[2-3[	0.130	0.623	0.122	0.351
[3-4[	0.095	0.718	0.139	0.490
[4-5[	0.058	0.777	0.075	0.565
[5-10[	0.132	0.908	0.235	0.800
[10-20[	0.068	0.977	0.145	0.945
[20-40[	0.023	0.999	0.053	0.998
[40-60[	0.001	1.000	0.002	1.000

Tabelle 10-6: Zahlenwerte zu Abbildung 5-24.