

DANIEL BING



Entgleisungsdetektion im Schienengüterverkehr – Analyse der Einflüsse auf die Zuglängsdynamik

**Entgleisungsdetektion im Schienengüterverkehr –
Analyse der Einflüsse auf die Zuglängsdynamik**

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Daniel Bing
geb. in Potsdam

von der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften
– Dr.-Ing. –

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr. phil. Oliver Schwedes
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Ulrich Kleemann

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 24. Oktober 2014

Berlin 2014
D83

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Schienenfahrzeuge der Technischen Universität Berlin.

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht bedanken. Er hat mich bereits während meines Studiums für die Eisenbahnwelt begeistern können und auch während meiner anschließenden Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter mir vieles mit auf den Weg gegeben. Durch seinen großen Einsatz für die Verbesserung des Systems Eisenbahn konnte ich in den letzten fünf Jahren am Fachgebiet viele sehr interessante Projekte bearbeiten. Ich danke vor allem für das entgegengebrachte Vertrauen und die stets gewährte Unterstützung.

Auch Herrn Prof. Dr.-Ing. Ulrich Kleemann möchte ich ganz herzlich sowohl für Begutachtung der Arbeit als auch für die Vorlesung Fahrdynamik und Bremstechnik des Schienenverkehrs, die erstmalig mein Interesse für die Eisenbahnbremse geweckt hat, danken.

Herrn Prof. Dr. Oliver Schwedes danke ich für die Übernahme des Vorsitzes des Prüfungsausschusses und die sehr angenehme Atmosphäre während der wissenschaftlichen Aussprache.

Ein großer Dank gilt aber auch allen meinen Kollegen am Fachgebiet, die mich in den letzten Jahren begleitet haben. Besonderer Dank gilt auch den studentischen Mitarbeitern, dabei vor allem Herrn Daniel Jobstfinke und Herrn Mirko Leiste, die neben vielen Diskussionen zum Thema mich auch sehr in meiner gesamten Arbeit am Fachgebiet unterstützt haben.

Ich möchte mich auch herzlich bei meiner gesamten Familie, für die Unterstützung und den großen Zusammenhalt bedanken.

Auch meiner Freundin Michaela danke ich für das große Verständnis. Sie hat mich während der Erstellung der Arbeit stets unterstützt.

Kurzfassung

Die verbindliche Einführung von Entgleisungsdetektoren im Schienengüterverkehr ist ein seit mehreren Jahrzehnten kontrovers diskutiertes Thema. Im Rahmen dieser Arbeit werden neben den eisenbahnbetrieblichen, vor allem die Auswirkungen einer Bremsenleitung durch fahrzeugseitige Entgleisungsdetektoren auf die Längsdynamik des gesamten Zuges dargestellt.

Ein Schwerpunkt liegt auf der Modellbildung des Systems Güterwagenbremse, da dies die Grundlage für die Simulationsrechnungen bildet. Mittels Mehrkörpersimulationsrechnungen werden die Einflüsse von Bremsenleitungen an verschiedenen Wagenpositionen betrachtet. Eine Bremsenleitung durch einen Entgleisungsdetektor kann zu höheren Längsdruckkräften führen als eine Bremsenleitung durch den Triebfahrzeugführer. Im Rahmen der Arbeit werden daher Möglichkeiten erarbeitet und bewertet, um die auftretenden Längsdruckkräfte in diesem Fall zu reduzieren.

Aber auch andere Faktoren, wie die Verwendung verschiedener Bremssohlentypen, weisen einen großen Einfluss auf die Zuglängsdynamik auf. So können insbesondere beim Einsatz verschiedener Bremssohlenwerkstoffe innerhalb eines Zuges deutlich höhere Längsdruckkräfte auftreten. Des Weiteren wird betrachtet, wie sich Längsschwingungen aufgrund einer unerkannten Entgleisung eines einzelnen Wagens im Zugverband ausbreiten. Es zeigt sich, dass es für den Triebfahrzeugführer nicht möglich ist, eine Entgleisung eines weiter hinten im Zugverband eingereihten Wagens zu bemerken. Er ist daher dringend auf technische Hilfsmittel, wie Entgleisungsdetektoren, angewiesen.

