

**Aufbereitung von  
Statistiken zu  
Verkehrsaufkommen  
und Unfallgeschehen**

## **Aufbereitung von Statistiken zu Verkehrsaufkommen und Unfallgeschehen**

Abschlussbericht

Arbeitspaket 2 und 6

Holger Eberhardt  
Janis Endres  
Annegret Günther  
Florence-Nathalie Sentuc

Oktober 2017

Auftrags-Nr. 854516

### **Anmerkung:**

Das diesem Bericht zugrunde liegende FE-Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) unter dem Kennzeichen 3614R03343 durchgeführt.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Auftragnehmer.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

## **Deskriptoren**

Beförderung radioaktiver Stoffe, Unfallwahrscheinlichkeiten, Transportsicherheit

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand von Wissenschaft und Technik.....</b>	<b>3</b>
2.1	Verkehrsträger Schiene .....	5
2.2	Verkehrsträger Straße .....	6
2.3	Verkehrsträger Seeschifffahrt .....	8
<b>3</b>	<b>Unfallhäufigkeiten und -schwere für den Verkehrsträger Schiene ....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Unfallhäufigkeiten und -schwere für den Verkehrsträger Straße .....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Überprüfung des Sicherheitsniveaus bei der Rückführung radioaktiver Abfälle (Verkehrsträger Seeschifffahrt).....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung/Bewertung.....</b>	<b>23</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>25</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>29</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>31</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>33</b>

# 1 Einleitung

Die Beförderung radioaktiver Stoffe und die damit verbundenen Risiken stehen immer wieder im Fokus der Öffentlichkeit. Insbesondere die Rücktransporte von Wiederaufarbeitungsabfällen aus dem Ausland nach Deutschland oder die zukünftig anstehenden Transporte radioaktiver Abfälle in das Endlager Konrad führen zu Besorgnissen in der Bevölkerung. Die Frage nach den radiologischen Auswirkungen eines möglichen Transportunfalls steht dabei für die Anwohner sowie die vom Transportweg betroffenen Städte und Gemeinden im Vordergrund. Die Strahlenexposition der Bevölkerung beim normalen, d. h. unfallfreien Transport, ist ein weiteres Thema. Aber auch aus wissenschaftlicher Sicht ist die Konsequenzenanalyse ein Instrument zur Überprüfung der Angemessenheit und Effektivität der internationalen Transportvorschriften zur sicheren Beförderung radioaktiver Stoffe.

Zur Untersuchung und Bewertung von Transportunfallrisiken, d. h. zur Erstellung zukünftiger Transportsicherheitsanalysen, ist es notwendig eine aktuelle Datengrundlage für die notwendigen Auswertungen vorzuhalten. Diese Datenbasis beinhaltet Daten zu Verkehrsaufkommen sowie Unfallhäufigkeiten und -schwere. Hierdurch ist es möglich Unfallhäufigkeiten (die Anzahl der Unfälle pro zurückgelegter Wegstrecke) zu berechnen.

Im realen Unfallgeschehen treten unterschiedlichste Unfallhergänge und Szenarien auf, die sich durch eine große Bandbreite physikalischer Auswirkungen auf Versandstücke auszeichnen können. Zur Klassifizierung werden verschiedene Unfallereignisse sogenannten Belastungsklassen zugeordnet. Diese Zuordnung erfordert eine Unterscheidung der Unfalldaten nach Aufprallgeschwindigkeiten und möglichen Branddauern.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „3614R03343“ wurden daher im Arbeitspaket 2 (AP 2) „Aufbereitung von Statistiken zu Verkehrsaufkommen und Unfallgeschehen in Deutschland“ Untersuchungen durchgeführt, die sich mit den Unfallhäufigkeiten und der Unfallschwere für die Verkehrsträger Schiene und Straße beschäftigten. Hierbei war zu beachten, dass nicht sämtliche Unfälle geeignet sind, Schaden am Versandgut hervorzurufen. Ein Ziel war es also, sogenannte Bagatellunfälle aus der Untersuchung auszuschließen. Des Weiteren wurden Analysen des Unfallgeschehens durchgeführt, die sich auf den gesamten Straßen- und Schienengüterverkehr bezogen, da eine Beschränkung auf das Beförderungsaufkommen radioaktiver Stoffe, zur Ableitung statis-

tisch signifikanter Unfalldaten, aufgrund des geringen Beförderungsaufkommens, nicht ausreichend ist.

Das ursprünglich als AP 6 geplante Arbeitspaket „Überprüfung des Sicherheitsniveaus bei der Rückführung radioaktiver Abfälle“, konnte aufgrund geänderter externer Randbedingungen und unsicherer Datenlage (Verschiebung der Rückführungskampagnen auf späteren Zeitpunkt etc.) nur bedingt bearbeitet werden. Die Tätigkeiten der GRS zu diesem Arbeitspaket beschränkten sich daher auf Untersuchungen zu Unfallwahrscheinlichkeiten bei Seetransporten. Ziel hierbei war es, die vorliegenden Daten zu Unfallwahrscheinlichkeiten bei Seetransporten zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren.

## 2 Stand von Wissenschaft und Technik

Für die Ermittlung der bei einem Unfallgeschehen auftretenden Belastungen sind ausführliche Informationen zum Unfallablauf und detaillierte Kenntnisse der Randbedingungen erforderlich. Derartige Daten sind nicht für alle Verkehrsträger im gleichen Umfang verfügbar.

In den öffentlich verfügbaren Statistiken zum Unfallgeschehen finden sich in der Regel Angaben zu der Häufigkeit bestimmter Unfallarten, die beispielsweise hinsichtlich Unfallbeteiligten, Unfallursachen oder Schadensumfang eingegrenzt werden. Diese Statistiken bieten zwar einen Ansatz, um die Häufigkeit von Unfällen, etwa in Bezug auf bestimmte Fahrzeugtypen, oder hinsichtlich spezifischer Unfallsituationen wie Brand, Absturz von einer Brücke, etc. zu untersuchen, sie sind jedoch nicht zwangsläufig geeignet, um die bei Unfällen auf die Behälter einwirkenden Belastungen zu quantifizieren. Eine Vielzahl von Statistiken konzentriert sich auf Informationen über aufgetretene Personenschäden. Diese Informationen spielen für die Untersuchung und Bewertung von Transportunfallrisiken bei der Beförderung radioaktiver Stoffe jedoch nur eine untergeordnete Rolle, da beispielsweise beim Straßenverkehr Personenschäden nicht ausschließlich durch entsprechend stark beschädigte PKW und LKW verursacht werden, sondern auch durch ungeschützte Verkehrsteilnehmer wie Radfahrer und Fußgänger bedingt sind. Zudem kann ein Unfall zwischen PKW und LKW gerade den Insassen des PKWs erheblichen Schaden zufügen, ohne dass für die Ladung des LKWs erhöhte Unfallbelastungen auftreten. Die Abgrenzung des Schadensausmaßes, das im Hinblick auf die Behälterauslegung als relevant anzusehen ist, lässt sich ohne detailliertere Kenntnisse der beim Unfallablauf vorherrschenden physikalischen Parameter nur durch eine entsprechend konservative Betrachtungsweise sicherstellen.

Für die Abschätzung von Unfallhäufigkeiten und somit für die Bewertung des Unfallrisikos sind die öffentlich verfügbaren Unfallstatistiken allerdings unverzichtbar, da in ihnen sowohl eine ausreichende Datenbasis berücksichtigt wird, um Unfallhäufigkeiten zu bewerten, als auch Angaben zu den zurückgelegten Fahrleistungen – etwa für bestimmte Fahrzeugtypen, Verkehrswege bzw. Verkehrsträger – vorliegen, so dass die Ermittlung eines Unfallrisikos erfolgen kann. Jedoch sind nicht alle benötigten Daten zur Bearbeitung der genannten Fragestellungen in öffentlich zugänglichen Datenbanken verfügbar. Aus diesem Grund müssen zur Beschaffung spezifischer Informationen über Unfallabläufe alternative Datenquellen herangezogen werden.

