

BRANDSCHUTZ- FORSCHUNG

DER BUNDESLÄNDER

BERICHTE



**Konkretisierung der
Gefährdungspotenziale eines
Straßentunnels auf der Basis
der Tunnelkategorisierung für
den Gefahrguttransport**

190

Ständige Konferenz der Innenminister und -senatoren der Länder,
Arbeitskreis V, Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten,
Katastrophenschutz und zivile Verteidigung

Ständige Konferenz der Innenminister und -senatoren der Länder,
Arbeitskreis V, Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten,
Katastrophenschutz und zivile Verteidigung

Forschungsbericht Nr. 190

**Konkretisierung der Gefährdungspotenziale eines Straßentunnels
auf der Basis der Tunnelkategorisierung für den
Gefahrguttransport**

von

Dipl.-Chem. Ursula Seliger

Institut für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge
Abteilung Forschung - Institut der Feuerwehr -

Heyrothsberge
November 2017

BERICHTS-KENNBLETT

BERICHTSNUMMER: 190	TITEL DES BERICHTES: Konkretisierung der Gefährdungspotenziale eines Straßentunnels auf der Basis der Tunnelkategorisierung für den Gefahrguttransport	ISSN: 0170-0060
AUTOREN: Dipl.-Chem. Ursula Seliger	DURCHFÜHRENDE INSTITUTION: Institut für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge Biederitzer Straße 5 D-39175 Biederitz, OT Heyrothsberge Direktor: BrOR Frank Mehr	
NUMMER DES AUFTRAGES: 91 (2/2016) IdF	AUFTRAG GEBENDE INSTITUTION: Ständige Konferenz der Innenminister und -senatoren der Länder, Arbeitskreis V - Ausschuss für Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung	
DATUM DES BERICHTES: November 2017		
SEITENZAHL: 126	BILDER: 48	TABELLEN: 57
LITERATURVERWEISE: 32		
<p>KURZFASSUNG:</p> <p>Gemäß Aufgabenstellung waren die Gefährdungspotenziale eines Straßentunnels auf der Basis der Tunnelkategorisierung für den Gefahrguttransport zu konkretisieren. Anhand statistischer Daten wurde ein Überblick zum Gefahrguttransport auf den Straßen in Deutschland gegeben inklusive einer Auswertung verfügbarer Unfallstatistiken. Aus der Untersuchung der Korrelation von Tunnelbeschränkungscode und den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr sollten Aussagen zu den Gefährdungspotenzialen der Straßentunnel abgeleitet werden. Zu diesem Zweck wurden alle in der Tabelle A des ADR 2017 geführten Gefahrgüter (Stoffe und Gegenstände), für die eine Beförderung nach ADR möglich ist, mittels tabellarischer Darstellungen (Kreuztabellen) der gemeinsamen Häufigkeitsverteilung der Variablen Tunnelbeschränkungscode und Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr untersucht. Diese Untersuchung wurde getrennt nach Tank- und Stückguttransport vorgenommen, da die Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr nur eine Relevanz für den Tanktransport haben, die Beförderung in Versandstücken (Stückguttransport) zwar mit anderem Risiko behaftet ist, aber dennoch nicht unproblematisch für die Einsatzkräfte der Gefahrenabwehr ist. Um das aufzuzeigen, wurden verschiedene willkürlich gewählte Beispiele diskutiert. Insgesamt zeigte sich, dass eine Korrelation zwischen Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr und den Tunnelbeschränkungscode für die einzelnen Gefahrgutklassen unterschiedlich ausfällt und nur teilweise besteht. Anhand der Gefahrennummern und den damit verbundenen Beschränkungen bestimmte Gefahrenlagen für die einzelnen Tunnelkategorien konkreter einschätzen bzw. ausschließen zu können, um eine globale Ableitung der Konkretisierung der Gefährdungspotenziale einzelner Tunnelkategorien vorzunehmen, war mit diesen Ergebnissen somit nicht möglich. Feuerwehren, die für einen Straßentunnel zuständig sind, müssen sich hinsichtlich Ausbildung und Ausrüstung immer auf Einsätze im Zusammenhang mit der Beförderung von Gefahrgut einstellen.</p>		
<p>SCHLAGWÖRTER: Straßentunnel, Tunnelkategorie, Tunnelbeschränkungscode, Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr, Kemler-Zahl, Gefahrgut, Gefahrguttransport, Feuerwehr, ERI-Card, ADR, Tanktransport, Stückguttransport, Freistellung, Gefährdungspotenzial</p>		

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG.....	1
1.1	Forschungsauftrag.....	1
1.2	Notwendigkeit und Ziel des Forschungsvorhabens	1
2	METHODIK DER INFORMATIONSGEWINNUNG	2
3	AUSGANGSLAGE UND RAHMENBEDINGUNGEN.....	3
3.1	Informationen zum Gefahrguttransport in Deutschland	4
3.2	Unfälle mit Güterkraftfahrzeugen und Freisetzung von Gefahrgut.....	8
3.3	Straßentunnel in Deutschland.....	14
3.4	Kriterien der Tunnelkategorisierung	16
3.5	Der Tunnelbeschränkungscode	20
3.6	Transportarten.....	21
3.6.1	Tanktransport.....	21
3.6.2	Stückguttransport.....	22
3.6.3	Freistellungen von den Vorschriften des ADR	23
3.7	Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr	25
3.8	Verpackungsgruppe	27
4	DURCHFAHRTBESCHRÄNKUNGEN FÜR GEFAHRGÜTER DURCH TUNNEL VERSCHIEDENER KATEGORIEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER NUMMER ZUR KENNZEICHNUNG DER GEFAHR.....	29
4.1	Methodisches Vorgehen	29
4.2	Allgemeine Aussagen zur Tabelle A des ADR 2017	31
4.3	Zuordnung der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr zu den Tunnelbeschränkungs- codes für Tank- und Stückguttransport.....	35
4.3.1	Gefahrgutklasse 2	36
4.3.2	Gefahrgutklasse 3	44
4.3.3	Tanktransport Gefahrgutklasse 3	46
4.3.4	Stückguttransport Gefahrgutklasse 3	48
4.3.5	Gefahrgutklasse 4.1	50
4.3.6	Gefahrgutklasse 4.2	55
4.3.7	Gefahrgutklasse 4.3	60
4.3.8	Gefahrgutklasse 5.1	65
4.3.9	Gefahrgutklasse 5.2	70
4.3.10	Gefahrgutklasse 6.1.....	74
4.3.11	Gefahrgutklasse 6.2.....	81
4.3.12	Gefahrgutklasse 7.....	84
4.3.13	Gefahrgutklasse 8.....	88

4.3.14	Gefahrgutklasse 9.....	96
4.4	Diskussion der Ergebnisse	102
4.4.1	Tanktransport	102
4.4.2	Stückguttransport.....	114
4.4.3	Gefahrenpotenziale einzelner Tunnelkategorien	120
5	ZUSAMMENFASSUNG	122
6	LITERATUR.....	123

1 AUFGABENSTELLUNG

1.1 Forschungsauftrag

Aufgrund des Verwaltungsabkommens der Bundesländer über die Brandschutzforschung vom 26.08.1993 und des durch den AFKzV beschlossenen Forschungsprogramms für das Jahr 2016 erteilte das Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration Baden-Württemberg im Auftrag der Länder dem Institut für Brand- und Katastrophenschutz Heyrothsberge, Abteilung Forschung – Institut der Feuerwehr (IdF) den Forschungsauftrag Nr. 91 (IdF – 2/16) „Konkretisierung der Gefährdungspotenziale eines Straßentunnels auf der Basis der Tunnelkategorisierung für den Gefahrguttransport“.

1.2 Notwendigkeit und Ziel des Forschungsvorhabens

Gemessen am Transportaufkommen von Gefahrgütern auf Straßen in Deutschland weisen die vom Statistischen Bundesamt erfassten Unfälle mit Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen, die Gefahrgut transportieren, auf eine vergleichsweise geringe Unfallhäufigkeit hin. Da das jeweilige Schadensausmaß der Unfälle in der Statistik unberücksichtigt bleibt, kann bei dieser Betrachtung noch nicht von einem „Transportrisiko“ gesprochen werden. Das Risiko kann bei einem großen Schadensausmaß und geringer Häufigkeit genauso groß sein, wie bei einem geringen Schadensausmaß und großer Häufigkeit. Die Möglichkeit eines großen Schadensausmaßes trotz einer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses ist gerade für Unfälle in Betracht zu ziehen, die sich in Tunneln bei Beteiligung von Gefahrgut ereignen können. Im Jahr 2007 wurden daher mit der Novelle des ADR auf europäischer Ebene Regelungen eingeführt, auf deren Grundlage der Transport von Gefahrgütern durch Straßentunnel in Abhängigkeit von den spezifischen Gegebenheiten eines Tunnels beschränkt werden kann. Auf Basis einer risikobasierten Kategorisierung der Tunnelanlagen besteht die Möglichkeit, differenziert nach Gefahrgutgruppen, Durchfahrtsverbote zu erlassen, wobei als Wirkungsarten von Gefahrguttransporten Explosions-/Druckwirkung, Toxizität und Brandwirkung in Abhängigkeit von der Transportart unter dem Aspekt des Risikos für die Tunnelnutzer zu berücksichtigen sind. Die Zuordnung der nach ADR geregelten Gefahrgüter zu den einzelnen Tunnelkategorien wird im sogenannten Tunnelbeschränkungscode (TBC) abgebildet.

Einsatzkräfte der Gefahrenabwehr benötigen für die Aufstellung von Gefahrenabwehrplänen für Straßentunnel, die sich in ihrem Verantwortungsbereich befinden, aber detailliertere Informationen als die Freigabe bzw. Beschränkung des Transports von Gefahrgütern für den

jeweiligen Tunnel leisten kann. Allein aus der Kenntnis der Tunnelkategorie können bisher nur unzureichend Schlussfolgerungen zu möglichen Gefahrenpotentialen gezogen werden, die aus dem Transport der erlaubten Gefahrgüter resultieren können.

Die Gruppierung der Gefahrgüter auf Basis des Tunnelbeschränkungscode gab Anlass zu der Überlegung, ob und in welchem Maße eine Korrelation besteht zwischen Gefahrgütern mit einem bestimmten Tunnelbeschränkungscode und den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr (ehemals Kemler-Zahl) dieser Gefahrgüter. Es war also zu untersuchen, ob sich bestimmte Gefahrgutklassen und damit Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr auf bestimmte Tunnelkategorien konzentrieren oder ob es andererseits Gefahrgutklassen und Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr gibt, die für eine Tunnelkategorie nicht existieren. Falls derartige Zusammenhänge vorliegen, sollte es möglich sein, bestehende Risiken in Abhängigkeit von der Tunnelkategorie spezifisch darzustellen. Dann könnten die Feuerwehren, die einen Tunnel einer bestimmten Kategorie in ihrem Verantwortungsbereich haben, diese Informationen zur Erstellung der Gefahrenabwehrpläne heranziehen. Im Rahmen des Forschungsprojektes Nr. 65 (IdF 3/09) „Maßnahmen und taktische Vorgehensweise bei der Brandbekämpfung in Straßentunneln unter besonderer Berücksichtigung von Gefahrstoffen“ wurden erste diesbezügliche Untersuchungen an ausgewählten Gefahrgutklassen für den Tanktransport begonnen. Die Ergebnisse forcierten das Bestreben, die Untersuchungen für weitere Gefahrgutklassen und auch den Stückguttransport durchzuführen.

Ziel des Forschungsprojektes ist es somit, eine bessere Ausgangslage für die Definition von spezifischen Gefährdungspotentialen für Straßentunnel in Abhängigkeit von der Tunnelkategorie zu schaffen. Die Ergebnisse dieser Studie sollten es den Verantwortlichen für die Erstellung von Gefahrenabwehrplänen für Tunnelanlagen ermöglichen, fundierte Aussagen zu Gefährdungspotentialen für den betrachteten Tunnel zu treffen, die aus dem erlaubten Transport von Gefahrgütern resultieren. Auf dieser Basis sollen von den Entscheidungsträgern Maßnahmen abgeleitet werden können, die das Ausmaß eines möglichen Gefahrgutunfalls begrenzen.

2 METHODIK DER INFORMATIONSGEWINNUNG

Zur Bearbeitung des Forschungsauftrages gemäß Aufgabenstellung wurde eine umfassende Recherche nach themenrelevanten Publikationen sowie Inhalten und Ergebnissen von Tagungen durchgeführt und ausgewertet, die auch während der Bearbeitung spezieller Themenbereiche kontinuierlich vervollständigt und aktualisiert wurde. Grundlegendes

Arbeitsmaterial für die auftragsgemäße Untersuchung war das Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR), in der ab 01.01.2017 geltenden Fassung, in dessen Tabelle A die benötigten Informationen zu den Tunnelbeschränkungs-codes und den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr für die gelisteten Gefahrgüter aufgeführt sind.

Teilweise ergaben die Recherchen Anhaltspunkte für ein tieferes Vordringen in die Materie, so dass zu bestimmten Fragestellungen eine persönliche Kontaktaufnahme zu Verfassern von Publikationen erfolgte und Expertenmeinungen eingeholt wurden. So wurden beispielsweise Fachleute der Zwischenstaatlichen Organisation für den internationalen Eisenbahnverkehr (OTIF), dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, dem Bundesamt für Güterverkehr, dem Statistischen Bundesamt u. a. m. kontaktiert. Die Teilnahme an einer Tagung, welche Themen rund um Einsätze in unterirdischen Verkehrsanlagen behandelte, wurde ebenfalls genutzt, um mit Fachleuten ins Gespräch zu kommen und von ihren Erfahrungen partizipieren zu können.

3 AUSGANGSLAGE UND RAHMENBEDINGUNGEN

Gefahrgüter sind laut Gesetz „Stoffe und Gegenstände, von denen auf Grund ihrer Natur, ihrer Eigenschaften oder ihres Zustandes im Zusammenhang mit der Beförderung Gefahren für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere für die Allgemeinheit, für wichtige Gemeingüter, für Leben und Gesundheit von Menschen sowie für Tiere und Sachen ausgehen können.“¹ Gemäß der international harmonisierten Gefahrgutvorschriften werden Gefahrgüter in neun Klassen und sieben Unterklassen unterschieden (Tabelle 1), wobei nach der Art der Gefahr, die von diesen Gütern ausgeht, wie beispielsweise Explosivität, Entzündbarkeit oder Giftigkeit, differenziert wird.²

¹ § 2 Absatz 1 des Gesetzes über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz – GGBefG) vom 6. August 1975 in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. Juli 2009 (BGBl. I D Seite 1774, 3975)

² festgelegt in den Model Regulations der UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods der United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), deutsch: Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen

Tabelle 1: Gefahrgutklassen

Klasse	Beschreibung
1	Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff
2	Gase und Druckgaspackungen
3	Entzündbare flüssige Stoffe
4.1	Entzündbare feste Stoffe, selbstzersetzliche Stoffe, polymerisierende Stoffe und desensibilisierte explosive Stoffe
4.2	Selbstentzündliche Stoffe
4.3	Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln
5.1	Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe
5.2	Organische Peroxide
6.1	Giftige Stoffe
6.2	Ansteckungsgefährliche Stoffe
7	Radioaktive Stoffe
8	Ätzende Stoffe
9	Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände

3.1 Informationen zum Gefahrguttransport in Deutschland

Auf Straßen, Schienen, Wasserwegen und zur See werden Gefahrgüter transportiert. Damit stellen Gefahrguttransporte einen beachtlichen Teil des gesamten Transportgeschehens in Deutschland dar, wobei der Hauptanteil an Gefahrgütern auf der Straße transportiert wird. Daten zu Gefahrguttransporten werden nicht für alle Verkehrsträger direkt und umfassend erhoben, informiert das Statistische Bundesamt [Destatis 2015]. Bisher gibt es nur für die Eisenbahn seit 2004 eine Vollerhebung der Gefahrguttransporte differenziert nach Gefahrgutklassen. Seit 2009 findet eine Vollerhebung der Gefahrguttransporte mit Binnenschiffen statt, allerdings ohne Unterscheidung nach Gefahrklassen. In der amtlichen Seeverkehrstatistik fehlen Angaben zu Gefahrgütern gänzlich [Destatis 2012]. Deshalb werden die Gefahrguttransporte anhand von Daten der Verkehrsstatistik und der Außenhandelsstatistik geschätzt. Gefahrgut, das mit deutschen Lastkraftwagen (Lkw) auf der Straße transportiert wird, ermittelt das Kraftfahrt-Bundesamt in einer Stichprobe. Da der Stichprobenumfang aber gering ist, können nicht alle Gefahrklassen nachgewiesen werden. Ausländische Lkw werden in der deutschen Erhebung gar nicht erfasst. Diese Informationslücken schließt das Statistische Bundesamt durch Schätzungen. Über Einzelheiten zur Schätzmethodik, die im Laufe der Jahre durch Überarbeitung Veränderungen unterlag, informiert das Statistische Bundesamt in [Destatis 2012].

Für Beförderungen von Gefahrgütern mit ausländischen Lkw stehen Daten des Statistischen Amtes der Europäischen Gemeinschaft zur Verfügung sowie für Liechtenstein, Kroatien, Norwegen und die Schweiz. Das Datenmaterial enthält die innerdeutschen Verkehre der

ausländischen Lkw und den grenzüberschreitenden Versand aus Deutschland und den Empfang in Deutschland mit ausländischen Lkw, aber keine Angaben zum Transitverkehr durch Deutschland. Um zu gewährleisten, dass die Daten innerhalb des Verkehrsträgers Straße vergleichbar sind, wird in den Schätzungen für den Straßenverkehr deutscher Lkw der Transitverkehr ebenfalls nicht berücksichtigt wie auch Kabotage³ und Dreiländerverkehr⁴ ausgeschlossen sind. Zu Transporten von Lkw aus Staaten, die nicht der Europäischen Union angehören, fehlen detaillierte Informationen.

Auf Grund der unterschiedlichen Herkunft und Güte der Daten ist die Vergleichbarkeit des Gefahrgutverkehrs auf der Straße mit den Angaben für die Verkehrsträger Eisenbahnverkehr, Binnenschifffahrt und Seeverkehr in der Tiefe nicht vollständig gegeben [Destatis 2012]. Auch die Schätzergebnisse für die Gefahrguttransporte ausländischer Lkw sollten mit besonderer Vorsicht interpretiert werden. In den letzten Jahren vorgenommene Überarbeitungen und Anpassungen des Schätzverfahrens wirkten sich auf die Ergebnisse aus, weshalb die Vergleichbarkeit der Schätzergebnisse ab 2011 zu den Vorjahresergebnissen besonders bei kleineren Gefahrgutklassen eingeschränkt ist [Destatis 2015].

Eine Auswertung der Informationen des Statistischen Bundesamtes⁵ zum Gütertransport und Gefahrguttransport führte zu folgenden Ergebnissen: Ein Vergleich der jährlichen Transportmengen und der Gefahrguttransportmengen je Verkehrsträger zeigt für die Jahre 2011 bis 2014 keine großen Schwankungen. Im Jahr 2014 wurden 79 % der Gesamtgütermenge auf der Straße transportiert, wobei die Menge der Gefahrgüter, gemessen an der Gesamttransportmenge dieses Verkehrsträgers, nur etwas über 4 % ausmachte. Der Anteil an Gefahrgutmenge liegt damit zwar deutlich unter denen der anderen Verkehrsträger, aber insgesamt wird fast die Hälfte des gesamten Gefahrgutes auf der Straße transportiert. In Abbildung 1 sind die Verhältnisse für das Jahr 2014 dargestellt.

³ Innerstaatlicher Güterkraftverkehr durch gebietsfremde Unternehmer, hier gemeint: Transportleistungen mit deutschen Lkw im Ausland [Destatis 2016]

⁴ Beförderungen zwischen zwei Staaten durch ein Unternehmen, das seinen Sitz in einem dritten Staat hat, hier bezogen auf deutsche Unternehmen [Destatis 2016]

⁵ Aus den Quellen: [Destatis 2012], [Destatis 2013], [Destatis 2014], [Destatis 2015]

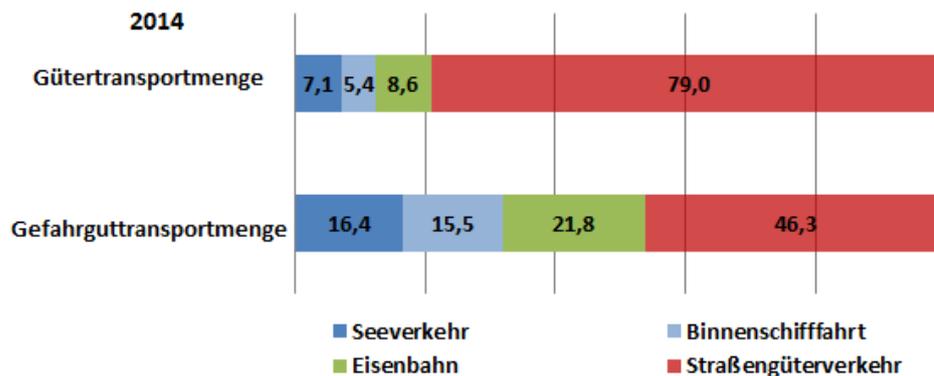


Abb. 1: Übersicht zum prozentualen Anteil der Gütertransportmenge je Verkehrsträger im Vergleich zum prozentualen Anteil der transportierten Gefahrgutmenge je Verkehrsträger im Jahr 2014 (Datenquelle: [Destatis 2016])

Auch die prozentuale Zusammensetzung der transportierten Gefahrgüter je Verkehrsträger, differenziert nach Gefahrgutklassen, unterlag in den betrachteten Jahren 2011 bis 2014 nur marginalen Schwankungen.⁶ Mit Abstand den größten Anteil machen Güter der Klasse 3 *Entzündbare flüssige Stoffe* aus. Es folgen mit geringem Unterschied die Güter der Gefahrgutklassen 2 *Gase und Druckgaspackungen* und 8 *Ätzende Stoffe*. Aus Abbildung 2 sind die Verhältnisse für das Jahr 2014 ersichtlich.

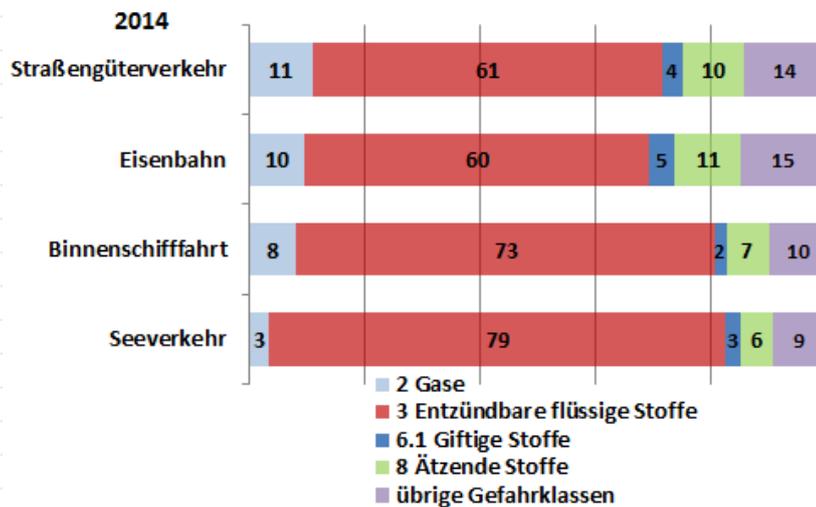


Abb. 2: Prozentualer Anteil der hauptsächlich transportierten Gefahrgüter je Verkehrsträger von dessen insgesamt transportierter Gefahrgutmenge im Jahr 2014 (Datenquelle: [Destatis 2016/2])

Detaillierte Informationen über die Transportmengen der einzelnen Gefahrgutklassen im Straßengüterverkehr in Deutschland im Jahr 2014 sind aus den Tabellen 2 und 3 ersichtlich.

⁶ Aus den Quellen: [Destatis 2012], [Destatis 2013], [Destatis 2014], [Destatis 2015], [Destatis 2016]

Tabelle 2: Übersicht über die Gesamttransportmenge und Gefahrguttransport 2014
 [Destatis 2016/2]
 deutsche Fahrzeuge ohne Durchgangsverkehr, Kabotage und Dreiländerverkehr

Gegenstand der Nachweisung	Insgesamt	Binnenverkehr	Grenzüberschreitender Verkehr	
			Versand	Empfang
	in 1000 Tonnen			
Gesamttransportmenge	3.034.071	2.924.158	64.358	45.556
darunter Gefahrgut insgesamt	126.609	120.199	3.403	3.008
davon Klasse				
1 Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff	804	754	29	21
2 Gase	13.906	12.352	805	749
3 Entzündbare flüssige Stoffe	78.759	77.070	849	840
4.1 Entzündbare feste Stoffe	5.901	5.573	192	135
4.2 Selbstentzündliche Stoffe	3.301	3.088	125	88
4.3 Stoffe, die mit Wasser entzündliche Gase entwickeln	104	93	4	7
5.1 Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe	1.449	1.269	65	115
5.2 Organische Peroxide	15	13	1	1
6.1 Giftige Stoffe	4.138	3.706	268	164
6.2 Ansteckungsgefährliche Stoffe	17	16	0	1
8 Ätzende Stoffe	12.463	10.783	909	771
9 verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände	5.751	5.481	155	115

blau hervorgehoben: am häufigsten transportierte Güter

Tabelle 3: Gefahrguttransport 2014 [Destatis 2016/2]
 deutsche und ausländische Fahrzeuge ab 3,5 t Nutzlast ohne Durchgangsverkehr,
 Kabotage und Dreiländerverkehr deutscher Lkw im Ausland

Gegenstand der Nachweisung	Insgesamt	Binnenverkehr	Grenzüberschreitender Verkehr	
			Versand	Empfang
	in 1000 Tonnen			
Gefahrgut insgesamt	140.199	121.659	9.791	8.750
davon				
inländische Lkw	126.609	120.199	3.403	3.008
ausländische Lkw	13.590	1.460	6.388	5.742
Darunter Klasse				
2 Gase	15.351	12.507	1.286	1.558
3 Entzündbare flüssige Stoffe	85.138	77.706	4.505	2.927
4.1 Entzündbare feste Stoffe	6.790	5.661	638	490
8 Ätzende Stoffe	14.598	11.019	1.555	2.023

3.2 Unfälle mit Güterkraftfahrzeugen und Freisetzung von Gefahrgut

Auf der Basis des Gesetzes über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle (StVUnfStatG) erhebt das Statistische Bundesamt Daten zu Unfällen nach dem Inlandkonzept. Das heißt, es werden unabhängig von der Nationalität der Unfallbeteiligten die Unfälle und Verunglückten registriert, die sich auf deutschen Straßen ereigneten bzw. hier zu Schaden kamen. Auskunftspflichtig für diese Statistik ist laut Gesetz die Polizei. Unfälle, zu denen die Polizei nicht hinzugezogen wurde (z. B. Alleinunfälle, Unfälle mit gütlicher Einigung der Unfallparteien), werden folglich in dieser Statistik nicht nachgewiesen [Destatis 2016/3].

In der Unfallstatistik der Güterkraftfahrzeuge werden Unfälle mit Personenschaden, d. h. Unfälle bei denen unabhängig von der Höhe des Sachschadens mindestens eine Person verletzt oder getötet wurde, und schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden (im engeren Sinne) ausgewiesen. Mit gleicher Unterteilung wird auch die Zahl der an diesen Unfällen beteiligten Gefahrguttransporte aufgeführt. Es erfolgt eine Aufschlüsselung dieser Ereignisse nach Gefahrgutklassen. Weiterhin informiert diese Statistik über die Anzahl der Unfälle, bei denen es zu einer Freisetzung von Gefahrgut kam. Aus den Daten von [Destatis 2017/1] wurden die nachfolgenden Grafiken generiert. Abbildung 3 zeigt die Summe der statistisch erfassten Unfälle mit Beteiligung eines Gefahrguttransportes, d. h. Unfälle mit Personenschaden und Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden (blauer Graph). Der rot gezeichnete Graph kennzeichnet die Unfälle, bei welchen Gefahrgut ausgetreten ist.

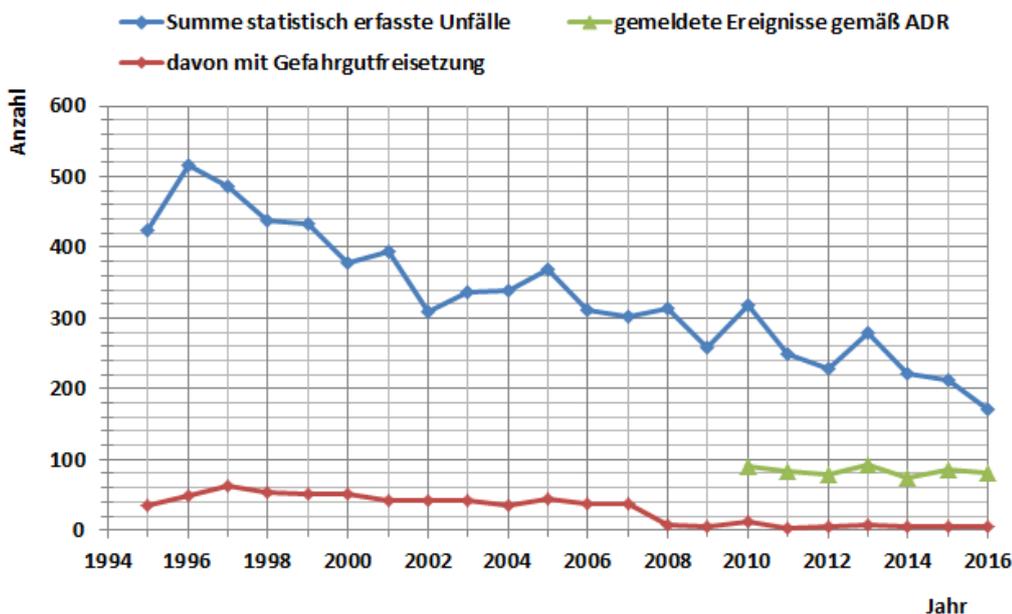


Abb. 3: Statistisch erfasste Unfälle mit Beteiligung eines Gefahrguttransportes im Vergleich zu den gemäß ADR Abschnitt 1.8.5 zu meldenden Ereignissen

Der grüne Graph in Abbildung 3 stellt im Vergleich zu den Unfällen die Anzahl der gemäß ADR Abschnitt 1.8.5 zu meldenden Ereignisse dar. Diese werden wie folgt charakterisiert [ADR 2017]:

„1.8.5 Meldungen von Ereignissen mit gefährlichen Gütern

1.8.5.1 Ereignet sich beim Beladen, beim Befüllen, bei der Beförderung oder beim Entladen gefährlicher Güter auf dem Gebiet einer Vertragspartei ein schwerer Unfall oder Zwischenfall, so hat der Verloader, Befüller, Beförderer oder Empfänger sicherzustellen, dass der zuständigen Behörde der betreffenden Vertragspartei spätestens einen Monat nach dem Ereignis ein Bericht gemäß dem in Unterabschnitt 1.8.5.4 vorgeschriebenen Muster vorgelegt wird.

1.8.5.3 Ein meldepflichtiges Ereignis nach Unterabschnitt 1.8.5.1 liegt vor, wenn gefährliche Güter ausgetreten sind oder die unmittelbare Gefahr des Austretens bestand, ein Personen-, Sach- oder Umweltschaden eingetreten ist oder Behörden beteiligt waren und ein oder mehrere der nachfolgend genannten Kriterien erfüllt sind:.....“

Demzufolge sollten in dessen Verlauf die Daten des roten Graphen enthalten sein. Die Daten zu den meldepflichtigen Ereignissen mit gefährlichen Gütern wurden vom Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur zur Verfügung gestellt [BMVI 2017].

Eine Aufschlüsselung der erfassten Unfälle (alle Unfälle bzw. davon die mit Freisetzung) nach ausgewählten Gefahrgutklassen zeigen die Abbildungen 4 und 5.

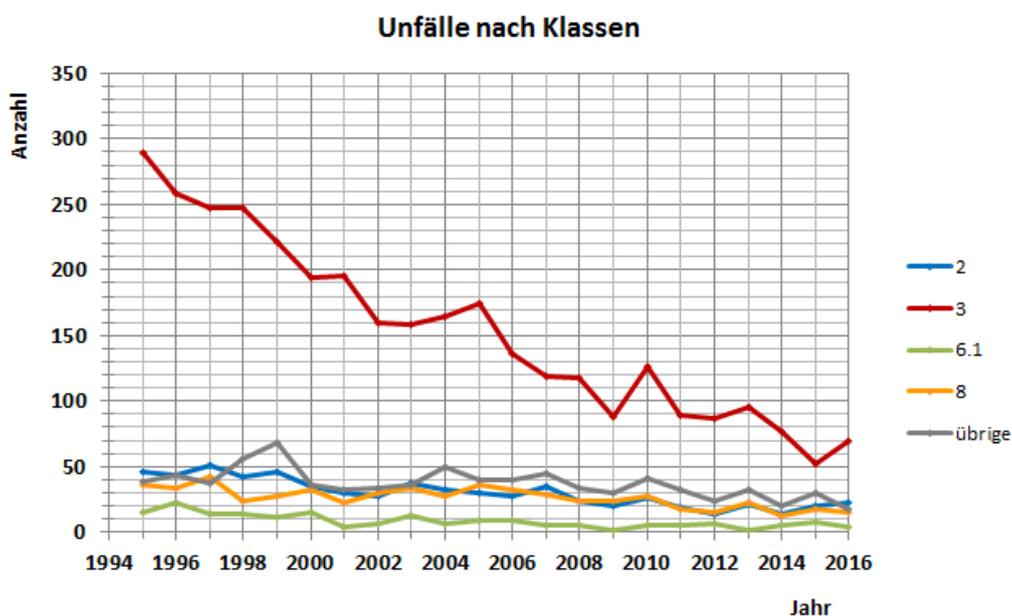


Abb. 4: Aufschlüsselung der erfassten Unfälle nach ausgewählten Gefahrgutklassen

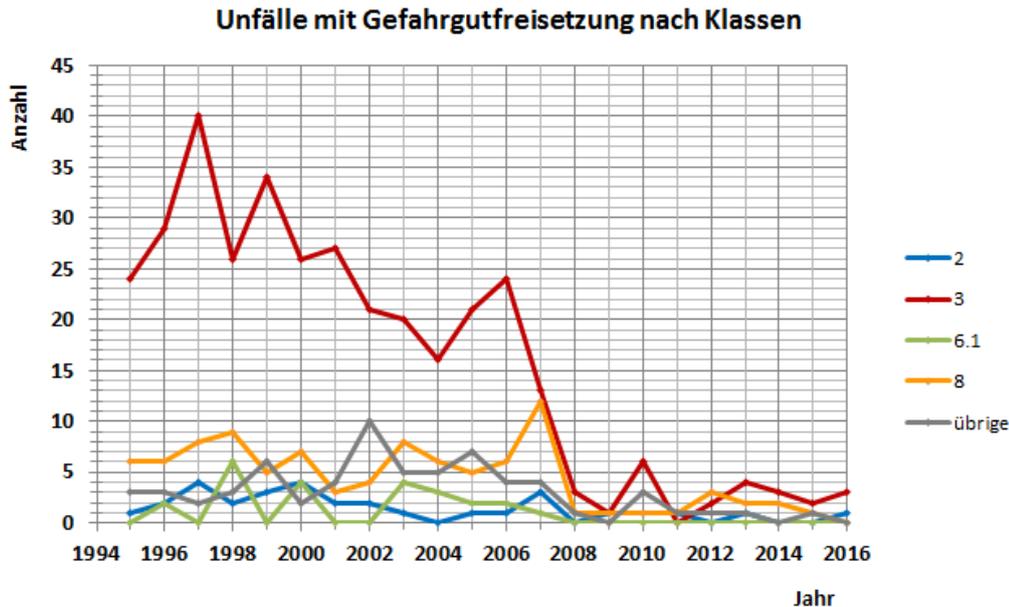


Abb. 5: Aufschlüsselung der Anzahl der erfassten Unfälle mit Gefahrgutfreisetzung für ausgewählte Gefahrgutklassen

Die Auswahl der Gefahrgutklassen erfolgte nach deren Transportmenge (siehe Tabelle 2). Die Klasse 3 stellt mit Abstand die höchste Transportmenge. Entsprechend häufig sind Transporte an Unfällen, auch an solchen mit Freisetzung von Gefahrgut, beteiligt. Die Transportmengen der Klassen 2 und 8 unterscheiden sich nicht so sehr. Dazu korreliert die Beteiligung an Unfällen. Hinsichtlich der Zahl der Unfälle mit Stofffreisetzung ist die Klasse 8 etwas häufiger betroffen als die Klasse 2. Zusätzlich wurde die Klasse 6.1 mit aufgeführt. Hier ist zwar die Transportmenge geringer, aber das Freiwerden giftiger Stoffe kann problematische Einsatzfälle bedingen und ist ein Kriterium für die Tunnelkategorisierung. In der Kategorie *übrige* (grauer Graph) ist jeweils die Summe aller übrigen Klassen enthalten.

Bei den statistisch erfassten Verkehrsunfällen mit Beteiligung von Gefahrguttransporten ist über den Zeitraum von 1995 bis 2016 insgesamt ein abnehmender Trend erkennbar, während die Zahl der meldepflichtigen Ereignisse nach ADR 1.8.5 im Zeitraum von 2010 bis 2016 nahezu gleichbleibend zwischen 80 bis 100 pro Jahr schwankt. Auffällig ist, dass ab dem Jahr 2008 ein deutlicher Rückgang der Unfälle mit Freisetzung zu verzeichnen ist. Laut Auskunft des Statistischen Bundesamtes [Destatis 2017] hat es zu diesem Zeitpunkt weder eine Änderung im Verkehrsunfallstatistikgesetz noch in der Datenerhebung gegeben. Auch aus Sicht des [BMVI 2017/2] kann kein Bezug zu bestimmten Rechtsänderungen im Bereich des Gefahrgutrechts hergestellt werden. Im Rahmen der Bearbeitung des Projektes konnte somit keine plausible Erklärung für den starken Abfall der Graphen seit dem Jahr 2008 ermittelt werden.

Insgesamt weisen die vom Statistischen Bundesamt erfassten Unfälle mit Beteiligung von Gefahrguttransporten, gemessen an der Zahl der an Unfällen beteiligten Güterkraftfahrzeuge auf den Straßen in Deutschland auf eine vergleichsweise geringe Unfallhäufigkeit hin (siehe Abbildung 6). Während der prozentuale Anteil der insgesamt auf der Straße transportierten Gefahrgutmenge an der dort transportierten Gesamtgütermenge in den letzten Jahren bei etwas über 4 % lag, schwankt der prozentuale Anteil der Unfälle mit Beteiligung von Gefahrguttransporten am gesamten Unfallgeschehen im Gütertransport auf der Straße im dargestellten Zeitraum zwischen 0,5 und 0,8 %. Da das jeweilige Schadensausmaß der Unfälle hier unberücksichtigt bleibt, kann bei dieser Betrachtung noch nicht von einem Transportrisiko gesprochen werden. Die Möglichkeit eines großen Schadensausmaßes trotz einer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit des Ereignisses ist gerade für Unfälle in Betracht zu ziehen, die sich in Tunneln bei Beteiligung von Gefahrgut ereignen können.