Abstract

The mandatory introduction of derailment detectors in rail freight transport has been a controversial topic for several decades. In this work, the effects of braking initiation by vehicle derailment detectors are shown on the longitudinal train dynamics.

One focus is on the modelling of the system freight car brake, as this forms the basis for the simulations. Using multi-body simulation the influences of brake initiation at different wagon positions are considered.

A braking application by a derailment detector can lead to higher longitudinal compressive forces as a braking application by the driver. As part of the work there were possibilities developed and evaluated to reduce the longitudinal compressive forces.

However, other factors such as the use of various materials of brake shoes, have a large influence on the longitudinal train dynamic. Thus, significantly higher longitudinal compressive forces occur in particular the use of different brake shoes materials within a train. Furthermore longitudinal oscillations due to an undetected derailment of a single wagon in the train were investigated. It turns out that it is in many cases not possible for the driver to notice a derailment of a wagon especially at the end of the train. It is therefore strongly dependent on technical systems, such as derailment detectors.

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	XI
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	XIII
TABELLENVERZEICHNIS	XXI
FORMELZEICHEN	XXII
1 EINLEITUNG	1
2 SICHERHEIT IM SCHIENENGÜTERVERKEHR	3
2.1 Betrachtung von Unfällen	5
2.2 Betrachtung rechtliche Situation in Europa	7
2.3 Entgleisungsdetektion – Stand der Technik	10
2.4 Betrachtung von ausgewählten Systemen	10
2.4.1 Fahrzeugseitige Detektionssysteme.....	11
2.4.2 Fahrwegseitige Detektionssysteme	13
2.5 Anforderungen an Entgleisungsdetektoren bei Tunnelfahrten	15
3 GRUNDLAGEN DER LÄNGSDYNAMIK	19
3.1 Grundlagen der Güterwagenbremse	19
3.2 Ursachen der Längsdynamik.....	22
3.3 Betriebliche Randbedingungen	26
3.4 Ertragbare Längskräfte der einzelnen Wagen im Zugverband	28
3.4.1 Theoretisch ertragbare Längsdruckkräfte.....	28
3.4.2 Praktisch ertragbare Längskräfte.....	29
3.5 Häufigkeitsbetrachtung von Zwangsbremungen.....	31
3.6 Bisherige Arbeiten zum Thema Längsdynamik im Schienengüterverkehr	32
4 MODELLBILDUNG	33
5 DAS SYSTEM GÜTERWAGENBREMSE	37
5.1 Reibverhalten zwischen Bremsklotz und Rad	37
5.1.1 Bremsklotzsohlen aus Grauguss	39
5.1.2 Verbundstoffsohlen.....	40
5.1.3 Zusammenfassung des Reibwertverhaltens verschiedener Bremsklotzsohlen..	46
5.1.4 Betriebliche Einschränkungen von Verbundstoffbremsklotzsohlen	47
5.2 Bestimmung der maximalen Bremskraft eines Wagens	49
5.2.1 Allgemeine Grundlagen zur Bremsbewertung	49
5.2.2 Bestimmung der Bremskraft mithilfe von Berechnungen nach UIC 544-1	52
5.2.3 Vergleich der Berechnungsmethoden	53
5.2.4 Lastwechsel	56
5.3 Modellierung des Bremskraftaufbaus	59
5.4 Modellierung Bremsseinleitung eines Wagens im Zugverband.....	67
5.5 Validierung des Bremsmodells	72
5.5.1 Validierung des Bremsmodells anhand vorgegebener Bremswege	72
5.5.2 Validierung der Bremszylinderdruck-Zeit-Verläufe	75