Die GRS hat zuletzt im Jahr 2009, im Rahmen des Forschungsvorhabens SR2600, eine Transportstudie – die Transportstudie Konrad 2009 /SEN 10/ – publiziert, die sich mit einer Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad befasst. Die für dieses Forschungsvorhaben, sowie für Vorgängervorhaben durchgeführten Untersuchungen, hatten unter anderem zum Ziel Unfallwahrscheinlichkeiten zu ermitteln. Hierfür wurden umfangreiche Analysen von Unfalldaten und –statistiken zum Güterzugverkehr und zum Schwerlastverkehr auf der Straße durchgeführt. Die Datengrundlage dieser Studie stammt teilweise aus Quellen, die weiter zurückliegende Zeiträume umfassen und Unfalldaten bis 2001 bzw. 2005 (für die Verkehrsträger Schiene bzw. Straße) beinhalten. Da das Verkehrsunfallgeschehen durch vielfältige Einflussfaktoren regelmäßigen Änderungen unterliegt, ist jedoch die Untersuchung und Bewertung von Transportunfallrisiken anhand aktueller Unfalldaten wünschenswert.

In der Transportstudie Konrad 2009 wurden die analysierten Unfälle in neun Belastungsklassen (vgl. Tab. 2.1) eingeordnet, die den möglichen Unfallauswirkungen durch die Betrachtung von Aufprallgeschwindigkeiten sowie Branddauern (und Temperatur) Rechnung tragen. Als Maß für die mechanische Belastung wird die Fahrgeschwindigkeit des Abfalltransports angegeben, bei der sich der Transportunfall ereignet.

**Tab. 2.1** Definitionsschema der neun Belastungsklassen

Aufprallgeschwindigkeit	Branddauer und Temperatur		
	ohne Brand	30 min/800 °C Brand	60 min/800 °C Brand
≤ 35 km/h	BK 1	BK 2	BK 3
36 – 80 km/h	BK 4	BK 5	BK 6
> 80 km/h	BK 7	BK 8	BK 9

Die wichtigsten Ergebnisse der Transportstudie Konrad 2009 sind in den nachfolgenden Kapiteln 2.1 und 2.2 für die Verkehrsträger Schiene und Straße kurz wiedergegeben.

Die Transportstudie Konrad 2009 umfasst die Beförderung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung für die Verkehrsträger Schiene und Straße. Ausführliche Studien zur Sicherheit der Beförderung radioaktiver Stoffe in der Seeschifffahrt wurden im Rahmen eines 1993 gegründeten „Co-ordinated Research Project“ (CRP) durchgeführt. Dieses wird in Kapitel 2.3 vorgestellt.



## 2.1 Verkehrsträger Schiene

Für die Untersuchungen im Rahmen der genannten Vorhaben wurden Unfalldaten aus insgesamt 23 Jahren (1979 bis 2001) betrachtet. Zum Ausschluss von Bagatellunfällen wurden hier nur die Ereignisarten Entgleisung, Zusammenstoß, Aufprall, Zusammenprall und Brand/Explosion betrachtet. Störungen, wie die Vorbeifahrt eines Zuges am Haltbegriff oder Störungen an einem Fahrzeug wurden nicht in die Analyse einbezogen. Auch Unfälle mit Personenschaden sowie Unfälle im reinen Personenverkehr sind für die betrachtete Fragestellung nicht relevant. Zum weiteren Ausschluss von Bagatelereignissen, wurden bei der Auswertung nur solche Ereignisse als relevant berücksichtigt, bei denen der Sachschaden an Schienenfahrzeugen insgesamt den Betrag von 1500 € (früher 3000 DM) überschritten hat. Seit 1997 stand der Sachschaden auch aufgeschlüsselt nach einzelnen Schienenfahrzeugen zur Verfügung, so dass diese Information dazu benutzt werden konnte, die gleiche Relevanzgrenze für den Schaden am einzelnen Schienenfahrzeug anzuwenden.

Zur Einordnung der Unfallereignisse in die Belastungsklassen wurde für die mechanischen Belastungen, wie oben erwähnt, die Fahrgeschwindigkeit des Zuges vor dem Unfall verwendet. Für die Zuordnung in Bezug zur Schwere der thermischen Belastungen wurden zwei Drittel der Brandereignisse als äquivalent zum 30 Minuten Referenzbrand und ein Drittel als äquivalent zum 60 Minuten Referenzbrand eingestuft.

Im Ergebnis wurde eine über den betrachteten Zeitraum gemittelte Gesamtunfallwahrscheinlichkeit von 0,36 Güterzugunfällen pro eine Million gefahrene Kilometer bestimmt. Des Weiteren wurde berechnet, dass nur in 3,3 % aller Unfälle solcher Güterzüge ein oder auch mehrere Abfallwagen betroffen sind.

Die Zuordnung der relativen Unfallhäufigkeiten zu den Belastungsklassen ist in Tab. 2.2 dargestellt.

**Tab. 2.2** Relative Häufigkeit der neun Belastungsklassen bei Güterzugunfällen

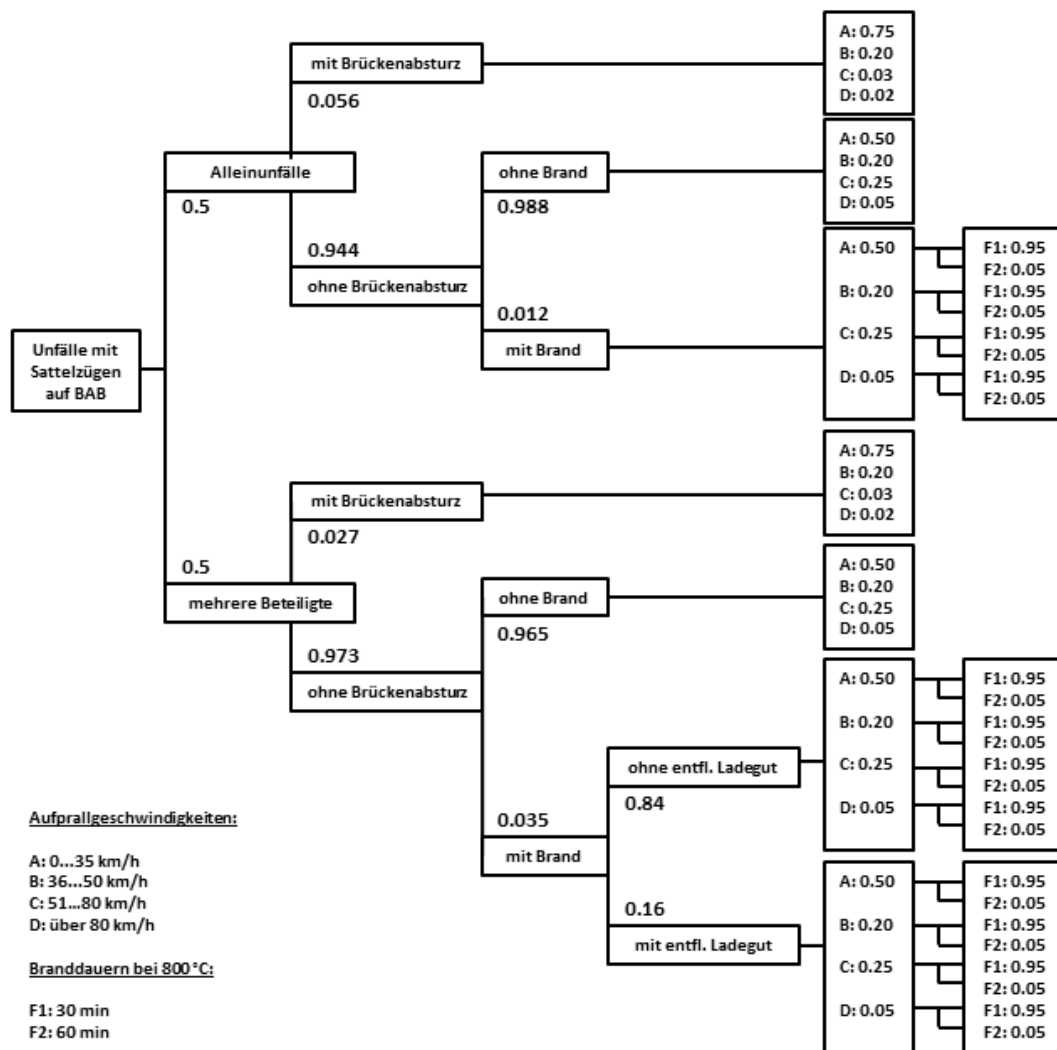
Aufprallgeschwindigkeit	Branddauer und Temperatur		
	ohne Brand	30 min/800 °C Brand	60 min/800 °C Brand
≤ 35 km/h	0,221 (BK 1)	$8,25 \cdot 10^{-2}$ (BK 2)	$4,13 \cdot 10^{-2}$ (BK 3)
36 – 80 km/h	0,387 (BK 4)	$8,45 \cdot 10^{-3}$ (BK 5)	$4,23 \cdot 10^{-3}$ (BK 6)
> 80 km/h	0,247 (BK 7)	$5,39 \cdot 10^{-3}$ (BK 8)	$2,69 \cdot 10^{-3}$ (BK 9)