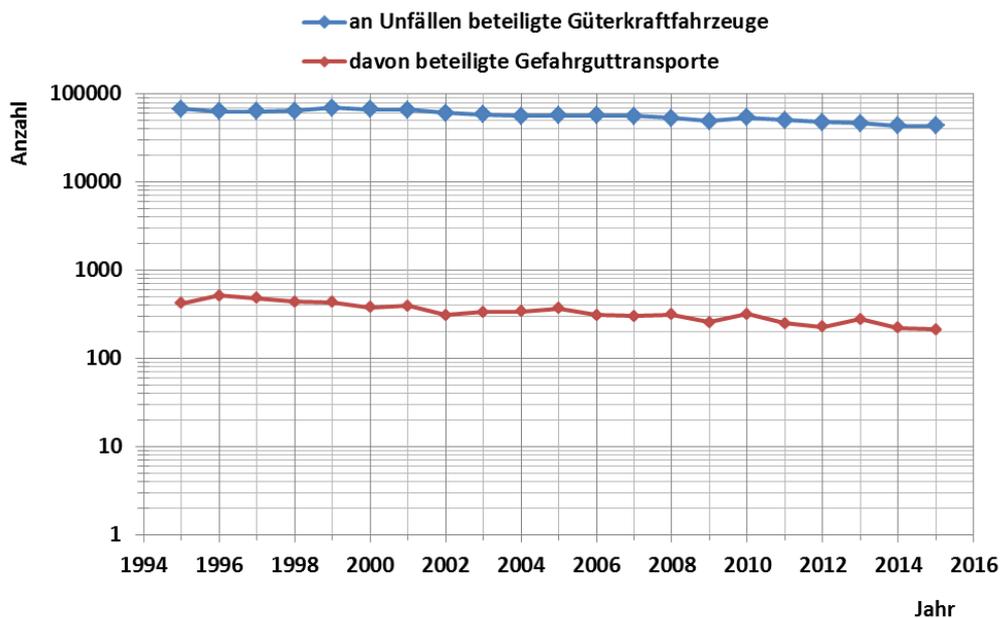


Abb. 6: Anzahl der statistisch erfassten Unfälle mit Beteiligung von Gefahrguttransporten im Vergleich zur Gesamtzahl der Unfälle mit Beteiligung von Güterkraftfahrzeugen

Bezüglich des zu erwartenden Schadensausmaßes können aus Unfällen mit Tanktransporten schwerwiegendere Ereignisse resultieren, als aus Stückguttransporten. Das wird bei der Vergabe der Tunnelbeschränkungscode berücksichtigt. Der Anteil von Tanktransporten am statistisch erfassten Unfallgeschehen des Gefahrguttransports fällt je nach Quelle sehr unterschiedlich aus. Abbildung 7 zeigt eine grafische Darstellung der Daten vom Statistischen Bundesamt [Destatis 2016/3], während in Abbildung 8 Ergebnisse einer Statistik der Bundesanstalt für Straßenwesen [BASt 2017] zu sehen sind.

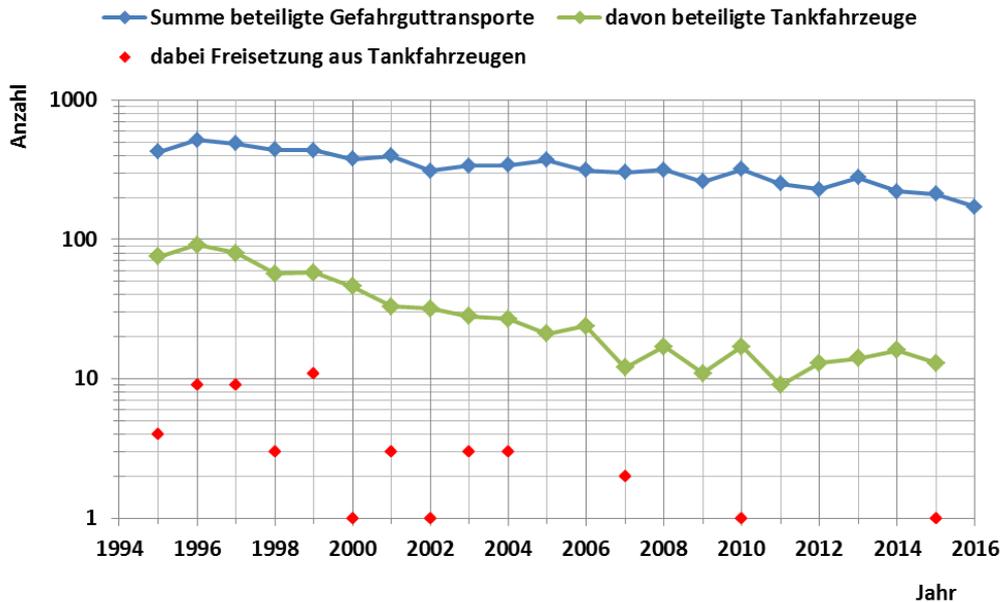


Abb. 7: Anzahl der an Unfällen beteiligten Tankfahrzeuge (inklusive der Ereignisse mit Gefahrgutfreisetzung) im Vergleich zur Gesamtzahl der an Unfällen beteiligten Gefahrguttransporte

Während der prozentuale Anteil der an Unfällen beteiligten Tankfahrzeuge bezogen auf die Gesamtzahl der an Unfällen beteiligten Gefahrguttransporte nach der Statistik von [Destatis 2016/3] seit 2003 deutlich unter 10 % liegt, macht der Anteil der Tankfahrzeuge nach den von der [BASt 2017] veröffentlichten Daten etwa 50 % aus. Die Ursache der unterschiedlichen Daten ist einerseits in der Definition der Arten der Verkehrsbeteiligung zu suchen. Während in den Daten des Statistischen Bundesamtes unter Art der Verkehrsbeteiligung *Tankkraftwagen* nur ein bestimmter Anteil von Fahrzeugen, die zum Tanktransport benutzt werden, erscheinen und sich andere Bautypen von Fahrzeugen zum Tanktransport in anderen Rubriken wie Sattelzugmaschinen „verstecken“, erscheinen in den Daten des Bundesamtes für Straßenwesen alle zum Tanktransport fähigen Fahrzeuge. Eine weitere Schwierigkeit in der Erfassung dieser Daten zum Unfallgeschehen ist darin begründet, dass bei Beteiligung von Tankfahrzeugen diese bei Unfallaufnahme von der Polizei nicht zwingend als Gefahrguttransport deklariert werden. Wenn das transportierte Gefahrgut nicht im Fokus des Unfallgeschehens stand (beispielsweise durch Austritt oder drohenden Austritt des Gefahrgutes) bzw. die Tankfahrzeuge sich auf einer Leerfahrt befanden, wird in den meisten Fällen keine Notiz zum Gefahrgut gemacht. So ist zu erklären, dass es von der [BASt 2017] eine weitere Statistik gibt, in der nach Art der Verkehrsbeteiligung aus allen erfassten Daten diejenigen Fahrzeuge rausgesucht wurden, die tatsächlich zum Tanktransport eingesetzt wurden. In der Abbildung 9 ist die Anzahl aller an Unfällen beteiligten Tank-Lkw für gefährliche Güter, Tank-Sattelschlepper für gefährliche Güter und andere Zugmaschinen mit Tank für gefährliche Güter dargestellt. Es ist zu vermuten, dass diese Statistik den realen Verhältnissen eher entspricht.

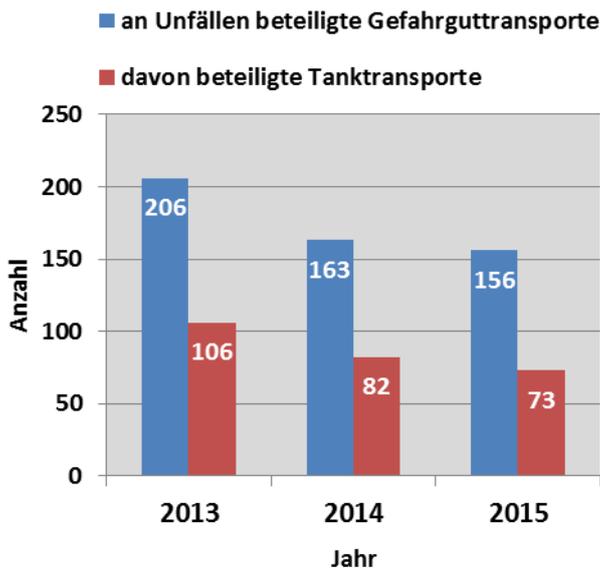


Abb. 8: An Unfällen beteiligte Tanktransporte im Vergleich zur Gesamtzahl der an Unfällen beteiligten Gefahrguttransporte (Ereignisse mit Erfassung des Gefahrgutes)

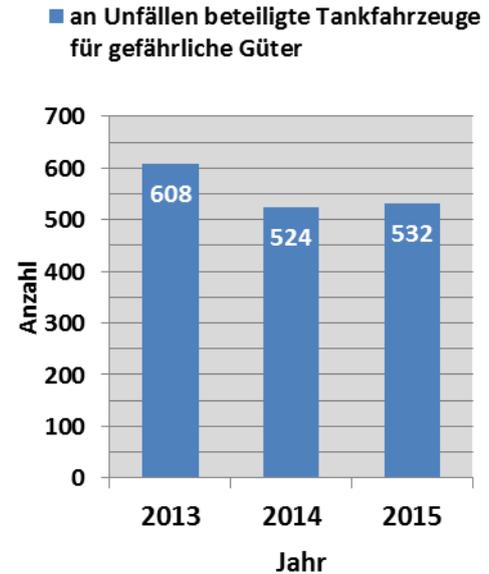


Abb. 9: An Unfällen beteiligte Tankfahrzeuge für gefährliche Güter ohne Erfassung des Gefahrgutes

In der Verkehrsunfallstatistik in Deutschland werden zwar Informationen zur Ortslage der Unfälle erfasst, aber nicht, ob diese in Tunneln stattfanden. Auf der Grundlage der EU-Richtlinie 2004/54/EG (Artikel 15) [EP 2004] und Punkt 1.1.9 der [RABT 2006] besteht aller zwei Jahre eine Berichtspflicht gegenüber der Kommission der Mitgliedstaaten bzw. jährlich gegenüber dem BMVI zu Bränden und Unfällen sowie deren Häufigkeit und Ursachen. [Kostrzewa 2015] berichtete, dass diese Dokumentation und Auswertung von Tunnelereignissen, welche zur Sperrung von Tunnelröhren führten oder bei denen Einsatzdienste tätig waren, seit 2006 mittels eines in Zusammenarbeit mit den Ländern entwickelten Ereignismeldebogens, welcher mit ARS 03/2008 zur bundesweiten Anwendung eingeführt wurde, erfolgte. Die Auswertung wurde von der BASt übernommen bzw. im Rahmen von Forschungsvorhaben durchgeführt. Bis zum Zeitpunkt der Publikation wurden ca. 17.000 Ereignisse dokumentiert. Hierbei handelt es sich um ca. 11.000 Ereignisse, welche innerhalb der Tunnel auftraten, von denen wiederum rund 25 % Unfälle und Brände waren. Bei fast 90 % der dokumentierten Unfälle und Brände waren keine Personenschäden zu verzeichnen. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Qualität der Meldungen und der damit verbundenen mangelnden Verwertbarkeit der Daten wurde die Auswertung der Erhebungsbögen vor vier Jahren eingestellt. Weitere Angaben zur deutschen Statistik ließen sich nicht recherchieren.

Brandereignisse in Österreichs Straßentunneln im Zeitraum von Mai 2006 bis Januar 2013 wertete der [RVS-AA 2013] aus einer von der ASFINAG⁷ geführten Statistik aus. Demnach haben Lkw und Busse nur knapp 12 % zu den insgesamt in Tunneln zurückgelegten Fahrzeugkilometern beigetragen, waren aber an ca. der Hälfte der Fahrzeugbrände beteiligt. Infolgedessen lag die Brandrate pro zurückgelegtem Kilometer in etwa siebenmal höher als bei Pkw. Es wurde außerdem erkannt, dass sich bei den betrachteten Tunneln eine deutliche Zweiteilung zeigte in je eine Gruppe mit über- und unterdurchschnittlicher Brandrate. Die überdurchschnittliche Gruppe ist von alpinen Tunneln mit steilen Rampen dominiert, die typisch bei Lkw und Bussen Überhitzungsbrände auslösen können.

Von der International Fire Academy (ifa) wurde seit Anfang 2012 begonnen, Medienberichte zu Brandereignissen in unterirdischen Verkehrsanlagen auszuwerten. Es werden systematisch alle deutschsprachigen Zeitungsberichte über Brände in Europas Tunneln erfasst, die von der Suchmaschine Google registriert werden. Zusätzlich werden Meldungen und Einsatzberichte aufgenommen, die direkt von Feuerwehren zur Verfügung gestellt werden. Diese Statistik erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sagt aber aus, wie viele Brandereignisse mindestens aufgetreten sind. Bei 100 erfassten Straßentunnelereignissen (am 04.08.2016) waren 66 Personenwagen, 30 Lastwagen und ein Bus betroffen. Gemäß dieser Statistik waren also bei Brandereignissen rund ein Drittel Lastwagen beteiligt [IFA 2016]. Für Deutschland weist diese Statistik im Erfassungszeitraum 36 Brandereignisse in Straßentunnel aus, d. h. statistisch gesehen hatten die Kräfte der Feuerwehren etwa alle 45 Tage mit einem solchen Einsatz zu tun.

3.3 Straßentunnel in Deutschland

Welche Bauwerke als Tunnel bezeichnet werden können, definiert die [DIN 1076]: *„Tunnel sind dem Straßenverkehr dienende Bauwerke, die unterhalb der Erd- oder Wasseroberfläche liegen und in geschlossener Bauweise hergestellt werden oder bei offener Bauweise länger als 80 m sind. Zu den Tunneln gehören auch die für Bau und Betrieb erforderlichen Nebenanlagen, soweit sie baulich integrierte Bestandteile des Tunnelbauwerkes sind.“*

Weiterhin gelten folgende Bauwerke ab einer Länge von 80 m als Straßentunnel:

- *Teilabgedeckte unter- oder oberirdische Verkehrsbauwerke (z. B. mit längsgeschlitzten Decken, Rasterdecken),*
- *oberirdische Einhausungen von Straßen (z. B. Lärmschutzeinhausungen),*
- *Kreuzungsbauwerke mit anderen Verkehrswegen,*
- *Galeriebauwerke.“*

⁷ Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft in Österreich

Nach Informationen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) waren mit Stand vom 31.12.2015 über 260 Straßentunnel mit einer Gesamtröhrenlänge von ca. 263 km (Abbildung 6) im Zuge von Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes unter Verkehr. Die meisten Tunnel in Bundesfernstraßen gab es zu diesem Zeitpunkt mit über 80 Tunneln in Baden-Württemberg. Der gesamte Straßentunnelbestand einschließlich der Tunnel in der Baulast der Länder oder Kommunen im Zuge von Land-, Kreis- und Stadtstraßen betrug seinerzeit 408 Tunnel mit einer Gesamtröhrenlänge von über 350 km. Nach Erhebungen des BMVI waren zu diesem Zeitpunkt bei den Straßenbauverwaltungen der Länder weitere 16 Tunnel in Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes mit einer Gesamtröhrenlänge von 23 km im Bau, 60 Tunnel in Planfeststellungsverfahren oder in der Phase der Bauvorbereitung und 63 Tunnel in der Vorplanung [BMVI 2017/4]. Auch wenn die Abbildung 10 nur für einen Teil der Tunnel repräsentativ ist, zeigt sich, dass die Zahl der Tunnel in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen hat und der Trend hin zu längeren Tunnelbauwerken besteht.

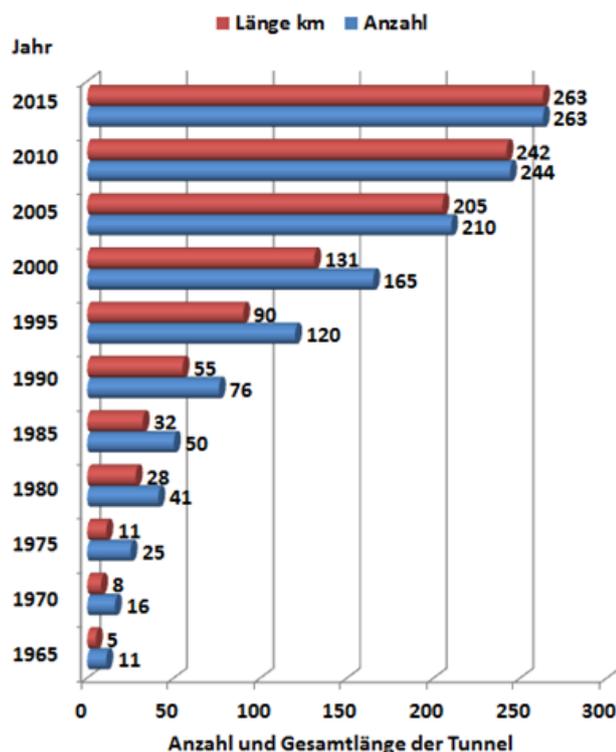


Abb. 10: Entwicklung der Anzahl und Gesamtlänge der Tunnel in Bundesfernstraßen in Baulast des Bundes (Stand 31.12.2015), Grafik nach der Quelle [BMVI 2017/4]

Es wurde versucht, zusätzlich die in der Baulast der Länder oder Kommunen befindlichen Tunnel via Internet zu recherchieren, was sich als sehr schwierig herausstellte, da die Angaben aus den einzelnen Bundesländern teils unvollständig sind. Von den 408 in Baulast der Länder oder Kommunen befindlichen Tunnelbauwerken konnten 200 Tunnel (per 21.08.2017) recherchiert werden, wobei der Fokus hier auf Tunnel ab einer Mindestlänge

von 400 m ausgerichtet war, weil diese nach dem in Kapitel 3.4 genannten Verfahren zu kategorisieren waren und somit eine Relevanz zur Aufgabenstellung des Forschungsprojektes besitzen.

3.4 Kriterien der Tunnelkategorisierung

Mit der Fortschreibung des europäischen Übereinkommens über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) von 2007 wurden einheitliche Vorschriften für die Beschränkung der Nutzung von Tunneln durch Beförderungseinheiten mit Gefahrgut eingeführt, die durch Risikoanalysen zu stützen sind. Während die Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz [EP 2004] eine Risikobetrachtung für Tunnel ab einer Mindestlänge von 500 m vorsieht, ist in den deutschen Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln [RABT 2006] geregelt, dass Risikoanalysen für Tunnel ab einer Länge von 400 m auszuführen sind.

Gemäß ADR 1.9.5.2.1 basiert die Kategorisierung auf der Annahme, dass in Tunneln drei Hauptgefahren bestehen, die zu zahlreichen Opfern oder ernsthaften Schäden am Tunnelbauwerk führen können:

- Explosionen;
- Freiwerden giftiger Gase oder flüchtiger giftiger flüssiger Stoffe;
- Brände.

Es wurden die in Tabelle 4 aufgeführten fünf Tunnelkategorien mit den entsprechenden beschränkenden Kriterien festgelegt [ADR 2017].

Für Deutschland wurde von [Baltzer et al. 2009] ein mehrstufiges Verfahren entwickelt, mit dem die Gefahrgutrisiken für alle Tunnel auf Basis eines quantitativen Ansatzes ermittelt und einheitlich bewertet sowie Einschränkungen für den Gefahrguttransport durch die Tunnelkategorien kenntlich gemacht werden können. Die Tunnellänge 400 m ist dabei nur ein entscheidendes Kriterium. Gemäß ADR 1.9.5.1 sind die Tunneleigenschaften, die Risikoeinschätzung, einschließlich Verfügbarkeit und Eignung alternativer Strecken und Verkehrsträger, und Überlegungen zur Verkehrslenkung zu berücksichtigen. Nach diesem Verfahren beginnt die Bewertung eines Tunnel mit einer Grobselektion (Stufe 1a). Werden Schwellenwerte der zugrundeliegenden Kriterien dieser Stufe überschritten, schließt sich die Ermittlung des intrinsischen Risikos anhand des OECD/PIARC QRA Modells (Stufe 1b) an. Auch hier entscheiden Schwellenwerte, ob der Tunnel nach der Grobbeurteilung eine Freigabe für Gefahrguttransporte erhalten kann. Ist das nicht der Fall, werden mittels vertiefter

Analysen die Risiken detaillierter ermittelt und die gegebenenfalls erforderliche Beschränkung des Gefahrguttransportes durch diesen Tunnel nach ADR festgelegt. Für die vertiefende Analyse des intrinsischen Risikos stehen detaillierte Modelle (Stufe 2a) zur Verfügung. Wird eine Beschränkung vorgenommen, ist gemäß ADR für den Gefahrguttransport eine geeignete Umfahungsstrecke des Tunnels festzulegen, deren Risiken, zuvor mit der Stufe 2b des Verfahrens ermittelt, vertretbar sind.

Tabelle 4: Kriterien der Tunnelkategorisierung

Tunnelkategorie	Kriterien
A	keine Beschränkungen für die Beförderung gefährlicher Güter
B	Beschränkungen für die Beförderung gefährlicher Güter, die zu einer <ul style="list-style-type: none"> • sehr großen Explosion führen können.
C	Beschränkungen für die Beförderung gefährlicher Güter, die zu einer/einem <ul style="list-style-type: none"> • sehr großen Explosion • einer großen Explosion oder • umfangreichen Freiwerden giftiger Stoff führen können.
D	Beschränkungen für die Beförderung gefährlicher Güter, die zu einer/einem <ul style="list-style-type: none"> • sehr großen Explosion • großen Explosion • umfangreichen Freiwerden giftiger Stoffe oder • großen Brand führen können.
E	Beschränkungen für die Beförderung aller gefährlichen Güter mit Ausnahme derer, bei denen in Kapitel 3.2 Tabelle A Spalte (15) «(-)» angegeben ist, sowie für alle gefährlichen Güter nach den Vorschriften des Kapitels 3.4, wenn die beförderten Mengen 8 Tonnen Bruttogesamtmasse je Beförderungseinheit überschreiten.

Zur Präsentation der von den Gefahrguttransporten ausgehenden maßgeblichen Gefahrenwirkungen werden Leitstoffe herangezogen, auf die sich die Modellierung der Gefahrgutwirkungen und die Ermittlung des Schadensausmaßes stützen. Während im OECD/PIARC Modell (Stufe 1b) die toxischen Wirkungen durch die Leitstoffe Acrolein, Ammoniak und Chlor abgebildet werden, kommt in der Modellierung der Stufe 2a vereinfachend nur Chlor als toxischer Leitstoff zur Anwendung. Anstelle des zur Modellierung der Druckwirkung infolge Explosion im OECD/PIARC Modell verwendeten CO₂, wird in Stufe 2a TNT⁸ als Leitstoff eingesetzt. Benzin und Propan sind die Leitstoffe für Brand- bzw. BLEVE⁹-Szenarien. Einen Überblick über die zu untersuchenden Szenarien in Stufe 2 des Verfahrens vermittelt die Tabelle 5 [Baltzer et al. 2009].

⁸ TNT: Trinitrotoluol (ein Explosivstoff)

⁹ BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, Gasexplosion einer expandierenden siedenden Flüssigkeit nach Behälterbersten durch mechanische oder thermische Einwirkung

Tabelle 5: Zu untersuchende Szenarien der Stufe 2 des Verfahrens zur Risikoanalyse nach [Baltzer et al. 2009]

Leitstoff	Nr.	Szenario	Menge	Wirkung	abgebildete Hauptgefahr	Tunnelkat.
Benzin	1	Tanktransport; spontane oder kontinuierliche Freisetzung von rund 20 m ³	15 t	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sofortige Zündung und Lachenbrand ▪ Lachenbildung, verzögerte Zündung ▪ Rauchgasausbreitung 	große Brandgefahr	D
	2	Transport in Kleingebinden; spontane oder kontinuierliche Freisetzung von rund 10 m ³	8 t	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sofortige Zündung und Lachenbrand ▪ Lachenbildung, verzögerte Zündung ▪ Rauchgasausbreitung 	-	E
Propan	3	Tanktransport; spontane oder kontinuierliche Freisetzung mit einer Rate von 400 kg/s bzw. 30 kg/s	12 t	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sofortige Zündung und BLEVE ▪ verzögerte Zündung und Gaswolkenbrand und/oder Freistrahbrand 	sehr große Explosionsgefahr	B
	4	Transport in Kleingebinden; spontane oder kontinuierliche Freisetzung mit einer Rate von 400 kg/s bzw. 30 kg/s	1 t	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sofortige Zündung und BLEVE ▪ verzögerte Zündung und Gaswolkenbrand und/oder Freistrahbrand 	große Brandgefahr	D
Chlor	5	Tanktransport; spontane Freisetzung von 4 t	4 t	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schwergasausbreitung und humantoxische Wirkungen 	Freisetzung giftiger Stoffe	C
	6	Transport in Kleingebinden Gesamtmenge < 50 kg); spontane Freisetzung	50 kg ¹⁰	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schwergasausbreitung und humantoxische Wirkungen 	-	E
TNT	7	Transport von 1.000 kg TNT-Äquivalent, nach einem Unfall gerät das Transportfahrzeug in Brand, durch den eine Explosion ausgelöst wird	1 t	<ul style="list-style-type: none"> ▪ verzögerte Zündung und Detonation (sowie mögliche Verdämmungseffekte) 	sehr große Explosionsgefahr	B
	8	Transport von 100 kg TNT-Äquivalent, nach einem Unfall gerät das Transportfahrzeug in Brand, durch den eine Explosion ausgelöst wird	100 kg	<ul style="list-style-type: none"> ▪ verzögerte Zündung und Detonation (sowie mögliche Verdämmungseffekte) 	große Explosionsgefahr	C

Für die Einsatzkräfte der Feuerwehren stellen die in der Tabelle 5 aufgelisteten Szenarien für Gefahrgutfreisetzungen und Folgewirkungen in konkreten chemischen Lagen nur eine sehr eingeschränkte Möglichkeit der angepassten Informationsgewinnung dar.

Derselbe Tunnel darf in Abhängigkeit von der Uhrzeit, dem Wochentag usw. mehreren Tunnelkategorien zugeordnet sein [ADR 2017]. Die Zuständigkeit für die Kategorisierung der Tunnel in Deutschland und die entsprechende Kennzeichnung liegt bei den Ländern [BMVI 2017/3]. Die dem BMVI von den Bundesländern mitgeteilten Beschränkungen für Straßentunnel (Stand 10.02.2016) sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

¹⁰ Vereinfachend wird von einer Freisetzungsmenge von 50 kg des Leitstoffes ausgegangen [Baltzer et al. 2009]

Tabelle 6: Straßentunnel mit Beschränkung des Gefahrgutverkehrs gemäß ADR [BMVI 2017/3]

Bezeichnung der Straße und/oder des Tunnels	Tunnel-länge in m	Tunnel-kategorie	Bemerkungen
Baden-Württemberg			
B 38 Saukopftunnel Weinheim	2715	E	
B 312 Bereich Flughafen Stuttgart	520	E	
Gemeindestraße Schlossbergtunnel Heidelberg	918	E	
B 10 Westringtunnel Ulm	600 / 385	E	
Bayern			
Pferseer Unterführung Augsburg Zentrum	170	B	
Berlin			
A 113 Tunnel Altglienicke	320	B	
A 133 Tunnel Rudower Höhe	960	B	
A 100 Tunnel Schlangenbader Str.	560	E	
Hamburg			
Wallringtunnel	550	E	
Tunnel Alsterkrugchaussee	320	E (06:00-21:00) C (übrige Zeit)	
CCH-Tunnel Vorfahrtsbauwerk	?	E	
A 7 Elbtunnel	3325	E (05:00-23:00) C (übrige Zeit)	
Kronstiegtunnel	419	E (06:00-21:00) C (übrige Zeit)	
Niedersachsen			
A 39 Galerien Lindenberg und Heidelberg	691 379		Aufhebung der Beschränkung
A 38 Heidkopftunnel	1720 / 1724		Aufhebung der Beschränkung
A 31 Emstunnel	945	B	
B 437 Wesertunnel	1645		Aufhebung der Beschränkung
Nordrhein-Westfalen			
A 1 Einhausung Köln-Lövenich	1500		Aufhebung Beschränkung
B 9 Tunnel Bad Godesberg	1950	E	
B 55a Tunnel Grenzstraße (Straßentunnel Kalk?) Köln- Buchforst	540	E (für Sanierung 2013 bis 2017)	Geschwindigkeit auf 50 km/h reduziert, Durchfahrtverbot Schwerlastverkehr (ab 7,5 t)
B 61n Weserauentunnel	1733 / 1734	E	
Thüringen			
A 71 Tunnel Alte Burg	876 / 874	E	
A 71 Tunnel Rennsteig	7916 / 7878	E	
A 71 Tunnel Hochwald	1056	E	
A 71 Tunnel Berg Bock	2717 / 2738	E	

Während von den Bundes-ländern Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen und Sachsen-Anhalt gemeldet wurde, dass hinsichtlich des Gefahrguttransportes keine Beschränkungen an Tunneln vorgenommen wurden, machten die Bundesländer Brandenburg, Bremen, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein keine Angaben.

Gemäß [BMVI 2017/3] gibt es somit per 10.02.2016

- 4 Tunnel der Kategorie B,
- 3 Tunnel der Kategorie C / E (Zeitfenster)
- 14 Tunnel der Kategorie E

in Deutschland. Alle übrigen Tunnel sind hinsichtlich des Gefahrguttransportes nicht beschränkt. Gemessen an der Gesamtzahl der Tunnel stellen die Tunnel mit einer von A abweichenden Kategorie (Beschränkungen für Gefahrguttransport) nur einen verschwindend geringen Anteil dar.

3.5 Der Tunnelbeschränkungscode

Mit der Kategorisierung der Tunnel nach ADR wurde auch der dazu korrespondierende Tunnelbeschränkungscode (TBC) eingeführt. Ist auf Grund der stoffspezifischen Eigenschaften im Zusammenhang mit der Transportart und weiteren Transportmodalitäten für eine in der Tabelle A des ADR eingetragene UN-Nummer im Havarie-Fall das Risiko relevant, ein in einer Tunnelkategorie zu vermeidendes Szenario zu verursachen, wird sie genau für diese beschränkt. Sie wird einem gleichlautenden Tunnelbeschränkungscode unterstellt. Das hat zur Folge, dass der Transport des unter diese UN-Nummer fallenden Gefahrgutes durch Tunnel dieser und der nachfolgenden Tunnelkategorien untersagt ist. Sind keine entsprechenden Risiken ableitbar, wird kein Tunnelbeschränkungscode vergeben. Der Tunnelbeschränkungscode ist in Spalte 15 der Tabelle A des ADR zu finden jeweils unter der Information zur Beförderungskategorie (siehe Beispiel in Abbildung 11). Der Tunnelbeschränkungscode ist in den Beförderungspapieren anzugeben. Sofern auf dem Transportweg keine Tunnel befahren werden oder wenn im Rahmen von Freistellungen nach ADR 1.1.3.6 transportiert wird, ist der Eintrag nicht erforderlich. Der Zusammenhang zwischen den Tunnelbeschränkungscode der Gefahrgüter und den Beförderungsmöglichkeiten durch Tunnel der verschiedenen Kategorien wird in Tabelle 7 verdeutlicht.

Tabelle 7: Zusammenhang zwischen Tunnelbeschränkungscode der Gefahrgüter und Beförderungsmöglichkeit durch Tunnel der verschiedenen Kategorien

Tunnelkategorie	A	B	C	D	E
Gefahrgut mit Beschränkungscode					
B	erlaubt	verboten	verboten	verboten	verboten
B 1000 C (Klasse 1)	erlaubt	*1	verboten	verboten	verboten
B / D	erlaubt	*2	*2	verboten	verboten
B / E	erlaubt	*2	*2	*2	verboten
C	erlaubt	erlaubt	verboten	verboten	verboten
C 5000 D (Klasse1)	erlaubt	erlaubt	*3	verboten	verboten
C / D	erlaubt	erlaubt	*2	verboten	verboten
C / E	erlaubt	erlaubt	*2	*2	verboten
D	erlaubt	erlaubt	erlaubt	verboten	verboten
D / E	erlaubt	erlaubt	erlaubt	*4	verboten
E	erlaubt	erlaubt	erlaubt	erlaubt	verboten

Zeichenerklärung:

*1 erlaubt, wenn die Nettoexplosivmasse 1000 kg nicht überschreitet
verboten, wenn die Nettoexplosivmasse 1000 kg überschreitet

*2 erlaubt, wenn Beförderung als Stückgut
verboten, wenn Beförderung in Tanks

*3 erlaubt, wenn die Nettoexplosivmasse 5000 kg nicht überschreitet
verboten, wenn die Nettoexplosivmasse 5000 kg überschreitet

*4 erlaubt, wenn Beförderung als Stückgut
verboten, wenn Beförderung in Tanks oder loser Schüttung

3.6 Transportarten

Hinsichtlich der Beschränkungen für das Durchfahren von Tunneln sind beim Transport der Gefahrgüter die folgenden Transportarten zu betrachten, da wesentliche Unterschiede bestehen:

- Tanktransport (inklusive Beförderung von unverpackten festen Stoffen in loser Schüttung)
- Stückguttransport
- Transport freigestellter/begrenzter Mengen

3.6.1 Tanktransport

Für die hier als Tanktransport bezeichnete Transportart sind die im ADR 2017 definierten Tanks (Tankkörper mit seiner Bedienungseinrichtung und baulichen Ausrüstung) zulässig. Als Tanks gelten im Sinne dieses Regelwerkes

- Tankcontainer,
- ortsbewegliche Tanks,
- Aufsetztanks,
- festverbundene Tanks sowie
- Tanks als Elemente von Batterie-Fahrzeugen¹¹ oder MEGC¹¹.

Ausschlaggebend für die Bezeichnung Tank ist, dass der Behälter einen Fassungsraum von mehr als 0,45 m³ aufweist. Ein Tankcontainer entspricht der Begriffsbestimmung für Container und dient der Beförderung von gasförmigen, flüssigen, pulverförmigen oder körnigen Stoffen. Dieser muss einen Fassungsraum von mindestens 0,45 m³ haben, wenn er zur Beförderung von Gasen der Klasse 2 verwendet wird. Für festverbundene Tanks gilt ein Fassungsraum von mindestens 1 m³. Das pro Beförderungseinheit in Tanks transportierte Gefahrgut ist hinsichtlich der Gesamtmenge nicht pauschal begrenzt. Es gilt für Tanktransporte eine höchstzulässige Bruttomasse, die sich aus der Eigenmasse des Tanks und höchster für die Beförderung zugelassener Ladung zusammensetzt.

Die Beförderung von unverpackten festen Stoffen in loser Schüttung erfolgt in Fahrzeugen, Containern oder Schüttgut-Containern. Letztere sind definiert als Behältnissystem einschließlich eventueller Auskleidungen oder Beschichtungen, das für die Beförderung fester Stoffe in direktem Kontakt mit dem Behältnissystem vorgesehen ist. Container und Schüttgut-Container haben ein Innenvolumen von mindestens 1 m³.

3.6.2 Stückguttransport

Stückgut bezeichnet in der Logistik alles, was sich am Stück transportieren lässt, also ein Gebinde ist, wie beispielsweise Kisten, beladene Paletten, Maschinen oder Anlagenteile, Kabel-, Papier- oder Blechrollen und Fässer. In der Logistik kann Stückgut ebenso ein Massengut sein [Wikipedia 2017]. Der Begriff Stückguttransport findet im ADR 2017 keine Anwendung. Alles, was nicht in Tanks oder in loser Schüttung befördert wird, ist unter dem Begriff *sonstige Beförderung* zusammengefasst. Die Beförderung erfolgt in Versandstücken, die aus dem Inhalt und der Verpackung, der Großverpackung oder dem Großpackmittel (IBC) bestehen. Die Verpackung ist definiert als Einheit eines oder mehrerer Gefäße mit allen anderen Bestandteilen und Werkstoffen, die notwendig sind, damit die Gefäße ihre Behältnis- und andere Sicherheitsfunktionen erfüllen können. Es werden unterschiedliche Behältnisse (u. a. Flaschen, Kanister, Säcke, Kisten Fässer) aus Materialien wie Glas,

¹¹ Fahrzeug oder Gascontainer mit mehreren Elementen (MEGC): aus Elementen bestehend, die durch ein Sammelrohr miteinander verbunden sind und die dauerhaft auf dem Fahrzeug befestigt sind bzw. die in einem Rahmen montiert sind. Elemente sind Flaschen, Großflaschen, Druckfässer und Flaschenbündel sowie Tanks mit einem Fassungsraum von mehr als 0,45 m³ für Gase der Klasse 2

Porzellan, Steinzeug, Stahl, Aluminium und andere Metalle, Kunststoffe, Holz, Papier und Pappe mit unterschiedlichem Fassungsvermögen verwendet. Die zulässige Verpackung richtet sich nach dem zu befördernden Gefahrgut und seinen spezifischen Eigenschaften. Innenbehälter für flüssige Stoffe in zusammengesetzten Verpackungen können Volumina von beispielsweise 10 Liter (Glas), 30 Liter (Kunststoff) oder 40 Liter (Metall) enthalten. Außenverpackungen (u. a. Kisten, Fässer, Kanister aus unterschiedlichsten Materialien) sind zulässig in Abhängigkeit von Material und Verpackungsgruppe bis 400 kg, bei Einzelverpackungen (Fässer, Kanister) bis maximal 450 Liter, Kombinationsverpackungen (z. B. Kunststoffbehälter in einem Fass aus Pappe, Kunststoff oder Sperrholz) bis maximal 250 Liter. Gase werden in Flaschen, Großflaschen, Druckfässern und Flaschenbündeln befördert. Das Fassungsvermögen ist bei Gasflaschen bis 450 Liter ausgelegt, bei Druckfässern bis 1 m³ und bei Großflaschen bis 3 m³. Großpackmittel (IBC) haben ein Fassungsvermögen von 1000 bis 2000 Liter bzw. kg. Bei Großverpackungen für feste Stoffe der Verpackungsgruppe III kann ein Volumen bis 3 m³ zulässig sein.

3.6.3 Freistellungen von den Vorschriften des ADR

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, bei der Beförderung gefährlicher Güter von den Vorschriften des ADR freigestellt zu sein, was dazu führt, dass die Transporte nicht mehr als Gefahrguttransporte gelten. Somit besteht u. a. keine Kennzeichnungspflicht und sie unterliegen nicht den Tunnelbeschränkungen. Hier sollen nur ein paar als Beispiel aufgeführt werden.

Freistellung in Zusammenhang mit der Art der Beförderungsdurchführung

Privatpersonen können gefährliche Güter beispielsweise im Pkw befördern, wenn die Randbedingungen eingehalten werden. Diese sind im [ADR 2017] wie folgt festgelegt: Die Güter müssen einzelhandelsgerecht abgepackt sein und für den persönlichen oder häuslichen Gebrauch oder Freizeit und Sport bestimmt sein. Es müssen Maßnahmen ergriffen werden, die unter normalen Beförderungsbedingungen ein Freiwerden des Inhalts verhindern. Handelt es sich um entzündbare flüssige Stoffe, die in wiederbefüllbaren Behältern befördert werden, darf die Gesamtmenge 60 Liter je Behälter und 240 Liter je Beförderungseinheit¹² nicht überschreiten. Unternehmen, z. B. Handwerksbetriebe, können in Verbindung mit ihrer Haupttätigkeit Beförderungen in Mengen, die 450 Liter je Verpackung, einschließlich Großpackmittel (IBC) und Großverpackungen vornehmen, vorausgesetzt, es werden Maßnahmen zur Verhinderung einer Freisetzung unter normalen Beförderungsbedingungen

¹² Ein Motorfahrzeug ohne Anhänger oder Einheit aus Motorfahrzeug mit Anhänger [ADR 2017]

ergriffen. Hierbei dürfen bestimmte Höchstmengen nicht überschritten werden. Es gilt eine 1000 Punkte Regel, die aus der nachfolgend erläuterten Beförderungsart resultiert.