6	MODELLIERUNG DER ZUG-/STOßEINRICHTUNGEN	83
6.1	Seitenpuffer	83
6.2	Zugeinrichtung/Schraubenkupplung	87
6.3	Validierung des Modells der Schraubenkupplung mit Seitenpuffern	90
6.4	Automatische Mittelpufferkupplung	92
6.5	Validierung des Modells der automatischen Mittelpufferkupplung.....	93
7	FAHRZEUGDYNAMISCHE MODELLIERUNG	95
7.1	Modellierung des Fahrwiderstandes.....	95
7.1.1	Laufwiderstand	95
7.1.2	Bogenwiderstand	97
7.1.3	Neigungswiderstand	97
7.2	Wagenmodellierung.....	97
7.2.1	Modellierung des Wagens als Einmassensystem	98
7.2.2	Detaillierte Modellierung des Wagens einschließlich Y25-Drehgestellen.....	99
7.3	Modell des Triebfahrzeuges	100
7.4	Modellierung des Gesamtzuges	100
7.5	Trassierung.....	100
8	EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE LÄNGSDYNAMIK – ERGEBNISSE DER SIMULATIONSRECHNUNGEN	103
8.1	Simulation der Fahrt in der Geraden	105
8.1.1	Vergleich des vereinfachten Modells mit einem detaillierteren Modell	105
8.1.2	Einfluss der Bremsstellungen auf die Zuglängsdynamik	108
8.1.3	Einfluss der Eigenzeiten der Steuerventile auf die Zuglängsdynamik	112
8.1.4	Einfluss der Bremsausgangsgeschwindigkeiten.....	113
8.1.5	Einfluss des Bremsgewichtes	115
8.1.6	Einfluss der Wagenanzahl	121
8.1.7	Einfluss der Durchschlagsgeschwindigkeit in der Hauptluftleitung.....	121
8.1.8	Einfluss der Kupplungsspiele.....	123
8.1.9	Einfluss des Bremsklotzmaterials	124
8.2	Variation der Bremseinleitung.....	130
8.2.1	Allgemeine Betrachtung.....	130
8.2.2	Anfahrvorgang mit Triebfahrzeug an der Spitze des Zuges	136
8.2.3	Anfahrvorgang mit einem Triebfahrzeug am Ende des Zuges	143
8.3	Simulation der Fahrt durch Bögen.....	151
8.3.1	Unterschiede zwischen Schraubenkupplung und automatischer Kupplung bei Bogenfahrt	152
8.3.2	Zusammenfassung der Ergebnisse der Bogenfahrt	168
9	LÄNGSDYNAMIKSIMULATION IN VERBINDUNG MIT DER ENTGLEISUNG EINES WAGENS.....	169
9.1	Auswertung der Entgleisungsversuche	169
9.2	Längsdynamiksimulation eines Güterzuges mit einem entgleisten Wagen.....	170
9.3	Entgleisung eines Wagens im Zugverband ohne sofortige Bremseinleitung.....	172