## 2.2 Verkehrsträger Straße

Die Untersuchungen der Gesamtunfallrate im Rahmen der Transportstudie Konrad 2009 bezogen sich im Wesentlichen auf die Jahre 2000 und 2005. Zum Ausschluss von Bagatellunfällen wurden ausschließlich die Unfallkategorien „Unfälle mit Personenschaden“ sowie „Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden“ betrachtet. Außerdem wurde die Datenanalyse auf „LKW mit mehr als 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht mit Anhänger sowie Sattelfahrzeuge“ beschränkt, da im Allgemeinen nur solche Fahrzeuge für die betrachtete Fragestellung relevant sind. Des Weiteren wurden ausschließlich Unfälle betrachtet, die sich auf Bundesautobahnen zugetragen haben, da die Anlieferung radioaktiver Stoffe nach Konrad nur auf Autobahnen und – im näheren Bereich des Endlagers – auf autobahn-ähnlich ausgebauten Streckenabschnitten möglich und wahrscheinlich ist. Um eine ausreichende Fallzahl für eine statistisch gesicherte Aussage zu gewährleisten, wurden Unfälle auf dem gesamten Bundesgebiet betrachtet. Unter den oben genannten Voraussetzungen wurde eine Gesamtunfallrate von  $2,9 \cdot 10^{-7}$  pro Kilometer ermittelt.

Zur Zuordnung von Unfalleinwirkungen zu Belastungsklassen konnten im Rahmen der Transportstudie Konrad 2009 eigene Auswertungen von Primärdaten aufgrund des damit verbundenen Aufwands nur begrenzt durchgeführt werden. Daher wurden hinsichtlich der relativen Häufigkeit bestimmter Unfalleinwirkungen im Wesentlichen die Ergebnisse der Transportstudie Konrad 1991 /LAN 91/ verwendet, die zu einem großen Teil auf Ergebnissen von /PSE 85a/, /PSE 85b/ basieren. Diese Ergebnisse können in Form eines Ereignisbaumes dargestellt werden (vgl. Abb. 2.1).

Die Zuordnung der relativen Unfallhäufigkeiten zu den Belastungsklassen ist in Tab. 2.3 dargestellt.



**Abb. 2.1** Ereignisbaum mit Unfallszenarien für Sattelzüge auf Bundesautobahnen

**Tab. 2.3** Relative Häufigkeit der neun Belastungsklassen bei Straßentransportunfällen

Aufprallgeschwindigkeit	Branddauer und Temperatur		
	ohne Brand	30 min/800 °C Brand	60 min/800 °C Brand
≤ 35 km/h	0,499 (BK 1)	$1,05 \cdot 10^{-2}$ (BK 2)	$8,40 \cdot 10^{-4}$ (BK 3)
36 – 80 km/h	0,431 (BK 4)	$9,45 \cdot 10^{-3}$ (BK 5)	$7,56 \cdot 10^{-4}$ (BK 6)
> 80 km/h	0,048 (BK 7)	$1,05 \cdot 10^{-3}$ (BK 8)	$8,40 \cdot 10^{-5}$ (BK 9)

## 2.3 Verkehrsträger Seeschifffahrt

Schon Anfang der 1990er Jahre wurde aufgrund von Bedenken der Bevölkerung bezüglich des radiologischen Risikos von Schifftransporten radioaktiver Stoffe und einer Empfehlung der SAGSTRAM (Standing Advisory Group of the Safe Transport of Radioactive Materials) eine Arbeitsgruppe von der IAEA und der IMO (International Maritime Organization) eingerichtet, die etwas später von Vertretern der UNEP (United Nations Environment Programme) erweitert wurde. Auch wenn diese Arbeitsgruppe zeigen konnte, dass ein sehr geringes radiologisches Risiko mit dem Schifftransport einhergeht, wurde darauf hingewiesen, dass neue Erkenntnisse über Schiffsunfälle dazu führen könnten, dass die IAEA-Anforderungen an Typ B Versandstücke überarbeitet werden müssen.

1993 wurden von der IMO internationale Standards für Schiffe, die radioaktive Stoffe transportieren, eingeführt, den sogenannten INF Code (Code for Safe Carriage of Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High-Level Radioactive Wastes in Flasks on Board Ships). Etwa zeitgleich empfahl die SAGSTRAM die Arbeitsgruppe der IAEA, der IMO und der UNEP mit Hilfe eines „Co-ordinated Research Project“ (CRP) zu unterstützen. Innerhalb dieses CRP wurden daraufhin Studien durchgeführt, die in elf einzelnen Berichten veröffentlicht wurden (/AMM 99/, /KAY 93/, /KAY 95/, /LAN 98/, /SCH 99/, /SEL 91/, /SEL 92a/, /SEL 92b/, /TSU 99/, /YAM 98a/, /YAM 98b/). Diese wurden dann in dem TECDOC-1231 Dokument der IAEA zusammengefasst /IAEA 01/.

Diese Berichte zur Wahrscheinlichkeit und Schwere von Schiffsunfällen und den damit verbundenen Auswirkungen auf Transportbehälter für radioaktive Stoffe, insbesondere der Bericht der IAEA /IAEA 01/ und des Forschungsnehmers /LAN 98/, bilden den Ausgangspunkt für die vorliegenden Untersuchungen in Kapitel 5. In den Berichten werden Wahrscheinlichkeiten für diverse Unfallszenarien für INF 3 Schiffe (klassifiziert nach INF 3 Standard, s. o.) berechnet. Beispiele aus /LAN 98/ sind:

- Feuer/Explosion:  $5,3 \cdot 10^{-9}$  pro Seereise (ohne Überschreitung der Typ B Anforderungen)
- Kollision:  $1,6 \cdot 10^{-7}$  pro 1 000 Seemeilen (Kein Schaden an Typ B Versandstück)
- Kollision mit Tanker und Feuer:  $2 \cdot 10^{-10}$  pro Seereise

Des Weiteren wird in der Studie /LAN 98/ davon ausgegangen, dass eine Rückholung der Versandstücke aus Sellafield bei Sinken des Schiffs wahrscheinlich ist, da die Mee-

restiefe zwischen Barrow-in-Furness und den europäischen Nordsee-Anrainerstaaten < 100 m beträgt. Falls dennoch keine Rückholung möglich wäre und es zu einer Freisetzung von radioaktivem Material kommen sollte, wird die Strahlenexposition in /LAN 98/ als vernachlässigbar gegenüber der Hintergrundstrahlung angesehen. Ein weiteres Resultat der Studie besagt, dass die Auslegung der Versandstücke meistens höher ist als die Belastung bei den untersuchten Unfallszenarien. Als Fazit wird das Unfallrisiko bei den betrachteten Schiffstransporten als sehr gering dargestellt. Dies ist insbesondere bedingt durch die hohen Sicherheitsstandards des Versandstücks und der INF 3 Schiffe.