Freistellung in Zusammenhang mit Mengen, die je Beförderungseinheit befördert werden

Nahezu allen Stoffen ist in der Spalte 15 der Tabelle A des ADR 2017 eine Beförderungskategorie für Zwecke der Freistellung zugeordnet. Je nachdem, in welche Kategorie (von 0 bis 4) ein Stoff gehört, rangiert dessen höchstzulässige Gesamtmenge in kg oder Liter je Beförderungseinheit. Sollen gefährliche Güter, die unterschiedlichen Beförderungskategorien angehören, in derselben Beförderungseinheit befördert werden, müssen die jeweils zu befördernde Menge mit einem von der Beförderungskategorie abhängigen Faktor multipliziert werden. Die Ergebnisse werden aufsummiert und dürfen die Zahl 1000 nicht überschreiten. So ist es möglich, dass ein Fahrzeug beispielsweise 20 kg eines Stoffes der Beförderungskategorie 1 (Faktor 50 für diese Kategorie) befördern kann oder 1 m³ eines Stoffes der Beförderungskategorie 3 (Faktor 1 für diese Kategorie), ohne den Vorschriften des ADR zu unterliegen. Somit könnten beispielsweise 20 kg Calciumphosphid (UN-Nummer 1360, Beförderungskategorie 1) oder 1 m³ verdichteter Sauerstoff (UN-Nummer 1072, Beförderungskategorie 3) in einem Fahrzeug befördert werden, ohne dass dieses ein Gefahrguttransport im Sinne des ADR ist.

Freistellung in Zusammenhang mit der Beförderung von flüssigen Brennstoffen

Der in Behältern von Fahrzeugen, mit denen eine Beförderung durchgeführt wird, enthaltene Brennstoff, der zu deren Antrieb oder zum Betrieb von deren Einrichtungen dient oder anderweitig während der Beförderung verwendet wird, ist von den Vorschriften des ADR nicht betroffen. Der Brennstoff darf sich in befestigten Brennstoffbehältern, die direkt mit dem Motor verbunden sind oder in tragbaren Brennstoffbehältern befinden. Dabei sind folgende Mengen zulässig: Der Fassungsraum der befestigten Behälter darf 1500 Liter je Beförderungseinheit betragen und der Fassungsraum eines auf dem Anhänger befestigten Behältern darf nochmals 500 Liter betragen. In Summe darf das Energieäquivalent von 54000 MJ nicht überschritten werden.

Freistellungen im Zusammenhang mit Sondervorschriften

Die Beförderung bestimmter gefährlicher Güter wird durch gewisse Sondervorschriften teilweise oder vollständig von den Vorschriften des ADR freigestellt. Diese gilt, wenn für den entsprechenden gefährlichen Stoff in der Spalte 6 der Tabelle A des ADR 2017 die Sondervorschrift aufgeführt ist [ADR 2017]. Diese Sondervorschriften sind so spezifisch, dass auf die Nennung von Beispielen verzichtet wird.

Freistellungen im Zusammenhang mit in begrenzten Mengen verpackten gefährlichen Gütern

Die für eine Innenverpackung oder den Gegenstand anwendbare Mengengrenze ist für jeden Stoff in der Spalte 7a der Tabelle A des ADR festgelegt. Diese Mengen variieren zwischen 100 g bzw. ml bis 5 kg bzw. Liter. Ist dort eine 0 eingetragen, sind diese Stoffe nicht für eine solche Beförderung zugelassen. In begrenzten Mengen verpackte Güter unterliegen keinen anderen Vorschriften des ADR als die sie betreffenden. Die Gesamtbruttomasse eines Versandstücks darf 30 kg nicht übersteigen, bei Trays mit Dehn- oder Schrumpffolie beträgt diese 20 kg. Die Kennzeichnung einer Beförderungseinheit, welche in begrenzten Mengen verpackte Güter befördert, ist erst dann erforderlich (vorn und hinten), wenn die höchstzulässige Gesamtmasse der Beförderungseinheit über 12 Tonnen liegt, aber nicht, wenn die Bruttogesamtmasse dieser Güter 8 Tonnen je Beförderungseinheit nicht überschreitet. Das gleiche gilt für Container, die auf vier Seiten zu kennzeichnen sind, wenn sie auf Beförderungseinheiten verladen sind, deren höchstzulässige Gesamtmasse über 12 Tonnen ist. Erst wenn eine Kennzeichnung erforderlich ist, besteht für dieses Art der Beförderungen eine Beschränkung für die Tunnelkategorie E.

In freigestellten Mengen verpackte Güter

Haben die Stoffe in der Tabelle A des ADR in Spalte 7b einen Eintrag von E1 bis E5, dürfen sie in freigestellten Mengen befördert werden und unterliegen damit keinen anderen Vorschriften des ADR als nur denen, die Unterweisungen, Klassifizierungen und Verpackungen betreffen. Die Mengen betragen hierbei je Innenverpackung 1 g / 1 ml (E4 und E5) oder 30 g / 30 ml (E1 bis E3). Die höchste Menge je Außenverpackung liegt zwischen 300 und 1000 g bzw. ml. Die Anzahl der Versandstücke, die mit einem Fahrzeug oder Container befördert werden dürfen, ist auf 1000 beschränkt.

3.7 Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr

Zusätzlich zu der Einteilung der Gefahrgüter in Gefahrgutklassen entsprechend der Model Regulation der UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods wurde für das ADR ein System zur Kennzeichnung der Gefahr entwickelt, das in Anlehnung an die Gefahrgutklassen die Haupt- und Nebengefahren der Güter mittels Zahlencode beschreibt. Für die Stoffe und Güter der Klassen 2 bis 9 besteht dieser Zahlencode aus zwei bis drei Ziffern. Wenn die Gefahr eines Stoffes hinreichend durch eine Ziffer charakterisiert werden kann, wird dieser Ziffer eine Null angefügt. Die Verdopplung einer Ziffer weist auf die Zunahme der entsprechenden Gefahr hin. Wenn der Ziffernfolge der Buchstabe „X“ vorangestellt ist, bedeutet dies, dass der Stoff in gefährlicher Weise mit Wasser reagiert. Im Einsatzfall darf bei diesen Stoffen und Gütern Wasser nur im Einverständnis mit

Sachverständigen zur Anwendung kommen. Auf welche Gefahren die Ziffern im Allgemeinen hinweisen zeigt Tabelle 8. Einige Ziffernkombinationen haben eine besondere Bedeutung, die aus Tabelle 9 ersichtlich ist.

Tabelle 8: Ziffern zur Kennzeichnung der Gefahr gemäß ADR 5.3.2.3.1 [ADR 2017]

Ziffer	Gefahr
2	Entweichen von Gas durch Druck oder durch chemische Reaktion
3	Entzündbarkeit von flüssigen Stoffen (Dämpfen) und Gasen oder selbsterhitzungsfähiger flüssiger Stoff
4	Entzündbarkeit von festen Stoffen oder selbsterhitzungsfähiger fester Stoff
5	oxidierende (brandfördernde) Wirkung
6	Giftigkeit oder Ansteckungsgefahr
7	Radioaktivität
8	Ätzwirkung
9	Gefahr einer spontanen heftigen Reaktion

Tabelle 9: Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr mit besonderer Bedeutung (ADR 5.3.2.3.1)

Nr.	Gefahr
22	tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend
323	entzündbarer flüssiger Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
333	pyrophorer flüssiger Stoff
362	entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
382	entzündbarer flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
423	fester Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
44	Ätzwirkung
446	entzündbarer fester Stoff, der sich bei erhöhter Temperatur in geschmolzenem Zustand befindet
462	fester Stoff, giftig, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
482	fester Stoff, ätzend, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
539	entzündbares organisches Peroxid
606	ansteckungsgefährlicher Stoff
623	giftiger flüssiger Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
642	giftiger fester Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
823	ätzender flüssiger Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
842	ätzender fester Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
90	umweltgefährdender Stoff, verschiedene gefährliche Stoffe
99	verschiedene gefährliche Stoffe in erwärmten Zustand

Gemäß 5.3.2.1.1 [ADR 2017] müssen Beförderungseinheiten, in denen gefährliche Güter befördert werden, mit zwei rechteckigen, senkrecht angebrachten orangefarbenen Tafeln versehen sein, die sich bei einer 15-minütigen Feuereinwirkung nicht von der Befestigung lösen dürfen (5.3.2.2.1). Wenn in Spalte 20 der Tabelle A der ADR eine Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr angegeben ist, müssen diese orangefarbenen Tafeln im unteren Teil mit der UN-Nummer und im oberen Teil mit der Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr versehen sein, sofern die Beförderungseinheiten, den in 5.3.2.1.2 bis 5.3.2.1.7 definierten Kriterien entsprechen. Beide Nummern müssen unauslöschar und nach einer 15-minütigen Feuereinwirkung noch lesbar sein (5.3.2.2.2). Zur Anwendung kommen die Gefahrnummern somit nur bei der äußeren Kennzeichnung von Tankfahrzeugen, Batterie-Fahrzeugen, Beförderungseinheiten mit einem oder mehreren Tanks sowie für MEMU (Mischladefahrzeuge) bei Tanks mit einem Fassungsraum von mindestens 1000 Litern und bei Schüttgut-Containern, ebenso für in der Beförderungseinheit oder im Container beförderte verpackte radioaktive Stoffe, sofern diese unter ausschließlicher Verwendung zu befördern sind. In der Tabelle A des ADR sind in der Spalte 20 Gefahrnummern deshalb nur für solche Stoffe und Gegenstände eingetragen, für die der Tank- bzw. Schüttguttransport zulässig ist. Wie am konkreten Beispiel noch gezeigt wird, gibt es Stoffe, deren gefährliche Eigenschaften durchaus mittels Gefahrnummer bewertet wurden, da sie aber nicht in Tanks bzw. Schüttgutcontainern transportiert werden dürfen, sind für diese in der Tabelle A des ADR keine Gefahrnummern eingetragen. Diese Gefahrnummern sind aber an anderer Stelle, z. B. in der Tabelle A *Verzeichnis der gefährlichen Güter in UN-numerischer Reihenfolge des Anhangs C – Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID) des Übereinkommens über den internationalen Eisenbahnverkehr (COTIF)* oder in Stoffdatenbanken zu finden.

3.8 Verpackungsgruppe

Die einer Gefahrgutklasse zugeordneten Stoffe und Güter der Tabelle A des ADR können sich trotz typischer gemeinsamer Merkmale innerhalb einer Klasse erheblich unterscheiden und deshalb zur Gewährleistung einer sicheren Beförderung spezifische Verpackungen erfordern. Zu diesem Zweck werden sie entsprechend des von ihnen ausgehenden Gefahrengrades einer Verpackungsgruppe zugeordnet. Innerhalb einer Klasse können somit verschiedene Verpackungsgruppen relevant sein. In 2.1.1.3 [ADR 2017] sind die Verpackungsgruppen allgemein wie folgt definiert:

- Verpackungsgruppe I: Stoffe mit hoher Gefahr
- Verpackungsgruppe II: Stoffe mit mittlerer Gefahr
- Verpackungsgruppe III: Stoffe mit geringer Gefahr

Wie bei der folgenden Auswertung zu sehen sein wird, sind die Kriterien für die Zuordnung der Stoffe und Gegenstände der einzelnen Gefahrstoffklassen zu Verpackungsgruppen entweder konkrete Stoffdaten oder ein bestimmtes, von Untersuchungsbedingungen abhängiges Verhalten. Somit ist die Zuordnung zu einer Verpackungsgruppe relational zur Gefährlichkeit der Stoffe innerhalb ihrer Gefahrstoffklasse. Bei einigen Stoffen ist die Zuordnung zu Verpackungsgruppen nicht möglich. Das trifft für Stoffe der Klassen 1, 2, 5.2, 6.2, und 7 zu, sowie für die selbstzersetzlichen Stoffe der Klasse 4.1. Bezüglich der Zuordnung von Gegenständen zu Verpackungsgruppen gibt es im ADR 2017 unterschiedliche Aussagen. Während in 2.1.1.3 [ADR 2017] die Zuordnung von Gegenständen gänzlich ausgeschlossen wird, ist der Definition *Verpackungsgruppe* in 1.2.1 [ADR 2017] die Bemerkung beigefügt, dass bestimmte Gegenstände, die gefährliche Stoffe enthalten, ebenfalls einer Verpackungsgruppe zugeordnet sind.

4 DURCHFAHRTBESCHRÄNKUNGEN FÜR GEFAHRGÜTER DURCH TUNNEL VERSCHIEDENER KATEGORIEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER NUMMER ZUR KENNZEICHNUNG DER GEFahr

4.1 Methodisches Vorgehen

Wie bereits von [Jahn et al. 2015] beschrieben, basiert das Vorhaben, die Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr, die von einem Stoff aus der Tabelle A des ADR ausgeht, mit dem Tunnelbeschränkungscode, der diesem Stoff zugewiesen wurde, zu vergleichen, auf folgender Überlegung: Mit der Zuordnung der Stoffe zu den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr wird eine Gruppierung der Gefahrgüter vorgenommen in Abhängigkeit der von ihnen ausgehenden Haupt- und Nebengefahren. Das Zuweisen der Tunnelbeschränkungscode zu den Gefahrstoffen bedeutet das Gruppieren der Stoffe entsprechend der Novelle 2007 des ADR (vergleiche Tabelle 7). Die letztgenannte Gruppierung stellt jedoch eine sehr grobe Einstufung der Gefahrgüter dar, die sich für die Ableitung von einsatztaktischen Maßnahmen der Feuerwehr nur eingeschränkt eignet. Es ist zu prüfen, inwieweit sich Analogien aufzeigen lassen zwischen diesen beiden Systematisierungen. Das heißt, konzentrieren sich bestimmte Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr auf eine bestimmte Tunnelkategorie oder gibt es Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr, die für eine Tunnelkategorie nicht existieren? Wenn derartige Zusammenhänge vorliegen, können die Feuerwehren, die einen Tunnel einer bestimmten Kategorie in ihrem Ausrückebereich haben, die Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr beispielsweise zur Erstellung der Gefahrenabwehrpläne heranziehen.

Da eine erhebliche Anzahl der in der Tabelle A des ADR gelisteten Gefahrgüter in Abhängigkeit von der Transportart (Tank- oder Stückguttransport) mit unterschiedlichen Tunnelbeschränkungscode belegt wurden, werden die Untersuchungen auch nach Tank- bzw. Stückguttransport gesondert ausgeführt.

Basis für die Untersuchung ist die Tabelle A des ADR 2017 im Excel-Format von [Conrad 2016]. Diese wurde in die Statistiksoftware SPSS Statistics eingelesen und entsprechend der Fragestellung ausgewertet. Die Korrelation zwischen den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr, die von den Stoffen ausgeht, und den entsprechenden Tunnelbeschränkungscode bildet ab, für welche Tunnelkategorien Durchfahrtbeschränkungen für die Stoffe bestehen, denen diese Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr zugewiesen wurde. Daraus kann abgeleitet werden, welche Gefahrenpotenziale für eine gegebene Tunnelkategorie bestehen.

Beförderungskategorie (Tunnelbeschränkungscode)	Sondervorschriften für die Beförderung				Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr	UN-Nummer	Name und Beschreibung
	Versandstücke	lose Schüttung	Be- und Entladung, Handhabung	Betrieb			
1.1.3.6 (8.6)	7.2.4	7.3.3	7.5.11	8.5	5.3.2.3		3.1.2
(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(1)	(2)
(C/D)			CV13 CV28	S14	886	1744	BROM oder BROM, LÖSUNG
(B/E)			CV24 CV28	S14	568	1745	BROMPENTAFLUORID
(B/E)			CV24 CV28	S14	568	1746	BROMTRIFLUORID
(D/E)				S2	X83	1747	BUTYLTRICHLORSILAN
(E)	V11		CV24 CV35		50	1748	CALCIUMHYPOCHLORIT, TROCKEN oder CALCIUMHYPOCHLORIT, MISCHUNG, TROCKEN, mit mehr als 39 % aktivem Chlor (8,8 % aktivem Sauerstoff)

Abb. 11: Ausschnitt aus der Tabelle A des [ADR 2015] mit Kennzeichnung der Tunnelbeschränkungscode und der Nummern zu Kennzeichnung der Gefahr

P		Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
ADR-Tanks		Tank-codierung	Sondervorschriften	Fahrzeug für die Beförderung in Tanks	Beförderungskategorie (Tunnelbeschränkungscode)	Sondervorschriften für die Beförderung				Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr	UN-Nummer	Name und Beschreibung
						Versandstücke	lose Schüttung	Be- und Entladung, Handhabung	Betrieb			
	4.3	4.3.5, 6.8.4	9.1.1.2	1.1.3.6 (8.6)		7.2.4	7.3.3	7.5.11	8.5	5.3.2.3		3.1.2
	(12)	(13)	(14)	(15)	[15a]	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(1)	(2)
				2 (D)	D			CV9	S2			3358 KÄLTEMASCHINEN mit entzündbarem, nicht giftigem verflüssigtem Gas
				(-)	kein							3359 BEGASTE GÜTER-BEFÖRDERUNGSEINHEIT (CTU)
UNTERLIEGT NICHT DEN VORSCHRIFTEN DES ADR												3360 Fasern, pflanzlichen Ursprungs, trocken
L4BH	TU15 TE19	AT	2 (D/E)	D/E				CV13 CV28	S9 S19	66		3361 CHLORSILANE, GIFTIG, ÄTZEND, N.A.G.
L4BH	TU15 TE19	FL	2 (D/E)	D/E				CV13 CV28	S2 S9 S19	638		3362 CHLORSILANE, GIFTIG, ÄTZEND, ENTZÜNDBAR, N.A.G.
UNTERLIEGT NICHT DEN VORSCHRIFTEN DES ADR (siehe auch Unterabschnitt 1.1.3.1 b))												3363 Gefährliche Güter in Maschinen oder Gefährliche Güter in Geräten
				1 (B)	B				S14			3364 TRINITROPHENOL (PIKRINSÄURE), ANGEFEUCHTET mit mindestens 10 Masse-% Wasser

Abb. 12: Ausschnitt aus der Tabelle A (Excel-Datei) des [ADR 2017] mit Kennzeichnung der von der allgemeinen Tabellenstruktur abweichenden Einträge

Der in Abbildung 11 gezeigte Ausschnitt der Tabelle A des ADR 2017 trifft strukturell auf den Hauptanteil dieser Tabelle zu. Es gibt aber auch davon abweichende Einträge für Stoffe, die entweder nicht den Vorschriften des ADR unterliegen oder deren Beförderung verboten ist. An diesen Stellen ist die Tabelle anders strukturiert, das heißt, die Anzahl der Spalten der Tabelle ist wesentlich geringer (Beispiel siehe Abbildung 12). Dadurch war ein Einlesen der Tabelle in SPSS nicht möglich. Da die betreffenden Einträge für die vorzunehmende Auswertung keinen Informationsgehalt boten, weil weder ein Tunnelbeschränkungscode noch eine Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr relevant ist, wurden sie vor Einlesen der Daten aus der Tabelle A gelöscht. Das betraf insgesamt 16 Einträge für Stoffe, die nicht den Vorschriften des ADR unterliegen und 14 Einträge für Stoffe, deren Beförderung verboten ist. Damit beinhaltete der zur Auswertung verfügbare Datensatz 2884 Einträge zu Stoffen.

4.2 Allgemeine Aussagen zur Tabelle A des ADR 2017

Die in der Tabelle A eingetragenen Stoffe und Gegenstände sind aufsteigend nach ihren UN-Nummern geordnet, wobei normalerweise pro Zeile ein Stoff oder Gegenstand beschrieben ist. Es gibt davon abweichend UN-Nummern, die in mehreren aufeinanderfolgenden Einträgen auftreten. Hierbei handelt es sich um Stoffe oder Gegenstände, die zu ein und derselben UN-Nummer gehören, aber unterschiedliche chemische und/oder physikalische Eigenschaften und/oder Beförderungsvorschriften haben [ADR 2015]. Daraus können für Stoffe gleicher UN-Nummern u. a. unterschiedliche Tunnelbeschränkungscode sowie voneinander abweichende Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr resultieren. Zum Beispiel gibt es für die UN-Nummer 3336 vier Einträge für flüssige Mercaptane, die zwar mit dem gleichen Tunnelbeschränkungscode (D/E) belegt sind, aber in den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr geringe Unterschiede (33 und 30) aufweisen. Auch unter der UN-Nummer 3341 gibt es beispielsweise zwei Einträge für Thioharnstoffdioxid mit unterschiedlichen Tunnelbeschränkungscode (D/E bzw. E) aber gleichen Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr (40).

Die Stoffe und Gegenstände der Tabelle A des ADR 2017 (ausgenommen die o. a. 30 Einträge, die nicht den Vorschriften unterliegen bzw. nicht befördert werden dürfen) verteilen sich auf die Gefahrgutklassen wie in Tabelle 10 aufgeführt und in Abbildung 13 dargestellt. Wie ersichtlich ist, nehmen die giftigen Gefahrgüter (Klasse 6.1) ein Viertel aller Stoffe der Tabelle A ein, gefolgt von denen der Gefahrgutklasse 3 *Entzündbare flüssige Stoffe*, die ein Fünftel aller Stoffe ausmachen.

Von den 2884 Einträgen in der Tabelle A wurden für 663 Einträge keine Nummern zur Kennzeichnung der von den Stoffen ausgehenden Gefahren vergeben und für 16 Einträge keine Tunnelbeschränkungscode. Für 9 Fälle von diesen trifft beides gleichzeitig zu. Zu den

Stoffen, für welche keine Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr vergeben wurden, zählen fast alle 378 Stoffe der Gefahrgutklasse 1. Hier gibt es nur für zwei Stoffe, UN-Nummern 0331 und 0332 (Sprengstoff Typ B bzw. E), die Nummer 1.5D. Für eine Untersuchung der Korrelation zwischen Tunnelbeschränkungscode und Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr ist diese Gefahrgutklasse nicht relevant und wird daher nicht mit einbezogen. Der damit verbleibende Datensatz enthält 2506 Einträge.

Tabelle 10: Verteilung der Einträge der Tabelle A des ADR 2017 auf die Gefahrgutklassen (absolute und prozentuale Häufigkeit)

Klasse	Absolute Häufigkeit	Prozentuale Häufigkeit
1	378	13,1
2	250	8,7
3	554	19,2
4.1	133	4,6
4.2	101	3,5
4.3	125	4,3
5.1	168	5,8
5.2	20	0,7
6.1	720	24,9
6.2	10	0,3
7	25	0,9
8	364	12,6
9	36	1,2

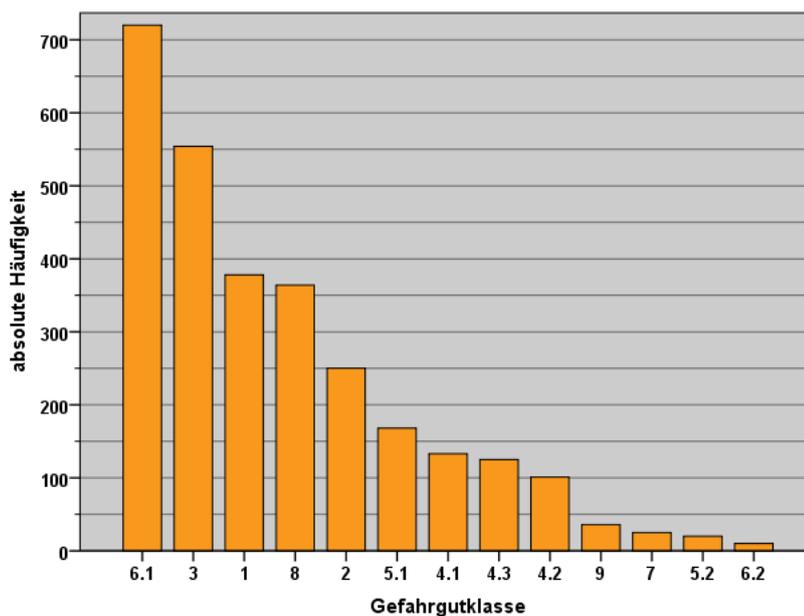


Abb. 13: Verteilung der Einträge der Tabelle A des ADR 2017 auf die Gefahrgutklassen (absolute Häufigkeit)

Über die absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Tabelle A des ADR 2017 geben die Abbildungen 14 und 15 Auskunft.

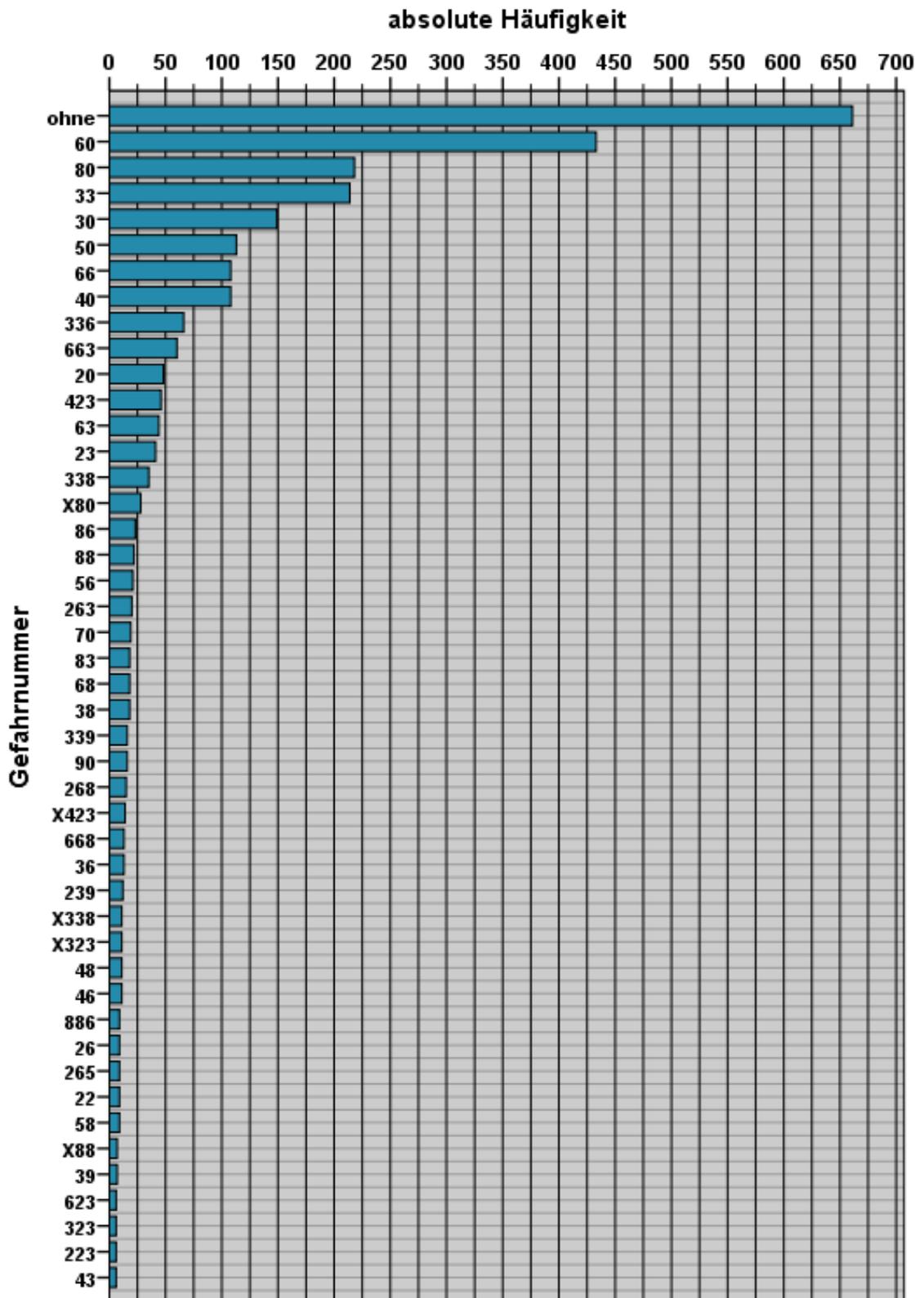


Abb. 14: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in den Einträgen der Tabelle A des ADR 2017 (Teil 1)

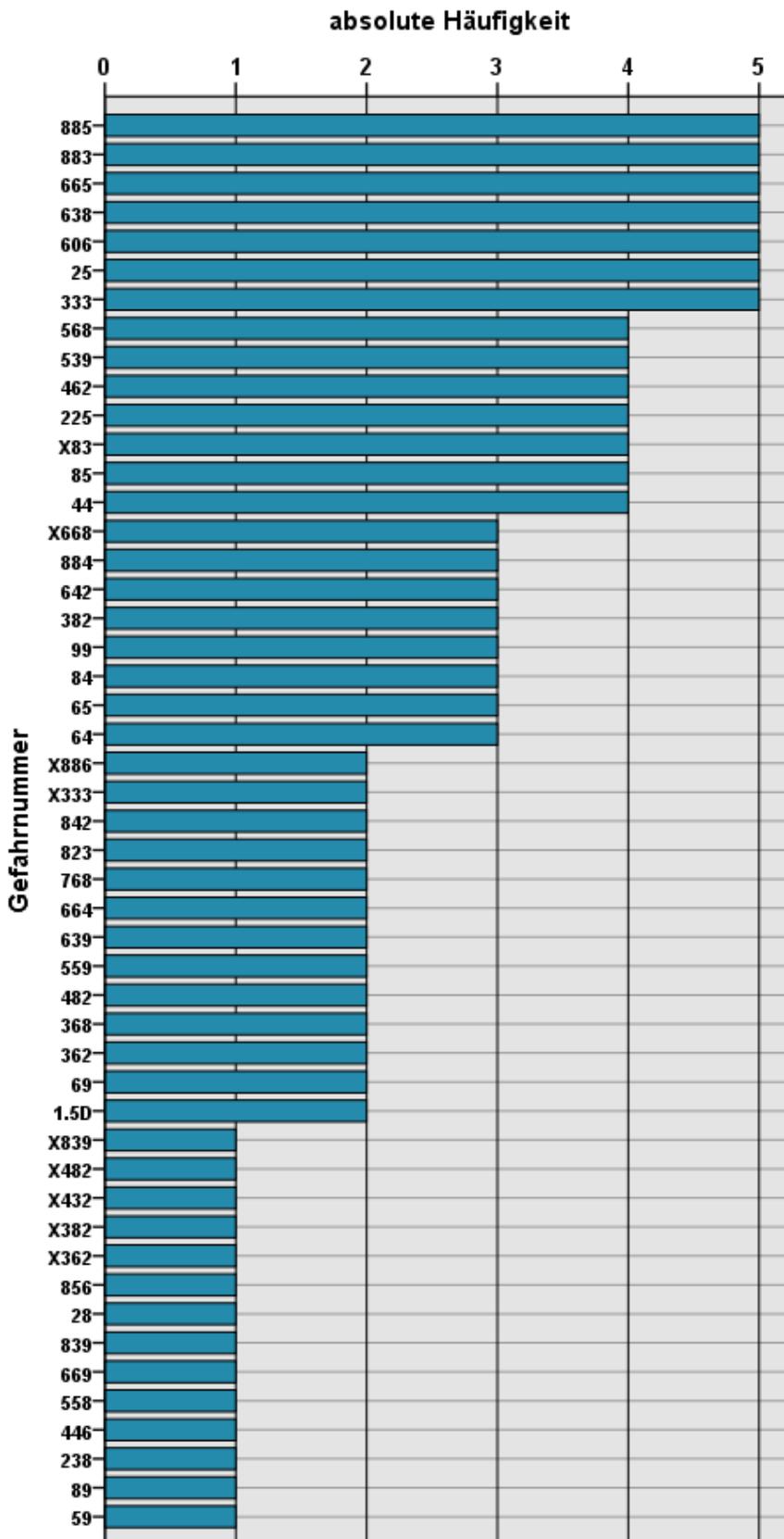


Abb. 15: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in den Einträgen der Tabelle A des ADR 2017 (Teil 2)

4.3 Zuordnung der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr zu den Tunnelbeschränkungscode für Tank- und Stückguttransport

Von den 2506 Einträgen in der Tabelle A des ADR 2017 der Gefahrgutklassen 2 bis 9 beinhalten 1377 Einträge einen unterschiedlichen Tunnelbeschränkungscode für Stückgut- und Tanktransport, während bei 1113 Einträgen der gleiche Tunnelbeschränkungscode für die beiden Transportarten zu finden ist. Trotzdem sind nicht alle Gefahrgüter der letztgenannten Kategorie für den Tanktransport zugelassen. Dies trifft nur dann zu, wenn für diese Gefahrgüter in Spalte 20 eine Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr eingetragen wurde und wenn in der Spalte 10 oder 12 der Tabelle A des ADR 2017 ein Code angegeben ist. Wenn in der Spalte 10 kein BK-Code oder in der Spalte 17 kein VC-Code angegeben ist, darf das Gefahrgut nicht in loser Schüttung befördert werden.

Es wurde für jede relevante Gefahrgutklasse untersucht, ob eine Korrelation zwischen den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr und den Tunnelbeschränkungscode ableitbar ist. Zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Variablen Tunnelbeschränkungscode und Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr wurden die Daten der originalen Excel-Tabelle in die Software SPSS eingelesen, verarbeitet und mittels Kreuztabellen analysiert. Diese wurden anschließend sowohl strukturell als auch farblich umgestaltet. Die Farbe Grün bedeutet hierbei, dass diese Stoffe oder Gegenstände einen Tunnel der entsprechenden Kategorie in der jeweiligen Transportart passieren dürfen, während die Farbe Rot das Verbot symbolisiert. Die weißen Zahlen stehen hierbei für die Anzahl der Einträge in der Tabelle A des ADR 2017 mit den gleichen Ausprägungen (gleichbedeutend mit Eigenschaften oder Kategorien) in den Variablen (gleichbedeutend mit Merkmalen) Tunnelbeschränkungscode und Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr. Treten zu einer Ausprägung im Merkmal Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr (bedeutet hier eine bestimmte Nummer) unterschiedliche Ausprägungen im Merkmal Tunnelbeschränkungscode (also verschiedene Tunnelbeschränkungscode) auf, so wurden die Ergebnisse unterteilt aufgeführt.

Ob ein Zusammenhang zwischen den Variablen Tunnelbeschränkungscode und Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr ableitbar ist, wurde versucht, mittels Cramér's V darzustellen. Cramér's V ist ein Kontingenzkoeffizient, genauer ein χ^2 -basiertes Zusammenhangsmaß. Es ist eine symmetrische Maßzahl für die Stärke des Zusammenhangs zwischen zwei oder mehr nominalskalierten Variablen, wenn (mindestens) eine der beiden Variablen mehr als zwei Ausprägungen hat. Auf Grund der Datenstruktur war das nicht möglich, so dass eine verbale Bewertung der Ergebnisse erfolgen musste.

4.3.1 Gefahrgutklasse 2

Die Gefahrgutklasse 2 Gase umfasst reine Gase, Gasgemische, Gemische eines oder mehrerer Gase mit einem oder mehreren anderen Stoffen sowie Gegenstände, die solche Stoffe enthalten. Wobei Gase als Stoffe definiert sind, die

- a) bei 50 °C einen Dampfdruck von mehr als 300 kPa haben oder
- b) bei 20 °C und einem Standarddruck von 101,3 kPa vollständig gasförmig sind [ADR 2017].

Die Stoffe und Gegenstände der Klasse 2 sind wie folgt unterteilt [ADR 2017]:

1. Verdichtetes Gas: Ein Gas, das im für die Beförderung unter Druck verpackten Zustand bei –50 °C vollständig gasförmig ist; diese Kategorie schließt alle Gase ein, die eine kritische Temperatur von höchstens –50 °C haben.
2. Verflüssigtes Gas: Ein Gas, das im für die Beförderung unter Druck verpackten Zustand bei Temperaturen über –50 °C teilweise flüssig ist. Es wird unterschieden zwischen:
 - unter hohem Druck verflüssigtes Gas: ein Gas, das eine kritische Temperatur über –50 °C bis höchstens +65 °C hat; und
 - unter geringem Druck verflüssigtes Gas: ein Gas, das eine kritische Temperatur über +65 °C hat.
3. Tiefgekühlt verflüssigtes Gas: Ein Gas, das im für die Beförderung verpackten Zustand wegen seiner niedrigen Temperatur teilweise flüssig ist.
4. Gelöstes Gas: Ein Gas, das im für die Beförderung unter Druck verpackten Zustand in einem Lösungsmittel in flüssiger Phase gelöst ist.
5. Druckgaspackungen und Gefäße, klein, mit Gas (Gaspatronen).
6. Andere Gegenstände, die Gas unter Druck enthalten.
7. Nicht unter Druck stehende Gase, die besonderen Vorschriften unterliegen (Gasproben).
8. Chemikalien unter Druck: flüssige, pastöse oder pulverförmige Stoffe, die mit einem Treibmittel unter Druck gesetzt werden, das der Begriffsbestimmung für verdichtetes oder verflüssigtes Gas entspricht, und Gemische dieser Stoffe.
9. Adsorbiertes Gas: Ein Gas, das im für die Beförderung verpackten Zustand an einem festen porösen Werkstoff adsorbiert ist, was zu einem Gefäßinnendruck bei 20 °C von weniger als 101,3 kPa und bei 50 °C von weniger als 300 kPa führt.

Entsprechend ihrer gefährlichen Eigenschaften werden die Stoffe und Gegenstände der Klasse 2 (ausgenommen Druckgaspackungen und Chemikalien unter Druck) einer der folgenden Gruppen zugeordnet [ADR 2017]:

A	erstickend
O	oxidierend
F	entzündbar
T	giftig
TF	giftig, entzündbar
TC	giftig, ätzend
TO	giftig, oxidierend
TFC	giftig, entzündbar, ätzend
TOC	giftig, oxidierend, ätzend.

Wenn nach diesen Kriterien Gase oder Gasgemische gefährliche Eigenschaften haben, die mehr als einer Gruppe zugeordnet werden können, haben die mit dem Buchstaben T bezeichneten Gruppen Vorrang vor allen anderen Gruppen. Die mit dem Buchstaben F bezeichneten Gruppen haben Vorrang vor den mit dem Buchstaben A oder O bezeichneten Gruppen [ADR 2017]. Für die Einordnung der gefährlichen Eigenschaften von Druckgaspackungen gelten zusätzlich zu den o. a. Gruppen noch weitere:

C	ätzend
CO	ätzend, oxidierend
FC	entzündbar, ätzend.

Unter Druck stehende Chemikalien werden entsprechend ihrer gefährlichen Eigenschaften den folgenden Gruppen zugeordnet:

A	erstickend
F	entzündbar
T	giftig
C	ätzend
FC	entzündbar, ätzend
TF	giftig, entzündbar.

Diese auf den hauptsächlichen Eigenschaften beruhenden Klassifizierungscodes mit Buchstaben werden komplettiert mit Ziffern, die folgende Informationen vermitteln [ADR

2017]:	1	verdichtetes Gas
	2	verflüssigtes Gas
	3	tiefgekühlt, verflüssigtes Gas
	4	gelöstes Gas
	5	Druckgaspackungen oder Gefäße, klein, mit Gas (Gaspatronen)
	6	andere Gegenstände, die Gas unter Druck enthalten
	7	nicht unter Druck stehende Gase, die besonderen Vorschriften unterliegen (Gasproben)
	8	Chemikalien unter Druck
	9	adsorbiertes Gas

Zur Gefahrgutklasse 2 zählen 253 Einträge der Tabelle A des ADR 2017, wobei in drei Fällen die Beförderung verboten ist. In 70 Fällen dürfen die Stoffe nicht in Tanks befördert werden. Darunter befindet sich ein Eintrag, welchem weder ein Tunnelbeschränkungscode noch eine Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr zugeordnet wurde. Es handelt sich hierbei um die UN-Nummer 3529 *Verbrennungsmotor mit Antrieb durch entzündbares Gas oder Brennstoffzellen-Motor mit Antrieb durch entzündbares Gas oder Verbrennungsmaschine mit Antrieb durch entzündbares Gas oder Maschine mit Brennstoffzellen-Motor mit Antrieb durch entzündbares Gas*. Somit sind in der Klasse 2 bei den für Tanktransport zugelassenen Gefahrgütern 180 Einträge auszuwerten, für den Stückguttransport 250 Einträge.