9.3.1	Entgleisung des ersten Wagens hinter dem Triebfahrzeug	172
9.3.2	Entgleisung eines mittleren Wagens im Zugverband	173
9.3.3	Allgemeine Betrachtung einer Entgleisung eines Wagens im Zugverband	174
9.4	Entgleisung eines Wagens im Zugverband mit Bremsenleitung.....	177
9.4.1	Entgleisung und Bremsenleitung durch den ersten Wagen hinter dem Triebfahrzeug.....	177
9.4.2	Entgleisung und Bremsenleitung durch einen mittleren Wagen im Zugverband.....	179
9.4.3	Allgemeine Betrachtung einer Entgleisung und Bremsenleitung durch einen beliebigen Wagen im Zugverband	183
9.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	184
10	OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN DER BISHERIGEN FAHRZEUGSEITIGEN ENTGLEISUNGSDETEKTOREN	187
10.1	Gezielte Absenkung des Hauptluftleitungsdruckes bei einer Detektion	187
10.2	Einführung einer elektronischen Entgleisungsdetektion	187
10.3	Einsatz der ep-Bremse im Schienengüterverkehr	188
10.4	Anpassung der Zugbildungsvorschriften in Bezug auf zweiachsige Wagen	188
10.5	Bewertung der Optimierungsmöglichkeiten	189
11	AUSBLICK.....	193
11.1	Einsatz verschiedener Bremssohlen	193
11.2	Erhöhung der elektrodynamischen Bremskraft.....	193
11.3	Einsatz von Verbundstoffbremsklotzsohlen auf Steilstrecken	193
11.4	Elektronische Entgleisungsdetektion und weitere Telematikanwendungen	194
12	ZUSAMMENFASSUNG	197
13	LITERATURVERZEICHNIS.....	199

1 Einleitung

Eine Entgleisung eines einzelnen Wagens oder mehrerer Wagen im Zugverband stellt immer einen schwerwiegenden Eingriff in den Eisenbahnbetrieb dar. Es können neben den materiellen Schäden große Gefahren sowohl für Menschen im entgleisten Zug und in vorbeifahrenden Zügen als auch für Menschen, die sich in Streckennähe aufhalten, entstehen. Unfälle im Schienengüterverkehr sind zwar selten, jedoch zeigen diese, dass auch weiterhin Handlungsbedarf besteht. Das Risiko einer Entgleisung im Schienengüterverkehr ist sehr gering. Die Gründe für Entgleisungen sind sehr vielfältig, so dass eine Vielzahl von Maßnahmen notwendig ist, um ein potenzielles Entgleisungsrisiko zu senken und daraus resultierende Folgen zu vermeiden. Eine Möglichkeit zur Reduzierung des Schadensmaßes nach einer eingetretenen Entgleisung könnte z. B. eine Ausrüstung von Wagen mit Entgleisungsdetektoren sein. Dabei stellt sich jedoch die Frage, wie die Information einer erkannten Entgleisung weiterverarbeitet wird. Die Eisenbahngüterwagen in Europa verfügen nur in Ausnahmefällen über eine durchgehende Informationsdatenleitung, so dass eine einfache Anzeige einer Entgleisung im Führerstand nicht ohne weiteres möglich ist. Auch mögliche drahtlose Übertragungswege sind bisher in der Praxis noch nicht weiter eingesetzt worden, da neben der Informationsleitung in der Regel auch keine Energieversorgungsmöglichkeit vorhanden ist.

Die bisherige Vorgehensweise ist, dass einige Gefahrgut-Güterwagen mit fahrzeugseitigen Entgleisungsdetektoren ausgestattet werden. Der Entgleisungsdetektor auf dem entgleisten Wagen erkennt dabei den Zustand und löst von dort eine Bremsung des gesamten Zuges aus. Dies ähnelt im weitesten Sinn einer Fahrgastnotbremsung im Personenverkehr.

Allerdings gibt es gegen dieses Vorgehen auch Bedenken:

„Das automatische Einleiten einer Schnellbremsung wäre wegen der entstehenden Zug- und Druckkräfte im Zug vermutlich gar nicht die beste Lösung, weil damit eher Ereignisse wie Überpufferungen oder Entgleisung weiterer Fahrzeuge provoziert würden [...]“ [1].

Die Aussage, dass eine durch eine Detektionseinrichtung eingeleitete Schnellbremsung zu hohen Längskräften und damit unter Umständen zu sicherheitskritischen Situationen führen kann, findet sich ebenfalls in einem von der Europäischen Eisenbahnagentur (ERA) in Auftrag gegebenen Gutachten [2].