### 3 Unfallhäufigkeiten und -schwere für den Verkehrsträger Schiene

Für die Transportstudie Konrad 2009 standen detaillierte Daten über Unfälle im Eisenbahnverkehr bis zum Jahr 2001 zur Verfügung, die von der deutschen Bundesbahn (DB) bereitgestellt wurden. Diese Datenbasis sollte im Rahmen dieses Vorhaben durch neue Zahlen aktualisiert werden. Eine Datenbereitstellung durch die DB für die Jahre ab 2002 konnte nicht mehr erfolgen. Als alternative Datenquelle stehen der GRS Daten der Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes (EUB) des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) für die Jahre 2002 bis 2016 zur Verfügung.

Die verschiedenen Eisenbahnverkehrsunternehmen melden der EUB gefährliche Ereignisse im Eisenbahnbetrieb nach den in einer Allgemeinverfügung der EUB /EUB 09/ konkretisierten Meldepflichten. Diese Allgemeinverfügung ist am 01. Januar 2010 in Kraft getreten und hat die vorher gültige Anordnung des EBA für das *Melden, Untersuchen und Berichten gefährlicher Ereignisse /EBA 99/* im Eisenbahnbetrieb ersetzt. Mit der Änderung der Meldeanweisung ergaben sich diverse Unterschiede bezüglich des Inhaltes und des Umfangs der gemeldeten Ereignisse. Beispiele hierfür werden im Folgenden erläutert.

In den Meldeanweisungen des EBA bzw. der EUB werden verschiedene Arten gefährlicher Ereignisse definiert. Beispielsweise umfasst der Oberbegriff *Unfall* nach der seit 2010 gültigen Meldeanweisung die Ereignisarten:

- Kollision,
- Entgleisung,
- Personenunfall,
- Bahnübergangsunfall (Zusammenprall),
- Fahrzeugbrand und
- Sonstiger Unfall im Eisenbahnbetrieb.

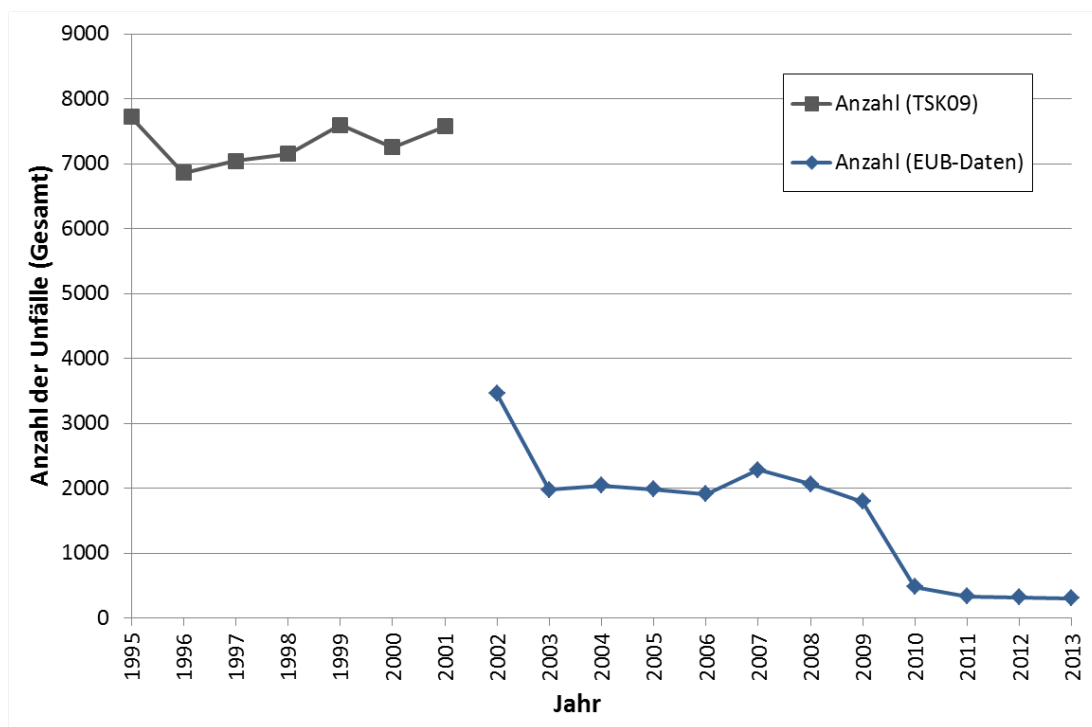
Die entsprechenden Ereignisarten wurden in der bis 2009 gültigen Meldeanweisung wie folgt definiert:

- Aufprall,
- Entgleisung,
- Gefährliches Ereignis mit Reisenden,

- Zusammenprall und
- Zusammenstoß.

Durch die Neudefinition der Ereignisarten kann es nach Aussage der EUB zu Unterschieden in der Anzahl der gemeldeten gefährlichen Ereignisse kommen.

Zusätzlich wurde im Jahr 2010 eine Relevanzgrenze von 10.000 € für die Meldung gefährlicher Ereignisse eingeführt (außer bei einer Kollision zweier Züge), so dass die in der Transportstudie Konrad 2009 eingeführte Relevanzgrenze von 1.500 € bei Analyse der EUB-Daten nicht beibehalten werden kann. Die Relevanzgrenze bis 2009 ist der EUB nicht bekannt, was bedeutet, dass ggf. auch für diese Daten keine, mit der Transportstudie Konrad 2009 vergleichbare, Analyse durchgeführt werden kann. Zur Illustration ist die Gesamtzahl der Unfälle, die in den von der EUB zur Verfügung gestellten Daten enthalten sind, im Vergleich zu den in der Transportstudie Konrad verwendeten Daten der Jahre 1995 bis 2001, in Abb. 3.1 dargestellt.

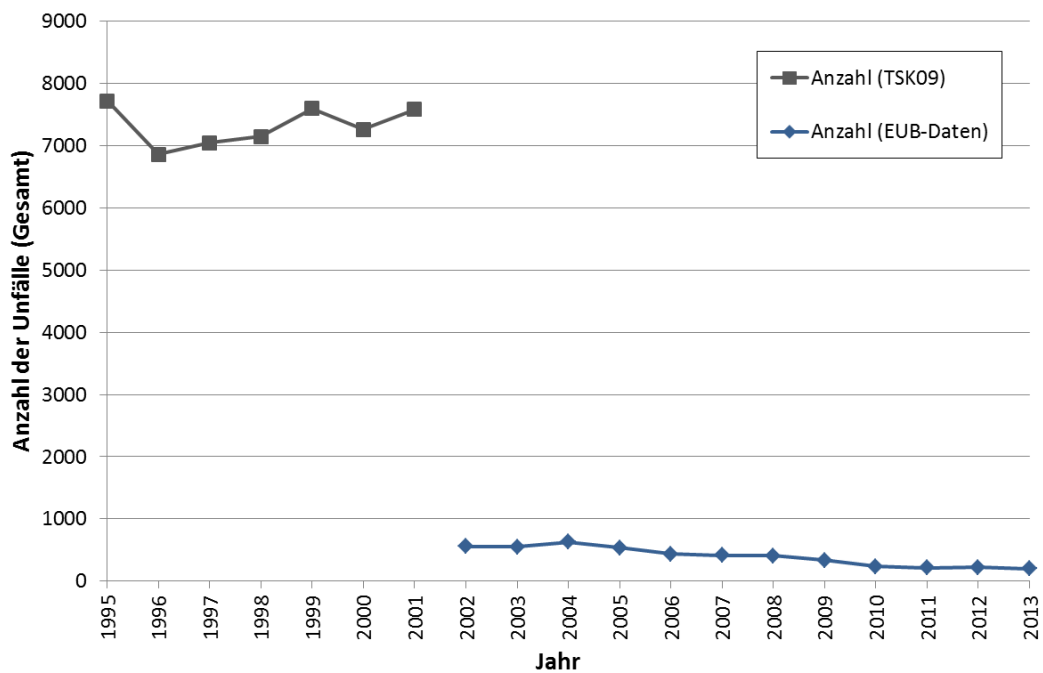


**Abb. 3.1** Unfalldaten der Jahre 1995 bis 2001 (grau), 2002 bis 2013 (blau; alte EUB-Datenbank)

Des Weiteren hat die EUB im Jahr 2010 eine neue Datenbank aufgebaut, deren Inhalte gegenüber der Vorgänger-Datenbank deutlich reduziert wurden. Die Gesamtzahl der Unfälle, die in der in der neuen EUB-Datenbank enthalten sind, im Vergleich zu den in



der Transportstudie Konrad verwendeten Daten der Jahre 1995 bis 2001, ist in Abb. 3.2 dargestellt.