Bei den Einträgen der Stoffe und Gegenstände der Gefahrgutklasse 2 in der Tabelle A des ADR 2017 treten zur Beschreibung von deren gefährlichen Eigenschaften die folgenden Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr auf (Tabelle 11):

Tabelle 11: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 2 der Tabelle A

Nr.	Eigenschaften
20	erstickendes Gas oder Gas, das keine Zusatzgefahr aufweist
22	tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend
223	tiefgekühlt verflüssigtes Gas, entzündbar
225	tiefgekühlt verflüssigtes Gas, oxidierend (brandfördernd)
23	entzündbares Gas
238	entzündbares Gas, ätzend
239	entzündbares Gas, das spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann
25	oxidierendes (brandförderndes) Gas
26	giftiges Gas
263	giftiges Gas, entzündbar
265	giftiges Gas, oxidierend (brandfördernd)
268	giftiges Gas, ätzend
28	ätzendes Gas

Über die absolute Häufigkeit des Auftretens der Gefahrnummern im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 2 ohne Gefahrnummer gibt Abbildung 16 Auskunft, wobei letztere den Anteil darstellen, für den der Tanktransport nicht zulässig ist bzw. nicht möglich ist. Dieser macht 28 % aller Einträge aus.

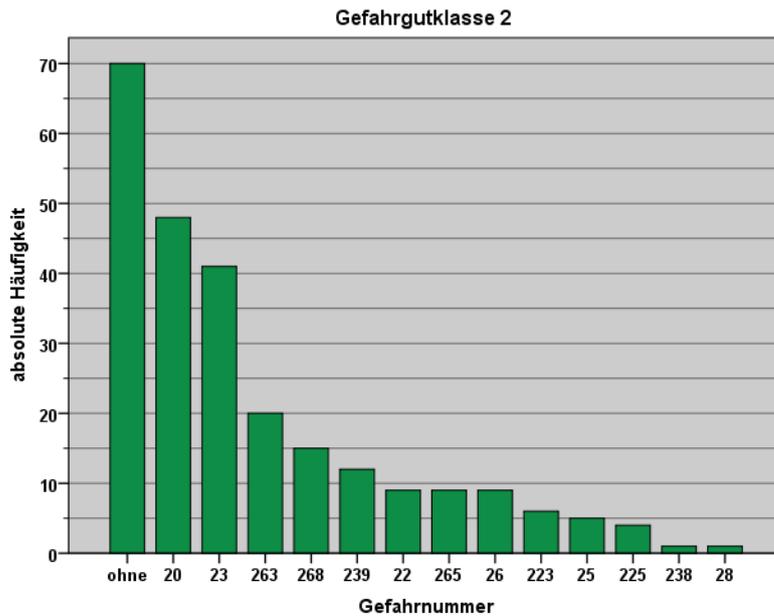


Abb. 16: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrnummer in der Gefahrgutklasse 2

4.3.1.1 Tanktransport Gefahrgutklasse 2

Für den Tanktransport treten die in Abbildung 17 gezeigten absoluten Häufigkeiten der Tunnelbeschränkungscode auf. Der Tunnelbeschränkungscode D wurde nicht vergeben.

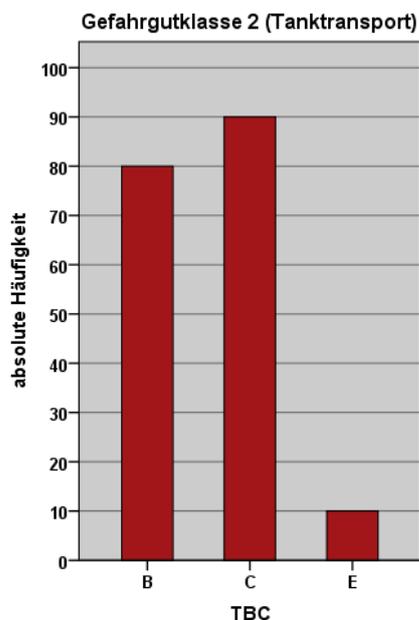


Abb. 17: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungscode in der Gefahrgutklasse 2 bei Tanktransport

Ob eine Korrelation zwischen Tunnelbeschränkungscode und den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr für die Klasse 2 besteht, zeigt die Tabelle 12.

Tabelle 12: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 2 bei Tanktransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrnummer	20			40			48
						8	
	22			9			9
	223		6				6
	225			4			4
	23		41				41
	238		1				1
	239		12				12
	25			3			5
						2	
	26			9			9
	263		20				20
	265			9			9
	268			15			15
	28			1			1
Gesamt		0	80	90	0	10	180

In Tunneln der Kategorie B ist der Transport von Gütern untersagt, die zu einer großen Explosion führen können. Ab dieser Kategorie sind im Tanktransport gemäß 1.9.5.2.2 [ADR 2017] alle Stoffe mit den Klassifizierungscodes F, TF und TFC gesperrt. Die Stoffe und Güter in der Tabelle A der ADR mit diesen Klassifizierungscodes weisen alle den Beschränkungscode B auf. Es ist auch noch die Stoffe mit der UN-Nummer 3505 (*Chemikalien unter Druck, entzündbar, N. A. G., ätzend*) ab dieser Tunnelkategorie beschränkt. Dieser Eintrag ist mit dem Klassifizierungscode FC (Gefahrnummer 238) versehen. Allen diesen Einträgen ist ein Klassifizierungscode gemeinsam, der auf die Haupteigenschaft *entzündbar* (Buchstabe F) hinweist. Dieser Tunnelbeschränkungscode korreliert vollständig mit den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr, denn alle Ziffernkombinationen mit einer 3, die ebenfalls auf die Eigenschaft *entzündbar* hinweist, sind von dieser Beschränkung betroffen. Das trifft auch auf die Gefahrnummern zu, aus denen weitere Nebengefahren, wie Ätzwirkung (Gefahrnummer 238), Giftigkeit (Gefahrnummer 263) und spontane heftige Reaktivität (Gefahrnummer 239) ablesbar sind.

In Tunneln der Kategorie C sind sehr große und große Explosionen, sowie das umfangreiche Freiwerden giftiger Stoffe zu vermeiden. Gemäß 1.9.5.2.2 [ADR 2017] sind demzufolge ab Tunnelkategorie C alle zuvor genannten Stoffe und Güter sowie die mit den Klassifizierungscodes 2A, 2O, 3A, 3O und denen, die nur den Buchstaben T oder die Buchstaben TC, TO und TOC enthalten, gesperrt. Zu den beschränkten Stoffen und Gütern der Klasse 2

kommen die mit Eigenschaften wie erstickend (Gefahrnummern 20 und 22) oder oxidierend (brandfördernd, Gefahrnummern 225, 25) wirkend, und/oder giftig (Gefahrnummern 265, 26), und ätzend oder giftig/ätzend (Gefahrnummer 28 bzw. 268) hinzu. Ätzende Gase gelten gemäß 2.2.2.1.3 [ADR 2017] als giftig. Aber eine Korrelation der Gefahrnummern zur Tunnelkategorie besteht nicht mehr uneingeschränkt, wie aus Tabelle 13 ersichtlich ist, denn ein Teil der Stoffe und Güter mit den Gefahrnummern 20 und 25 dürfen in Tanks durch Tunnel der Kategorien C und D transportiert werden. Das betrifft verdichtete Gase, die erstickend oder oxidierend (brandfördernd) wirken (Klassifizierungscode 1A bzw. 1O). Auch Ammoniaklösung (UN-Nummer 2073) mit dem Klassifizierungscode 4A (gelöstes Gas, erstickend) und Gefahrnummer 20 ist unter diesen Gefahrgütern vertreten. Hinzu kommt, dass es sich bei Kennzeichnung mit der Gefahrnummer 20 auch um ein Gas ohne Zusatzgefahr handeln könnte, wie es beispielweise mit UN-Nummer 1002 der Fall ist. Es handelt sich hierbei um Druckluft, die trotzdem mit dem Klassifizierungscode 1A als erstickendes Gas eingestuft wurde. Für Gefahrnummern mit den Ziffern 6 oder 8 im Zahlencode besteht eine Korrelation zum Beschränkungscode C, sofern nicht die Ziffer 3 im Zahlencode bereits eine Beschränkung für Tunnel der Kategorie B erfordert. Tunnel der Kategorie E sind für den Tanktransport von Stoffen der Gefahrgutklasse 2 gänzlich gesperrt.

4.3.1.2 Stückguttransport Gefahrgutklasse 2

Für den Stückguttransport treten in der Gefahrgutklasse 2 die Tunnelbeschränkungscode D und E auf. 69 Einträge haben keine Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr erhalten. Ein Eintrag hat weder Tunnelbeschränkungscode noch Gefahrnummer (UN-Nummer 3529, wie zuvor beschrieben). Die absoluten Häufigkeiten der Tunnelbeschränkungscode sind aus Abbildung 18 ersichtlich.

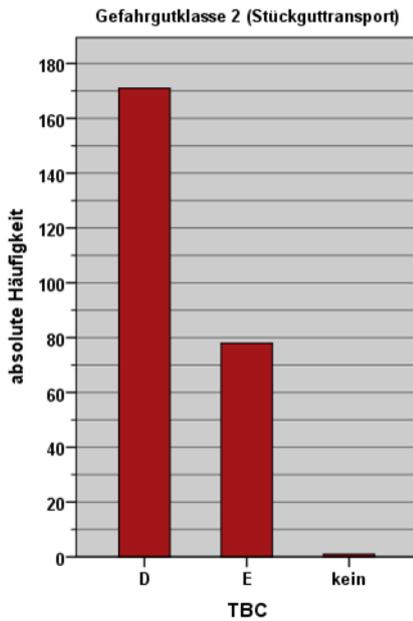


Abb. 18: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungscode in der Gefahrgutklasse 2 bei Stückguttransport

Das Ergebnis der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Tunnelbeschränkungscode und Gefahrunummer für den Stückguttransport zeigt Tabelle 13. Im Stückguttransport dürfen Stoffe und Gegenstände der Klasse 2 Tunnel bis einschließlich Kategorie C passieren. Ab Kategorie D sind alle Stoffe und Güter mit den Klassifizierungscodes F, FC, T, TF, TC, TO, TFC und TOC gesperrt (1.9.5.2.2 ADR). Tatsächlich trifft der Tunnelbeschränkungscode D auch auf einen weiteren Eintrag zu. Es handelt sich hierbei um die UN-Nummer 3503 *Chemikalie unter Druck, ätzend, N. A. G.*, welche mit dem Klassifizierungscode C versehen wurde. Die Beschränkung betrifft also Stoffe und Güter mit den Haupteigenschaften *entzündbar* und/oder *giftig* (Ätzwirkung gilt bei Gasen als giftig) zum Teil in Kombination mit der Nebeneigenschaft *oxidierend (brandfördernd)*. Bei den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr werden diese Haupteigenschaften durch die Ziffern 3, 6 und 8 im Zahlencode ausgedrückt. Wie aus Tabelle 13 ersichtlich ist, korrelieren die entsprechenden Gefahrunummern mit dem Tunnelbeschränkungscode D. Nur erstickend (Gefahrunummern 20 und 22) oder brandfördernd (Gefahrunummer 25) wirkende Gase oder beides in Kombination (Gefahrunummer 225) bewirkt im Stückguttransport eine Beschränkung für die Tunnelkategorie E. Auch hier ist eine Korrelation der Gefahrunummern mit dem Tunnelbeschränkungscode gegeben, es darf aber nicht übersehen werden, dass mit der Gefahrunummer 20 auch Gase ohne Zusatzgefahr charakterisiert werden.

Tabelle 13: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 2 bei Stückguttransport

TBC		A	B	C	D	E	kein	Gesamt	
Gefahrnummer	ohne				57	12		70	
							1		
	20					48			48
	22					9			9
	223				6				6
	225					4			4
	23				41				41
	238				1				1
	239				12				12
	25					5			5
	26				9				9
	263				20				20
	265				9				9
	268				15				15
	28				1				1
	Gesamt				171	78	1		250

Knapp ein Drittel der Einträge zu den Stoffen und Gütern der Gefahrgutklasse 2 sind im Stückguttransport zwar beschränkt für die Tunnelkategorien D oder E, haben aber keinen Eintrag für die Charakterisierung ihrer gefährlichen Eigenschaften mittels Gefahrnummer erhalten. Für die hier angestrebten Untersuchungen sind sie daher nicht relevant, treten aber als transportiertes Gefahrgut in Tunneln auf. Der überwiegende Teil dieser Gefahrgüter ist ab Tunnelkategorie D beschränkt. Das sind entweder verdichtete, verflüssigte, adsorbierte, nicht unter Druck stehenden Gase oder Druckgaspackungen bzw. andere Gas unter Druck enthaltende Gegenstände. Diese Gase sind, genau wie die mit Gefahrnummer charakterisierten, entweder entzündbar, giftig, ätzend oder oxidierend bzw. zeichnen sich durch Kombinationen dieser Eigenschaften aus. Bei den für Tunnelkategorie E beschränkten Einträgen handelt es sich um gelöstes oder adsorbiertes Gas, Druckgaspackungen und Gaspatronen sowie andere Gas unter Druck enthaltende Gegenstände, die vorwiegend erstickend wirken, aber auch Eigenschaften, wie Entzündbarkeit, Ätzwirkung oder Brandförderung aufweisen können. Motoren mit Antrieb durch brennbares Gas (UN-Nummer 3529) ist das Passieren aller Tunnelkategorien erlaubt.

4.3.2 Gefahrgutklasse 3

Zur Gefahrgutklasse 3 *Entzündbare flüssige Stoffe* zählen Stoffe und Gegenstände, die solche Stoffe enthalten, die folgenden Kriterien entsprechen:

- Dampfdruck bei 50°C höchstens 300 kPa (3 bar), bei 20°C und Standarddruck von 101,3 kPa nicht vollständig gasförmig, oder
- Schmelzpunkt oder Schmelzbeginn von 20°C oder darunter bei einem Druck von 101,3 kPa, oder
- Flammpunkt höchstens 60°C

Zur Klasse 3 gehören ebenfalls flüssige und feste Stoffe in geschmolzenem Zustand mit einem Flammpunkt über 60°C, die auf oder über ihren Flammpunkt erwärmt zur Beförderung aufgegeben oder befördert werden (Stoffe mit UN-Nummer 3256). Weiterhin zählen auch desensibilisierte explosive flüssige Stoffe dazu [ADR 2017].

Die Stoffe und Gegenstände der Klasse 3 werden gemäß [ADR 2017] wie folgt unterteilt:

- F entzündbare flüssige Stoffe ohne Nebengefahr und Gegenstände, die solche Stoffe enthalten
- F1 entzündbare flüssige Stoffe mit einem Flammpunkt von höchstens 60°C
- F2 entzündbare flüssige Stoffe mit einem Flammpunkt über 60°C, die auf oder über ihren Flammpunkt erwärmt zur Beförderung aufgegeben oder befördert werden (erwärmte Stoffe)
- F3 Gegenstände, die entzündbare flüssige Stoffe enthalten
- FT entzündbare flüssige Stoffe, giftig
- FT1 entzündbare flüssige Stoffe, giftig
- FT2 Mittel zur Schädlingsbekämpfung (Pestizide)
- FC entzündbare flüssige Stoffe, ätzend
- FTC entzündbare flüssige Stoffe, giftig, ätzend
- D desensibilisierte explosive flüssige Stoffe

Entzündbare flüssige Stoffe sind auf Grund ihres Gefahrengrades, den sie bei der Beförderung darstellen, einer der folgenden Verpackungsgruppen zugeordnet [ADR 2017]:

Tabelle 14: Kriterien für die Zuordnung zu Verpackungsgruppen Klasse 3

Verpackungsgruppe	Flammpunkt (geschlossener Tiegel)	Siedebeginn
I	-	≤ 35°C
II	< 23°C	> 35°C
III	≥ 23°C und ≤ 60°C	> 35°C

Zur Gefahrgutklasse 3 zählen 554 Einträge der Tabelle A des ADR 2017. Diese Stoffe und Gegenstände machen den überwiegenden Anteil der transportierten Gefahrgüter aus (siehe Abbildung 2). Für den Eintrag mit der UN-Nummer 3528 (Wortlaut wie 3529, siehe Abschnitt 4.3.1) wurden kein Tunnelbeschränkungscode und keine Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr vergeben. Für diesen und weitere 38 Einträge (ohne Gefahrunummer) ist kein Tanktransport zulässig oder möglich. Bei 511 Einträgen dieser Klasse gelten für Stoffe bei Tanktransport andere Tunnelbeschränkungscode als bei Stückguttransport.

Zur Beschreibung der gefährlichen Eigenschaften der Stoffe und Gegenstände der Klasse 3 treten die folgenden Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr auf (Tabelle 15):

Tabelle 15: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 3 der Tabelle A

Nr.	Eigenschaften
30	entzündbarer flüssiger Stoff (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C) oder entzündbarer flüssiger Stoff oder fester Stoff in geschmolzenem Zustand mit einem Flammpunkt über 60°C, auf oder über seinen Flammpunkt erwärmt, oder selbsterhitzungsfähiger flüssiger Stoff
323	entzündbarer flüssiger Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
X323	entzündbarer flüssiger Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert ¹³ und entzündbare Gase bildet
33	leicht entzündbarer flüssiger Stoff (Flammpunkt unter 23°C)
333	pyrophorer flüssiger Stoff
X333	pyrophorer flüssiger Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert ¹³
336	leicht entzündbarer flüssiger Stoff, giftig
338	leicht entzündbarer flüssiger Stoff, ätzend
X338	leicht entzündbarer flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser gefährlich reagiert ¹³
339	leicht entzündbarer flüssiger Stoff, der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann
36	entzündbarer flüssiger Stoff (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C), schwach giftig, oder selbsterhitzungsfähiger flüssiger Stoff, giftig
362	entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
X362	entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, der mit Wasser gefährlich ¹³ reagiert und entzündbare Gase bildet
368	entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, ätzend
38	entzündbarer flüssiger Stoff (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C), schwach ätzend, oder selbsterhitzungsfähiger flüssiger Stoff, ätzend
382	entzündbarer flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
X382	entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, der mit Wasser gefährlich reagiert ¹³ und entzündbare Gase bildet
39	entzündbarer flüssiger Stoff, der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann

Die absolute Häufigkeit des Auftretens der Gefahrunummern im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 3 ohne Gefahrunummer zeigt Abbildung 18. Der Anteil, für den der Tanktransport nicht zulässig bzw. nicht möglich ist, fällt mit 7 % relativ gering aus.

¹³ Wasser darf nur im Einverständnis mit Sachverständigen verwendet werden.

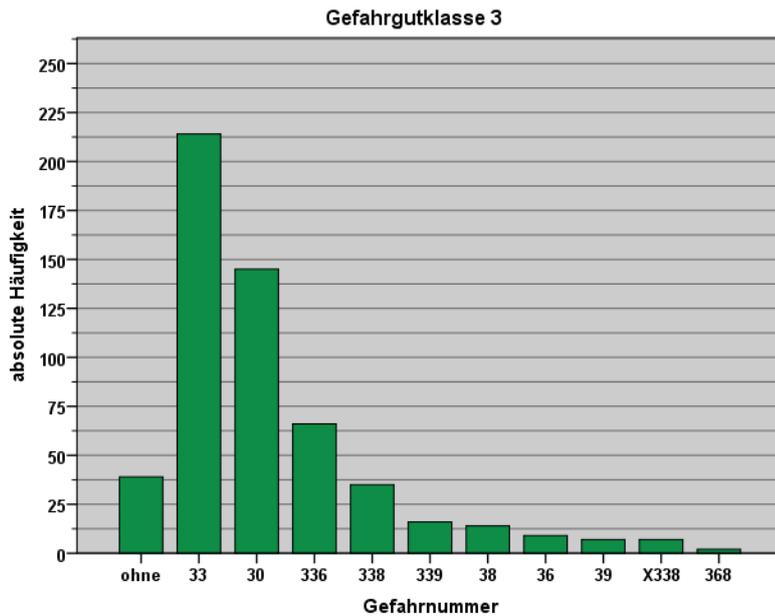


Abb. 19: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrnummer in der Gefahrgutklasse 3

4.3.3 Tanktransport Gefahrgutklasse 3

Für den Tanktransport treten die in Abbildung 20 gezeigten absoluten Häufigkeiten der Tunnelbeschränkungscode auf.

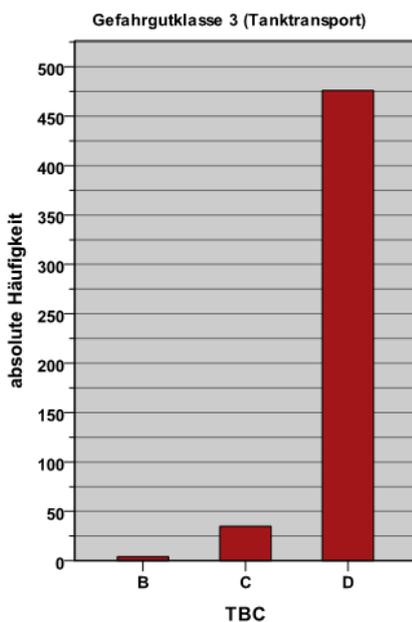


Abb. 20: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungscode in der Gefahrgutklasse 3 bei Tanktransport

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Tunnelbeschränkungscode und Gefahrunummer wurden diese Variablen ebenfalls in einer Kreuztabelle dargestellt. Das Ergebnis zeigt Tabelle 16. Es ist ersichtlich, dass in der Gefahrgutklasse 3 beim Tanktransport für fünf Merkmalsausprägungen der Gefahrunummer (30, 33, 336, 338, 368) jeweils verschiedene Tunnelbeschränkungscode auftreten. Das ist bereits ein Hinweis darauf, dass die Korrelation zwischen Gefahrunummern und Tunnelbeschränkungscode nicht so hoch ist.

Ab Tunnelkategorie B sind in der Gefahrgutklasse 3 Tanktransporte von Stoffen mit der UN-Nummer 2059 *Nitrocellulose, Lösung, entzündbar* gesperrt. Diese Stoffe sind desensibilisierte explosive flüssige Stoffe (Gruppe D). Die von diesen Stoffen ausgehende Gefährdung hat zur Einstufung in die Verpackungsgruppen I bis III geführt. Die Charakterisierung der gefährlichen Eigenschaften mittels Gefahrunummer erfolgte mit der 30 (Stoff ist in Verpackungsgruppe III eingestuft) und der 33 (Verpackungsgruppen I und II), wobei die anderen Stoffe, die diese Gefahrunummern erhalten haben, erst ab Tunnelkategorie D beschränkt sind. Die Beschränkung ab Tunnelkategorie B ist der Tatsache geschuldet, dass es sich um desensibilisierte explosive Stoffe handelt, diese Information liefern aber die Gefahrunummern nicht. Unter 1.9.5.2.2 [ADR 2017] sind die Beschränkungen für Tanktransporte dieser Stoffe ab Tunnel der Kategorie B nicht aufgeführt.

Tabelle 16: Gefahrunummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 3 bei Tanktransport

TBC	A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrunummer	30		1			
				144		145
	33		3			
				211		214
	36			9		9
	38			14		14
	39			7		7
	336			29		
				37		66
	338			5		
				30		35
	339			16		16
	368			1		
				1		2
X338				7		7
Gesamt		4	35	476		515

Ab Tunnelkategorie C ist ein Teil der Stoffe beschränkt, deren Gefahrnummern darauf hinweisen, dass sie leicht entzündbar sind (Flammpunkt unter 23°C) und als weitere gefährliche Eigenschaft Giftigkeit oder Ätzwirkung hinzukommt (Gefahrnummern 336, 338). Giftigkeit, Ätzwirkung und Entzündbarkeit in Kombination (Gefahrnummer 368) kann ebenfalls ab Kategorie C beschränkt sein. Für den anderen Teil dieser Stoffe gelten Beschränkungen erst ab Tunnel der Kategorie D. Kriterium hierfür ist die Einstufung in die Verpackungsgruppe und damit der Flammpunkt bzw. der Siedebeginn dieser Stoffe. Stoffe der Verpackungsgruppe I sind ab Tunnelkategorie C beschränkt, die der Verpackungsgruppe II ab Tunnelkategorie D, unabhängig von der Zugehörigkeit zu den Gruppen FT1, FT2, FC und FTC. Diese Informationen liefern die Gefahrnummern nicht, weshalb nicht von Korrelation gesprochen werden kann.

Für den weitaus überwiegenden Teil der Stoffe der Klasse 3 besteht bei Tanktransport eine Beschränkung für die Tunnelkategorie D. Das betrifft aber nicht ausschließlich Stoffe der Verpackungsgruppen II und III. Auch Stoffe, obwohl sie der Verpackungsgruppe I angehören, können erst ab Kategorie D beschränkt sein. Das betrifft Einträge in der Tabelle A des ADR 2017, deren gefährliche Eigenschaften mit den Gefahrnummern 33 und 339 charakterisiert wurden. Stoffe, die neben der leichten Entzündbarkeit auch gefährlich mit Wasser reagieren können (Gefahrnummer X338) und der Verpackungsgruppe II angehören, sind ab Tunnelkategorie D gesperrt. Abschnitt 1.9.5.2.2 [ADR 2017] enthält keine Informationen bezüglich dieser Beschränkungen von Tanktransporten für die Tunnelkategorie D.

4.3.4 Stückguttransport Gefahrgutklasse 3

Der Stückguttransport von Gütern der Gefahrgutklasse 3 ist mit wenigen Ausnahmen nur für die Tunnelkategorie E gesperrt (siehe Abbildung 21). Ohne Tunnelbeschränkungscode und auch ohne Gefahrnummer tritt in dieser Klasse und Transportart nur die UN-Nummer 3528 auf (siehe oben). Für neun Einträge wurde der Tunnelbeschränkungscode B vergeben. Das betrifft Gefahrgüter mit dem Klassifizierungscode D für desensibilisierte explosive flüssige Stoffe. Unter diesen befinden sich auch die zuvor erwähnten Einträge mit der UN-Nummer 2059, die als einzige von denen mit dem Klassifizierungscode D auch für den Tanktransport zugelassen sind.

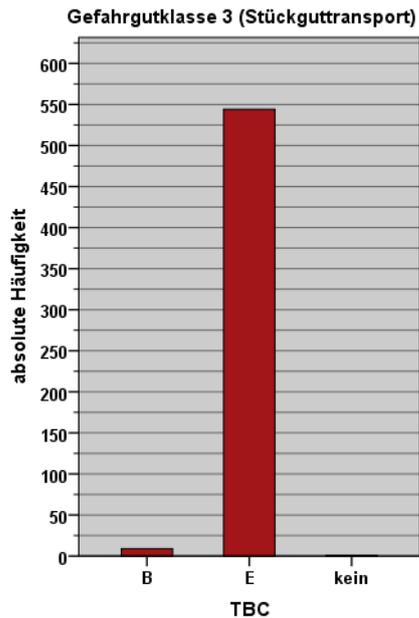


Abb. 21: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs-codes in der Gefahrgutklasse 3 bei Stückguttransport

Wie aus der Kreuztabelle 17 ablesbar ist, weichen die Tunnelbeschränkungs-codes nur in 9 Fällen von der Kategorie E ab. Dies betrifft die desensibilisierten explosiven Flüssigkeiten. Für den Stückguttransport der Stoffe und Gegenstände der Klasse 3 ist kein Zusammenhang zwischen Tunnelbeschränkungs-codes und Gefahrnummer ableitbar.

Tabelle 17: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 3 bei Stückguttransport

TBC	A	B	C	D	E	kein	Gesamt
Gefahrnummer ohne		5			33		
						1	39
30		1					
					144		145
33		3					
					211		214
36					9		9
38					14		14
39					7		7
336					66		66
338					35		35
339					16		16
368					2		2
X338					7		7
Gesamt		9			544	1	554

4.3.5 Gefahrgutklasse 4.1

In der Gefahrgutklasse 4.1 werden *Entzündbare feste Stoffe, selbstzersetzliche Stoffe, polymerisierende Stoffe und desensibilisierte explosive feste Stoffe* zusammengefasst, somit sind der Klasse folgende Stoffe zugeordnet [ADR 2017]:

- leicht brennbare feste Stoffe und Gegenstände
- selbstzersetzliche feste und flüssige Stoffe
- desensibilisierte explosive feste Stoffe
- mit selbstzersetzlichen Stoffen verwandte Stoffe
- polymerisierende Stoffe

Diese Stoffe und Gegenstände werden weiter klassifiziert [ADR 2017]:

- F entzündbare feste Stoffe ohne Nebengefahr
 - F1 organische Stoffe
 - F2 organische Stoffe, geschmolzen
 - F3 anorganische Stoffe
 - F4 Gegenstände
- FO entzündbare feste Stoffe, entzündend (oxidierend) wirkend
- FT entzündbare feste Stoffe, giftig
 - FT1 organische Stoffe, giftig
 - FT2 anorganische Stoffe, giftig
- FC entzündbare feste Stoffe, ätzend
 - FC1 organische Stoffe, ätzend
 - FC2 anorganische Stoffe, ätzend
- D desensibilisierte explosive feste Stoffe ohne Nebengefahr
- DT desensibilisierte explosive feste Stoffe, giftig
- SR selbstzersetzliche Stoffe
 - SR1 Stoffe, für die keine Temperaturkontrolle erforderlich ist
 - SR2 Stoffe, für die eine Temperaturkontrolle erforderlich ist
- PM polymerisierende Stoffe
 - PM1 Stoffe, für die keine Temperaturkontrolle erforderlich ist
 - PM2 Stoffe, für die eine Temperaturkontrolle erforderlich ist

Für entzündbare feste Stoffe wird folgende Zuordnung zu Verpackungsgruppen definiert (Tabelle 18):

Tabelle 18: Kriterien für die Zuordnung zu Verpackungsgruppen in der Klasse 4.1 [ADR 2017]

Verpackungsgruppe	leicht brennbare feste Stoffe, mit Abbrandzeit < 45 s für eine Messstrecke von 100 mm	Metallpulver oder Pulver von Metalllegierungen
II	Flamme durchläuft die befeuchtete Zone	Reaktion breitet sich in fünf Minuten oder weniger über die gesamte Länge der Probe aus
III	befeuchtete Zone hält Ausbreitung der Flamme mindestens vier Minuten lang auf	Reaktion breitet sich in mehr als fünf Minuten über die gesamte Länge der Probe aus

Bei festen Stoffen, die durch Reibung in Brand geraten können, erfolgt die Zuordnung zu einer Verpackungsgruppe in Analogie zu bestehenden Eintragungen oder in Übereinstimmung mit einer entsprechenden Sondervorschrift. Für selbstzersetzliche Stoffe wird lt. ADR 2017 keine Zuordnung vorgenommen, für die anderen Klassenvertreter finden sich keine Hinweise im ADR 2017, wobei aber dennoch für diese Stoffe Verpackungsgruppen in der Tabelle A des ADR 2017 stehen.

Selbstzersetzliche Stoffe werden auf Grund ihres Gefahrengrades in sieben Typen eingeteilt, wobei der Typ A nicht zur Beförderung in der Verpackung, in der er geprüft worden ist, zugelassen ist und der Typ G nicht den Vorschriften für selbstzersetzliche Stoffe der Klasse 4.1 unterliegt. Die Typen B bis F sind wie folgt definiert (Tabelle 19):

Tabelle 19: Klassifizierung der selbstzersetzlichen Stoffe [BAM 2017]

Typ	Stoffe und Gemische
B	die explosive Eigenschaften haben und in der Verpackung weder detonieren noch schnell deflagrieren können, aber in der Verpackung zur thermischen Explosion neigen
C	die explosive Eigenschaften haben und in der Verpackung weder detonieren noch schnell deflagrieren oder thermisch explodieren können
D	die im Laborversuch <ul style="list-style-type: none"> i teilweise detonieren, nicht schnell deflagrieren und bei Erhitzen unter Einschluss keine heftigen Wirkungen zeigen oder; ii überhaupt nicht detonieren, langsam deflagrieren und bei Erhitzen unter Einschluss keine heftigen Wirkungen zeigen und iii überhaupt nicht detonieren oder deflagrieren und bei Erhitzen unter Einschluss eine mittlere Wirkung zeigen
E	die nicht detonieren, überhaupt nicht deflagrieren und bei Erhitzen unter Einschluss geringe oder keine Wirkung zeigen
F	die im Laborversuch im kavitierten Zustand nicht detonieren, überhaupt nicht deflagrieren und bei Erhitzen unter Einschluss nur geringe oder keine Wirkung sowie nur eine geringe oder keine explosive Kraft zeigen

Die Gefahrgutklasse 4.1 ist mit 133 auswertbaren Einträgen in der Tabelle A des ADR 2017 vertreten. Allen Einträgen ist ein Tunnelbeschränkungscode zugewiesen. 65 Einträge enthalten keine Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr. Bei diesen Stoffen sind

Tanktransport oder Transport in loser Schüttung entweder nicht möglich oder nicht zulässig. Für alle Einträge gilt unabhängig von der Transportart jeweils der gleiche Tunnelbeschränkungscode, deshalb werden Tank- und Stückguttransport nicht getrennt untersucht. Der Tanktransport von Gütern der Gefahrgutklasse 4.1 schließt auch den Transport in Schüttgut-Containern ein. Das betrifft hier die UN-Nummern 2858 und 3175. Insgesamt sind Güter von 68 Einträgen für den Tank- bzw. Schüttguttransport zugelassen.

Für die Charakterisierung der gefährlichen Eigenschaften der Stoffe mittels Gefahrnummern kommen in der Tabelle A des ADR 2017 folgende Zifferncodes zur Anwendung (Tabelle 20):

Tabelle 20: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 4.1

Nr.	Eigenschaften
40	entzündbarer fester Stoff oder selbsterhitzungsfähiger Stoff oder selbstzersetzlicher Stoff oder polymerisierender Stoff
44	entzündbarer fester Stoff, der sich bei erhöhter Temperatur in geschmolzenem Zustand befindet
46	entzündbarer oder selbsterhitzungsfähiger fester Stoff, giftig
48	entzündbarer oder selbsterhitzungsfähiger fester Stoff, ätzend

Die absolute Häufigkeit des Auftretens der Gefahrnummern im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 4.1 ohne Gefahrnummer ist aus Abbildung 22 ersichtlich. Der Anteil, für den der Tanktransport nicht zulässig bzw. nicht möglich ist, liegt in dieser Gefahrgutklasse bei 51 %.

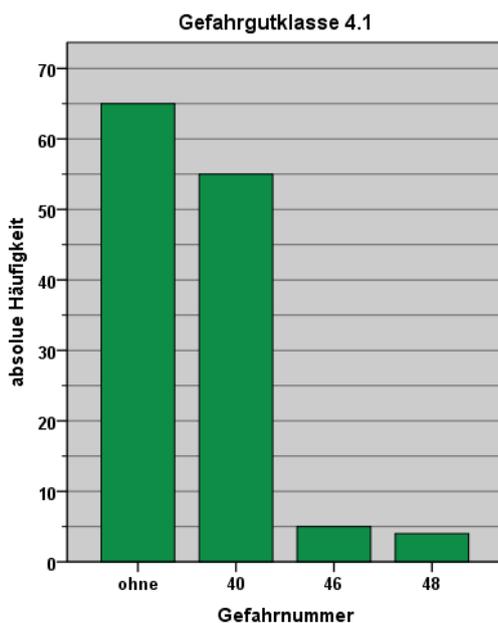


Abb. 22: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrnummer in der Gefahrgutklasse 4.1

Da auftragsgemäß die Korrelation zwischen den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr und den dabei auftretenden Tunnelbeschränkungs-codes zu untersuchen ist, sind Einträge mit Tunnelbeschränkungscode aber ohne Gefahrnummer für diese Untersuchung nicht relevant. Das betrifft gut die Hälfte aller Einträge dieser Gefahrgutklasse. Diese unterliegen zwar im Stückguttransport Beschränkungen für Tunnelkategorien, ergeben aber für die hier anzustellende Analyse keine verwertbare Information. In den Abbildungen 23 und 24 ist die absolute Häufigkeit der für Tank- bzw. Stückguttransport vergebenen Tunnelbeschränkungs-codes dargestellt, wobei in Abbildung 24 auch die Tunnelbeschränkungs-codes von Einträgen ohne Gefahrnummer enthalten sind. Aus Tabelle 21 kann abgeleitet werden, ob eine Korrelation zwischen Tunnelbeschränkungscode und Gefahrnummern besteht.

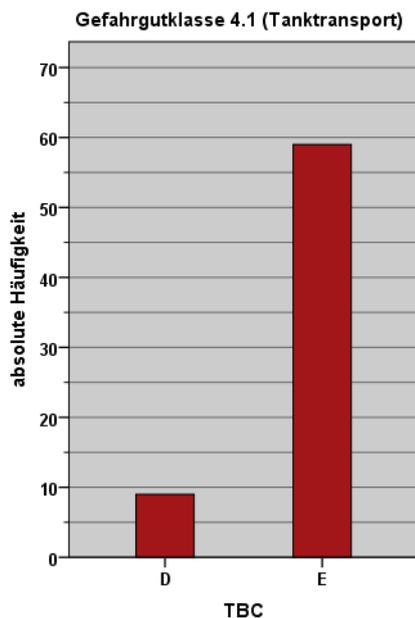


Abb. 23: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs-codes in der Gefahrgutklasse 4.1 bei Tanktransport

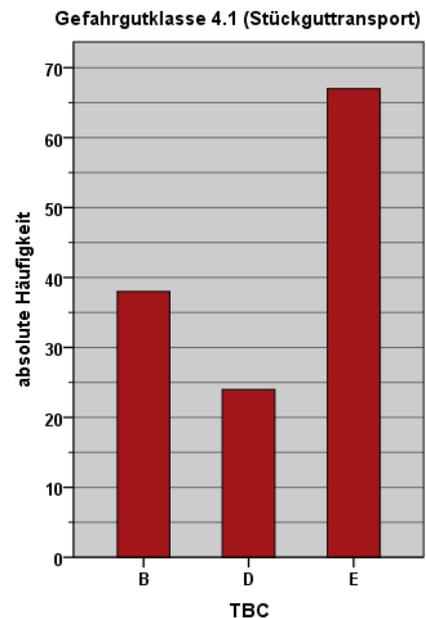


Abb. 24: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs-codes in der Gefahrgutklasse 4.1 bei Stückguttransport

Der überwiegende Teil der Güter der Gefahrklasse 4.1 wurde für den Tanktransport mit dem Tunnelbeschränkungscode E versehen, unabhängig von den zur Charakterisierung der gefährlichen Eigenschaften der Güter verwendeten Gefahrnummern. Im ADR 2017 sind in 1.9.5.2.2 keine Beschränkungen des Tanktransports ab Tunnelkategorie D benannt, trotzdem weisen die Tunnelbeschränkungs-codes in der Tabelle A eine solche für 9 Einträge aus. Da in den Spalten 10 und 12 der Tabelle A die für Tanktransport entsprechenden Angaben vorhanden sind, ist diese Transportart für die beschränkten Einträge zumindest zulässig. Dies betrifft alle selbstzersetzlichen (SR1, SR2) und polymerisierenden (PM1, PM2)

Stoffe der Klasse 4.1, deren hauptsächliche gefährliche Eigenschaften mit der Gefahrnummer 40 beschrieben sind. Diese wurden den Verpackungsgruppen II oder III zugeordnet oder haben keine entsprechende Zuordnung erhalten. Der andere, für die Tunnelkategorie E beschränkte Teil der Stoffe mit Gefahrnummer 40 betrifft die Stoffe mit den Klassifizierungscodes F1, F2, F3, FC1, FC2, FT1 und FT2, die ebenfalls den Verpackungsgruppen II oder II angehören oder nicht zugeordnet wurden. Genauso verhält es sich mit den Stoffen, die mit den Gefahrnummern 44, 46 und 48 charakterisiert wurden.