Um diese Aussagen zu diskutieren, werden im Rahmen dieser Arbeit die generellen Einflussfaktoren auf die Längskräfte während einer Bremsung betrachtet. Dabei wird speziell untersucht, ob eine Bremsseinleitung durch ein Notbremsventil eines einzelnen Wagens im Zugverband zu erhöhten Längskräften und damit zu sicherheitskritischen Zuständen führen kann. Besondere Berücksichtigungen finden die aktuell und in den nächsten Jahren verstärkt eingesetzten Verbundstoffsohlen im Schienengüterverkehr.

Methodik und Zieldefinition

Den Hauptteil dieser Arbeit bildet die Erstellung eines Simulationsmodells für die Untersuchung der Längsdynamik von Güterzügen. Mittels Simulationsrechnungen sind die verschiedenen Einflussfaktoren zu untersuchen. Das Ziel der Untersuchung ist die Ermittlung der während einer Bremsung auftretenden Längskräfte innerhalb eines Zugverbandes. Des Weiteren wird betrachtet, welches die Auswirkungen einer Bremseinleitung ausgehend von einem beliebigen Wagen im Zugverband auf die Längsdynamik des gesamten Zuges sind. Dabei werden die einzelnen Wagen sowie der gesamte Zug mittels Mehrkörpersimulationsmodellen abgebildet.

Neben dem klassischen Fall, dass die Güterwagen von einem oder mehreren Triebfahrzeugen gezogen werden, wird auch der Fall eines geschobenen Zuges betrachtet.

Allerdings beschränken sich die Untersuchungen in dieser Arbeit auf die europäischen Regelwerke, so dass im Folgenden ausschließlich die UIC-Güterwagenbremse mit den entsprechenden Regelwerken betrachtet wird. So werden die in Deutschland typischen Zuglängen von bis zu 740 m als Grundlage für die Simulationsrechnungen verwendet.

Für die Untersuchung der Bremsvorgänge ist es erforderlich, die Prozesse in der Bremsanlage zu analysieren und möglichst praxisnah entsprechend zu modellieren. Dabei werden auch die Einflüsse der im Güterverkehr verwendeten Bremsstellungen G und P sowie die momentan im Einsatz befindlichen Bremsklotzmaterialien aus Grauguss oder Verbundstoffen betrachtet.

Besonders im schienengebundenen Gefahrgutverkehr sind bereits bei besonders gefährlichen Stoffen in einigen Fällen Entgleisungsdetektoren im Einsatz, die bei einer Entgleisung des entsprechenden Wagens eine Zwangsbremmung des gesamten Zuges unabhängig von den Handlungen des Triebfahrzeugführers einleiten. Bisherige Untersuchungen wie z. B. in WITT [3] und PFLUGBEIL [4] zur Längsdynamik betrachten eine Bremsung des Zuges ausgehend vom Triebfahrzeug. Im Fall der Entgleisungsdetektion ist jedoch eine Bremseinleitung von allen Stellen des Zuges aus möglich. Dies beeinflusst deutlich die Längskraftverteilung im Zugverband, wie sich im Verlauf der Arbeit (Abschnitt 8) zeigen wird.

2 Sicherheit im Schienengüterverkehr

Der Schienengüterverkehr befindet sich in Europa in großer Konkurrenz zu den anderen Verkehrsträgern, insbesondere zu dem Straßengüterverkehr. Jedoch bietet der Schienengüterverkehr neben dem geringeren Flächenverbrauch und dem deutlich geringeren Primärenergieverbrauch den weiteren großen Vorteil des hohen Sicherheitsniveaus.

„Das Sicherheitsniveau des Systems Eisenbahn ist einer ihrer wichtigsten Wettbewerbsvorteile“ [5].

Nach DIN EN 50126 ist Sicherheit definiert als das „Nichtvorhandensein eines unzulässigen Schadensrisikos“ [6].

Dabei umfasst das Schadensrisiko einerseits den **Schweregrad eines Schadens** und andererseits die **Auftretenswahrscheinlichkeit** eines Zustandes, der einen Schaden verursachen kann.