**Abb. 3.2** Unfalldaten der Jahre 1995 bis 2001 (grau), 2002 bis 2013 (blau; neue EUB-Datenbank)

Sowohl eine Aktualisierung der in der Transportstudie Konrad 2009 bestimmten Unfallhäufigkeiten als auch eine Einordnung in Belastungsklassen ist somit anhand der durch die EUB zur Verfügung gestellten Daten nicht möglich.



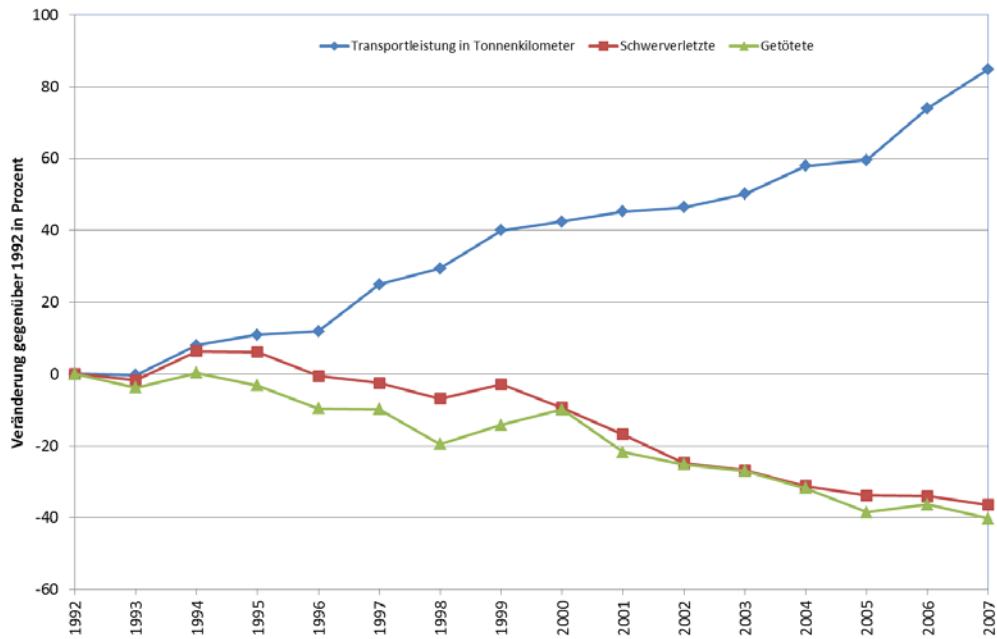
## **4 Unfallhäufigkeiten und -schwere für den Verkehrsträger Straße**

Das Ziel der Untersuchungen war es, zum einen aufgrund einer aktuellen Datenbasis Unfallhäufigkeiten, d. h. die Anzahl der Unfälle pro zurückgelegter Wegstrecke, zu bestimmen und zum anderen Unfallereignisse definierten Belastungsklassen zuzuordnen.

Zur Berechnung von Unfallwahrscheinlichkeiten ist es notwendig, Daten sowohl für Unfallzahlen als auch für die dazugehörige zurückgelegte Gesamtwegstrecke zu analysieren. Für die Beschaffung von Unfalldaten für den Verkehrsträger Straße wurde die DEKRA beauftragt /DEK 16/, da diese über Zugang zu diversen Datenbanken verfügt. Es sollten Daten zu Unfällen sowie Daten zum Verkehrsaufkommen und zu Fahrleistungen beschafft und für weitergehende Analysen entsprechend aufbereitet werden. Datenquellen waren hier insbesondere:

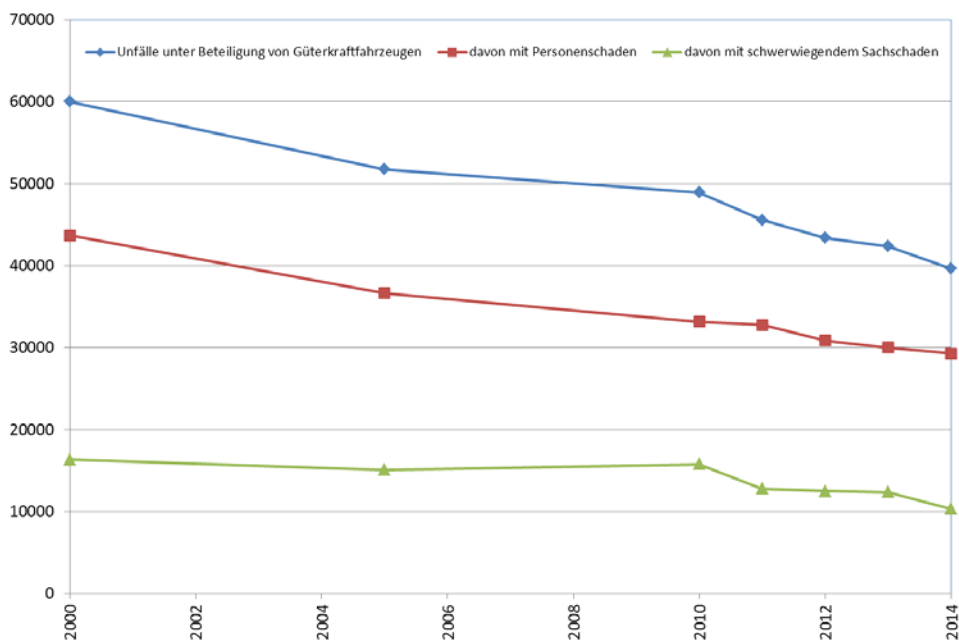
- Die amtliche deutsche Unfallstatistik: Hier werden durch Polizei erfasste Unfälle in Deutschland geführt. Die Datenbank ist repräsentativ, enthält jedoch keine Detaildaten.
- Die DEKRA-Unfalldatenbank (national): Hier werden Detaildaten zu schweren Unfällen mit Verdacht technischer Mängel geführt, jedoch ist diese Datenbank nicht repräsentativ.
- Die GIDAS-Unfalldatenbank (national): Die German In-Depth Accident Study (GIDAS) ist ein deutsches Projekt zur Erhebung von Unfalldaten unmittelbar an der Unfallstelle. Es werden Verkehrsunfälle mit Personenschäden geführt und es sind Detaildaten von Unfall-Stichproben verfügbar.
- Die CARE-Datenbank (europäisch): Die Community Road Accident Database (CARE) ist eine europäische Datenbank unter dem Dach der EU. Ziel ist es, europaweit Unfalldaten zu erfassen und mit Hilfe dieser Daten die Verkehrssicherheit zu fördern.

Aus den genannten Datenquellen, insbesondere aus der amtlichen deutschen Unfallstatistik lassen sich allgemeine Aussagen zum Verkehrsunfallgeschehen in Deutschland extrahieren. Beispielsweise zeigt sich in der Langzeitbetrachtung, dass die Zahl der bei Unfällen mit LKW-Beteiligung Verunglückten trotz steigender Transportleistung sinkt (vgl. Abb. 4.1).



**Abb. 4.1** In Deutschland bei LKW-Unfällen Getötete und Schwerverletzte im Vergleich zur Transportleistung

Abb. 4.2 zeigt absolute Zahlen von Unfällen mit Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen, die ebenfalls zeigen, dass die Zahl der Unfälle mit Beteiligung eines Güterkraftfahrzeugs gesunken ist.