Tabelle 21: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 4.1

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrnummer	ohne		38				65
					15		
						12	
	40				9		55
						46	
	44					4	4
	46					5	5
48					4	4	
Gesamt			38		24	71	133

Tabelle 21 zeigt auch die Tunnelbeschränkungscode für Einträge, die nicht mit einer Gefahrnummer versehen sind. Diese treten demzufolge nur im Stückguttransport auf. Die Beschränkung ab Tunnelkategorie B betrifft hierbei gemäß 1.9.5.2.2 [ADR 2017] Stoffe mit den Klassifizierungscodes D, DT und selbstzersetzliche Stoffe des Typs B mit den UN-Nummern 3221, 3222, 3231 und 3232. Die letztgenannten Stoffe haben den Klassifizierungscode SR1 oder SR2. Ab Tunnelkategorie D sind laut 1.9.5.2.2 selbstzersetzliche Stoffe der Typen C, D, E und F beschränkt, sowie die UN-Nummern 2956, 3241, 3242, 3251, 3531, 3532, 3533 und 3534. Für den Tanktransport der Stoffe der Klasse 4.1 sind nur die selbstzersetzlichen oder polymerisierenden Stoffe beschränkt. Da sie mit der gleichen Gefahrnummer bedacht wurden wie andere Klassenvertreter, die erst ab Tunnelkategorie E beschränkt sind, kann keine Korrelation zwischen Gefahrnummer und Tunnelbeschränkungscode festgestellt werden.

4.3.6 Gefahrgutklasse 4.2

Zur Gefahrgutklasse 4.2 *Selbstentzündliche Stoffe* gehören *pyrophore Stoffe*, das sind Stoffe einschließlich Gemische und Lösungen (flüssig oder fest), die sich in Berührung mit Luft schon in kleinen Mengen innerhalb von fünf Minuten entzünden. Diese Stoffe sind die am leichtesten selbstentzündlichen Stoffe dieser Klasse. Es gehören auch dazu *selbsterhitzungsfähige Stoffe und Gegenstände*. Das sind Stoffe und Gegenstände einschließlich Gemische und Lösungen, die in Berührung mit Luft ohne Energiezufuhr selbsterhitzungsfähig sind. Diese Stoffe können sich nur in großen Mengen (mehrere Kilogramm) und nach einem längeren Zeitraum (Stunden oder Tage) entzünden [ADR 2017].

Die Klassifizierung dieser Stoffe und Gegenstände erfolgt gemäß [ADR 2017]:

- S selbstentzündliche Stoffe ohne Nebengefahr
 - S1 organische flüssige Stoffe
 - S2 organische feste Stoffe
 - S3 anorganische flüssige Stoffe
 - S4 anorganische feste Stoffe
 - S5 metallorganische Stoffe
- SW selbstentzündliche Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln
- SO selbstentzündliche oxidierende Stoffe
- ST selbstentzündliche giftige Stoffe
 - ST1 organische giftige flüssige Stoffe
 - ST2 organische giftige feste Stoffe
 - ST3 anorganische giftige flüssige Stoffe
 - ST4 anorganische giftige feste Stoffe
- SC selbstentzündliche ätzende Stoffe
 - SC1 organische ätzende flüssige Stoffe
 - SC2 organische ätzende feste Stoffe
 - SC3 anorganische ätzende flüssige Stoffe
 - SC4 anorganische ätzende feste Stoffe.

Die Zuordnung zu Verpackungsgruppen geschieht nach den in Tabelle 22 angegebenen Kriterien [ADR 2017]. Der Gefahrgutklasse 4.2 sind Güter aus 105 Einträgen in der Tabelle A des ADR 2017 zugeordnet, von denen vier nicht dem ADR unterliegen und bei zweien die Beförderung verboten ist. Bei 8 Einträgen gibt es keine Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr. Bei diesen Stoffen sind Tanktransport oder Transport in loser Schüttung entweder nicht möglich oder nicht zulässig.

Tabelle 22: Kriterien für die Zuordnung zu Verpackungsgruppen in der Klasse 4.2 [ADR 2017]

Verpackungsgruppe	Kriterien
I	selbstentzündliche (pyrophore) Stoffe
II	selbsterhitzungsfähige Stoffe und Gegenstände, bei denen in einer kubischen Probe von 2,5 cm Kantenlänge bei 140 °C Versuchstemperatur innerhalb von 24 Stunden eine Selbstentzündung oder ein Temperaturanstieg auf über 200 °C eintritt
III	weniger selbsterhitzungsfähige Stoffe, bei denen in einer kubischen Probe von 2,5 cm Kantenlänge die unter b) genannten Ereignisse unter den dort genannten Bedingungen nicht eintreten, in einer kubischen Probe von 10 cm Kantenlänge bei 140 °C Versuchstemperatur innerhalb von 24 Stunden jedoch eine Selbstentzündung oder ein Temperaturanstieg auf über 200 °C eintritt

Für die Beschreibung der gefährlichen Eigenschaften der Stoffe in der Tabelle A des ADR 2017 der Klasse 4.2 werden die in Tabelle 23 aufgeführten Gefahrnummern verwendet. Zu beachten ist, dass in dieser Klasse ebenfalls Zahlencodes, die mit der Ziffer 3 beginnen, zur Anwendung kommen.

Tabelle 23: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 4.2

Nr.	Eigenschaften
30	entzündbarer flüssiger Stoff (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C) oder entzündbarer flüssiger Stoff oder fester Stoff in geschmolzenem Zustand mit einem Flammpunkt über 60°C, auf oder über seinen Flammpunkt erwärmt, oder selbsterhitzungsfähiger flüssiger Stoff
333	pyrophorer flüssiger Stoff
X333	pyrophorer flüssiger Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert ¹⁴
36	entzündbarer flüssiger Stoff (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C), schwach giftig, oder selbsterhitzungsfähiger flüssiger Stoff, giftig
38	entzündbarer flüssiger Stoff (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C), schwach ätzend, oder selbsterhitzungsfähiger flüssiger Stoff, ätzend
40	entzündbarer fester Stoff oder selbsterhitzungsfähiger Stoff oder selbstzersetzlicher Stoff oder polymerisierender Stoff
43	selbstentzündlicher (pyrophorer) fester Stoff
X432	selbstentzündlicher (pyrophorer) fester Stoff, der mit Wasser gefährlich ¹⁴ reagiert und entzündbare Gase bildet
446	entzündbarer fester Stoff, giftig, der sich bei erhöhter Temperatur in geschmolzenem Zustand befindet
46	entzündbarer oder selbsterhitzungsfähiger fester Stoff, giftig
48	entzündbarer oder selbsterhitzungsfähiger fester Stoff, ätzend

Die absolute Häufigkeit des Auftretens der Gefahrnummern im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 4.2 ohne Gefahrnummer ist in Abbildung 25 zu sehen. Der Anteil, für den der Tanktransport nicht zulässig bzw. nicht möglich ist, liegt in dieser Gefahrgutklasse bei knapp 8 %.

¹⁴ Wasser darf nur im Einverständnis mit Sachverständigen verwendet werden.

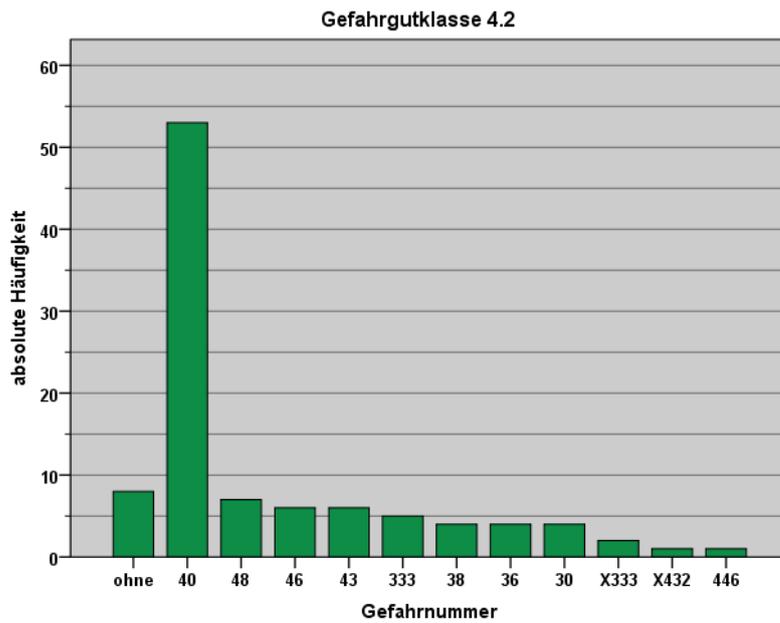


Abb. 25: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrnummer in der Gefahrgutklasse 4.2

4.3.6.1 Tanktransport Gefahrgutklasse 4.2

Von den 101 eingetragenen Gütern der Gefahrgutklasse 4.2 sind 93 Güter für den Tank- oder Schüttguttransport zugelassen. Die absolute Häufigkeit der dafür vergebenen Tunnelbeschränkungs-codes ist aus Abbildung 26 ersichtlich.

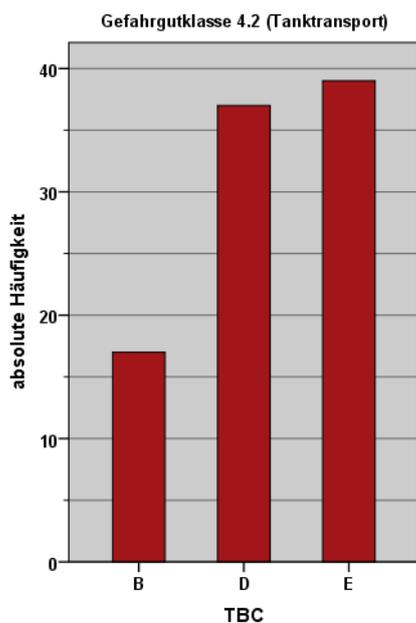


Abb. 26: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs-codes in der Gefahrgutklasse 4.2 bei Tanktransport

Ob die Merkmale Tunnelbeschränkungscode und Gefahrnummer korrelieren, zeigt die Kreuztabelle 24. Wie ersichtlich ist, sind sechs von elf Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr mit jeweils unterschiedlichen Tunnelbeschränkungscode verbunden.

Tabelle 24: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 4.2 bei Tanktransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrnummer	30				2		4
						2	
	36				2		4
						2	
	38				2		4
						2	
	40				25		53
						28	
	43		6				6
	46		2				
					2		6
						2	
	48				4		7
						3	
	333		5				5
	446		1				
X333		2				2	
X432		1					
Gesamt			17		37	39	93

Entscheidendes Kriterium für die Beschränkung beim Tanktransport dieser Gefahrgutklasse ist die Zuordnung zur Verpackungsgruppe. Stoffe der Verpackungsgruppe I sind lt. 1.9.5.2.2 [ADR 2017] ab Tunnelkategorie B beschränkt. Es handelt sich hierbei vor allem um pyrophore Stoffe. Diese gefährliche Eigenschaft wird mit den Gefahrnummern 43, 333, X333 und X432 ausgedrückt. In diesen Fällen kann von einer Korrelation der Gefahrnummern mit dem Tunnelbeschränkungscode gesprochen werden. Relevant für die Tunnelkategorie B ist die Vermeidung von großen Explosionen. Diese Eigenschaft ist nicht mehr direkt ableitbar aus der Gefahrnummer 46, welche die Entzündbarkeit oder Selbsterhitzungsfähigkeit eines festen Stoffes, der gleichzeitig giftig ist bezeichnet. Zwei Einträge mit dieser Gefahrnummer sind in die Verpackungsgruppe I eingestuft. Bei diesen Einträgen handelt es sich um Phosphor, weiß oder gelb, unter Wasser oder in Lösung (ST3) bzw. trocken (ST4). Weißer Phosphor ist die flüchtigste und reaktivste Modifikation des Phosphors. Daher muss weißer

Phosphor unter Wasser aufbewahrt werden. In fein verteiltem Zustand entzündet sich weißer Phosphor an der Luft von selbst. Ab etwa 50 °C entzünden sich auch kompakte Stücke und verbrennen zu Phosphor(V)-oxid, welches stark hygroskopisch ist und mit der Luftfeuchtigkeit dichte Nebel aus Phosphorsäure bildet. Brennender Phosphor darf nicht mit Wasser gelöscht werden, da die Gefahr besteht, dass der Phosphorstaub in feine Ritzen gespült wird und sich nach Verdunstung des Wassers wieder selbst entzündet. Brennender Phosphor wird am besten mit Sand gelöscht. Außerdem ist weißer Phosphor hochgiftig. Diese Informationen machen verständlich, warum die Einstufung in die Verpackungsgruppe I erfolgte, sie sind aber aus der Gefahrnummer 46 nicht ableitbar. Mit der Gefahrnummer 46 wurden noch Stoffe von weiteren vier Einträgen bedacht, deren Tunnelbeschränkungscode (D und E) zwar im Einklang mit den zugeordneten Verpackungsgruppen (II bzw. III) stehen, aber eine Korrelation zwischen Gefahrnummer und Tunnelbeschränkungscode ist dadurch nicht mehr gegeben. Das trifft auch auf die weiteren hier verwendeten Gefahrnummern zu. Einstufungen der Stoffe in die Verpackungsgruppen II und III führen zu Beschränkungen für Tunnelkategorien D bzw. E.

4.3.6.2 Stückguttransport Gefahrgutklasse 4.2

Für die Beförderungsart Stückguttransport wurden sämtliche Güter dieser Klasse mit dem Tunnelbeschränkungscode E versehen. Auf eine grafische Darstellung dieses Sachverhaltes wurde verzichtet. Eine Korrelation zwischen Gefahrnummer und Tunnelbeschränkungscode konnte nicht festgestellt werden, wie Tabelle 25 zeigt.

Tabelle 25: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 4.2 bei Stückguttransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrnummer	ohne					8	8
	30					4	4
	36					4	4
	38					4	4
	40					53	53
	43					6	6
	46					6	6
	48					7	7
	333					5	5
	446					1	1
	X333					2	2
	X432					1	1
Gesamt						101	101

4.3.7 Gefahrgutklasse 4.3

Dieser Gefahrgutklasse sind Stoffe zugeordnet, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, welche mit Luft explosionsfähige Gemische bilden können, sowie Gegenstände, die entsprechende Stoffe enthalten. Solche Gemische werden durch alle gewöhnlichen Zündquellen (z. B. offenes Feuer, Funken, ungeschützte Leuchtmittel) leicht entzündet [ADR 2017]. Auch kann die Reaktion mit Wasser bereits so viel Wärme freisetzen, dass eine Entzündung des gebildeten Gases oder die Explosion des Gemisches folgt. Die Stoffe und Gegenstände der Klasse 4.3 werden folgendermaßen klassifiziert [ADR 2017]:

- W Stoffe, die Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, ohne Nebengefahr sowie Gegenstände, die solche Stoffe enthalten
 - W1 flüssige Stoffe
 - W2 feste Stoffe
 - W3 Gegenstände
- WF1 Stoffe, die Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, entzündbar, flüssig
- WF2 Stoffe, die Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, entzündbar, fest
- WS Stoffe, die Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, selbsterhitzungsfähig, fest
- WT Stoffe, die Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, giftig
 - WT1 flüssige Stoffe
 - WT2 feste Stoffe
- WC Stoffe, die Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, ätzend
 - WC1 flüssige Stoffe
 - WC2 feste Stoffe
- WFC Stoffe, die Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, entzündbar, ätzend

Kriterium für die Zuordnung zu Verpackungsgruppen ist die Gasentwicklung (Tabelle 26):

Tabelle 26: Kriterien für die Zuordnung zu Verpackungsgruppen in der Klasse 4.3 [ADR 2017]

Verpackungsgruppe	Stoffe
I	- die bei Raumtemperatur heftig mit Wasser reagieren, wobei sich das entwickelnde Gas im Allgemeinen selbst entzünden kann - die bei Raumtemperatur leicht mit Wasser reagieren, wobei die Menge des entwickelten entzündbaren Gases größer oder gleich 10 Liter pro Kilogramm des Stoffes innerhalb einer Minute ist
II	- die bei Raumtemperatur leicht mit Wasser reagieren, wobei die größte Menge des entwickelten entzündbaren Gases größer oder gleich 20 Liter pro Kilogramm des Stoffes je Stunde ist, und die nicht die Zuordnungskriterien der Verpackungsgruppe I erfüllen
III	- die bei Raumtemperatur langsam mit Wasser reagieren, wobei die größte Menge des entwickelten entzündbaren Gases größer oder gleich 1 Liter pro Kilogramm des Stoffes je Stunde ist, und die nicht die Zuordnungskriterien der Verpackungsgruppen I und II erfüllen

In der Tabelle A des [ADR 2017] zählen 126 Einträge zur Gefahrgutklasse 4.3, wobei ein Stoff von der Beförderung ausgeschlossen ist. Zur Beschreibung der gefährlichen Eigenschaften werden in dieser Klasse die in Tabelle 27 aufgeführten Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr verwendet. Auch in dieser Gefahrgutklasse kommen Zahlencodes zur Anwendung, die mit der Ziffer 3 beginnen, wobei deren Vielfalt größer ist, als die der Zahlencodes, die mit der Ziffer 4 beginnen.

Tabelle 27: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 4.3 der Tabelle A

Nr.	Eigenschaften
323	entzündbarer flüssiger Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
X323	entzündbarer flüssiger Stoff, der mit Wasser gefährlich ¹⁴ reagiert und entzündbare Gase bildet
X338	leicht entzündbarer flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser gefährlich reagiert ¹⁵
362	entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
X362	entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, der mit Wasser gefährlich ¹⁵ reagiert und entzündbare Gase bildet
382	entzündbarer flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
X382	entzündbarer flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser gefährlich ¹⁵ reagiert und entzündbare Gase bildet
423	fester Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet, oder entzündbarer fester Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet, oder selbsterhitzungsfähiger fester Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
X423	fester Stoff, der mit Wasser gefährlich ¹⁵ reagiert und entzündbare Gase bildet, oder entzündbarer fester Stoff, der mit Wasser gefährlich ¹⁵ reagiert und entzündbare Gase bildet, oder selbsterhitzungsfähiger fester Stoff, der mit Wasser gefährlich ¹⁵ reagiert und entzündbare Gase bildet
462	fester Stoff, giftig, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
482	fester Stoff, ätzend, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
X482	fester Stoff, giftig, der mit Wasser gefährlich ¹⁵ reagiert und entzündbare Gase bildet

Die absolute Häufigkeit des Auftretens der Gefahrennummern im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 4.3 ohne Gefahrennummer zeigt Abbildung 27. Der Anteil, für den der Tanktransport nicht zulässig bzw. nicht möglich ist, liegt in dieser Gefahrgutklasse bei 24 %. Mit Abstand am häufigsten tritt die Gefahrennummer 423 auf. Sie trifft auf knapp 50 % der in Tanks oder Schüttung transportierbaren Stoffe und dieser Gefahrgutklasse zu. Es folgt die Gruppe der Stoffe mit der Gefahrennummer X423. Das X weist auf die besondere Gefährlichkeit hin, mit der diese Stoffe mit Wasser reagieren. Insgesamt trifft dieser Sachverhalt der gefährlichen Reaktion mit Wasser auf knapp 34 % aller in Tanks transportierbaren Stoffe der Gefahrgutklasse 4.3 zu.

¹⁵ Wasser darf nur im Einverständnis mit Sachverständigen verwendet werden.

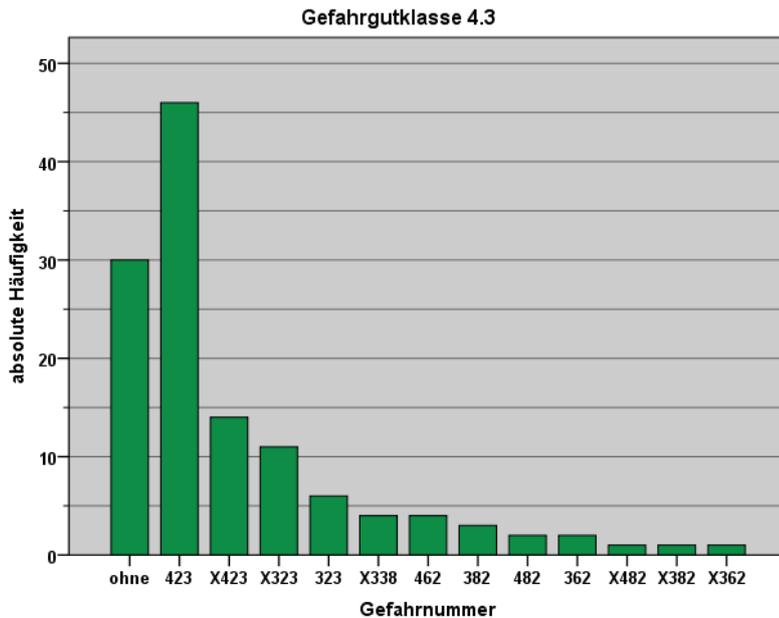


Abb. 27: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrnummer in der Gefahrgutklasse 4.3

4.3.7.1 Tanktransport Gefahrgutklasse 4.3

Von den 125 auswertbaren Einträgen enthalten 30 keine Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr, somit dürfen Stoffe aus 95 Einträgen in Tanks transportiert werden. Eine Übersicht zu den hierfür vergebenen Tunnelbeschränkungscode vermittelt Abbildung 28. Der Tunnelbeschränkungscode C wurde in dieser Gefahrgutklasse nicht vergeben.

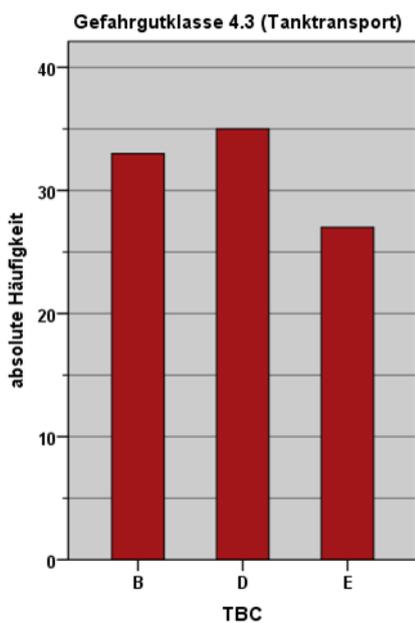


Abb. 28: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungscode in der Gefahrgutklasse 4.3 bei Tanktransport

Über einen möglichen Zusammenhang zwischen Gefahrnummern und beschränkte Tunnelkategorien bei Tanktransport von Stoffen der Klasse 4.3 gibt die Kreuztabelle 28 Auskunft.

Tabelle 28: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 4.3 bei Tanktransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrnummer	323				3		6
						3	
	362				1		2
						1	
	382		1				3
					1		
						1	
	423				27		46
						19	
	462				2		4
						2	
	482				1		2
						1	
	X323		11				11
	X338		4				4
	X362		1				1
	X382		1				1
	X423		14				14
	X482		1				1
Gesamt			33		35	27	95

Im Tanktransport sind alle Stoffe, die in die Verpackungsgruppe I eingestuft sind, ab Tunnelkategorie B beschränkt (1.9.5.2.2 ADR 2017). Klar ersichtlich ist, dass es alle Stoffe betrifft, die gefährlich mit Wasser reagieren. Diese Stoffe können fest oder flüssig sein, teilweise entzündbar bzw. leicht entzündbar oder selbsterhitzungsfähig. Zusätzlich können Giftigkeit oder Ätzwirkung als Eigenschaften hinzukommen. In diesen Fällen korrelieren die Gefahrnummern mit dem Tunnelbeschränkungscode. Die Kriterien der Verpackungsgruppe I treffen ebenfalls auf einen Stoff mit der Gefahrnummer 382 zu, weshalb dieser auch für die Tunnelkategorie B beschränkt ist. Aber die gleiche Gefahrnummer tritt in Kombination mit weiteren Tunnelbeschränkungscode auf, so dass für diese Fälle keine Korrelation besteht. Bei den Stoffen, die zwar mit Wasser reagieren, aber nicht in gefährlicher Weise, treten ansonsten die gleichen Eigenschaften auf, wie bereits beschrieben. Es bestimmt die in der Zeiteinheit aus ihnen gebildete Menge an entzündbaren Gasen bei Kontakt mit Wasser die

Zuordnung zur Verpackungsgruppe und damit, welche Tunnelkategorie bei Tanktransport befahren werden darf. Ab Tunnelkategorie D sind gemäß 1.9.5.2.2 [ADR 2017] alle Stoffe beschränkt, die eine Zuordnung in die Verpackungsgruppe II erhalten haben, ab E betrifft es die der Verpackungsgruppe III. Da die übrigen auftretenden Gefahrunnummern sowohl für Stoffe mit Verpackungsgruppe II als auch für solche mit Verpackungsgruppe III verwendet wurden, lässt sich in diesen Fällen ebenfalls kein eindeutiger Zusammenhang mit den Tunnelbeschränkungscode ableiten.

4.3.7.2 Stückguttransport Gefahrgutklasse 4.3

Alle Stoffe und Güter der 125 Einträge in der Gefahrgutklasse 4.3 dürfen als Stückgut durch die Tunnel der Kategorien A bis D transportiert werden (siehe Kreuztabelle 29). Es gilt nur die Beschränkung für Tunnel der Kategorie E. Eine grafische Darstellung der absoluten Häufigkeit über die Vergabe der Tunnelbeschränkungscode für den Stückguttransport in dieser Gefahrgutklasse erübrigt sich damit. Ein Zusammenhang zwischen Tunnelbeschränkungscode und Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr ist aus diesem Ergebnis nicht ableitbar.

Tabelle 29: Gefahrunummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 4.3 bei Stückguttransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrunummer	ohne					30	30
	323					6	6
	362					2	2
	382					3	3
	423					46	46
	462					4	4
	482					2	2
	X323					11	11
	X338					4	4
	X362					1	1
	X382					1	1
	X423					14	14
	X482					1	1
	Gesamt					125	125

4.3.8 Gefahrgutklasse 5.1

Zur Gefahrgutklasse 5.1 gehören Stoffe, die obwohl selbst nicht notwendigerweise brennbar, im Allgemeinen durch Abgabe von Sauerstoff einen Brand verursachen oder einen Brand anderer Stoffe unterstützen können, sowie Gegenstände, die solche Stoffe enthalten. Die Stoffe der Gefahrgutklasse 5.1 und Gegenstände, die solche Stoffe enthalten, werden folgendermaßen klassifiziert [ADR 2017]:

- O entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe ohne Nebengefahr oder Gegenstände, die solche Stoffe enthalten
 - O1 flüssige Stoffe
 - O2 feste Stoffe
 - O3 Gegenstände
- OF entzündend (oxidierend) wirkende feste Stoffe, entzündbar
- OS entzündend (oxidierend) wirkende feste Stoffe, selbsterhitzungsfähig
- OW entzündend (oxidierend) wirkende feste Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln
- OT entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe, giftig
 - OT1 flüssige Stoffe
 - OT2 feste Stoffe
- OC entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe, ätzend
 - OC1 flüssige Stoffe
 - OC2 feste Stoffe
- OTC entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe, giftig, ätzend

Für die Zuordnung eines Stoffes zu den *entzündend (oxidierend) wirkenden flüssigen Stoffen* ist das Prüfverfahren O2 ausschlaggebend [Wehrstedt et al. 2017]. Die Zuweisung zu einer Verpackungsgruppe geschieht nach den in Tabelle 30 angegebenen Kriterien.

Tabelle 30: Kriterien für die Zuordnung zu Verpackungsgruppen in der Klasse 5.1

Verpackungsgruppe	Stoffe, die (sich) in einem Gemisch mit Cellulose 1:1 (Masseverhältnis)
I	- selbst entzünden oder eine geringere durchschnittliche Druckanstiegszeit aufweisen als ein Gemisch 50%iger Perchlorsäure/Cellulose von 1:1 (Masseverhältnis)
II	- eine geringere oder gleiche durchschnittliche Druckanstiegszeit aufweisen als ein Gemisch von 40%igem Natriumchlorat in wässriger Lösung/Cellulose von 1:1 (Masseverhältnis) und nicht die Zuordnungskriterien der Verpackungsgruppe I erfüllen
III	- eine geringere oder gleiche durchschnittliche Druckanstiegszeit aufweisen als ein Gemisch von 65%iger Salpetersäure in wässriger Lösung/Cellulose von 1:1 (Masseverhältnis) und nicht die Zuordnungskriterien der Verpackungsgruppen I und II erfüllen

Ob ein Stoff den *entzündend (oxidierend) wirkenden festen Stoffen* zugeordnet werden kann, resultiert aus vergleichenden Untersuchungen bezüglich eines Prüfstandards (Prüfung O.1 oder alternativ Prüfung O.3). Daraus ergeben sich die folgenden Kriterien für die Zuordnung zu Verpackungsgruppen [Wehrstedt et al. 2017]:

Tabelle 31: Kriterien für die Zuordnung zu Verpackungsgruppen in der Klasse 5.1

Verpackungsgruppe	Stoffe, die in einem Gemisch mit Cellulose von 4:1 oder 1:1 (Masseverhältnis)
I	<p><u>Prüfung O.1</u> - eine geringere durchschnittliche Brenndauer als die durchschnittliche Brenndauer eines Gemisches Kaliumbromat/Cellulose von 3:2 (Masseverhältnis) aufweisen</p> <p><u>Prüfung O.3</u> - eine größere durchschnittliche Abbrandgeschwindigkeit aufweisen als ein Gemisch von Calciumperoxid/Cellulose von 3:1 (Masseverhältnis)</p>
II	<p><u>Prüfung O.1</u> - eine gleiche oder geringere durchschnittliche Brenndauer als die durchschnittliche Brenndauer eines Gemisches Kaliumbromat/Cellulose von 2:3 (Masseverhältnis) aufweisen und nicht die Kriterien der Verpackungsgruppe I erfüllen</p> <p><u>Prüfung O.3</u> - eine gleiche oder größere durchschnittliche Abbrandgeschwindigkeit aufweisen als ein Gemisch von Calciumperoxid/Cellulose von 1:1 (Masseverhältnis) und nicht die Kriterien der Verpackungsgruppe I erfüllen</p>
III	<p><u>Prüfung O.1</u> - eine gleiche oder geringere durchschnittliche Brenndauer als die durchschnittliche Brenndauer eines Gemisches Kaliumbromat/Cellulose von 3:7 (Masseverhältnis) ausweisen und nicht die Kriterien der Verpackungsgruppen I und II erfüllen</p> <p><u>Prüfung O.3</u> - eine gleiche oder größere durchschnittliche Abbrandgeschwindigkeit aufweisen als ein Gemisch von Calciumperoxid/Cellulose von 1:2 (Masseverhältnis) und nicht die Kriterien der Verpackungsgruppe II erfüllen</p>

Die Tabelle A des ADR 2017 enthält 171 Einträge, die dieser Gefahrgutklasse zugeordnet sind, wobei für Stoffe aus 3 Einträgen die Beförderung verboten ist. Somit sind Stoffe und Gegenstände aus 168 Einträgen für diese Untersuchung relevant. Zur Beschreibung ihrer gefährlichen Eigenschaften werden folgende Gefahrnummern angewendet (Tabelle 32):

Tabelle 32: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 5.1 der Tabelle A

Nr.	Eigenschaften
50	oxidierender (brandfördernder) Stoff
56	oxidierender (brandfördernder) Stoff, giftig
58	oxidierender (brandfördernder) Stoff, ätzend
558	stark oxidierender (brandfördernder) Stoff, ätzend
568	oxidierender (brandfördernder) Stoff, giftig, ätzend
59	oxidierender (brandfördernder) Stoff, der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann
559	stark oxidierender (brandfördernder) Stoff, der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann

Die absolute Häufigkeit des Auftretens der Gefahrennummern im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 5.1 ohne Gefahrennummer ist aus Abbildung 29 ersichtlich. Der Anteil, für den der Tanktransport nicht zulässig bzw. nicht möglich ist, liegt in dieser Klasse bei 10 %.

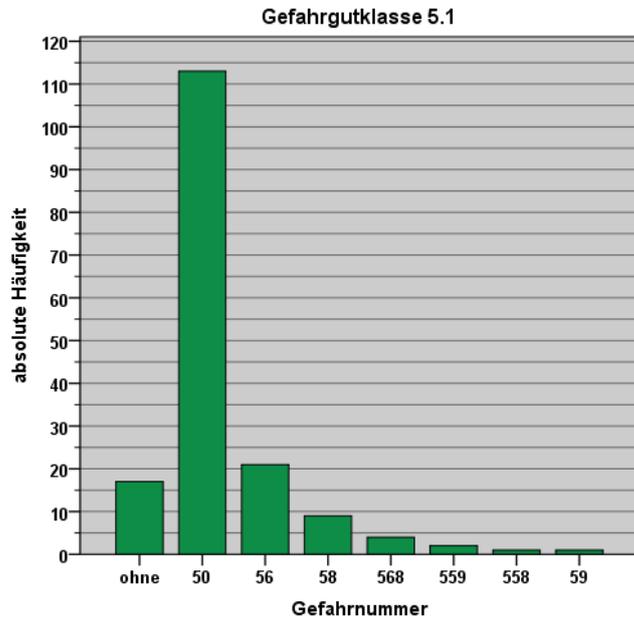


Abb. 29: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrennummer in der Gefahrgutklasse 5.1

4.3.8.1 Tanktransport Gefahrgutklasse 5.1

Von den hier zur Untersuchung verwendbaren 168 Einträgen zur Gefahrgutklasse 5.1 in der Tabelle A des ADR 2017 dürfen Stoffe aus 151 Einträgen in Tanks bzw. loser Schüttung durch Tunnel transportiert werden. Bis auf 6 Stoffe und Güter, die aufgrund ihrer gefährlichen Eigenschaften der Verpackungsgruppe I zugeordnet sind und demzufolge im Tanktransport nur Tunnel der Kategorie A passieren dürfen, sind alle anderen mit dem Tunnelbeschränkungscode E versehen (siehe Abbildung 30). Diese sind den Verpackungsgruppen II und III zugeordnet.

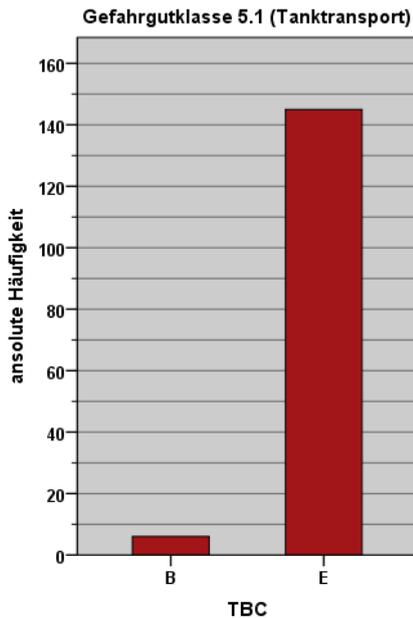


Abb. 30: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs-codes in der Gefahrgutklasse 5.1 bei Tanktransport

Aufschluss über den Zusammenhang zwischen Gefahrnummern und Tunnelbeschränkungs-codes bei Tanktransport von Stoffen und Gütern der Gefahrgutklasse 5.1 gibt wieder die entsprechende Kreuztabelle 33. Durch Tunnel der Kategorien A bis D dürfen im Tanktransport die Mehrzahl der Stoffe (96%) der Gefahrgutklasse 5.1 befördert werden. Hinsichtlich der Bewertung ihrer gefährlichen Eigenschaften sind diese Stoffe entweder nur oxidierend (brandfördernd, Gefahrnummer 50) oder zusätzlich giftig (Gefahrnummer 56), ätzend (Gefahrnummer 58) bzw. können spontan zu heftiger Reaktion führen (Gefahrnummer 59). Diese Stoffe zählen entweder zur Verpackungsgruppe II oder III. Die einzige Beschränkung in dieser Klasse betrifft Stoffe der Verpackungsgruppe I bei Tanktransport (1.9.5.2.2 ADR 2017). Diese sind ab Tunnelkategorie B gesperrt und haben gefährliche Eigenschaften wie stark oxidierend (brandfördernd) und zusätzlich entweder giftig (Gefahrnummer 556) oder ätzend (Gefahrnummer 558). Auch oxidierend (brandfördernd) wirkende Stoffe, die zusätzlich giftig und ätzend sind (Gefahrnummer 568), dürfen in Tanks, bis auf eine Ausnahme, nur die Tunnelkategorie A passieren. Die Ausnahme betrifft den Eintrag mit der UN-Nummer 1463 wasserfreies Chromtrioxid, welches der Verpackungsgruppe II zugeordnet ist, während die anderen drei zur Verpackungsgruppe I gehören. Es kann eine Korrelation zwischen Gefahrnummer und Tunnelbeschränkungs-code bei Tanktransport abgeleitet werden. Sie trifft aber nicht vollständig zu (siehe Gefahrnummer 568). Die stark oxidierend wirkenden Stoffe der Klasse 5.1 bei Kombination mit einer weiteren gefährlichen Eigenschaft (Ziffernfolge 55 plus weitere Ziffer) sind ab Tunnelkategorie B beschränkt. Das betrifft aber

tatsächlich nur drei Einträge von 151. Alle Stoffe mit zweistelligen Zifferncodes sind ab Kategorie E beschränkt.

Tabelle 33: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 5.1 bei Tanktransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrnummer	50					113	113
	56					21	21
	58					9	9
	59					1	1
	558		1				1
	559		2				2
	568		3				
						1	4
Gesamt			6			145	151

4.3.8.2 Stückguttransport Gefahrgutklasse 5.1

Im Stückguttransport sind die Stoffe und Gegenstände der Gefahrgutklasse 5.1 alle mit dem Tunnelbeschränkungscode E belegt, d. h. in Tunneln der Kategorien A bis D können sie als Transportgut auftreten. Auf eine grafische Darstellung dieses Ergebnisses wird verzichtet. Da zu den als Stückgut transportierbaren Stoffen und Gütern der Gefahrklasse 5.1 im Vergleich zum Tanktransport nur diejenigen Vertreter dieser Klasse hinzukommen, deren gefährliche Eigenschaften nicht durch eine Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr ausgedrückt werden, verändert sich das Ergebnis der absoluten Häufigkeit der Gefahrnummern nur um die 17 Fälle ohne diese Kennzeichnung. Ebenso verhält es sich bei der Analyse der Daten zur Abklärung des Zusammenhangs der Variablen Gefahrnummer und Tunnelbeschränkungscode mittels Kreuztabelle 34.

Tabelle 34: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 5.1 bei Stückguttransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrnummer	ohne					17	17
	50					113	113
	56					21	21
	58					9	9
	59					1	1
	558					1	1
	559					2	2
	568					4	4
Gesamt						168	168

Gemäß 1.9.5.2.2 ADR 2017 ist der Stückguttransport der Stoffe dieser Klasse nur für die Tunnelkategorie E beschränkt. Somit gilt für alle Ausprägungen der Variablen Gefahrennummer der gleiche Tunnelbeschränkungscode, woraus keine Differenzierung bezüglich der gefährlichen Eigenschaften ableitbar ist.