Der **Schweregrad eines Schadens** kann insbesondere durch die großen Zugmassen im Güterverkehr sehr groß werden. Des Weiteren sind in Deutschland etwa 17 % der auf der Schiene beförderten Güter Gefahrgut nach der Definition des Gefahrgutbeförderungsgesetzes [7, 8], so dass von diesen Wagen eine besondere Gefährdung ausgeht.

In der DIN EN 50126 sind die Gefahrenstufen bzw. die Schweregrade eines Schadens definiert (Tabelle 1). Die Gesamtbetrachtung liegt hierbei auf dem gesamten Güterzug, der bei einem Unfall die entsprechenden Auswirkungen auf die Umwelt hat.

Tabelle 1: Kategorien der Gefahrenstufen bzw. des Schweregrades des Schadens [6]

Gefahrenstufe	Konsequenzen für Personen oder Umwelt	Konsequenzen für die Betriebs- und Dienstleistung
Katastrophal	Unfalltote und/oder zahlreiche Schwerverletzte und/oder schwere Umweltschäden	
Kritisch	Einzelner Unfalltoter und/oder Schwerverletzter und/oder nennenswerte Umweltschäden	Verlust eines wichtigen Systems
Marginal	Kleinere Verletzung und/oder nennenswerte Bedrohung der Umwelt	Schwere Beschädigung des/der Systems/e
Unbedeutend	Mögliche, geringfügige Verletzung	Geringfügige Beschädigung des Systems

Im Vergleich zur Straße, auf der ein einzelner Lastwagen eine deutlich kleinere Menge Gefahrgut transportieren kann, können im Schienengüterverkehr in einem Zug bis zu mehreren Hundert Tonnen Gefahrgut transportiert werden, so dass der mögliche Schweregrad eines Schadens katastrophal sein kann. Neben den direkten Auswirkungen an der Strecke können gerade bei Gefahrgutunfällen mit explosiven Stoffen die Trümmer auch benachbarte Gebiete beschädigen. Das National Transportation Safety Board (NTSB) untersuchte in den USA den

Trümmerflug einzelner Wagenteile von 298 Eisenbahnunfällen. Die Abbildung 1 zeigt, dass bei über 40 % der Unfälle Wagen oder Wagenteile mehr als 15 m von der Gleismitte entfernt gefunden wurden.

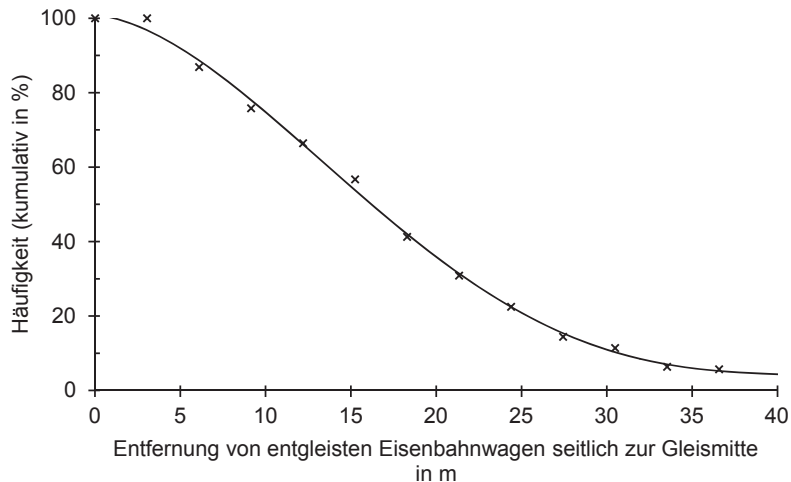


Abbildung 1: Entfernungen von entgleisten Eisenbahnwagen seitlich zur Gleismitte, Datengrundlage aus [9, 10]

Auch bei einem Unfall im italienischen Viareggio im Jahr 2009 wurden durch Explosionen von Gefahrgutwagen mit Flüssiggas Gebäude im Umkreis von rund 200 m u. a. durch Trümmerflug beschädigt [11].