**Abb. 4.2** Unfälle unter Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen

Die öffentlich zugänglichen Unfallstatistiken in Deutschland beziehen sich im Allgemeinen auf Unfallzahlen deutscher und ausländischer Kraftfahrzeuge im Inland, während sich die verfügbaren Daten zu Fahrleistungen von Kraftfahrzeugen auf im In- und Ausland erbrachte Fahrleistungen deutscher Fahrzeuge bezieht. Inlandsfahrleistungen können jedoch insbesondere über die im etwa zehnjährigen Rhythmus im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) durchgeführten Fahrleistungserhebungen bezogen werden. Die letzte Fahrleistungserhebung wurde für das Jahr 2014 durchgeführt und im August 2017 veröffentlicht /BASt 17/.

In 2014 ereigneten sich nach Erhebungen des statistischen Bundesamtes /STA 15/ 6347 „Unfälle mit Personenschaden“ sowie „Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden“ unter Beteiligung von „LKW mit mehr als 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht mit Anhänger sowie Sattelfahrzeugen“ auf Bundesautobahnen in Deutschland. Die Fahrleistung der genannten Güterkraftfahrzeuge belief sich in 2014 auf  $27,9647 \cdot 10^9$  km /BASt 17/. Somit ergibt sich eine Gesamtunfallrate von  $2,3 \cdot 10^{-7}$  pro Kilometer. Ein Vergleich mit der im Rahmen der Transportstudie Konrad 2009 ermittelten Gesamtunfallrate von  $2,9 \cdot 10^{-7}$  pro Kilometer bestätigt den oben gezeigten Trend von sinkenden Unfallzahlen in Deutschland.

Die Aktualisierung der Datenbasis zur Zuordnung von Unfalleinwirkungen zu Belastungsklassen gestaltet sich, wie schon in Abschnitt 2.2 beschrieben, als schwierig. Aus den von der DEKRA bereitgestellten Unfalldaten konnte jedoch die Datengrundlage zum Verhältnis von Alleinunfällen zu Unfällen mit mehreren Beteiligten verifiziert und aktualisiert werden. Das in der Transportstudie Konrad 2009 (bzw. der Transportstudie Konrad 1991) angenommene Verhältnis von Alleinunfällen zu Unfällen mit mehreren Beteiligten von 1:1 basierte auf Unfalldaten des Jahres 1987. Durch die Betrachtung von Unfalldaten aus dem Jahr 2014 ist es möglich ein Verhältnis von 1:2,5 zu ermitteln. Nach Aussage der DEKRA unterliegt dieses Verhältnis jedoch relativ großen zeitlichen Schwankungen, da das Verkehrsunfallgeschehen durch vielfältige Einflussfaktoren regelmäßigen Änderungen unterliegt.

Die sich aus dem neu bestimmten Verhältnis von Alleinunfällen zu Unfällen mit mehreren Beteiligten ergebende Zuordnung der relativen Unfallhäufigkeiten zu den Belastungsklassen ist in Tab. 4.1 dargestellt.

**Tab. 4.1** Relative Häufigkeit der Belastungsklassen bei Straßentransportunfällen

Aufprallgeschwindigkeit	Branddauer und Temperatur		
	ohne Brand	30 min/800 °C Brand	60 min/800 °C Brand
≤ 35 km/h	0,495 (BK 1)	$1,31 \cdot 10^{-2}$ (BK 2)	$6,88 \cdot 10^{-4}$ (BK 3)
36 – 80 km/h	0,430 (BK 4)	$1,18 \cdot 10^{-2}$ (BK 5)	$6,20 \cdot 10^{-4}$ (BK 6)
> 80 km/h	0,048 (BK 7)	$1,29 \cdot 10^{-3}$ (BK 8)	$6,88 \cdot 10^{-5}$ (BK 9)

## **5 Überprüfung des Sicherheitsniveaus bei der Rückführung radioaktiver Abfälle (Verkehrsträger Seeschifffahrt)**

Auch nach dem gesetzlichen Verbot der Wiederaufarbeitung (WA) als Entsorgungsweg für ausgediente Brennelemente (BE) zur gewerblichen Stromerzeugung in Kernkraftwerken in Deutschland fallen aus den bereits bestehenden Wiederaufarbeitungsverträgen weiterhin verschiedene Arten radioaktiver Abfälle an, die völkerrechtlich verpflichtend in das Herkunftsland zurückzuführen sind. Ein Beispiel hierfür sind die verglasten Spaltproduktkonzentrate, die in Form von sogenannten Glaskokillen (CSD-V) bereits aus der Wiederaufarbeitungsanlage bei La Hague in Frankreich nach Deutschland in das Transportbehälterlager Gorleben (TBL-G) zurückgeführt wurden.

Aufgrund der Verzögerungen der Rückführungskampagnen aus La Hague und Sellafield stehen die Transportmodalitäten sowie die Abfalleigenschaften derzeit noch nicht fest. Nach derzeitigem Kenntnisstand werden in den nächsten Jahren die folgenden weiteren Abfallströme für solche Rückführungskampagnen erwartet /BFE 17/:

- HAW-Glaskokillen aus Sellafield (Großbritannien), voraussichtlich 21 Behälter im Zeitraum 2019 bis 2021,
- MAW-Glasprodukt (CSD-B) aus La Hague (Frankreich), voraussichtlich 5 Behälter in 2019.

Diese geänderten Randbedingungen und die damit einhergehende unsichere Datenlage führten dazu, dass dieser Arbeitspunkt nur bedingt bearbeitbar war und sich die Tätigkeit der GRS auf die Untersuchungen zu Unfallwahrscheinlichkeiten bei Seetransporten beschränkt.

Aufgrund der Erscheinungsjahre (1998 und 2001) der beiden in Kapitel 2.3 vorgestellten Berichte /LAN 98/ und /IAEA 01/ ist es wünschenswert, die den Schiffsverkehr betreffenden Entwicklungen des Standes von Wissenschaft und Technik der letzten Jahre zu berücksichtigen und die Unfallwahrscheinlichkeiten zu aktualisieren. Dazu wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. In Tab. 5.1 ist ein Vergleich der Unfallwahrscheinlichkeiten für verschiedene Ereignisse und für den Bericht aus dem Jahr 1998 gegen aktuellere Berichte aufgetragen. Dabei wurden sowohl Kollisionen, Brände und das Sinken von Schiffen berücksichtigt. In allen Fällen zeigen die aktuelleren Wahrscheinlichkeiten einen geringeren Wert. Im Mittel sind die Unfallwahrscheinlichkeiten um einen Faktor 1,8 gesunken wobei die Faktoren zwischen 1,2 und 2,4 schwanken. Dieser

mittlere Faktor deckt sich annähernd mit Zahlen aus dem aktuellen Allianzbericht „AGCS Safety & Shipping Review 2017“ /ALL 17a/. Dieser berichtet ebenfalls von einem Rückgang der Totalverluste an Schiffen von mehr als 50 % innerhalb des letzten Jahrzehnts. Dass die Unfallfrequenzen ganz klar sinken, kann mit neuen Sicherheitsstandards auf den Schiffen beziehungsweise mit verbesserten Sicherheitsbedingungen seitens der Schiffseigner erklärt werden. Zum einen hat sich die Stabilität und Bauweise der Schiffe verbessert, zum anderen kommen zusätzlich technische Mittel wie Funk, GPS Navigation, Radar und ähnliches zum Einsatz, die mögliche Unfälle verhindern. Im Gegensatz zu diesem allgemein sinkenden Trend der Unfallwahrscheinlichkeiten steigt jedoch das Verkehrsaufkommen auf den Seewegen, was sich auf den steigenden internationalen Handel und die Weltwirtschaft zurückführen lässt. Auch der aktuelle Allianzbericht weist darauf hin, dass aufgrund von „steigendem regulatorischem Druck, schwindenden Margen und neuen Risiken“, mit denen die Schifffahrtsbranche konfrontiert ist, weiter Wachsamkeit notwendig sei /ALL 17b/.