4.3.9 Gefahrgutklasse 5.2

Die Gefahrgutklasse 5.2 ist derzeit vom Umfang her die zweitkleinste. Sie besteht aus 20 Einträgen in der Tabelle A des ADR 2017 und umfasst organische Peroxide und Zubereitungen organischer Peroxide. Die Stoffe dieser Klasse werden unterteilt in zwei Gruppen [ADR 2017]:

- | | |
|----|-------------------------------------------------------------------------|
| P1 | organische Peroxide, für die keine Temperaturkontrolle erforderlich ist |
| P2 | organische Peroxide, für die eine Temperaturkontrolle erforderlich ist |

Eine Zuordnung der Stoffe zu Verpackungsgruppen ist in dieser Gefahrstoffklasse nicht möglich. Die organischen Peroxide werden aufgrund ihres Gefahrengrades in sieben Typen eingeteilt. Stoffe vom Typ A sind nicht zur Beförderung in der Verpackung, in der sie geprüft wurden, zugelassen, während der Typ G nicht den Vorschriften dieser Klasse unterliegt. Die Einträge in der Tabelle A des ADR 2017 gehören zu den Typen B bis F, wobei die Zuordnung zu den Typen in unmittelbarer Beziehung zu der zulässigen Höchstmenge in einem Versandstück steht. Organische Peroxide können sich bei normalen oder erhöhten Temperaturen exotherm zersetzen, wobei als Auslöser für diese Zersetzung Wärme, Kontakt mit Verunreinigungen, Reibung oder Stoß in Frage kommen. Die Zersetzungsgeschwindigkeit nimmt mit der Temperatur zu und ist abhängig von der Zusammensetzung des organischen Peroxids. Bei der Zersetzung können sich schädliche oder entzündliche Gase oder Dämpfe entwickeln. Ein Teil der organischen Peroxide neigt dazu, sich unter Einschluss explosionsartig zu zersetzen. Diese Eigenschaft kann durch Hinzufügen von Verdünnungsmitteln oder die Verwendung geeigneter Verpackungen verändert werden. Viele organische Peroxide brennen heftig. Es ist vor allem der Kontakt mit den Augen zu vermeiden, da bestimmte organische Peroxide bereits nach kurzer Berührung ernste Hornhautschäden oder Hautverätzungen verursachen [ADR 2017].

Gemäß Handbuch über Prüfungen und Kriterien [Wehrstedt et al. 2017] sind die Typen B bis F der organischen Peroxide wie folgt definiert:

Typ B:

Jede Zubereitung organischer Peroxide, die explosive Eigenschaften besitzt und die, wie für die Beförderung verpackt, weder detoniert noch schnell deflagriert, aber in der Lage ist, eine thermische Explosion in diesem Versandstück zu durchlaufen, muss ein Zusatzkennzeichen „EXPLOSIV“ tragen. Solch ein organisches Peroxid kann in Massen bis zu 25 kg verpackt

sein, es sei denn, die höchste Masse ist auf eine niedrigere Menge begrenzt, um eine Detonation oder eine schnelle Deflagration im Versandstück auszuschließen.

Typ C:

Jede Zubereitung organischer Peroxide, die explosive Eigenschaften besitzt, kann ohne Zusatzkennzeichen „EXPLOSIV“ befördert werden, wenn der Stoff, wie für die Beförderung verpackt (Maximum 50 kg) weder detonieren, schnell deflagrieren noch eine thermische Explosion durchlaufen kann.

Typ D:

Jede Zubereitung organischer Peroxide, die bei Laborprüfung teilweise detoniert, nicht schnell deflagriert und, wenn unter Einschluss erwärmt, keine heftige Wirkung zeigt; oder in keiner Weise detoniert, langsam deflagriert und, wenn unter Einschluss erwärmt, keine heftige Wirkung zeigt; oder in keiner Weise detoniert oder deflagriert und, wenn unter Einschluss erwärmt, eine mittlere Wirkung zeigt, ist für die Beförderung in Versandstücken von nicht mehr als 50 kg Nettomasse zugelassen.

Typ E:

Jede Zubereitung eines organischen Peroxids, die bei der Laborprüfung in keiner Weise detoniert oder deflagriert und, wenn unter Einschluss erwärmt, nur eine geringe oder keine Wirkung zeigt, ist für die Beförderung in Versandstücken von nicht mehr als 400 kg / 450 Litern zugelassen.

Typ F:

Jede Zubereitung eines organischen Peroxids, die bei der Laborprüfung weder im kavitierten Zustand detoniert noch in irgendeiner Weise deflagriert und, wenn unter Einschluss erwärmt, nur eine geringe oder keine Wirkung zeigt noch irgendeine explosive Kraft besitzt, kann für die Beförderung in IBCs¹⁶ oder Tanks vorgesehen werden.

Für die Charakterisierung der gefährlichen Eigenschaften von Stoffen der Klasse 5.2 mittels Gefahrunummer kommt nur eine zur Anwendung (Stoffe des Typs F), wie Tabelle 35 zeigt.

Tabelle 35: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 5.2 der Tabelle A

Nr.	Eigenschaften
539	entzündbares organische Peroxid

Aus Abbildung 31 ist die absolute Häufigkeit des Auftretens der Gefahrunummer im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 5.2 ohne Gefahrunummer ersichtlich. Der Anteil, für den der Tanktransport nicht zulässig bzw. nicht möglich ist, liegt in der Klasse 5.2 bei 80 %.

¹⁶ Intermediate Bulk Container, gemäß [ADR 2017] Großpackmittel (starre oder flexible, transportable Verpackung)

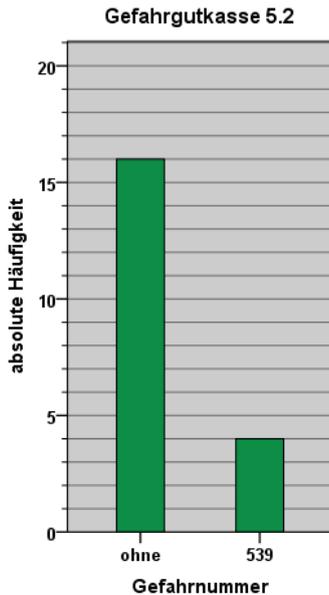


Abb. 31: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrnummer in der Gefahrgutklasse 5.2

4.3.9.1 Tanktransport Gefahrgutklasse 5.2

Vier Vertreter dieser Gefahrgutklasse sind derzeit für den Tanktransport zugelassen. Es handelt sich hierbei ausschließlich um organisches Peroxid vom Typ F, welches fest oder flüssig sein kann und jeweils mit oder ohne Temperaturkontrolle befördert werden muss bzw. kann. Für diese gilt in der Tabelle A des ADR 2017 der Tunnelbeschränkungscode D, wohingegen das ADR 2017 unter 1.9.5.2.2. keine Beschränkung für den Tanktransport dieser Stoffe vorsieht. Für die Charakterisierung der gefährlichen Eigenschaften der Stoffe des Typs F wird die Gefahrnummer 539 verwendet (siehe Abbildung 31). Auf die grafische Darstellung des Tunnelbeschränkungscode wird verzichtet. Die Analyse zur Korrelation der Variablen Gefahrnummer und Tunnelbeschränkungscode fällt in diesem Fall eindeutig aus, wie die Kreuztabelle 36 zeigt. Die Ausprägung 539 der Variablen Gefahrnummer ist nur mit dem Tunnelbeschränkungscode D verbunden. Es besteht eine Korrelation zwischen beiden Merkmalen.

Tabelle 36: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 5.2 bei Tanktransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrnummer	539				4		4
Gesamt					4		4

4.3.9.2 Stückguttransport Gefahrgutklasse 5.2

Für den Stückguttransport der organischen Peroxide wurden die Tunnelbeschränkungs_codes B und D vergeben, deren absolute Häufigkeiten aus Abbildung 32 ersichtlich sind.

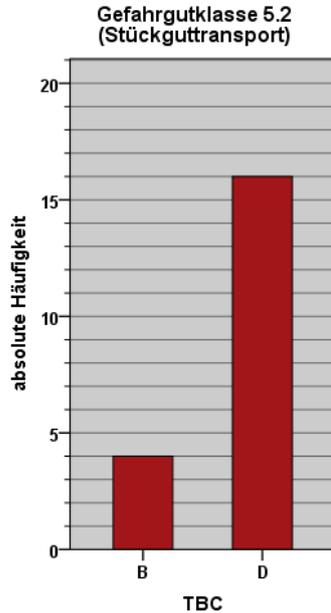


Abb. 32: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs_codes in der Gefahrgutklasse 5.2 bei Stückguttransport

Das ADR 2017 sieht für den Stückguttransport unter 1.9.5.2.2 eine Beschränkung für Stoffe und Gegenstände des Typs B ab Tunnelkategorie B sowie für die Typen C, D, E und F ab Tunnelkategorie D vor. Über den Zusammenhang der Gefahrunnummern und der Tunnelbeschränkungs_codes informiert die Kreuztabelle 37.

Tabelle 37: Gefahrunummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 5.2 bei Stückguttransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrunummer	ohne		4				16
	539				12		
Gesamt			4		16		20

Mit der Gefahrunummer 539 ist auch im Stückguttransport nur der Tunnelbeschränkungscode D verbunden, es besteht also eine Korrelation. Aber auch der größte Teil der nicht mit einer Gefahrunummer versehenen Stoffe und Güter dieser Gefahrgutklasse ist ab Tunnelkategorie D für den Stückguttransport gesperrt. Hierbei handelt es sich um organische Peroxide der Typen C, D und E, die fest oder flüssig sein können und ohne oder mit Temperaturkontrolle transportiert werden können bzw. müssen. Feste und flüssige organische Peroxide vom Typ B unterliegen dem Tunnelbeschränkungscode B, egal, ob sie temperaturkontrolliert

transportiert werden müssen (zwei Einträge) oder nicht. Für diese Stoffe wurden keine Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr vorgesehen, da sie nicht für den Tanktransport zugelassen sind. Die Korrelation betrifft somit nur Stoffe von vier Einträgen dieser Stoffklasse. Zum Vergleich: Die Tabelle A des RID 2017 enthält neben den hier genannten Einträgen noch für acht weitere Einträge die Gefahrnummer 539, für die restlichen zehn Einträge ist die Beförderung auf dem Schienenweg verboten.

4.3.10 Gefahrgutklasse 6.1

Der Gefahrgutklasse 6.1 werden Stoffe zugeordnet, von denen aus der Erfahrung bekannt oder nach tierexperimentellen Untersuchungen anzunehmen ist, dass sie bei einmaliger oder kurzdauernder Einwirkung in relativ kleiner Menge beim Einatmen, bei Aufnahme durch die Haut oder Einnahme zu Gesundheitsschäden oder zum Tode eines Menschen führen können. Sofern sie diese Bedingungen erfüllen, sind auch genetisch veränderte Mikroorganismen und Organismen dieser Klasse zuzuordnen. Innerhalb der Klasse sind die Stoffe nochmals mittels Klassifizierungscodes unterteilt [ADR 2017]:

- T giftige Stoffe ohne Nebengefahren
 - T1 organische flüssige Stoffe
 - T2 organische feste Stoffe
 - T3 metallorganische Stoffe
 - T4 anorganische flüssige Stoffe
 - T5 anorganische feste Stoffe
 - T6 Mittel zur Schädlingsbekämpfung (Pestizide), flüssig
 - T7 Mittel zur Schädlingsbekämpfung (Pestizide), fest
 - T8 Proben
 - T9 sonstige giftige Stoffe
- TF giftige entzündbare Stoffe
 - TF1 flüssige Stoffe
 - TF2 flüssige Stoffe, die als Mittel zur Schädlingsbekämpfung (Pestizide) verwendet werden
 - TF3 feste Stoffe
- TS giftige selbsterhitzungsfähige feste Stoffe
- TW giftige Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase bilden
 - TW1 flüssige Stoffe
 - TW2 feste Stoffe
- TO giftige entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe
 - TO1 flüssige Stoffe
 - TO2 feste Stoffe

TC	giftige ätzende Stoffe
TC1	organische flüssige Stoffe
TC2	organische feste Stoffe
TC3	anorganische flüssige Stoffe
TC4	anorganische feste Stoffe
TFC	giftige entzündbare ätzende Stoffe
TFW	giftige entzündbare Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase bilden

Die Stoffe der Gefahrgutklasse 6.1 sind entsprechend ihres Gefahrengrades, den sie bei der Beförderung darstellen, einer der folgenden Verpackungsgruppen zugeordnet (Tabelle 38):

Tabelle 38: Kriterien für die Zuordnung zu Verpackungsgruppen in der Klasse 6.1 [ADR 2017]

Verpackungsgruppe	Giftigkeitsgrad
I	sehr giftig
II	giftig
III	schwach giftig

Zur Beurteilung des Giftigkeitsgrades werden Erfahrungen aus Vergiftungsfällen bei Menschen herangezogen. Zusätzlich sollten besondere Eigenschaften des zu beurteilenden Stoffes, wie flüssiger Zustand, hohe Flüchtigkeit, Wahrscheinlichkeit der Aufnahme über die Haut und besondere biologische Wirkungen Berücksichtigung finden. Sofern keine Erfahrungswerte in Bezug auf den Menschen vorliegen, wird der Giftigkeitsgrad durch Auswertung von tierexperimentellen Untersuchungen beurteilt. Die einzelnen Kriterien für die Bewertung, auch die von Gemischen, sind in 2.2.61 [ADR 2017] aufgeführt.

Die Tabelle A des ADR 2017 enthält 721 Einträge zu Stoffen und Gütern der Gefahrgutklasse 6.1. Ein Eintrag betrifft einen Stoff, dessen Beförderung verboten ist, somit sind 720 Einträge relevant für die durchzuführende Analyse. Die Gefahrgutklasse 6.1 ist somit die an Einträgen umfangreichste Klasse gefährlicher Güter.

Die Beschreibung der gefährlichen Eigenschaften wurde mit den in Tabelle 39 aufgeführten Gefahrunummern vorgenommen. Wie aus Abbildung 33 ersichtlich ist, kommt zwar eine Vielfalt an Gefahrunummern zur Anwendung aber mit sehr unterschiedlicher Häufigkeit. Mit Abstand am häufigsten (61%) tritt die Gefahrunummer 60 *giftiger oder schwach giftiger Stoff* auf. Für fast alle Einträge in dieser Klasse sind in der Tabelle A des ADR 2017 Gefahrunummern eingetragen, nur gut 1 % der Einträge haben keine, was Rückschlüsse auf die zulässigen Transportarten ermöglicht.

Tabelle 39: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 6.1 der Tabelle A

Nr.	Eigenschaften
60	giftiger oder schwach giftiger Stoff
623	giftiger flüssiger Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
63	giftiger Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C)
638	giftiger Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C), ätzend
639	giftiger Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C), der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann
64	giftiger fester Stoff, entzündbar oder selbsterhitzungsfähig
642	giftiger fester Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
65	giftiger Stoff, oxidierend (brandfördernd)
66	sehr giftiger Stoff
663	sehr giftiger Stoff, entzündbar (Flammpunkt nicht über 60°C)
664	sehr giftiger fester Stoff, entzündbar oder selbsterhitzungsfähig
665	sehr giftiger Stoff, oxidierend (brandfördernd)
668	sehr giftiger Stoff, ätzend
X668	sehr giftiger Stoff, ätzend, der mit Wasser gefährlich reagiert ¹⁷
669	sehr giftiger Stoff, der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann
68	giftiger Stoff, ätzend
69	giftiger oder schwach giftiger Stoff, der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann

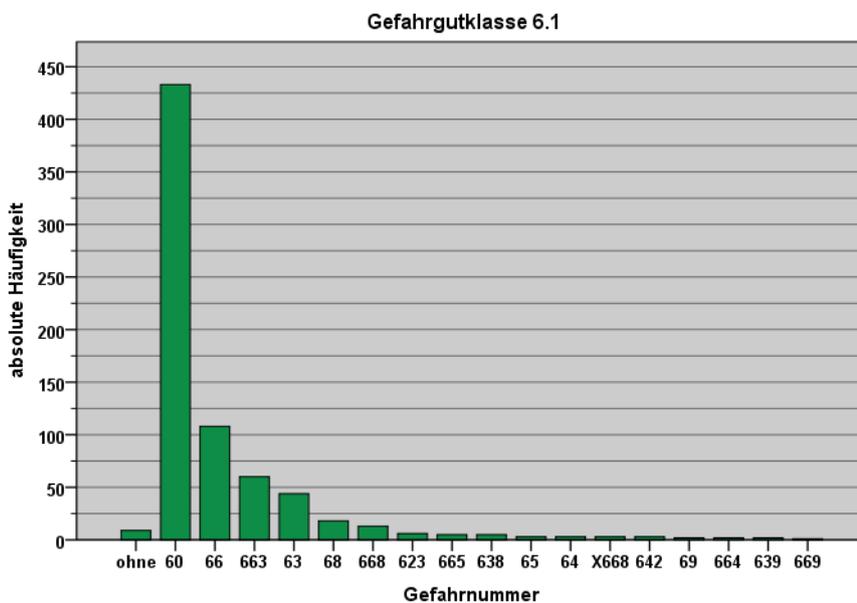


Abb. 33: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrnummer in der Gefahrgutklasse 6.1

¹⁷ Wasser darf nur im Einverständnis mit Sachverständigen verwendet werden.

4.3.10.1 Tanktransport Gefahrgutklasse 6.1

Von den 720 Stoffen und Gütern dieser Gefahrgutklasse sind 711 für die Beförderung in Tanks zugelassen. Ein Teil der Stoffe kann auch in loser Schüttung transportiert werden. Die absolute Häufigkeit der vergebenen Tunnelbeschränkungscode zeigt Abbildung 34.

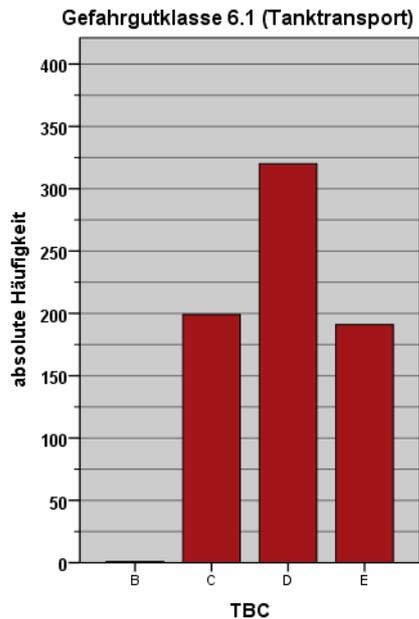


Abb. 34: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungscode in der Gefahrgutklasse 6.1 bei Tanktransport

Aufschluss darüber, wie die in dieser Stoffklasse verwendeten Gefahrnummern mit den jeweils auferlegten Tunnelbeschränkungscode korrelieren, soll die Analyse beider Variablen mittels Kreuztabelle 40 geben. Das ADR 2017 sieht für folgende Stoffe der Klasse 6.1 eine Beschränkung bei Tanktransport vor (1.9.5.2.2. ADR 2017):

Tunnelkategorie B: UN-Nummer 1510¹⁸

Tunnelkategorie C: Verpackungsgruppe I, ausgenommen UN-Nummer 1510

Tunnelkategorie D: Verpackungsgruppe II und Verpackungsgruppe III für Klassifizierungscode TF2

Die Vergabe der Tunnelbeschränkungscode für den Tanktransport der Stoffe der Gefahrgutklasse 6.1 folgt prinzipiell (bis auf die genannten Ausnahmen) deren Bewertung nach Giftigkeitsgrad und damit der Zuordnung zu einer Verpackungsgruppe. Stoffe, die als sehr giftig bewertet sind, gehören zur Verpackungsgruppe I und sind bis auf die eine Ausnahme ab Tunnelkategorie C gesperrt. Die Ausnahme bildet Tetranitromethan. Dieser Stoff ist im Tanktransport bereits ab Tunnelkategorie B gesperrt. Neben der Giftigkeit führt

¹⁸ Tetranitromethan

die extrem stark brandfördernde Eigenschaft dieses Stoffes zu dieser Beschränkung. Tetranitromethan bildet mit allen brennbaren Stoffen hochexplosive Gemische. Eine Löslichkeit in Wasser ist nicht gegeben.

Tabelle 40: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 6.1 bei Tanktransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrnummer	60				242		433
						191	
	63				44		44
					3		3
	64				3		3
					3		3
	65				3		3
					3		3
	66			108			108
	68				18		18
					2		2
	69				2		2
					2		2
	623			5			
	638				1		6
						5	5
	639			1			
						1	2
642			2				
					1	3	
663			60			60	
				2		2	
664			2			2	
665		1					
				4		5	
668			13			13	
				1		1	
669			1			1	
X668			3			3	
Gesamt		1	199	320	191	711	

Die Beschreibung der gefährlichen Eigenschaften dieser Stoffe mit Gefahrnummern korreliert nur in den Fällen mit der Zugehörigkeit zur Verpackungsgruppe I und damit ebenfalls mit dem Tunnelbeschränkungscode, in denen Stoffe eine Gefahrnummer erhalten haben, welche im Zahlencode die Ziffernfolge 66 aufweist. Diese sind als *sehr giftig* identifizierbar. Das X kennzeichnet Stoffe, die bei Kontakt mit Wasser gefährlich reagieren. In den Fällen dieser Klasse führt die Reaktion mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung zur Freisetzung von Chlorwasserstoffgas und im Falle der UN-Nummern 1810 und 1834 zusätzlich zu Säuren. Aber auch ein Teil der mittels Gefahrnummern als „nur“ *giftig* bezeichneten Stoffe sind auf Grund ihrer Nebengefahren in die Verpackungsstufe I eingeordnet und unterliegen deshalb ebenfalls dem Tunnelbeschränkungscode C. Damit korreliert der Wortlaut der

Gefahrnummern nicht mit dem zugeordneten Giftigkeitsgrad dieser Stoffe und die Ableitung zum zugehörigen Tunnelbeschränkungscode gelingt nicht mehr, zumal mit den gleichen Gefahrnummern auch Stoffe bedacht sind, deren Eigenschaften tatsächlich dem mittleren Giftigkeitsgrad entsprechen und somit in die Verpackungsstufe II eingeordnet sind. Der daraus resultierende Tunnelbeschränkungscode ist D. Bei diesen Gefahrnummern treten demzufolge zwei Tunnelbeschränkungscode auf.

Ab Tunnelkategorie D ist der Tanktransport von Stoffen der Gefahrgutklasse 6.1 untersagt, die wegen ihrer gefährlichen Eigenschaften in die Verpackungsgruppe II eingestuft sind, was dem mittleren Giftigkeitsgrad entspricht. Dem gleichen Tunnelbeschränkungscode unterliegen in dieser Transportart Stoffe der Verpackungsgruppe III, die zum Klassifizierungscode TF2 gehören. Diese Stoffe zählen mit zu denen, die mit der Gefahrnummer 63 beschrieben werden. Somit sind sowohl *giftige* als auch *schwach giftige* Stoffe respektive die Verpackungsgruppen II und III unter dieser Gefahrnummer vereint. Trotzdem unterliegen diese Stoffe dem gleichen Tunnelbeschränkungscode D. Auch die Gefahrnummer 60 gilt für *giftige* und *schwach giftige* Stoffe und somit für Stoffe der Verpackungsgruppen II und III, aber bei diesen Stoffen treten keine Nebengefahren auf. Als Konsequenz wurden für den Tanktransport dieser Vertreter der Gefahrgutklasse 6.1 die Tunnelbeschränkungscode D bzw. E vergeben.

Bis auf die Fälle der sehr giftigen Stoffe, deren Gefahrnummern die Ziffernfolge 66 aufweisen, kann keine Korrelation zwischen Gefahrnummern und Tunnelbeschränkungscode festgestellt werden. Diese Fälle machen beim Tanktransport von Stoffen dieser Gefahrgutklasse 27 % von allen Einträgen aus.

4.3.10.2 Stückguttransport Gefahrgutklasse 6.1

Für den Stückguttransport der Stoffe der Gefahrgutklasse 6.1 sind zwei Tunnelbeschränkungscode relevant, wie Abbildung 35 zeigt. Hervorzuheben ist, dass für 89 % aller Einträge zur Gefahrgutklasse 6.1 im Stückguttransport nur die Tunnelkategorie E gesperrt ist, in allen anderen Tunnelkategorien können diese Stoffe als Fracht transportiert werden.

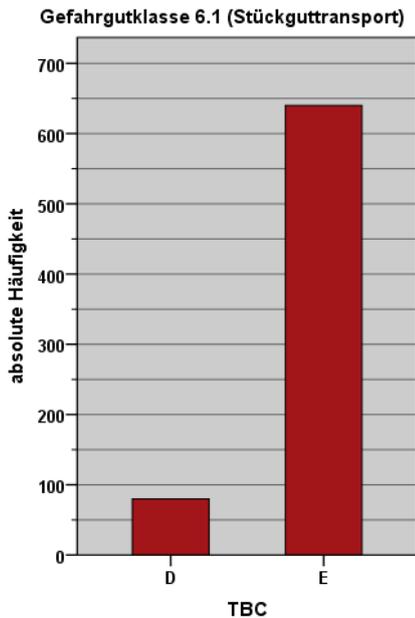


Abb. 35: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungscode in der Gefahrgutklasse 6.1 bei Stückguttransport

Die Stoffe von vier Einträgen der insgesamt neun ohne Gefahrnummer sind der Verpackungsgruppe I zugeordnet und ab Tunnelkategorie D gesperrt. Der Eintrag mit der UN-Nr. 3315 *Chemische Probe, giftig* wurde auch in die Verpackungsgruppe I eingestuft, erhielt aber den Tunnelbeschränkungscode E. Die anderen vier Einträge ohne Gefahrnummer erhielten auch den Tunnelbeschränkungscode E, wobei ein Stoff in die Verpackungsgruppe II eingestuft wurde, die anderen drei erhielten keine Einstufung in eine Verpackungsgruppe. Beim Stückguttransport von Stoffen der Klasse 6.1 sind gemäß 1.9.5.2.2 [ADR 2017] ab Tunnelkategorie D die Vertreter der Verpackungsgruppe I gesperrt, die die Klassifizierungs-codes TF1, TFC und TFW aufweisen sowie die UN-Nummer 3507¹⁹ und Eintragungen für beim Einatmen giftige Stoffe, denen in Kapitel 3.2 Tabelle A Spalte 6 die Sondervorschrift 354²⁰ zugeordnet ist, sowie Eintragungen für beim Einatmen giftige Stoffe der UN-Nummern 3381 bis 3390. Alle anderen Vertreter der Verpackungsgruppe I sind nur für Tunnelkategorie E gesperrt, wie auch die der Verpackungsgruppen II und III. Somit korrelieren beim Stückguttransport von Stoffen der Gefahrgutklasse 6.1 die Tunnelbeschränkungscode noch weniger mit den Gefahrnummern, als beim Tanktransport (siehe Tabelle 41), da Stoffe, die als *sehr giftig* bewertet sind und deshalb der Verpackungsgruppe I angehören, mit den Tunnelbeschränkungscode D oder E versehen sind.

¹⁹ Uranhexafluorid, radioaktive Stoffe, freigestelltes Versandstück mit weniger als 0,1 kg je Versandstück, nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt

²⁰ Dieser Stoff ist beim Einatmen giftig.

Tabelle 41: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 6.1 bei Stückguttransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt	
Gefahrnummer	ohne				4		9	
						5		
	60					433	433	
	63					44	44	
	64					3	3	
	65					3	3	
	66					11		108
							97	
	68					18	18	
	69					2	2	
	623					4		6
							2	
	638					5	5	
	639					1		2
							1	
	642					3	3	
	663					45		60
							15	
	664					2	2	
	665					3		5
							2	
	668					8		13
							5	
669					1	1		
X668					3		3	
Gesamt					80	640	720	

4.3.11 Gefahrgutklasse 6.2

Die Gefahrgutklasse 6.2 umfasst ansteckungsgefährliche Stoffe. Gemäß Begriffsbestimmung des [ADR 2017] sind dies Stoffe, von denen bekannt oder anzunehmen ist, dass sie Krankheitserreger enthalten. Krankheitserreger sind definiert als Mikroorganismen (einschließlich Bakterien, Viren, Rickettsien²¹, Parasiten und Pilze) und andere Erreger wie

²¹ Organismen, die sich in vielen Zecken, Flöhen, Läusen und Milben als Überträger befinden

Prionen²², die bei Menschen oder Tieren Krankheiten hervorrufen können. Die Stoffe dieser Klasse sind wie folgt unterteilt [ADR 2017]:

- I1 Ansteckungsgefährliche Stoffe, gefährlich für Menschen
- I2 Ansteckungsgefährliche Stoffe, gefährlich nur für Tiere
- I3 Klinische Abfälle
- I4 Biologische Abfälle

Weiterhin werden ansteckungsgefährliche Stoffe in zwei Kategorien unterteilt [ADR 2017].

Kategorie A: Ansteckungsgefährlicher Stoff, der in einer solchen Form befördert wird, dass er bei einer Exposition bei sonst gesunden Menschen oder Tieren eine dauerhafte Behinderung oder eine lebensbedrohende oder tödliche Krankheit hervorrufen kann.

Ansteckungsgefährliche Stoffe, die diese Kriterien erfüllen und die beim Menschen oder sowohl beim Menschen als auch bei Tieren eine Krankheit hervorrufen können, sind der UN-Nummer 2814 zugeordnet. Solche, die nur bei Tieren eine Krankheit hervorrufen können, zählen zur UN-Nummer 2900.

Kategorie B: Ansteckungsgefährlicher Stoff, der den Kriterien für eine Aufnahme in Kategorie A nicht entspricht. Diese Stoffe sind der UN-Nummer 3373 zugeordnet.

In der Gefahrgutklasse 6.2 gibt es insgesamt nur vier UN-Nummern. Mit 10 Einträgen ist diese Klasse die kleinste in der Tabelle A des ADR 2017. Die klinischen Abfälle sind unter der UN-Nummer 3291 zu finden und umfassen zwei Einträge. Obwohl für die Stoffe der Klasse 6.2 keine Zuordnung zu Verpackungsgruppen vorgesehen ist, sind die Stoffe dieser UN-Nummer in der Tabelle A der Verpackungsgruppe II zugeordnet. Das bedeutet, dass es sich um Stoffe mit mittlerer Gefahr handelt. Es gilt hier die allgemeine Definition der Verpackungsgruppen, da es keine gefahrklassenspezifische gibt.

Die Beschreibung der gefährlichen Eigenschaften dieser Stoffe und Güter erfolgt mit nur einer Gefahrnummer (Tabelle 42).

Tabelle 42: Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 6.2 der Tabelle A

Nr.	Eigenschaften
606	ansteckungsgefährlicher Stoff

Aus Abbildung 36 ist die absolute Häufigkeit des Auftretens der Gefahrnummer im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 6.2 ohne Gefahrnummer ersichtlich. Der Anteil, für den der Tanktransport nicht zulässig bzw. nicht möglich ist, liegt in der Klasse 6.2 bei 50 %.

²² Proteine, die in tierischen Organismen sowohl in normalen als auch in gesundheitsschädigenden Strukturen vorliegen können

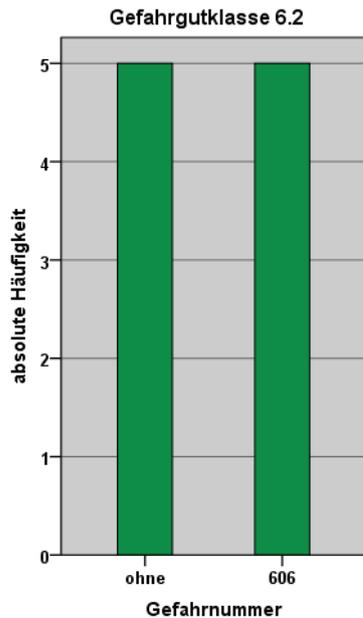


Abb. 36: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrnummer in der Gefahrgutklasse 6.2

4.3.11.1 Tank- und Stückguttransport Gefahrgutklasse 6.2

In dieser Gefahrgutklasse gibt es hinsichtlich der Beschränkung befahrbarer Tunnelkategorien keine Differenzierung zwischen Tank- und Stückguttransport. Deshalb erfolgte die Auswertung unabhängig von der Transportart. Abbildung 37 zeigt die absolute Häufigkeit der vergebenen Tunnelbeschränkungscode.

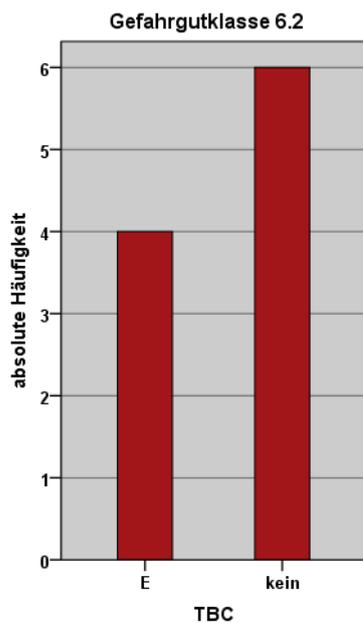


Abb. 37: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungscode in der Gefahrgutklasse 6.2

Von den insgesamt 10 Einträgen dieser Klasse sind fünf mit einer Gefahrunummer versehen und damit für den Tanktransport zugelassen. Vier von diesen können ebenfalls als Schüttgut transportiert werden. In vier Fällen ist der Transport durch Tunnel der Kategorie E untersagt. Das betrifft zwei Einträge der UN-Nummer 2814 sowie zwei Einträge der UN-Nummer 2900. Für jede dieser UN-Nummern ist jeweils einmal sowohl der Tank- als auch Stückguttransport von der Beschränkung betroffen. Für die restlichen Einträge erfolgte keine Beschränkung, unter ihnen befinden sich auch die, die der Verpackungsgruppe II zugeordnet wurden. Die Auswertung mittels Kreuztabelle 43 sieht wie folgt aus:

Tabelle 43: Gefahrunummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 6.2

TBC		A	B	C	D	E	kein	Gesamt
Gefahrunummer	ohne					2	3	5
	606					2	3	
Gesamt						4	6	10

Eine Korrelation zwischen Gefahrunummer und Tunnelbeschränkungscode lässt sich nicht ableiten.

4.3.12 Gefahrgutklasse 7

Die Gefahrgutklasse 7 beinhaltet *Radioaktive Stoffe*. Das sind Stoffe, die Radionuklide enthalten, bei denen sowohl die Aktivitätskonzentration als auch die Gesamtaktivität je Sendung die in den Absätzen 2.2.7.2.2.1 bis 2.2.7.2.2.6 des [ADR 2017] aufgeführten Werte übersteigt. Radioaktive Stoffe werden entsprechend ihrer Eigenschaften wie folgt klassifiziert und den UN-Nummern mit ebenso betitelten Einträgen zugeordnet [ADR 2017]:

- freigestellte Versandstücke
- radioaktive Stoffe mit geringer spezifischer Aktivität (LSA)
 - drei Gruppen: LSA I
 - LSA II
 - LSA III
- oberflächenkontaminierte Gegenstände (SCO)
 - zwei Gruppen: SCO I
 - SCO II
- Typ A-Versandstücke
- Typ B(U)-Versandstücke

- Typ B(M)-Versandstücke
- Typ C-Versandstücke
- Beförderung unter Sondervereinbarung
- Uranhexafluorid

Weiterhin ist die besondere Form der radioaktiven Stoffe von Belang, ob es sich um gering dispergierbare radioaktive Stoffe handelt oder um spaltbare Stoffe. Verpackungsgruppen sind für die Klasse 7 nicht definiert. Zur Beschreibung der gefährlichen Eigenschaften kommen die in der Tabelle 44 aufgeführten Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr zur Anwendung.

Tabelle 44: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 7 der Tabelle A

Nr.	Eigenschaften
70	radioaktiver Stoff
768	radioaktiver Stoff, giftig, ätzend

Obwohl das ADR 2017 in Abschnitt 5.3.2.3.2 noch eine weitere Gefahrennummer vorsieht (78 *radioaktiver Stoff, ätzend*), findet diese in der Tabelle A keine Verwendung. Aus Abbildung 38 ist die absolute Häufigkeit des Auftretens der Gefahrennummern im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 7 ohne Gefahrennummer ersichtlich. Der Anteil, für den der Tanktransport nicht zulässig bzw. nicht möglich ist, liegt in der Klasse 7 bei 84 %, obwohl der überwiegende Anteil der Einträge mit Gefahrennummern versehen wurde.

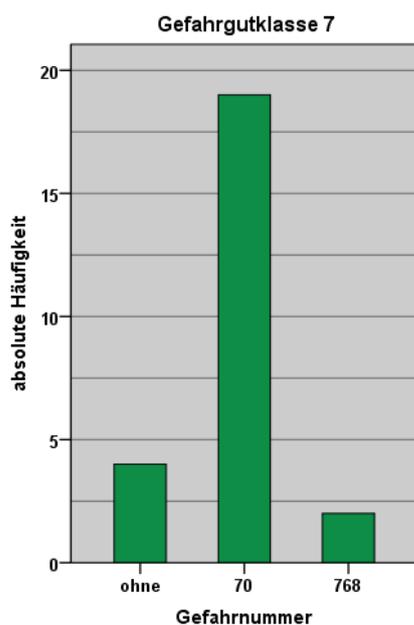


Abb. 38: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrennummer in der Gefahrgutklasse 7

Die Klasse 7 umfasst 25 Einträge in der Tabelle A des ADR 2017, von denen bei vier keine Gefahrnummer eingetragen ist²³, was gleichbedeutend mit untersagtem Tank- bzw. Schüttguttransport ist. Bei dieser Gefahrstoffklasse ist es aber so, dass von den restlichen 21 Einträgen mit Gefahrnummer trotzdem nur für vier der Tank- bzw. Schüttguttransport zulässig ist, da nur diese entsprechende Einträge in den Spalten 10, 12 oder 17 der Tabelle A des ADR 2017 haben. Diese Klasse bietet, im Gegensatz zu den anderen Klassen, Beispiele dafür, dass Stoffe und Gegenstände in den Einträgen Gefahrnummern aufweisen können, obwohl kein Tanktransport zulässig ist. Für beide Transportarten sind die gleichen Tunnelbeschränkungs_codes vergeben worden, weshalb die Untersuchung auf Korrelation zwischen Gefahrnummern und Tunnelbeschränkungs_codes nicht getrennt nach Transportart vorgenommen wurde. Die Häufigkeit der vergebenen Tunnelbeschränkungs_codes zeigt die Abbildung 39.