Die **Auftretenswahrscheinlichkeit** kritischer Eisenbahnunfälle ist jedoch insbesondere im Verhältnis zur Straße gering. Die Auftretenswahrscheinlichkeit beinhaltet dabei die „*Möglichkeit zur Gefahrenabwendung*“ [6] und die Entdeckungswahrscheinlichkeit [6].

Die Auftretenswahrscheinlichkeit kann insbesondere durch optimierte Instandhaltungsprozesse deutlich gesenkt werden. Neben der klassischen zeitabhängigen Wartung wird zunehmend zu einer lauleistungsbasierten Wartung übergegangen, um die Wartungsprozesse bei Wagen mit hohen bzw. niedrigen jährlichen Laufleistungen besser anzupassen.

Die Entdeckungswahrscheinlichkeit einer Entgleisung ist gerade im Schienengüterverkehr, wie im Folgenden noch gezeigt wird, nicht sehr hoch. Ein entgleister, aber noch im Zugverband mitfahrender Wagen kann in vielen Fällen unerkannt bleiben, bis er sich aus dem Zugverband löst und durch die Trennung der Hauptluftleitung eine Bremsung des gesamten Zugverbandes einleitet.

Statistisch lässt sich der Sicherheitsvorteil der Eisenbahn auch mit Hilfe der Unfallzahlen der verschiedenen Verkehrsträger belegen [12].

Von den 3728 betrachteten Unfällen zwischen den Jahren 2000 bis 2005, an denen Güterzüge beteiligt waren, kam es bei 92,4 % lediglich zu Sachschäden. Allerdings wurden bei 7,6 % auch Personen verletzt oder getötet.

Bei Betrachtung aller Verkehrsträger des Güterverkehrs wurden im selben Zeitraum insgesamt über 200.000 Verkehrsunfälle gezählt. Dabei entfallen rund 96 % der Unfälle auf den Straßengüterverkehr, während die Unfälle mit einer Beteiligung von Güterzügen oder im Schiffsverkehr nur jeweils rund 2 % betragen.

Ein Vergleich der Unfälle mit Personenschäden zeigt recht deutlich, dass der Straßengüterverkehr insbesondere bei diesen Unfallauswirkungen die größten Verunglücktenraten aufweist. Bei Betrachtung der Absolutzahlen zeigt sich, dass mehr als 99 % der Unfälle mit Personenschaden im Straßengüterverkehr geschehen [12].

Tabelle 2: Unfall- und Verunglücktenraten im Güterverkehr per Lkw, Eisenbahn und Binnenschiff im Zeitraum der Jahre 2000 bis 2005 [12]

	Unfälle je Mrd. tkm	Getötete je Mrd. tkm	Schwerverletzte je Mrd. tkm	Leichtverletzte je Mrd. tkm
Lastkraftwagen	89,01	2,48	11,63	49,79
Eisenbahn	7,67	0,28	0,17	0,27
Binnenschiff	10,13	0,04	0,13	0,38

In Tabelle 2 sind die Unfallzahlen der einzelnen Verkehrsträger normiert auf die Verkehrsleistung dargestellt. Es zeigt sich, dass die Eisenbahn gegenüber dem Straßengüterverkehr, wie bereits beschrieben, deutliche Sicherheitsvorteile bietet. Dennoch kommt es hier selten zu größeren Unfällen, die im Folgenden exemplarisch dargestellt und bewertet werden. Dabei werden insbesondere die Unfälle betrachtet, bei denen eine Entgleisungsdetektion die Unfallschwere deutlich beeinflusst hätte. Entgleisungsdetektoren sind im Schienengüterverkehr bisher nicht vorgeschrieben. Eine detaillierte Darstellung zur rechtlichen Situation der Entgleisungsdetektion in Europa befindet sich im Abschnitt 2.2.