Zusätzlich zu den Unfallstatistiken für diverse Schiffe, kann eine Betrachtung der Betriebserfahrung von INF 3 Schiffen herangezogen werden. Diesbezüglich hat die GRS aktuelle Daten der PNTL (Pacific Nuclear Transport Limited) Flotte zur Verfügung gestellt bekommen /PNTL 15/. Insgesamt blickt die PNTL Flotte auf 40 Jahre Betriebserfahrung (1975 – 2015) zurück. Dabei wurden mehr als 180 Transporte durchgeführt und über 5 Millionen Seemeilen zurückgelegt. Insgesamt wurden dabei mehr als 2 000 Behälter transportiert. Derzeit (Stand 2015) besteht die Flotte aus drei INF 3 Schiffen, der Pacific Heron, der Pacific Egret und der Pacific Gerbe. Während der gesamten Betriebszeit wurden keine schweren Unfälle verzeichnet.

Als Konsequenz aus der aktuellen Betrachtung der Unfallfrequenzen lässt sich ableiten, dass die Kernaussagen der bisherigen Studien ihre Gültigkeit behalten, da sich die Wahrscheinlichkeiten für Unfälle in den letzten Jahren nicht um eine Größenordnung verändert haben. Außerdem zeigt der generelle Trend für Unfallfrequenzen einen sinkenden Verlauf, wodurch die Ergebnisse der bisherigen Studien eine konservative Wichtung erfahren und nicht zu einer Unterschätzung der Unfallwahrscheinlichkeiten für INF 3 Schiffe führen. Nichtsdestotrotz erscheint es notwendig, die Entwicklung der Unfallstatistiken für die Seetransporte weiterzuverfolgen, um eine eventuelle Änderung aufgrund des u. a. höheren Verkehrsaufkommens berücksichtigen zu können.



**Tab. 5.1** Aktualisierte Unfallwahrscheinlichkeiten für Seewege

<b>Ereignis</b>	<b>Bericht 1998<sup>1</sup> Frequenz pro Jahr und Schiff</b>	<b>2000-2010<sup>2</sup> 2003-2016<sup>3</sup> Frequenz pro Jahr und Schiff</b>
<b>Feuer/Explosion mit Totalschaden</b>	4,2 E-4	2,5 E-4 <sup>2</sup>
<b>Feuer/Explosion (alle Ereignisse)</b>	1,7 E-2	0,7 E-2 <sup>3</sup>
<b>Kollision mit Total- schaden</b>	2,8 E-4	2,0 E-4 <sup>2</sup>
<b>Kollision und Kon- takt (alle Ereignisse)</b>	4,3 E-2	3,6 E-2 <sup>3</sup>
<b>Sinken</b>	1,4 E-3	0,8 E-3 <sup>2</sup>
<b>Sinken und Fluten</b>	3,8 E-3	1,7 E-3 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Aus /LAN 98/

<sup>2</sup> Allianz, Safety and Shipping 1912 – 2012 /ALL 12/

<sup>3</sup> MAIB Annual Reports 2003 – 2016 /MAIB 13/, /MAIB 14/, /MAIB 15/, /MAIB 16/, /MAIB 17/



## 6 Zusammenfassung/Bewertung

Eine Datenbasis in dem Detaillierungsgrad wie sie, zur Bestimmung von Unfallwahrscheinlichkeiten und insbesondere zur Zuordnung von Unfällen in Belastungsklassen, notwendig ist, kann nicht in vollem Umfang über öffentlich zugängliche Quellen bezogen werden. Deshalb wurde versucht Unfalldaten für die Verkehrsträger Schiene und Straße über andere Quellen zu beziehen.

Eine detaillierte Analyse der Daten der EUB für den Verkehrsträger Schiene hat gezeigt, dass die Datenbank der EUB nicht den erforderlichen Umfang für eine, mit der Transportstudie Konrad 2009 vergleichbare, Analyse aufweist. Die EUB benötigt ihre Datenbank ausschließlich zur Identifizierung von *schweren Unfällen* für die, nach Artikel 19 Abs. 1 der Richtlinie 2004/49/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 /EUP 04/, eine Untersuchung erforderlich ist. Nach Aussage der EUB ist der Umfang der Datenbank für diese Zwecke, trotz der beschriebenen Reduzierung, deutlich zu hoch. Aus diesem Grund wird sich der Umfang der Datenbank in Zukunft weiter reduzieren. Nach Aussage der EUB liegen Unfalldaten im – für eine Transportstudie – erforderlichen Umfang ausschließlich den Eisenbahnverkehrsunternehmen vor. Aus diesem Grund wurde eine Anfrage an die DB AG gestellt. Eine Datenbereitstellung ist jedoch bis zum Vorhabensende nicht erfolgt.

Für den Verkehrsträger Straße existieren deutlich mehr öffentlich verfügbare Daten. Weitere Detaildaten konnten über die DEKRA bezogen werden. Mit Hilfe dieser Daten konnte eine Gesamtunfallrate von  $2,3 \cdot 10^{-7}$  pro Kilometer („Unfälle mit Personenschaden“ sowie „Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden“ unter Beteiligung von „LKW mit mehr als 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht mit Anhänger sowie Sattelfahrzeugen“ auf Bundesautobahnen in Deutschland) für das Jahr 2014 bestimmt werden. Ein Vergleich mit der unter den gleichen Randbedingungen im Rahmen der Transportstudie Konrad 2009 ermittelten Gesamtunfallrate von  $2,9 \cdot 10^{-7}$  pro Kilometer (gemittelt für die Jahre 2000 und 2005) bestätigt einen Trend von sinkenden Unfallzahlen in Deutschland. Die Aktualisierung der Datenbasis zur Zuordnung von Unfalleinwirkungen zu Belastungsklassen konnte aufgrund von mangelnder Verfügbarkeit von Detaildaten nicht in vollem Umfang erfolgen. Aus den von der DEKRA bereitgestellten Unfalldaten konnte jedoch die Datengrundlage zum Verhältnis von Alleinunfällen zu Unfällen mit mehreren Beteiligten verifiziert und aktualisiert werden. Für das Jahr 2014 ergibt sich ein Verhältnis von 1:2,5 zu ermitteln, was sich deutlich von dem in vergangenen Transportstudien für das Jahr 1987 bestimmtem Verhältnis von 1:1 unterscheidet.

Die Betrachtung der aktuellen Unfallwahrscheinlichkeiten für Seetransporte zeigt eine Reduzierung um einen Faktor von ungefähr 1,8 gegenüber Werten der bisherigen Studien aus den Jahren 1998 und 2001. Damit erfahren die Ergebnisse dieser bisherigen Studien eine konservative Wichtung. Allerdings steigt gleichzeitig das Verkehrsaufkommen auf den Seewegen und es erhöht sich der Druck auf die Branche, weshalb nicht auszuschließen ist, dass sich dieser sinkende Trend der Unfallwahrscheinlichkeiten in naher Zukunft ändern könnte.

## Literaturverzeichnis

- /ALL 12/ Allianz Global Corporate & Specialty (Hrsg.): Safety and Shipping 1912-2012, From Titanic to Costa Concordia. March 2012.
- /ALL 17a/ Allianz Global Corporate & Specialty (Hrsg.): Safety and Shipping Review 2017, An annual review of trends and developments in shipping losses and safety. 2017.
- /ALL 17b/ Baptiste Ossena: AGCS Safety & Shipping Review 2017. Allianz Global Corporate & Specialty, erreichbar unter [https://www.allianz.com/de/presse/news/studien/170613\\_AGCS-Safety-und-Shipping-Review-2017/](https://www.allianz.com/de/presse/news/studien/170613_AGCS-Safety-und-Shipping-Review-2017/), Stand von 2017.
- /AMM 99/ Ammerman, D. J., Koski, J. A., Sprung, J. L.: SeaRAM: A US DOE Study of Maritime Risk Assessment Data and Methods of Analysis. Sandia National Laboratories, SAND99-0275: Albuquerque NM 87185, Juni 1999.
- /BASt 17/ Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): Fahrleistungserhebung 2014, Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko. Bergisch Gladbach, August 2017.
- /BFE 17/ Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE): Rückführung und Rücktransport aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente. Stand vom 10. Februar 2017, erreichbar unter [http://www.bfe.bund.de/DE/ne/abfaelle/rueckfuehrung/rueckfuehrung\\_node.html](http://www.bfe.bund.de/DE/ne/abfaelle/rueckfuehrung/rueckfuehrung_node.html), abgerufen am 26. Juni 2017.
- /DEK 16/ DEKRA Unfallforschung: Unfallgeschehen in Deutschland mit Lastkraftwagen > 3,5 t zGG, Datenbereitstellung, Abschlussbericht. November 2016.
- /EBA 99/ Melden, Untersuchen und Berichten gefährlicher Ereignisse im Eisenbahnbetrieb, zuletzt geändert 15. November 1999.
- /EUB 09/ Allgemeinverfügung der Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes (EUB), zuletzt geändert 10. November 2009.
- /EUP 04/ Richtlinie über die Eisenbahnsicherheit, zuletzt geändert 30. April 2004.