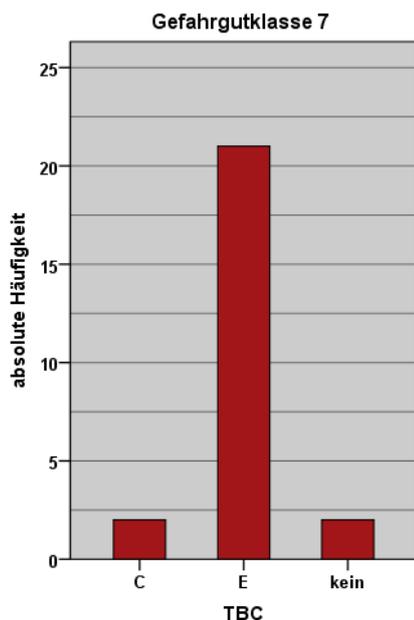


Abb. 39: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs_codes in der Gefahrgutklasse 7

Es ist anzumerken, dass die in der Tabelle 2.2.7.2.1.1 [ADR 2017] als zur Klasse 7 zugehörig aufgeführte UN-Nummer 3507 *Uranhexafluorid, radioaktive Stoffe, freigestelltes Versandstück mit weniger als 0,1 kg je Versandstück, nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt*, in der Tabelle A des [ADR 2017] tatsächlich der Gefahrgutklasse 6.1 zugeordnet ist. Uranhexafluorid ist ein farbloser, kristalliner Feststoff, der leicht flüchtig, radioaktiv und äußerst giftig ist. Dieser Stoff ist sehr aggressiv und greift nahezu jeden Stoff und auch jedes biologische Gewebe an. In trockener Luft ist er beständig, reagiert jedoch sehr heftig mit Wasser. In der Gefahrgutklasse 6.1 ist dieser Stoff nicht für den Tanktransport zugelassen

²³ In der Tabelle A des RID 2017 ist für die vier Einträge jeweils die Gefahrnummer 70 vergeben. Es handelt sich hierbei um freigestellte Versandstücke.

und hat demzufolge keine Gefahrnummer. In der Tabelle A des RID 2017 wurde der Stoff mit der Gefahrnummer 687 *giftiger Stoff, ätzend, radioaktiv* bewertet, eine Gefahrnummer, die in der Fassung des RID für 2017 neu hinzugekommen ist. Für die Klasse 7 ist der Eintrag somit nicht relevant.

Für die Beförderung der Stoffe und Gegenstände der Klasse 7 durch Tunnel sind in 1.9.5.2.2 [ADR 2017] Beschränkungen für die UN-Nummern 2977 und 2978 ab Tunnelkategorie C festgelegt, ansonsten gilt die Beschränkung für die Tunnelkategorie E. Für gefährliche Güter, die den UN-Nummern 2919 und 3331 zugeordnet sind, können Beschränkungen für die Durchfahrt durch Tunnel Teil der von der (den) zuständigen Behörde(n) auf der Grundlage des Unterabschnitts 1.7.4.2 [ADR 2017] genehmigten Sondervereinbarungen sein. In der Tabelle A wurden für diese UN-Nummern keine Tunnelbeschränkungscode vergeben.

Die Analyse der Korrelation zwischen Tunnelbeschränkungscode und Gefahrnummer ergab das in Tabelle 45 gezeigte Ergebnis.

Tabelle 45: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 7

TBC		A	B	C	D	E	kein	Gesamt
Gefahrnummer	ohne					4		4
	70					17		19
	768			2			2	2
Gesamt				2		21	2	25

Stoffe und Gegenstände aus vier Einträgen dürfen im Tank bzw. Schüttgutcontainer befördert werden. Für diese Art der Beförderung sind sie für die Tunnelkategorie E nicht zugelassen. Ihre gefährlichen Eigenschaften wurden mit der Gefahrnummer 70 bewertet, wie fast alle Vertreter dieser Klasse. Es handelt sich um die UN-Nummern 2913 *radioaktive Stoffe mit geringer spezifischer Aktivität (LSA-I), nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt*, 2913 *radioaktive Stoffe, oberflächenkontaminierte Gegenstände (SCO-I oder SCO-II), nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt*, 3321 *radioaktive Stoffe mit geringer spezifischer Aktivität (LSA-II), nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt* und 3322 *radioaktive Stoffe mit geringer spezifischer Aktivität (LSA-III), nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt*. Die Korrelation zwischen Gefahrnummer und Tunnelbeschränkungscode ist nicht hundertprozentig, da für zwei Einträge (siehe oben) kein Tunnelbeschränkungscode vergeben ist. Ab Tunnelkategorie C sind Stoffe mit den UN-Nummern 2977 *radioaktive Stoffe, Uranhexafluorid, spaltbar* und 2978 *radioaktive Stoffe, Uranhexafluorid, nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt*, beschränkt. Die Gefahren, die von Uranhexafluorid ausgehen können, wurden zuvor bereits

beschrieben. Es erfolgte eine entsprechende Bewertung mit der Gefahrunummer 768. Insgesamt kann eine gute Korrelation zwischen Gefahrunummer und Tunnelbeschränkungscode festgestellt werden.

4.3.13 Gefahrgutklasse 8

Die Klasse 8 *Ätzende Stoffe* umfasst solche Stoffe sowie Gegenstände mit Stoffen dieser Klasse, die durch chemische Einwirkung die Epithelgewebe der Haut oder der Schleimhäute, mit denen sie in Berührung kommen, angreifen oder die beim Freiwerden Schäden an anderen Gütern oder Transportmitteln verursachen oder sie zerstören können. Hierunter fallen auch Stoffe, die erst in Kontakt mit Wasser ätzende flüssige Stoffe oder mit der in der Luft vorhandenen Feuchtigkeit ätzende Dämpfe oder Nebel bilden. Auch in dieser Klasse sind die Stoffe mittels Klassifizierungs-codes unterteilt [ADR 2017]:

- C ätzende Stoffe ohne Nebengefahr und Gegenstände, die solche Stoffe enthalten
 - C1-C4 Stoffe sauren Charakters
 - C1 anorganische flüssige Stoffe
 - C2 anorganische feste Stoffe
 - C3 organische flüssige Stoffe
 - C4 organische feste Stoffe
 - C5-C8 Stoffe basischen Charakters
 - C5 anorganische flüssige Stoffe
 - C6 anorganische feste Stoffe
 - C7 organische flüssige Stoffe
 - C8 organische feste Stoffe
 - C11 Gegenstände
- CF ätzende entzündbare Stoffe
 - CF1 flüssige Stoffe
 - CF2 feste Stoffe
- CS ätzende selbsterhitzungsfähige Stoffe
 - CS1 flüssige Stoffe
 - CS2 feste Stoffe
- CW ätzende Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln
 - CW1 flüssige Stoffe
 - CW2 feste Stoffe
- CO ätzende entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe
 - CO1 flüssige Stoffe
 - CO2 feste Stoffe
- CT ätzende giftige Stoffe und Gegenstände, die solche Stoffe enthalten

- CT1 flüssige Stoffe
 CT2 feste Stoffe
 CT3 Gegenstände
 CFT ätzende entzündbare giftige flüssige Stoffe
 COT ätzende entzündend (oxidierend) wirkende giftige Stoffe

Entsprechend des in einer bestimmten Zeit zu beobachtenden Schadens an der Haut oder des kontaktierten Materials nach einer bestimmten Einwirkzeit des Stoffes wird der Grad der Gefährlichkeit des Stoffes, den er bei der Beförderung darstellt, mit der Zuordnung zu einer Verpackungsgruppe bewertet (Tabelle 46).

Tabelle 46: Kriterien und Zuordnung zu Verpackungsgruppen

Verpackungsgruppe	Giftigkeitsgrad	Einwirkzeit	Beobachtungszeitraum	Auswirkungen
I	stark ätzende Stoffe	≤ 3 min	≤ 60 min	Zerstörung des unverletzten Hautgewebes in seiner gesamten Dicke
II	ätzende Stoffe	> 3 min ≤ 1 h	≤ 14 Tage	Zerstörung des unverletzten Hautgewebes in seiner gesamten Dicke
III	schwach ätzende Stoffe	> 1 h ≤ 4 h	≤ 14 Tage	Zerstörung des unverletzten Hautgewebes in seiner gesamten Dicke
III	schwach ätzende Stoffe	-	-	Korrosionsrate auf Stahl- oder Aluminiumoberflächen, die bei einer Prüftemperatur von 55°C den Wert von 6,25 mm pro Jahr überschreiten, wenn sie an beiden Werkstoffen geprüft werden

Bei sechs Stoffen und Gütern dieser Klasse erfolgte keine Zuordnung zu einer Verpackungsgruppe. Das betrifft Einträge zu Gegenständen wie Batterien und Brennstoffzellen sowie solche, die Quecksilber enthalten (UN-Nummer 3506), wobei vier davon mit der Gefahrnummer 80 bewertet sind. Zwei Einträge zu Gegenständen sind in die Verpackungsgruppe II eingestuft, bekamen aber keine Gefahrnummer (Feuerlöscherladungen, Raubbomben/ Nebelbomben). Zur Charakterisierung der gefährlichen Eigenschaften der Stoffe und Gegenstände der Klasse 8 werden die in Tabelle 47 aufgeführten Gefahrnummern verwendet. Es treten viele Gefahrnummern mit geringer Häufigkeit auf. Abbildung 40 zeigt die absolute Häufigkeit der Gefahrnummern im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen ohne Gefahrnummer. Der Anteil, für den der Tanktransport nicht zulässig bzw. nicht möglich ist, liegt in der Klasse 8 bei 1,4 %.

Tabelle 47: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 8 der Tabelle A

Nr.	Eigenschaften
X80	ätzender oder schwach ätzender Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert ²⁴
X83	ätzender oder schwach ätzender Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C), der mit Wasser gefährlich reagiert ²⁴
X839	ätzender oder schwach ätzender Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C), der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann und der mit Wasser gefährlich reagiert ²⁴
X88	stark ätzender Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert ²⁴
X886	stark ätzender Stoff, giftig, der mit Wasser gefährlich reagiert ²⁴
80	ätzender oder schwach ätzender Stoff
823	ätzender flüssiger Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
83	ätzender oder schwach ätzender Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C)
839	ätzender oder schwach ätzender Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C), der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann
84	ätzender fester Stoff, entzündbar oder selbsterhitzungsfähig
842	ätzender fester Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
85	ätzender oder schwach ätzender Stoff, oxidierend (brandfördernd)
856	ätzender oder schwach ätzender Stoff, oxidierend (brandfördernd) und giftig
86	ätzender oder schwach ätzender Stoff, giftig
88	stark ätzender Stoff
883	stark ätzender Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23°C bis einschließlich 60°C)
884	stark ätzender fester Stoff, entzündbar oder selbsterhitzungsfähig
885	stark ätzender Stoff, oxidierend (brandfördernd)
886	stark ätzender Stoff, giftig
89	ätzender oder schwach ätzender Stoff, der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann

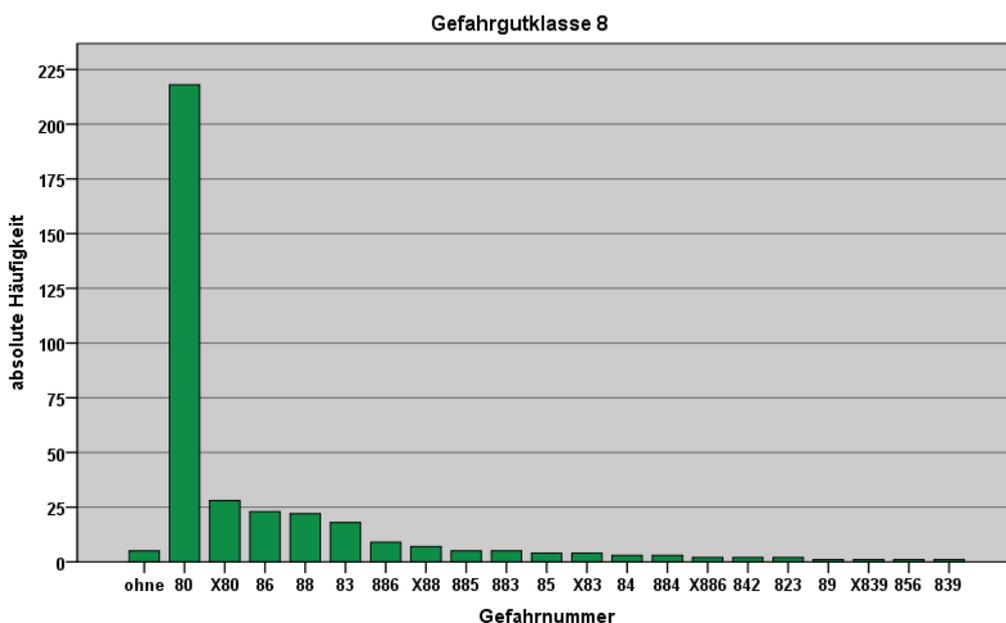


Abb. 40: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrnummer in der Gefahrgutklasse 8

²⁴ Wasser darf nur im Einverständnis mit Sachverständigen verwendet werden.

Die Gefahrgutklasse 8 umfasst 367 Einträge zu Stoffen und Gegenständen, von denen zwei nicht den Bestimmungen des ADR unterliegen und für einen ist die Beförderung verboten. So verbleiben 364 Einträge, die in dieser Untersuchung auswertbar sind. Anzumerken ist, dass die gefährliche Eigenschaft der Ätzwirkung allein weder bei OECD/PIARC noch bei [Baltzer et al. 2009] ein Argument zur Verursachung einer Anzahl von Personenopfern oder Schäden an der Tunnelstruktur ist. Die zur Beschränkung der Tunnelbefahrung führenden Szenarios sind bei beiden Quellen auf die in Kapitel 3.4 genannten drei Hauptwirkungen aus Gefahrgutereignissen abgestellt. Stoffe und Gegenstände der Gefahrgutklasse 8 haben einen Anteil am Gesamttransportaufkommen der Gefahrgüter von 10 % und stehen damit im Vergleich an dritter Stelle (siehe Abbildung 2 und Tabelle 2).

4.3.13.1 Gefahrgutklasse 8 Tanktransport

Da fünf von den 364 Einträgen keine Gefahrnummer enthalten, verbleiben Stoffe und Güter aus 359 Einträgen, die für den Tank- bzw. Schüttguttransport zugelassen sind. Die absolute Häufigkeit der für diese geltenden Tunnelbeschränkungscode zeigt Abbildung 41. Hier überwiegt mit großem Anteil die Beschränkung für die Tunnelkategorie E.

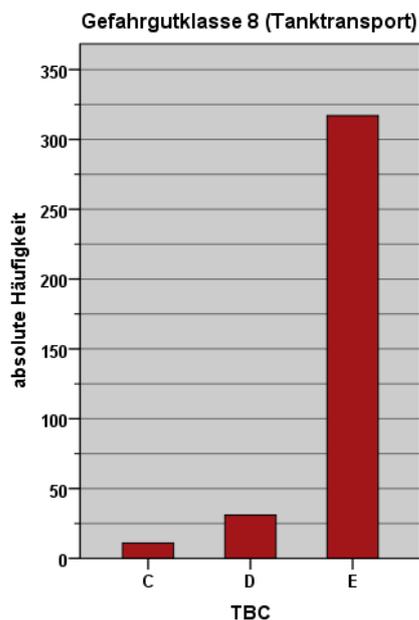


Abb. 41: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungscode in der Gefahrgutklasse 8 bei Tanktransport

Für den Tanktransport sieht das ADR 2017 in 1.9.5.2.2 eine Beschränkung der Stoffe der Verpackungsgruppe I mit den Klassifizierungscodes CT1, CFT und COT ab Tunnelkategorie C sowie der Verpackungsgruppe I mit den Klassifizierungscodes CF1, CFT und CW1 und

Verpackungsgruppe II mit den Klassifizierungscodes CF1 und CFT ab Tunnelkategorie D vor. Wie gut die Gefahrnummern mit den Tunnelbeschränkungs-codes korrelieren, wird mittels Kreuztabelle 48 untersucht.

Tabelle 48: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 8 bei Tanktransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt	
Gefahrnummer	80					218	218	
	83				18		18	
	84					3	3	
	85					4	4	
	86					1		
							22	23
	88					22	22	
	89					1	1	
	X80					28	28	
	X83					4	4	
	X88						7	7
	823					1		
							1	2
	839					1	1	
	842						2	2
	856				1			1
	883					5		5
	884						3	3
	885						5	5
	886				8			
						1	9	
X839					1	1		
X886				2			2	
Gesamt				11	31	317	359	

Wie Tabelle 48 zeigt, unterliegen Stoffe und Gegenstände, deren Ätzwirkung mittels Gefahrnummer als stark bewertet wird und diese deshalb der Verpackungsgruppe I zugeordnet sind, trotzdem unterschiedlichen Tunnelbeschränkungs-codes. Das betrifft die Stoffe und Gegenstände, deren Gefahrnummern eine doppelte Acht im Zahlencode enthalten. Stark ätzende Stoffe und Gegenstände (88) sind nur für die Tunnelkategorie E beschränkt. Wenn eine weitere gefährliche Eigenschaft, wie oxidierend (brandfördernd) zu sein (885) oder entzündbar oder selbsterhitzungsfähig (884), hinzukommt, gilt die Beschränkung ebenfalls ab Tunnelkategorie E. Es handelt sich bei letztgenannter Gefahrnummer um feste Stoffe, deren Ausbreitung sehr eingeschränkt ist. Aber auch wenn diese Stoffe und Gegenstände gefährlich mit Wasser reagieren (X88), folgt daraus nur eine

Beschränkung für die Tunnelkategorie E, genau wie bei den ätzenden oder schwach ätzenden Stoffen, die gefährlich mit Wasser reagieren (X80) und der Verpackungsgruppe II zugeordnet sind. Tritt zur starken Ätzwirkung und der Eigenschaft, gefährlich mit Wasser zu reagieren, noch Giftigkeit dazu (X886), erfolgt eine Beschränkung ab Tunnelkategorie C. Die Eigenschaft, gefährlich mit Wasser zu reagieren, scheint in dieser Klasse gar keinen Einfluss auf den Tunnelbeschränkungscode zu haben. Unter diesen Stoffen treten Beschränkungs-codes von C bis E auf, was im Umkehrschluss bedeutet, dass Stoffe und Gegenstände mit dieser Eigenschaft in Tunneln der Kategorien A bis D im Tank bzw. Schüttgutcontainer transportiert werden dürfen. Zur Verpackungsgruppe I zählen weitere Stoffe und Güter, deren gefährliche Eigenschaften mit den Gefahrunnummern 823, 842 und 856 beschrieben werden. Bei diesen bewegt sich die Ätzwirkung im mittleren bzw. schwachen Bereich. Die weiteren gefährlichen Eigenschaften bedingen zwar die Zuordnung zur Verpackungsgruppe I, aber es wurden unterschiedliche Tunnelbeschränkungs-codes vergeben. Die Tatsache, dass ein Stoff giftig ist, ausgedrückt durch die Ziffer 6 im Zahlencode der Gefahrunummer, korreliert auch nicht mit dem Tunnelbeschränkungscode, wie Tabelle 48 zeigt. Es können bei dieser Stoffeigenschaft Beschränkungen für Tunnel von C bis E auftreten.

Lediglich bei den Stoffen und Gegenständen, die neben der Ätzwirkung die Eigenschaft aufweisen, entzündbar zu sein, ausgedrückt durch die Ziffer 3 im Zahlencode der Gefahrunummer, ist eine Korrelation mit dem Tunnelbeschränkungscode D feststellbar. Die Korrelation gilt aber nicht uneingeschränkt, denn für die Gefahrunummer 823 (23 steht für die Eigenschaft bei Kontakt mit Wasser entzündbare Gase zu bilden) gelten die Tunnelbeschränkungs-codes D und E. Das Ergebnis belegt die zuvor getroffene Aussage, dass die Stärke der Ätzwirkung nicht die Beschränkung auf bestimmte Tunnelkategorien bewirkt und diesbezüglich auch keine Korrelation zwischen Gefahrunummern und Tunnelbeschränkungs-codes besteht.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Charakterisierung der gefährlichen Eigenschaften mittels Gefahrunummer nicht allumfassend ist. Das Nichtvorhandensein bestimmter Ziffern in deren Zahlencode führt nicht zum Ausschluss bestimmter Eigenschaften, wie die folgenden Beispiele belegen sollen. Chlorsulfonsäure (UN-Nummer 1754) und Fluorsulfonsäure (UN-Nummer 1777) wurden in der Tabelle A des ADR 2017 als ätzende anorganische flüssige Stoffe ohne Nebengefahr klassifiziert (C1) und wegen ihrer starken Ätzwirkung der Verpackungsgruppe I zugeordnet. Der Tanktransport beider Stoffe ist für die Tunnelkategorie E untersagt. Die Gefahrunummern X88 bzw. 88 weisen auf die stark ätzende Wirkung hin, im Fall der Chlorsulfonsäure auch auf die Eigenschaft, gefährlich mit Wasser zu reagieren. Die Stoffdatenbank [GESTIS 2017]

verweist in diesem Zusammenhang auf Explosionsgefahr. Diese besteht, wenn Chlorsulfonsäure in Kontakt mit Wasser kommt, durch Bildung von Wasserstoff. Bei Kontakt mit den meisten Metallen erfolgt ebenfalls die Bildung von explosionsfähigem Wasserstoff. Chlorsulfonsäure zersetzt organisches Material. Jeglicher Kontakt ist daher zu vermeiden. Bei der Reaktion mit Wasser (explosionsartig) zersetzt sich die Chlorsulfonsäure zu Schwefelsäure und Salzsäure. Beide bilden dabei einen Nebel, der äußerst aggressiv die Haut, Augen und bei Einatmung die Atmungsorgane reizt und angreift, so dass die Wirkungen von schweren Verätzungen, Erblindung bis hin zum tödlich verlaufenden Lungenödem reichen. Bei thermischer Belastung erfolgt Zersetzung in Chlorwasserstoff und Schwefeltrioxid. Bei Einbeziehung in einen Brand werden ebenfalls Chlorwasserstoff und Schwefeloxide freigesetzt. Wasser sollte nicht zur Anwendung kommen. Ähnliches gilt für Fluorsulfonsäure. Bei der heftigen Reaktion mit Wasser werden Schwefelsäure und sehr giftiger Fluorwasserstoff gebildet, bei Kontakt mit Metallen erfolgt Freisetzung von explosionsfähigem Wasserstoff, wie aus dem Sicherheitsdatenblatt von [Lanxess 2017] und der Datenbank [GESTIS 2017] zu erfahren ist. Auch hier ist der Einsatz von Wasser und Schaum nicht geeignet. Nitrosylschwefelsäure (UN-Nummer 3456) wurde in der Tabelle A des ADR 2017 als ätzender anorganischer fester Stoff ohne Nebengefahr klassifiziert (C2) und der Verpackungsgruppe II zugeordnet. Dieser Stoff wurde mit der Gefahrunummer X80 charakterisiert. Im Vergleich zu den zuvor dargestellten Stoffen, kennzeichnet das eine schwächere Ätzwirkung, wobei ebenfalls auf eine gefährliche Reaktivität mit Wasser hingewiesen wird. Der Tanktransport ist ebenfalls für die Tunnelkategorie E untersagt. Was aus der Klassifizierung und der Gefahrunummer nicht herzuleiten ist, liefern die Informationen aus der Stoffdatenbank [GESTIS 2017] und das Sicherheitsdatenblatt von [MERCK 2017]. Nitrosylschwefelsäure ist ein brandfördernder (oxidierender) Stoff. Bei Kontakt mit Wasser/ Luftfeuchtigkeit erfolgt Zersetzung und Bildung giftiger Gase (nitrose Gase und Schwefeloxide) und Säure. Der Stoff kann weiterhin gefährlich mit brennbaren Stoffen, organischen Stoffen, bei Hitze und mit feuchten Metallen reagieren, mit letzterem wird explosionsfähiger Wasserstoff freigesetzt. Im Brandfall können Stickoxide, Schwefeloxide und hochgiftiger Schwefelwasserstoff gebildet werden. Wasser und Schaum sollten nicht zur Anwendung kommen. Die toxikologische Wirkung ist die gleiche, wie bei Chlor- bzw. Fluorsulfonsäure.

4.3.13.2 Gefahrgutklasse 8 Stückguttransport

Für den Stückguttransport dieser Gefahrgutklasse sind Stoffe und Güter aus 364 Einträgen in der Tabelle A des ADR 2017 zugelassen. Wie aus Abbildung 42 ersichtlich ist, gibt es bei der überwiegenden Mehrheit der Stoffe und Güter dieser Klasse beim Stückguttransport nur

eine Beschränkung für die Tunnelkategorie E. Lediglich für 11 Einträge wurde der Transport auch für die Kategorie D beschränkt.

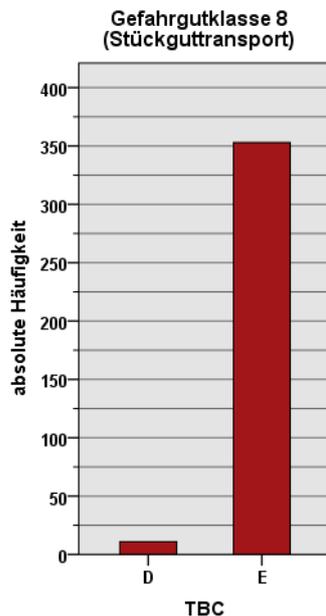


Abb. 42: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs-codes in der Gefahrgutklasse 8 bei Stückguttransport

Zur Untersuchung der Korrelation der Gefahrnummern und der Tunnelbeschränkungs-codes wurde die Kreuztabelle 49 erzeugt. Für den Stückguttransport der Stoffe und Güter der Gefahrgutklasse 8 gilt gemäß 1.9.5.2.2 [ADR 2017] eine Beschränkung für die Verpackungsgruppe I mit den Klassifizierungscodes CT1 (flüssige Stoffe), CFT und COT für das Befahren ab der Tunnelkategorie D. Wie bereits beim Tanktransport steht hier die Nebengefahr durch Giftigkeit vor allem flüssiger Stoffe im Vordergrund. Das betrifft 3 % aller Einträge dieser Gefahrgutklasse. Unter der Maßgabe, dass die Beförderung aller gefährlicher Güter (mit Ausnahme derer, für die in Tabelle A in der Spalte 15 „(-)“ angegeben ist) in Tunneln der Kategorie E untersagt ist, unterliegen die Stoffe und Güter der Klasse 8 im Stückguttransport somit nur wenigen Beschränkungen. Die Korrelation zwischen Gefahrnummern und Tunnelbeschränkungs-codes beschränkt sich hier auf den Aspekt der Giftigkeit bei starker Ätzwirkung (Gefahrnummern 886 und X886) sowie der Giftigkeit bei gleichzeitig oxidierender (brandfördernder) Wirkung (Gefahrnummer 856). Die Korrelation beträgt aber nicht 100 %, da für einen Eintrag mit der Gefahrnummer 886 nur die Beschränkung für Tunnelkategorie E gilt. Unter den Einträgen, die keine Gefahrnummer aufweisen, steht mit der UN-Nummer 2029 das Gefahrgut Hydrazin wasserfrei, welches in die Verpackungsgruppe I eingestuft ist und unter den Klassifizierungscodes CFT fällt. Dieses müsste gemäß der Festlegungen in 1.9.5.2.2 [ADR 2017] im Stückguttransport ab Tunnelkategorie D gesperrt sein, hat aber nur eine Beschränkung für die Tunnel der Kategorie E.

Tabelle 49: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 8 bei Stückguttransport

TBC		A	B	C	D	E	Gesamt
Gefahrnummer	ohne					5	5
	80					218	218
	83					18	18
	84					3	3
	85					4	4
	86					23	23
	88					22	22
	89					1	1
	X80					28	28
	X83					4	4
	X88					7	7
	823					2	2
	839					1	1
	842					2	2
	856				1		1
	883					5	5
	884					3	3
	885					5	5
	886				8		
						1	9
X839					1	1	
X886				2		2	
Gesamt					11	353	364

4.3.14 Gefahrgutklasse 9

Die Gefahrgutklasse 9 umfasst verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände, die während der Beförderung eine Gefahr darstellen, aber nicht unter die Begriffe anderer Klassen fallen. Die Stoffe und Gegenstände der Klasse 9 sind wie folgt unterteilt:

- M1 Stoffe, die beim Einatmen als Feinstaub die Gesundheit gefährden können
- M2 Stoffe und Gegenstände, die im Brandfall Dioxine bilden können
- M3 Stoffe, die entzündbare Dämpfe abgeben
- M4 Lithiumbatterien
- M5 Rettungsmittel
- M6 –M8 umweltgefährdende Stoffe
 - M6 wasserverunreinigende flüssige Stoffe
 - M7 wasserverunreinigende feste Stoffe
 - M8 genetisch veränderte Mikroorganismen und Organismen

M9 – M10 erwärmte Stoffe

M9 flüssige Stoffe

M10 feste Stoffe

M11 andere Stoffe und Gegenstände, die während der Beförderung eine Gefahr darstellen und nicht unter die Definition einer anderen Klasse fallen

Im [ADR 2017] sind die Stoffe und Gegenstände, welche die einzelnen Gruppen bilden, näher erläutert. So beinhaltet beispielsweise die Gruppe M1 Asbest und asbesthaltige Gemische, die Gruppe M3 umfasst Polymere, die entzündbare flüssige Stoffe mit einem Flammpunkt bis 55°C enthalten.

Die Zuordnung der Stoffe und Gegenstände der Klasse 9 zu Verpackungsgruppen erfolgt auf der Grundlage des von ihnen ausgehenden Gefahrengrades gemäß der in Tabelle 50 dargestellten Kriterien. Die Verpackungsgruppe I ist für diese Gefahrgutklasse nicht definiert.

Tabelle 50: Kriterien der Klasse 9 für die Zuordnung zu Verpackungsgruppen

Verpackungsgruppe	Gefahrengrad
II	Stoffe mit mittlerer Gefahr
III	Stoffe mit geringer Gefahr

Für die Beschreibung der gefährlichen Eigenschaften der Stoffe und Gegenstände der Klasse 9 werden die in Tabelle 51 aufgeführten Gefahrunummern verwendet.

Tabelle 51: Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr in der Gefahrgutklasse 9 der Tabelle A

Nr.	Eigenschaften
90	umweltgefährdender Stoff; verschiedene gefährliche Stoffe
99	verschiedene gefährliche erwärmte Stoffe

Aus Abbildung 43 ist die absolute Häufigkeit des Auftretens der Gefahrunummern im Vergleich zur Häufigkeit des Auftretens von Einträgen zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 9 ohne Gefahrunummer ersichtlich. Der Anteil, für den der Tanktransport nicht zulässig bzw. nicht möglich ist, liegt in der Klasse 9 bei 47 %.

Zur Gefahrgutklasse 9 beinhaltet die Tabelle A des ADR 2017 44 Einträge, von denen acht nicht den Bestimmungen des ADR unterliegen, so verbleiben 36 auswertbare Einträge.

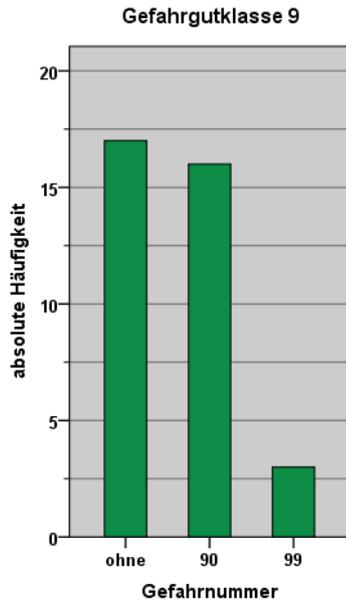


Abb. 43: Absolute Häufigkeit des Auftretens der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr im Vergleich zu Einträgen ohne Gefahrnummer in der Gefahrgutklasse 9

4.3.14.1 Gefahrgutklasse 9 Tanktransport

Für den Tank- bzw. Schüttguttransport sind Stoffe und Gegenstände aus 19 Einträgen zugelassen. Die Mehrzahl derer unterliegt einer Beschränkung für das Befahren von Tunnel der Kategorie D bzw. E. Für zwei Fälle ist der Tanktransport völlig uneingeschränkt erlaubt (Abbildung 44).

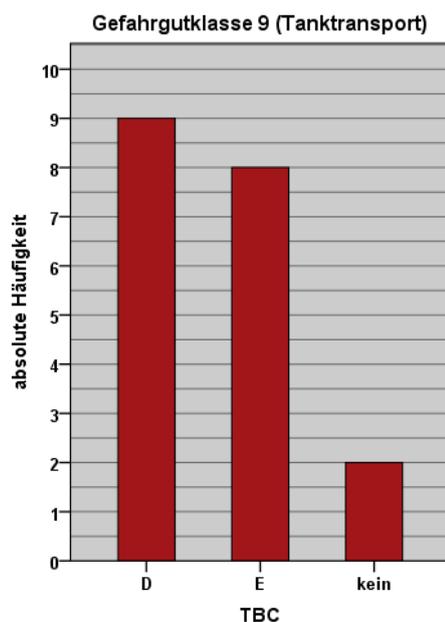


Abb. 44: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs_codes in der Gefahrgutklasse 9 bei Tanktransport

Die Korrelation der Gefahrnummern mit den vergebenen Tunnelbeschränkungs-codes wird mit Kreuztabelle 52 untersucht.

Tabelle 52: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 9 bei Tanktransport

TBC		A	B	C	D	E	kein	Gesamt
Gefahrnummer	90				6			16
						8		
							2	
	99				3			3
Gesamt					9	8	2	19

Das Regelwerk ADR 2017 sieht unter 1.9.5.2.2 für den Tank- bzw. Schüttguttransport eine Beschränkung ab Tunnelkategorie D für Stoffe und Gegenstände vor, die mit den Codes M2 und M3 klassifiziert sind. Tatsächlich sind gemäß Tabelle A des ADR 2017 Beschränkungen ab Tunnelkategorie D in den Einträgen von Stoffen und Gegenständen mit den Klassifizierungs-codes M2, M3, M9 und M10 zu finden. Das betrifft bei den umweltgefährdenden oder verschiedenen gefährlichen Stoffen (Gefahrnummer 90) die Stoffe und Gegenstände, die im Brandfall Dioxine bilden können (M2). Diese sind als Stoffe mit mittlerer Gefahr (Verpackungsgruppe II) eingestuft. Weiterhin betrifft es Stoffe und Gegenstände, die entzündbare Dämpfe abgeben (M3). Sie sind in die Verpackungsgruppe III eingestuft, stellen also Stoffe mit geringer Gefahr dar. Beschränkt sind ab Tunnelkategorie D aber auch alle erwärmten Stoffe (M9, M10). Das sind die Einträge, welche mit der Gefahrnummer 99 versehen wurden. Mit der Einstufung in die Verpackungsgruppe III wurde ausgedrückt, dass von ihnen eine geringe Gefahr ausgeht. Für Tunnel der Kategorie E sind Stoffe und Gegenstände beschränkt, die mit den Klassifizierungs-codes M1 und M11 charakterisiert sind. Auch bei diesen Vertretern der Klasse 9 bewegt sich die Graduierung der Gefährlichkeit auf dem mittleren (Verpackungsgruppe II) oder geringen Level (Verpackungsgruppe III). Für einen Eintrag mit dem Code M11 wurde keine Einstufung in eine Verpackungsgruppe vorgenommen. Ohne jegliche Beschränkung bezüglich einer Tunnelkategorie können im Tank Stoffe und Gegenstände dieser Klasse transportiert werden, die als wasserverunreinigend gelten und fest (M7) oder flüssig (M6) sind. Sie wurden als gering gefährlich eingeschätzt und der Verpackungsgruppe III zugeordnet.

Eine Korrelation zwischen Gefahrnummer und Tunnelbeschränkungscode lässt sich nur für die Fälle mit der Gefahrnummer 99 ableiten. Aus der Gefahrnummer 90 sind bezüglich der Beschränkungen keine Rückschlüsse möglich.

4.3.14.2 Gefahrgutklasse 9 Stückguttransport

Von den 36 auswertbaren Einträgen der Gefahrgutklasse 9 sind alle zum Stückguttransport zugelassen. In drei Fällen ist der Stückguttransport für alle Tunnelkategorien unbeschränkt, in Spalte 15 der Tabelle A des ADR 2017 steht als Eintrag „(-)“. Für weitere drei Fälle, die zur Klassifizierung M11 zählen, findet die Tunnelbeschränkung keine Anwendung, da die gefährlichen Güter in Übereinstimmung mit Abschnitt 1.1.3 befördert werden. Das trifft auf die UN-Nummern 3166 (*Fahrzeug mit Antrieb durch entzündbare Gase oder Flüssigkeiten oder Brennstoffzellenfahrzeug mit Antrieb durch entzündbare Flüssigkeiten*), 3171 (*Batteriegetriebenes Fahrzeug oder batteriegetriebenes Gerät*) und 3530 (*Verbrennungsmotor oder Verbrennungsmaschine*) zu. Für den Hauptanteil der Stoffe und Güter der Gefahrgutklasse 9 gilt bei Stückguttransport eine Beschränkung für die Tunnelkategorie E (Abbildung 45).

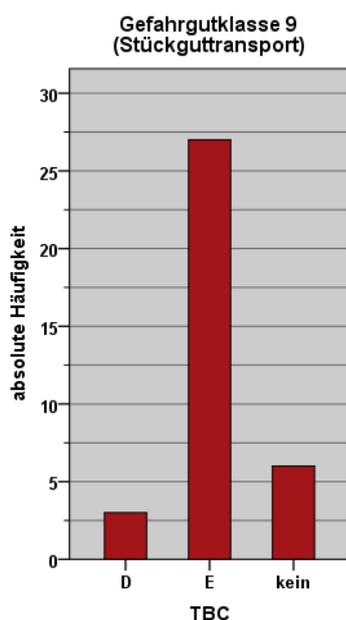


Abb. 45: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs-codes in der Gefahrgutklasse 9 bei Stückguttransport

Die Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle 53 ist das Ergebnis der Untersuchung auf Korrelation zwischen Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr und Tunnelbeschränkungscode. Das ADR 2017 sieht unter 1.9.5.2.2 eine Beschränkung im Stückguttransport für Stoffe und Güter mit den Klassifizierungs-codes M9 und M10 vor. Das sind die Einträge, die mit der Gefahrnummer 99 bewertet wurden. Für diese gilt somit beim Stückguttransport die gleiche Beschränkung wie beim Tanktransport. Für diese Gefahrnummer besteht, wie bereits ausgeführt, eine Korrelation zum Tunnelbeschränkungscode. Bei denen mit der Gefahrnummer 90 gibt es für die wasserunreinigenden Vertreter genau wie beim Tanktransport keine Beschränkung, während für die restlichen nun einheitlich der Beschränkungscode E gilt.

Tabelle 53: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklasse 9 bei Stückguttransport

TBC		A	B	C	D	E	kein	Gesamt
Gefahrnummer	ohne					13		17
							4	
	90					14		16
							2	
99				3			3	
Gesamt					3	27	6	36

Unter den Stoffen und Gegenständen, die keine Gefahrnummer erhalten haben und auch keinem Tunnelbeschränkungscode unterliegen, befinden sich die drei Vertreter dieser Klasse, für welche die Tunnelbeschränkung keine Anwendung findet sowie ein Vertreter, mit dem Vermerk „(-)“ in der Spalte 15 (Tunnelbeschränkungscode) der Tabelle A des ADR 2017. Bei Letzterem handelt es sich um die UN-Nummer 3359 *Begaste Güterbeförderungseinheit (CTU)*. Bei diesen vier Einträgen, die zur Klassifizierung M11 zählen, erfolgte auch keine Bewertung der gefährlichen Eigenschaften durch Zuordnung zu einer Verpackungsgruppe. Die 13 Fälle ohne Gefahrnummer mit einer Beschränkung für die Tunnelkategorie E gehören unterschiedlichen Klassifizierungsgruppen an (M4, M5, M8, M11), nur zwei Einträge davon (UN-Nummer 3316 *Chemie-Testsatz oder Erste-Hilfe-Ausrüstung*) sind der Verpackungsgruppe II bzw. III zugeordnet.

Somit lässt sich für die meisten Einträge zu Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklasse 9 weder eine Korrelation zwischen Gefahrnummern und Tunnelbeschränkungscode noch eine zwischen Verpackungsgruppe und Beschränkung ableiten.