2.1 Betrachtung von Unfällen

Für das Schweizer Schienennetz wurde im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr (BAV) eine Risikoanalyse für Gefahrguttransporte auf der Bahn erstellt. Eine Hauptaussage ist, dass *„ungefähr 80% aller Unfälle, bei denen es zu einer großen Freisetzung von Gefahrgut kommt, auf Entgleisungen zurückzuführen (sind)“* [13].

Insbesondere fällt bei der Betrachtung von Unfällen im Schienengüterverkehr auf, dass bei vielen Unfällen der Zug nicht sofort angehalten wurde, sondern noch ohne Bremsenleitung weitergefahren ist. In [14] werden Entgleisungen von Güterzügen in Europa zwischen den Jahren 2000 und 2011 aufgelistet.

Entgleisungen, bei denen durch das Vorhandensein einer Entgleisungsdetektion das Schadensmaß deutlich hätte reduziert werden können, sind in einer Vielzahl zu finden. In vielen Fällen fährt der Zug mit einem entgleisten Wagen mehrere Kilometer ungebremst weiter und

beschädigt vor allem die Infrastruktur. Ein rechtzeitiges Abbremsen des Zuges kann das Schadensausmaß deutlich reduzieren, da oft nicht die Entgleisung als Ursache, sondern erst die daraus resultierenden Folgen zu dem eigentlichen Unglück führen [15]. Beispiele dafür sind in [16] zu finden.



Abbildung 2: Beispielhafte Beschädigungen von Betonschwellen bei Weiterfahrt eines entgleisten, unbeladenen Wagens, aufgenommen am 11.10.2007 in Berlin-Schöneweide, Radsatzlast 7,5 t

In Abbildung 2 sind typische Beschädigungen aufgrund einer Weiterfahrt eines entgleisten Wagens dargestellt. Die Schwellen sind in diesem Fall so stark beschädigt, dass ihr Austausch unvermeidbar ist.

Auslöser für die Entwicklung verschiedener Entgleisungsdetektionssysteme war eine Serie schwerer Unfälle in der Schweiz Anfang der 1990er Jahre. Insbesondere der Unfall in Zürich-Affoltern im Jahr 1994 [17], bei dem die eigentliche Entgleisung eines Gefahrgutwagens einige Kilometer vor der Unfallstelle stattfand, sei hier erwähnt. Die Entgleisung des Wagens blieb unbemerkt. Der bereits entgleiste Wagen wurde an einer Weiche bei der Durchfahrt durch den Bahnhof Zürich-Affoltern stark beschädigt. Durch das auslaufende Benzin kam es zum Brand und den damit verbundenen Schäden [16]. Das Unglück wäre mithilfe eines installierten Entgleisungsdetektors auf dem betreffenden Wagen vermutlich zu verhindern gewesen. Der Zug wäre nach der detektierten Entgleisung wahrscheinlich noch vor dem Bahnhof zum Stehen gekommen. Dieser Fall führte zu einem wachsenden politischen Handlungsdruck sowie zur Entwicklung und Zulassung des Entgleisungsdetektors EDT100 der Firma Oerlikon-Knorr Eisenbahntechnik AG.

Ein Unfall, an dem Wagen mit Entgleisungsdetektoren beteiligt waren, ist die Entgleisung in Cornaux (Schweiz). Am 24.03.2006 entgleisten bei der Ausfahrt aus dem Bahnhof vier der 20 Wagen eines Güterzuges. Einige der Kesselwagen waren mit Entgleisungsdetektoren ausgestattet, so dass bei einem der entgleisten Wagen ein Detektor ansprach. Jedoch wurde durch

www.eurailpress.de

ISBN 978-3-87154-520-7



9 783871 545207