- /IAEA 01/ International Atomic Energy Agency (IAEA) (Hrsg.): Severity, probability and risk of accidents during maritime transport of radioactive material, Final report of a co-ordinated research project 1995–1999. IAEA TECDOC, IAEA-TECDOC-1231, July 2001.
- /KAY 93/ Kay, D.: Probabilistic Assessment of “Nord Pas-de-Calais” Fire Scenarios. Hrsg.: Atomic Energy Authority, AEA Technology, Consultancy Services (SRD), Rep. AEA/CS/16401412/ZJ768/001: Risley, 1993.
- /KAY 95/ Kay, D., Woodward, P. E., Zahid, M.: Assessment of frequency of fire on a vessel carrying irradiated nuclear fuel. AEA Technology, Consultancy Services, AEA/CS/16401249/ZJ/1577/001, 1995.
- /LAN 91/ Lange, F., Gründler, D., Schwarz, G.: Transportstudie Konrad: Sicherheitsanalyse des Transports radioaktive Abfälle zum Endlager Konrad. GRS-84, 164 S., ISBN 3-923875-34-7, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Juli 1991.
- /LAN 98/ Lange, F., Fett, H.-J., Hörmann, E., Röwekamp, M., Elston, B., Slawson, G., Chesire, R., Schneider, T., Raffestin, D.: Evaluation of the Safety of Vitrified High Level Waste Shipments from UK to Continental Europe by Sea, CEC Project 4.1020/D/96-001 (DG XVII). Hrsg.: Commission of the European Communities, October 1998.
- /MAIB 13/ Marine Accident Investigation Branch (MAIB): MAIB Annual Report 2012. July 2013.
- /MAIB 14/ Marine Accident Investigation Branch (MAIB): MAIB Annual Report 2013. July 2014.
- /MAIB 15/ Marine Accident Investigation Branch (MAIB): MAIB Annual Report 2014. July 2015.
- /MAIB 16/ Marine Accident Investigation Branch (MAIB): MAIB Annual Report 2015. July 2016.

- /MAIB 17/ Marine Accident Investigation Branch (MAIB): MAIB Annual Report 2016. July 2017.
- /PNTL 15/ PNTL: PNTL 1975 - 2015, Data sheet. 2015.
- /PSE 85a/ Tully, A.: Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung (PSE), Abschlussbericht, Fachband 9. 1985.
- /PSE 85b/ Tully, A. e. a.: Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung (PSE), Bestimmung des Straßentransportrisikos bei der Entsorgung durch ein nukleares Entsorgungszentrum, Integriertes Entsorgungskonzept oder andere Entsorgungstechniken, Endbericht. Januar 1985.
- /SCH 99/ Schneider, T., Armingaud, F., Tabarre, M.: Statistical Analysis of Accident Data Associated with Sea Transport (Data from 1994-1997). Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, Rep. CEPN-IPSN, NTE/99/02: Fontenay-aux-Roses, 1999.
- /SEL 91/ Selway, M., Smith, F. M., Bickley, A. M.: The Frequency of a Severe Fire on the Freight Ferry "Nord Pas-de-Calais". Hrsg.: Atomic Energy Authority, AEA Technology, Safety and Reliability Directorate, Rep. SRD/22459/NTL/001: Risley, 1991.
- /SEL 92a/ Selway, M., Kay, D., Carey, K.: Fire Modelling on the Rail Deck and in the Engine Room of the "Nord Pas-de-Calais". Hrsg.: Atomic Energy Authority, AEA Technology, Safety and Reliability Directorate, Rep. NPS/FGH/J363/P1: Risley, 1992.
- /SEL 92b/ Selway, M.: A Study of Typical Times for the Duration of a Ship Fire. Hrsg.: Atomic Energy Authority, AEA Technology, Safety and Reliability Directorate, Rep. SRD/22459/NTL/001: Risley, 1992.
- /SEN 10/ Sentuc, F.-N., Brücher, W., Büttner, U., Fett, H.-J., Lange, F., Martens, R., Schmitz, B. M., Schwarz, G.: Transportstudie Konrad 2009, Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-256, 190 S., ISBN 978-3-939355-31-1: Köln, 2010.

- /STA 15/ Statistisches Bundesamt (Destatis): Verkehrsunfälle 2014, Unfälle von Güterkraftfahrzeugen im Straßenverkehr. Wiesbaden, 17. Dezember 2015.
- /TSU 99/ Tsumune, D. e. a.: Dose Assessment for Public by Packages Shipping Radioactive Materials Hypothetically Sunk into Shallow Sea. Central Research Institute of the Electric Power Industry (CRIEPI): Abiko, 1999.
- /YAM 98a/ Yamamoto, K. e. a.: Study of Accident Environment during Sea Transport of Nuclear Material, Analysis of an Engine Room Fire on a Purpose Built Ship. Japan Nuclear Cycle Development Institute: Tokyo, 1998.
- /YAM 98b/ Yamamoto, K. e. a.: Study of Accident Environment during Sea Transport of Nuclear Material, Probabilistic Safety Analysis of Plutonium Transport from Europe to Japan. Japan Nuclear Cycle Development Institute: Tokyo, 1998.



## **Abkürzungsverzeichnis**

AP	Arbeitspaket
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
CARE	Community Road Accident Database
CRP	Co-ordinated Research Project
DB	Deutsche Bundesbahn
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EUB	Eisenbahn-Unfalluntersuchungsstelle des Bundes des Eisenbahn-Bundesamtes
GIDAS	German In-Depth Accident Study
IMO	International Maritime Organization
INF	Code for Safe Carriage of Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High-Level Radioactive Wastes in Flasks on Board Ships
PNTL	Pacific Nuclear Transport Limited
SAGSTRAM	Standing Advisory Group of the Safe Transport of Radioactive Materials



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Ereignisbaum mit Unfallszenarien für Sattelzüge auf Bundesautobahnen.....	7
Abb. 3.1	Unfalldaten der Jahre 1995 bis 2001 (grau), 2002 bis 2013 (blau; alte EUB-Datenbank).....	12
Abb. 3.2	Unfalldaten der Jahre 1995 bis 2001 (grau), 2002 bis 2013 (blau; neue EUB-Datenbank).....	13
Abb. 4.1	In Deutschland bei LKW-Unfällen Getötete und Schwerverletzte im Vergleich zur Transportleistung .....	16
Abb. 4.2	Unfälle unter Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen.....	16



## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1	Definitionsschema der neun Belastungsklassen .....	4
Tab. 2.2	Relative Häufigkeit der neun Belastungsklassen bei Güterzugunfällen .....	5
Tab. 2.3	Relative Häufigkeit der neun Belastungsklassen bei Straßentransportunfällen .....	7
Tab. 4.1	Relative Häufigkeit der Belastungsklassen bei Straßentransportunfällen .....	18
Tab. 5.1	Aktualisierte Unfallwahrscheinlichkeiten für Seewege.....	21

**Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) gGmbH**

Schwertnergasse 1  
**50667 Köln**

Telefon +49 221 2068-0

Telefax +49 221 2068-888

Boltzmannstraße 14

**85748 Garching b. München**

Telefon +49 89 32004-0

Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200

**10719 Berlin**

Telefon +49 30 88589-0

Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4

**38122 Braunschweig**

Telefon +49 531 8012-0

Telefax +49 531 8012-200

[www.grs.de](http://www.grs.de)