4.4 Diskussion der Ergebnisse

Die hauptsächliche Fragestellung des Forschungsprojektes war herauszufinden, ob eine Korrelation zwischen den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr und den Tunnelbeschränkungs-codes besteht, die es ermöglicht, anhand der Gefahrnummern und den damit verbundenen Beschränkungen bestimmte Gefahrenlagen für die einzelnen Tunnelkategorien konkreter einschätzen bzw. ausschließen zu können, um Ausrüstung und Ausbildung der Einsatzkräfte der Feuerwehren darauf abstimmen zu können. Nach Vorliegen der Ergebnisse der Untersuchung kann diese Frage konkret weder mit ja noch mit nein beantwortet werden. Das liegt darin begründet, dass ein großer Anteil der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr jeweils mit mehreren Tunnelbeschränkungs-codes korrespondiert. Hinzu kommt, dass zum Teil dieselben Gefahrnummern zur Beschreibung der gefährlichen Eigenschaften von Stoffen unterschiedlicher Gefahrgutklassen verwendet werden. Die Ergebnisse sollen für alle untersuchten Gefahrgutklassen nochmals zusammenfassend, aber getrennt nach Transportart betrachtet und diskutiert werden.

4.4.1 Tanktransport

Der Tanktransport ist im Gegensatz zum Stückguttransport hinsichtlich der Befahrbarkeit von Tunneln in den meisten Fällen strengerer Beschränkungen unterworfen, weil bei Havarien oder Unfallszenarien die Möglichkeit einer großen Stofffreisetzung mit weitreichenden Auswirkungen besteht. Aus Abbildung 46 sind die absoluten Häufigkeiten der insgesamt für den Tanktransport von Stoffen und Gegenständen der Gefahrgutklassen 2 bis 9 vergebenen Tunnelbeschränkungs-codes ersichtlich. Die am häufigsten auferlegte Beschränkung betrifft die ab Tunnelkategorie D. Das ist der Tatsache geschuldet, dass ab dieser Tunnelkategorie große Brände zu verhindern sind und die Gefahrgutklasse 3 *Entzündbare flüssige Stoffe* als zweitstärkste hinsichtlich der Anzahl an Einträgen in der Tabelle A des ADR 2017 genau für dieses Szenario prädestiniert ist und wie Tabelle 54 zeigt, auch für diese Kategorie die mit Abstand häufigsten Beschränkungen aufweist. Die zweithäufigste Beschränkung ist die für die Tunnelkategorie E. Das mag im ersten Moment bei dieser Transportart verwundern, aber das Ergebnis wird durch die Einträge der Gefahrgutklasse 8 stark beeinflusst, die von der Anzahl der Einträge her bei den ausgewerteten Klassen an dritter Stelle steht, deren gefährliche Eigenschaft, ätzend zu wirken, aber kein in Tunneln der Kategorien B bis D zu vermeidendes Szenario bedingt. Nur einige der Stoffe unterliegen durch weitere gefährliche Eigenschaften anderen Beschränkungen als der für die Tunnelkategorie E (siehe 4.3.13.1). Ab Tunnelkategorie C ist das umfangreiche Freiwerden giftiger Stoffe zu vermeiden. Nun stellt die Gefahrgutklasse 6.1 zwar mit Abstand die meisten Einträge zu Stoffen und Gegenständen in der Tabelle A, aber die häufigsten Beschränkungen in dieser Klasse gelten

ebenfalls der Tunnelkategorie D und dann in gleichem Umfang den Kategorien C und E (siehe Tabelle 54). Gemessen am gesamten Transportaufkommen von Gefahrgütern sind die mit Abstand am häufigsten transportierten Stoffe die der Gefahrgutklasse 3 *Entzündbare flüssige Stoffe*, gefolgt von denen der Klassen 2 *Gase* sowie 8 *Ätzende Stoffe* und etwas geringer dann die Klasse 6.1 *Giftige Stoffe* (siehe Abbildung 2). Der jeweils prozentuale Anteil an Einträgen für Stoffe in der Tabelle A des ADR 2017 dieser Klassen, die für Tanktransport zugelassen sind (Abbildung 47), impliziert die Vermutung, dass gerade auch diese den Hauptanteil der Tanktransporte stellen. Eine separate statistische Erfassung des Tanktransportaufkommens an Gefahrgut konnte nicht recherchiert werden.

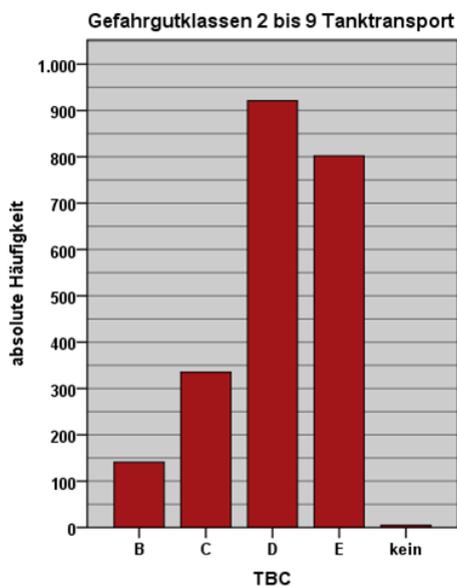


Abb. 46: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungs-codes in den Gefahrgutklassen 2 bis 9 bei Tanktransport

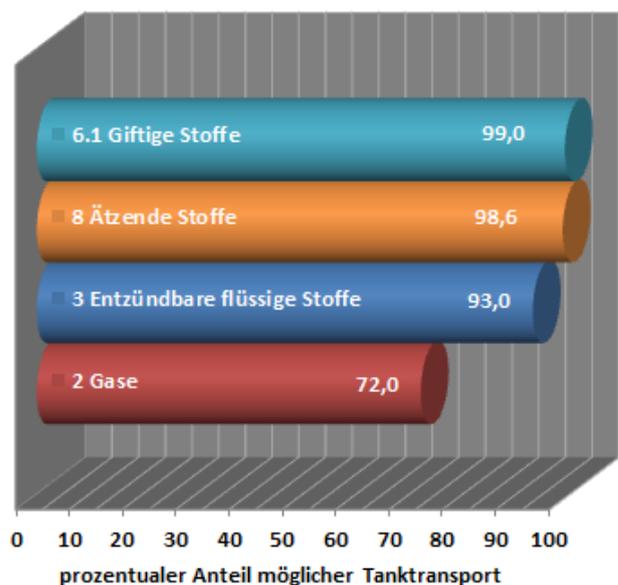


Abb. 47: prozentualer Anteil der Einträge für mit Tanks transportierbare Stoffe von der Gesamtanzahl der jeweiligen Einträge in Klassen mit hohem Transportaufkommen

Bezüglich des statistisch erfassten Unfallgeschehens mit Beteiligung von Gefahrguttransporten soll an dieser Stelle noch einmal erinnert werden, dass nach einer statistischen Auswertung der Bundesanstalt für Straßenwesen [BASt 2017] in den Jahren 2013 bis 2015 die Beteiligung von Tanktransporten, bei denen das transportierte Gefahrgut protokolliert wurde, in der Größenordnung von 34 % bis 38 % lag (Abbildung 8), aber eher mit einer viel stärkeren Beteiligung gerechnet werden muss (Abbildung 9).

In den Gefahrgutklassen 2 bis 9 verteilen sich die Beschränkungen für die befahrbaren Tunnelkategorien beim Tanktransport der dafür zugelassenen Stoffe und Gegenstände aus 2204 Einträgen in der Tabelle A des ADR 2017 mit den in Tabelle 54 gezeigten Häufigkeiten. Bei etwas mehr als der Hälfte der Gefahrgutklassen treten beim Tanktransport entsprechend des Gefahrenpotenzials der transportierten Stoffe mindestens drei verschiedene Tunnel-

beschränkungs-codes auf. Insgesamt können in Tanks oder Schüttgutcontainern 93,6 % aller Gefahrgüter durch Tunnel der Kategorie B transportiert werden, 78,4 % durch Tunnel der Kategorie C und noch 36,6 % durch D-Tunnel. In Tunneln der Kategorie D können lediglich Tanktransporte von Stoffen der Gefahrgutklassen 3 *Entzündbare flüssige Stoffe* und 5.2 *Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe* völlig ausgeschlossen werden, wohingegen in Tunneln der Kategorie E Tanktransporte von ein paar Stoffen der Klassen 6.2 *Ansteckungsgefährliche Stoffe* und 9 *Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände* zulässig sind.

Tabelle 54: Tunnelbeschränkungs-codes in den Gefahrgutklassen 2 bis 9 bei Tanktransport

TBC	A	B	C	D	E	kein	Gesamt
Klasse 2		80					180
			90				
					10		
Klasse 3		4					515
			35				
				476			
Klasse 4.1				9			68
					59		
Klasse 4.2		17					93
				37			
					39		
Klasse 4.3		33					95
				35			
					27		
Klasse 5.1		6					151
					145		
Klasse 5.2				4			4
Klasse 6.1		1					711
			199				
				320			
Klasse 6.2					2		5
						3	
Klasse 7					4		4
Klasse 8			11				359
				31			
					317		
Klasse 9				9			19
					8		
						2	
Gesamt		141	335	921	802	5	2204

Die Schwierigkeit, eine Korrelation zwischen den Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr und den Tunnelbeschränkungs-codes zu untersuchen, wird nicht nur dadurch bedingt, dass etliche Gefahrnummern mit verschiedenen Tunnelbeschränkungs-codes einhergehen. Auch die Tatsache, dass ein Teil der Gefahrnummern für mehrere Gefahrgutklassen zur Anwend-

ung kommt, erschwert eine globale Aussage. Hinzu kommt, dass es in den Gefahrgutklassen, außer in 2, 5.2, 6.2, 7 und 9, bei den für den Tanktransport zulässigen Stoffen häufig zwei oder mehr Einträge in der Tabelle A des ADR 2017 mit den gleichen UN-Nummern gibt, die bei gleichen Gefahrnummern mit unterschiedlichen Tunnelbeschränkungs-codes versehen sind. Dafür ist meistens die Einstufung dieser Stoffe in unterschiedliche Verpackungsgruppen der Grund, was aber dann auch bedeutet, dass Tanktransporte unterwegs sind mit gleichen Zahlencodes auf den orangefarbenen Tafeln aber mit unterschiedlichen Gefahrenpotenzialen. Dieser Unterschied ist aus der Information der Tafeln nicht ableitbar. Es treten aber auch zahlreiche Fälle bei gleichen UN-Nummern auf, die trotz unterschiedlicher Verpackungsgruppen gleiche Gefahrnummern in Kombination mit den gleichen Tunnelbeschränkungs-codes aufweisen, genauso wie es Fälle gibt, bei denen unterschiedliche Gefahrnummern auftreten, die mit unterschiedlichen oder gleichen Tunnelbeschränkungs-codes korrespondieren. Letztgenannte Kombination betrifft dann wieder Fälle, die trotz unterschiedlichen Gefahrenpotenzials den gleichen Beschränkungen unterliegen. Über das unterschiedliche Gefahrenpotenzial geben die jeweils zuständigen ERI-Cards Auskunft.

In Tabelle 55 sind alle in Tabelle A des ADR 2017 auftretenden 92 Gefahrnummern, sortiert nach der führenden Ziffer (Haupteigenschaft) mit den in Beziehung stehenden Tunnelbeschränkungs-codes aufgeführt. Der rote Hintergrund markiert die Beschränkung des Tanktransportes für die jeweilige Tunnelkategorie, der grüne Hintergrund steht für die Freigabe für diese Transportart. Die in den roten Feldern stehenden Zahlen geben die Anzahl der Einträge für Stoffe und Gegenstände mit diesen Kriterien (Gefahrnummer, TBC) an. Der blaue Hintergrund markiert Gefahrnummern, die mit mehreren Tunnelbeschränkungs-codes korrespondieren. Die gelbe Farbe kennzeichnet den Bereich der Zeilen mit Gefahrnummern, die den Buchstaben X vor dem Zahlencode aufweisen, was auf die Eigenschaft der Stoffe hinweist, in gefährlicher Weise mit Wasser reagieren zu können. Von den 92 Gefahrnummern korrespondieren 62 mit nur einem Tunnelbeschränkungscode, 26 gleichzeitig mit zwei verschiedenen Beschränkungs-codes und 4 stehen in Beziehung zu drei verschiedenen Beschränkungs-codes. Somit ist für einen Anteil von 32,6 % aller Gefahrnummern bezüglich der Ziffer für die Beschreibung der hauptsächlich gefährlichen Eigenschaft keine eindeutige Aussage möglich. Die beste Korrelation ist in der Gefahrgutklasse 2 Gase feststellbar. Alle Stoffe, die in den ihnen zugeordneten Gefahrnummern neben der führenden Ziffer 2 die Ziffer 3 im Zahlencode aufweisen, was für deren gefährliche Eigenschaft der Entzündbarkeit steht, sind ab Tunnelkategorie B für den Tanktransport gesperrt, unabhängig davon, ob eine dritte Ziffer auf weitere gefährliche Eigenschaften wie Giftigkeit, Ätzwirkung u. a. verweist. Stoffe mit den Ziffern 6 oder/und 8 im Zahlencode (aber ohne Ziffer 3) sind beim Tanktransport ab Tunnelkategorie C gesperrt (ätzende Gase gelten als giftig). Die gleiche

Beschränkung gilt auch für tiefkalt verflüssigte Gase, ausgedrückt durch die Ziffernfolge 22 in der Gefahrunummer. Für die restlichen Gefahrunummern 20 und 25 gelten verschiedene Tunnelbeschränkungs-codes.

Tabelle 55: Gefahrunummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrgutklassen 2 bis 9 bei Tanktransport

TBC		A	B	C	D	E	kein	Gesamt	
Gefahrunummer	20			40		8		48	
	22			9				9	
	25			3		2		5	
	225			4				4	
	26			9				9	
	265			9				9	
	268			15				15	
	28			1				1	
	23		41					41	
	223		6					6	
	238		1					1	
	239		12					12	
	263		20					20	
		30		1		146	2		149
36					11	2		13	
38					16	2		18	
368				1	1			2	
39					7			7	
33			3		211			214	
336				29	37			66	
338				5	30			35	
339					16			16	
333			5					5	
323					3	3		6	
362					1	1		2	
382			1		1	1		3	
						1			
		X323		11					11
		X333		2					2
	X338		4		7			11	
	X362		1					1	
	X382		1					1	

Tabelle 55: Fortsetzung

TBC	A	B	C	D	E	kein	Gesamt	
Gefahrnummer	40			34	74		108	
	43		6				6	
	44				4		4	
	46		2					11
					2	7		
	48				4			11
						7		
	423				27			46
						19		
	446		1					1
	462				2			4
					2			
482				1			2	
					1			
	X423		14				14	
	X432		1				1	
	X482		1				1	
	50				113		113	
	56				21		21	
	58				9		9	
	59				1		1	
	539				4		4	
	558		1				1	
	559		2				2	
	568		3					4
						1		
	60			242			433	
					191			
	63				44		44	
	64				3		3	
	65				3		3	
	68				18		18	
	638				5		5	
	69				2		2	
	639			1				2
					1			
	66			108			108	
	663			60			60	
	664			2			2	
	665		1				5	
	668			4			13	
	669			13			1	
	623			1				6
					5			
	642			2				3
					1			
X668			3				3	
606					2	3	5	
70					4		4	

Tabelle 55: Fortsetzung

TBC		A	B	C	D	E	kein	Gesamt	
Gefahrnummer	80					218		218	
	84					3		3	
	85					4		4	
	89					1		1	
	88					22		22	
	884					3		3	
	885					5		5	
	86					1			23
							22		
	886			8					9
							1		
	83					18			18
	839					1			1
	883					5			5
	842						2		2
	823					1			2
							1		
	X	X80					28		28
		X88					7		7
X83						4		4	
X839						1		1	
X886				2				2	
856			1					1	
90					6			16	
						8			
							2		
99					3			3	
Gesamt			141	335	921	802	5	2204	

Übersichtlich ist es für die Gefahrgutklasse 7 *Radioaktive Stoffe*. Hier gilt für die wenigen Stoffe, die im Tank transportiert werden dürfen, der Tunnelbeschränkungscode E in Verbindung mit der Gefahrnummer 70. Relativ gut korrelieren die Gefahrnummern mit den Beschränkungscode auch bei den oxidierenden (brandfördernden) Stoffen, die zu den Gefahrgutklassen 5.1 *Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe* und 5.2 *Organische Peroxide* gehören. Alle Stoffe mit zweistelligen Zifferncodes der Gefahrnummern, die mit der Ziffer 5 beginnen, sind unabhängig von den Nebengefahren (zweite Ziffer) im Tanktransport für die Tunnelkategorie E gesperrt. Die Gefahrnummer 539 wird nur für entzündbare organische Peroxide vergeben und steht direkt in Verbindung mit dem Tunnelbeschränkungscode D. Die anderen dreistelligen Zifferncodes korrelieren, bis auf eine Ausnahme, mit der Beschränkung für den Tanktransport ab Tunnelkategorie B. Die Ausnahme macht der Stoff *Chromtrioxid, wasserfrei* (UN-Nummer 1463). Obwohl als sehr giftig beschrieben, mutagen und karzinogen wirkend, stark ätzend bei Hautkontakt, ist dieser Stoff beim Tanktransport nur für die Tunnelkategorie E gesperrt. Es handelt sich im Gegensatz zu den ab Kategorie B beschränkten, die flüssig sind, um einen Feststoff, der im Fall einer Havarie (Leckage) erst einmal kein so

großes Ausbreitungspotenzial hat. Es ist aber zu beachten, dass Kontakt zum Stoff verhindert wird (entwickelt auch giftige und stark ätzende Dämpfe). Gleiches gilt für den Kontakt des Stoffes mit organischen (brennbaren) Materialien, weil dieser zu explosionsartigen Reaktionen führt. Starke Erwärmung oder mechanische Erschütterung kann zu einer Zersetzung führen, die ebenfalls explosionsartig verlaufen kann. Kontakt mit Wasser führt zur Bildung stark ätzender giftiger Chromsäure, deren Ausbreitungsverhalten als Flüssigkeit größer ist. Chromsäure kann zu einem toxischen Lungenödem und trotz späterer Behandlung zum Tod führen. Chromtrioxid ist umwelt- und stark wassergefährdend. Außerdem kann der Stoff Metalle angreifen, dabei Wasserstoffgas entwickeln, welches mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden kann. Im Brandfall wird in ERI-Card 5-36 das Löschen mit Vollstrahl und Rückhaltung des Löschmittels empfohlen [Ericards 2017].

Für alle anderen Gefahnummern ist die Beziehung zu den Tunnelbeschränkungs-codes unübersichtlicher. Eine Zusammenfassung wird hier versucht. Ist bei flüssigen Stoffen (auch geschmolzenen festen Stoffen) deren Entzündbarkeit die dominierende gefährliche Eigenschaft, beginnen die Zahlencodes der Gefahnummern mit der Ziffer 3, wobei diese Stoffe, wie schon erwähnt, verschiedenen Gefahrgutklassen zugeordnet sind. Bei diesen Gefahnummern ist es am häufigsten der Fall, mit mehreren Tunnelbeschränkungs-codes zu korrespondieren. Deshalb lässt sich kaum ein Muster finden zwischen den Ziffern, welche die Nebengefahren beschreiben, und den Tunnelbeschränkungs-codes. Eindeutig ist die Korrelation bei den pyrophoren Flüssigkeiten²⁵ (Gefahrnummer 333). Diese sind beim Tanktransport ab Tunnelkategorie B gesperrt. Die Gefahrnummer informiert über den pyrophoren Charakter der Stoffe. Weitere stoffspezifische Informationen, die ebenfalls Auswirkungen auf die zu ergreifenden Maßnahmen bei Havarien mit Stofffreisetzung und bei der Brandbekämpfung haben, wie beispielsweise, dass sich bei Erwärmung oder Brand giftige und reizende Dämpfe entwickeln, bei einigen dieser Stoffe eine Reaktion mit Wasser unter Bildung gefährlicher Gase erfolgt und demzufolge ein Kontakt mit Wasser zu vermeiden ist, können daraus nicht abgeleitet werden. Wie unterschiedlich die Erfordernisse trotz gleicher Gefahrnummer sein können, zeigt sich daran, dass für die fünf Stoffe mit der Gefahrnummer 333 vier verschiedene ERI-Cards geschaffen wurden. So sind für die UN-Nummern 2845 *Pyrophorer organischer flüssiger Stoff, n.a.g.* und 3254 *Tributylphosphan* Hinweise in der ERI-Card 3-48 zu finden. Beim Brand soll bei beiden Stoffen mit Schaum oder Pulver gelöscht werden. Für UN-Nummer 1380 *Pentaboran* gibt ERI-Card 3-46 entsprechende Hinweise. Bei diesem Stoff ist Wasserkontakt zu vermeiden, weil sich dadurch gefährliche Gase entwickeln. Zum Löschen ist Pulver einzusetzen. Wasser, Schaum und Kohlendioxid sind nicht anzuwenden. Gleiche Hinweise zum Löschmittel gibt ERI-Card

²⁵ Flüssige Stoffe oder Gemische, die schon in kleinen Mengen dazu neigen, sich in Berührung mit Luft innerhalb von fünf Minuten zu entzünden [CLP 2008].

3-50, die für die UN-Nummer 3392 *Pyrophorer metallorganischer flüssiger Stoff* heranzuziehen ist. Für die UN-Nummer 3194 *Pyrophorer anorganischer flüssiger Stoff, n.a.g.* gilt ERI-Card 3-49. Zum Löschen ist alkoholbeständiger Schaum empfohlen, ansonsten Sprühstrahl oder Pulver. Auf keinen Fall ist Vollstrahl anzuwenden.

Relativ gut ist die Beziehung zum Tunnelbeschränkungscode bei den Stoffen, bei welchen ein dem Zahlencode der Gefahrnummer vorangestelltes X auf die Eigenschaft, gefährlich mit Wasser zu reagieren, hinweist. Davon sind die meisten ab Tunnelkategorie B für den Tanktransport gesperrt. Aber von den leicht entzündbaren flüssigen Stoffen (Flammpunkt < 23°C), die ätzend sind und gefährlich mit Wasser reagieren (Gefahrnummer X338), können sieben Vertreter Tunnel der Kategorien B und C passieren und sind erst ab Tunnelkategorie D gesperrt. Egal, welcher Beschränkung der Tanktransport dieser Stoffe mit Gefahrnummer X338 unterliegt, gelten für alle die gleichen Hinweise der ERI-Card 3-40, obwohl unterschiedliche Verpackungsgruppen (I und II) auf unterschiedliche Gefahrenpotenziale hindeuten. Da mit Wasser eine heftige Reaktion unter Bildung gefährlicher Gase erfolgt, sind für die Brandbekämpfung Wasser und Schaum ausgeschlossen. Es ist Pulver einzusetzen. Stoffspezifische Hinweise betreffen u. a. die Eigenschaften, mit Luft explosionsfähige Gemische zu bilden, Metalle angreifen zu können unter Entwicklung von Wasserstoffgas und Ausbildung explosionsfähiger Gemische mit Luft sowie unabhängig von einem Brandgeschehen ätzende und reizende Dämpfe zu entwickeln. Die Freisetzung dieser Stoffe stellt eine Gefahr für die Öffentlichkeit dar. Für die pyrophoren flüssigen Stoffe, die zusätzlich auch gefährlich mit Wasser reagieren (Gefahrnummer X333) gelten im Havarie- oder Brandfall die gleichen Maßnahmen (ERI-Card 3-46) wie bei einem Teil der „nur“ pyrophoren Stoffe. Ähnlich verhält es sich bei den entzündbaren flüssigen Stoffen, die mit Wasser gefährlich reagieren und entzündbare Gase bilden (Gefahrnummer X323). Für die meisten gilt die ERI-Card 3-37, die auch für alle Stoffe mit der Gefahrnummer 323 anzuwenden ist. Diese weist auch für letztgenannte Stoffe auf die Eigenschaft der gefährlichen Reaktion mit Wasser hin und sieht demzufolge genauso zum Löschen den Einsatz von Pulver vor, da Wasser und Schaum nicht angewendet werden dürfen. Für zwei Vertreter der Stoffe mit Gefahrnummer X323 gilt die ERI-Card 3-38, wobei die Hinweise die gleichen wie bei ERI-Card 3-37 sind, nur der Hinweis hinzukommt, dass die Öffentlichkeit gefährdet ist.

Bei den entzündbaren flüssigen Stoffen, die mit Wasser reagieren und entzündbare Gase bilden (Gefahrnummer 323), treten Beschränkungen für Tunnelkategorien von B bis E auf, auch wenn Nebengefahren bestehen (Gefahrnummern 362, 382). Durch Tunnel der Kategorie E dürfen keine dieser Stoffe im Tank transportiert werden und insgesamt durch Tunnel der Kategorie D vergleichsweise fast die Hälfte, aber in den Tunnelkategorien C und

B bis auf einen alle. Mit den Gefahrunummern 362 und X362 ist nur die UN-Nummer 3130 *mit Wasser reagierender flüssiger Stoff, giftig, n.a.g.* versehen, für die es in der Tabelle A des ADR 2017 drei Einträge gibt, wobei jeweils die Verpackungsgruppe von I bis III variiert und hier auch entsprechend des veränderten Gefahrpotenzials der Tunnelbeschränkungscode. Unabhängig davon gilt für alle die ERI-Card 3-41, die zum Löschen Pulver vorsieht, da der Kontakt mit Wasser für alle unter diese UN-Nummer fallenden Stoffe als gefährlich ausgewiesen wird. Genauso verhält es sich mit den drei Einträgen zur UN-Nummer 3129 *mit Wasser reagierender flüssiger Stoff, ätzend, n.a.g.*, die mit den Gefahrunummern X382 und 382 bewertet wurden. Zu letzterer zählt noch ein Eintrag zur UN-Nummer 2965 *Bortrifluordimethyletherat*. Auch für diese Stoffe besteht gefährliche Reaktionsgefahr mit Wasser unter Bildung entzündbarer Gase, auch kann es bei Kontakt mit Metallen zur Entwicklung von Wasserstoffgas kommen und in Folge zur Ausbildung eines explosionsfähigen Gemisches mit Luft. Zum Löschen kann nur Pulver genommen werden (ERI-Card 3-43).

Auch bei den anderen leicht entzündbaren flüssigen Stoffen (Ziffernfolge 33 bzw. so beginnend) sind die meisten erst ab Tunnelkategorie D beschränkt. Ein Teil von den Stoffen mit den zusätzlichen Gefahren *giftig* (336) oder *ätzend* (338) sind bereits ab Tunnelkategorie C gesperrt, wohingegen die, welche zu spontanen heftigen Reaktionen führen können (339), erst ab D-Tunnel beschränkt sind, genau wie die Stoffe, die mit der Gefahrunummer 39 bewertet wurden. Für diese wurden je Gefahrunummer drei verschiedene ERI-Cards erstellt, die sich vor allem in den folgenden Hinweisen unterscheiden. Die ERI-Cards 3-22, 3-23 und 3-45 gelten für Stoffe mit der Gefahrunummer 339. Allen Stoffen gemeinsam ist die Gefahr zu heftigen spontanen Reaktionen fähig zu sein, sowie gefährliche Dämpfe entwickeln zu können und mit Luft explosive Gemische auszubilden. Die Stoffe, für die die ERI-Cards 3-23 und 3-45 gelten, können zudem narkotisch wirken und zu Bewusstlosigkeit führen. Zum Löschen wird in den ERI-Cards 3-22 und 3-23 Schaum empfohlen, während Vollstrahl, Sprühstrahl und Pulver nicht zum Einsatz kommen sollen. Für die Stoffe, für die die ERI-Card 3-45 gilt, ist alkoholbeständiger Schaum anzuwenden, ansonsten Sprühstrahl, während Vollstrahl und Pulver zu vermeiden sind. Ähnlich verhält es sich mit den ERI-Cards 3-35, 3-36 und 3-47 für die Stoffe mit der Gefahrunummer 39. Hier betreffen die Unterschiede vor allem die anzuwendenden Löschmittel. ERI-Card 3-35 empfiehlt, alkoholbeständigen Schaum einzusetzen oder Sprühstrahl, kein Vollstrahl oder Pulver, während die anderen beiden normalen Schaumeinsatz vorsehen und auf Voll- bzw. Sprühstrahl und Pulver zu verzichten ist. Für die Hinweise zur Bekämpfung von Havarien und Bränden der leicht entzündbaren flüssigen giftigen Stoffe wurden insgesamt vier verschiedene ERI-Cards erstellt (3-15, 3-16, 3-17, 3-44). Mit Abstand am häufigsten gelten die Hinweise der ERI-Card 3-17. Diese gilt auch für 20 Einträge dieser Stoffe, die in der Tabelle A des ADR 2017 je

zweimal auftreten, weil sie jeweils in die Verpackungsgruppen I und II eingestuft sind. Davon erhielten die Einträge mit Verpackungsgruppe I eine Beschränkung ab C-Tunnel und die mit Verpackungsgruppe II eine Beschränkung ab D-Tunnel. Unabhängig vom Beschränkungscode gilt aber jeweils immer die gleiche ERI-Card. Diese Stoffe sollen nicht mit Wasser gelöscht werden, sondern mit Schaum oder Pulver und abschließend eine Schaumdecke erhalten. Gleiche Hinweise zum Löschmittel beinhaltet die ERI-Card 3-44. Andere Stoffe mit dieser Gefahrunummer sind mit alkoholbeständigem Schaum zu löschen, ansonsten mit Sprühstrahl oder Pulver sowie ebenfalls mit Schaum abzudecken, Vollstrahl soll nicht eingesetzt werden (ERI-Cards 3-15, 3-16). Die anderen stoffspezifischen Hinweise sind für alle Stoffe annähernd die gleichen.

Für die ätzenden Stoffe gelten, egal ob C- oder D-beschränkt, die ERI-Cards 3-19 oder 3-20. Für die Brandbekämpfung eines Teils dieser Stoffe sind gemäß 3-19 alkoholbeständiger Schaum einzusetzen, ansonsten Sprühstrahl oder Pulver, dann ist mit Schaum abzudecken. Vollstrahl ist nicht anzuwenden. Für den anderen Teil dieser Stoffe ist nach ERI-Card 3-20 Wasser nicht anzuwenden, sondern Schaum oder Pulver mit abschließender Schaumdecke. Ansonsten gelten die gleichen stoffspezifischen Hinweise, wie bei der ERI-Card 3-40 für Stoffe mit der Gefahrunummer X338.

Im Gegensatz zu den zuvor diskutierten Fällen sind ein paar leicht entzündbare Stoffe ohne Nebengefahren (33) bereits ab Tunnelkategorie B gesperrt. Es handelt sich hierbei um *Nitrocellulose, Lösung, entzündbar* (UN-Nummer 2059). ERI-Card 3-09 empfiehlt, beim Brand keinen Vollstrahl einzusetzen, sondern alkoholbeständigen Schaum anzuwenden, Sprühstrahl einzusetzen oder Pulver. Die gleiche ERI-Card gilt auch für einen Teil der Stoffe, die erst ab Tunnelkategorie D gesperrt sind. Ähnliche Empfehlungen gibt die ERI-Card 3-08, die für einen anderen Teil dieser Stoffe gilt: keinen Vollstrahl anwenden, sondern alkoholbeständigen Schaum oder Pulver. Bei stichprobenartiger Sichtung der 211 Fälle wurden die ebenfalls für einige dieser Stoffe zutreffenden ERI-Cards 3-10 bzw. 3-11 ermittelt. Diese empfehlen, kein Wasser anzuwenden, sondern Schaum oder Pulver einzusetzen. Diese konkreten Hinweise zum Vorgehen und Verhalten an der Einsatzstelle können aus der Gefahrunummer 33 nicht abgeleitet werden. Allen gemeinsam sind die Hinweise auf die Gefahr der Entwicklung gefährlicher Dämpfe, Ausbildung von explosiven Dampf-Luft-Gemischen, Gefährdung der Öffentlichkeit mit Empfehlung zur Evakuierung betroffener Personen u. v. m.

Bei den festen Stoffen, die entweder selbsterhitzungsfähig, entzündbar oder selbstentzündbar sind und/oder mit Wasser reagieren und dabei entzündbare Gase bilden, werden

zur Beschreibung der gefährlichen Eigenschaften Gefahrennummern verwendet, deren Zahlencode mit der Ziffer 4 beginnen. Auch bei diesen Stoffen ist der Anteil an Gefahrennummern, die mit mehreren Tunnelbeschränkungscode korrespondieren, sehr hoch. Er liegt bei 50 %. Es treten viele Einträge zu UN-Nummern doppelt oder dreifach auf, die wegen der unterschiedlichen Verpackungsgruppen unterschiedlichen Beschränkungen unterliegen, teilweise auch mit verschiedenen Gefahrennummern bewertet wurden. Die Mehrzahl der Stoffe ist nur für E-Tunnel beschränkt, ein geringerer Anteil ab der Tunnelkategorie D, knapp 12 % ab Tunnelkategorie B. Eine eindeutige Korrelation mit dem Tunnelbeschränkungscode liegt bei den Gefahrennummern für die Stoffe vor, welche gefährlich mit Wasser reagieren unter Bildung entzündbarer Gase (X423, X432) oder gefährlicher Gase (X482). Wie in den entsprechenden ERI-Cards 4-30, 4-45 und 4-44 hingewiesen wird, finden gefährliche Reaktionen auch bei Brand oder Brandeinwirkung statt. Stoffe mit den Gefahrennummern X432 und X482 sind überdies leicht oder spontan entzündbar. Erstere können bei erhöhten Temperaturen mit Luft explosive Gemische bilden, die anderen können Metalle angreifen und Wasserstoffgas entwickeln, welches mit Luft ebenfalls zu explosionsfähigen Gemischen führen kann. Jeglicher Wasserkontakt mit der Ladung ist bei diesen Stoffen zu vermeiden. Das bedeutet, dass für die Brandbekämpfung nur Pulver einsetzbar ist. Unbeschädigte Behälter sind aus der Wärmeeinwirkung zu beseitigen, Wasserkühlung ist nicht anwendbar. Der mit X482 bewertete Stoff ist in der Tabelle A des ADR 2017 mit gleicher UN-Nummer noch zweimal vorhanden mit unterschiedlichem Gefahrenpotenzial (Verpackungsgruppen II und III). Das bedeutet, dass auch diese Stoffe gefährlich mit Wasser unter Bildung entzündbarer Gase reagieren. Diese Einträge wurden mit der Gefahrennummer 482 bewertet und gehören demzufolge auch zu Gefahrgütern, die nicht mit Wasser in Kontakt kommen dürfen. Es gilt die gleiche ERI-Card wie bei der Gefahrennummer X482. Diese Stoffe sind aber erst ab Tunnelkategorie D bzw. E beschränkt. Ähnlich sind die Verhältnisse bei den Stoffen, die mit der Gefahrennummer 423 bewertet wurden. Auch hier gibt es viele UN-Nummern, die doppelt auftreten (auch Dopplungen zur Gefahrennummer X423) und sich im Gefahrenpotenzial unterscheiden. Für den größten Teil gilt die ERI-Card 4-15, für einen kleinen Teil die 4-17. Für alle ist eine gefährliche Reaktion mit Wasser unter Bildung entzündbarer Gase in den ERI-Cards ausgewiesen, gefährliche Reaktionen auch bei Brand und Brandeinwirkung. Auch diese Stoffe dürfen nur mit Pulver gelöscht werden, hier ist aber Behälterkühlung mit Wasser möglich, es darf nur nicht mit der Ladung in Kontakt kommen. Die Beschränkung des Tanktransports gilt für einen Teil ab Tunnelkategorie D, für den anderen ab Kategorie E. So kann die Diskussion mit Stoffen, für die Gefahrennummer 462 gilt, fortgesetzt werden. Sie unterliegen den gleichen Beschränkungen und bergen ähnliche Gefahren in sich wie die gefährliche Reaktion mit Wasser unter Bildung entzündbarer Gase, gefährliche Reaktionen bei Brand und Brandeinwirkung sowie die leichte oder spontane Entzündbarkeit bei

zusätzlicher Giftigkeit. Es darf ebenfalls keinen Kontakt zu Wasser geben, Löschmittel ist Pulver. Möglichkeit zur Wasserkühlung der Behälter ist eingeräumt (ERI-Card 4-25).

Diese Beispiele wurden angeführt, um zu belegen, dass selbst bei Korrelation einiger Gefahrnummern mit Tunnelbeschränkungscode eine große Anzahl von Stoffen mit gleichen gefährlichen Eigenschaften, aber leicht abweichendem Gefahrenpotenzial und damit anderen Gefahrnummern sowie anderen Beschränkungen existiert. Im Einsatzfall kann die Kenntnis der Gefahrnummer nur eine orientierende Hilfe sein. Um die jeweils konkreten Hinweise für die anzuwendenden bzw. zu unterlassenden Einsatzmaßnahmen zu erhalten, ist die Einholung weiterer Informationen, z. B. mittels ERI-Cards erforderlich.

4.4.2 Stückguttransport

Im Gegensatz zum Tanktransport ist bei Stückguttransport die am häufigsten auftretende Beschränkung die für die Tunnelkategorie E, wie aus Abbildung 48 und der Tabelle 56 ersichtlich ist. Von dieser Beschränkung sind 85 % aller in der Tabelle A des ADR 2017 gelisteten Stoffe betroffen. Die Beschränkungen ab Tunnelkategorie D gelten maßgeblich für Stoffe der Gefahrgutklassen 2 und 6.1, zwei Einträge zur Klasse 7 sind ab Tunnelkategorie C beschränkt, während die Beschränkung ab B-Tunnel hauptsächlich Stoffe der Klasse 4.1 betrifft.

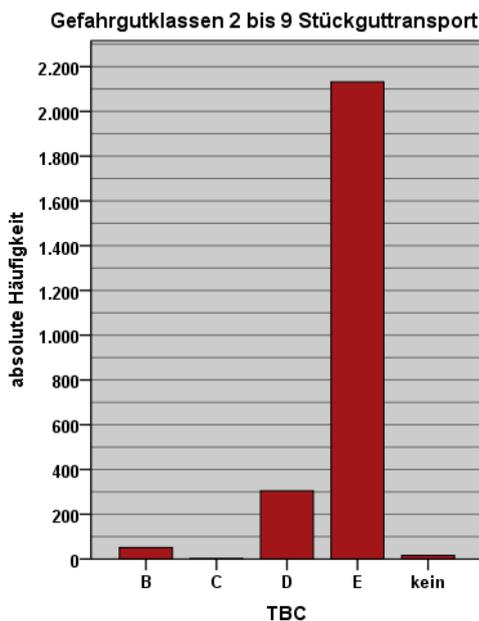


Abb. 48: Absolute Häufigkeit der Tunnelbeschränkungscode in den Gefahrgutklassen 2 bis 9 bei Stückguttransport

Die Tabelle 56 vermittelt einen Überblick über die Anzahl der Beschränkungen im Stückguttransport bezogen auf die Gefahrgutklassen, ohne einen Bezug zu den Gefahrnummern herzustellen, aber Auskunft zu geben über die An- bzw. Abwesenheit der Stoffe der einzelnen Gefahrgutklassen in den Tunnelkategorien. Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass für die Stoffe der Gefahrgutklassen 4.2, 4.3 und 5.1 nur die Beschränkung für E-Tunnel gilt. In den anderen Klassen gelten Beschränkungen für zwei oder drei Tunnelkategorien bzw. keine Beschränkung. Letzteres betrifft insgesamt 16 Stoffe aus den Gefahrgutklassen 2, 3, 6.2, 7 und 9. Diese dürfen als Stückgut durch E-Tunnel transportiert werden, wobei es sich bei den Gütern aus Klasse 2 und 3 um Verbrennungsmotoren handelt.

Tabelle 56: Tunnelbeschränkungscode in den Gefahrgutklassen 2 bis 9 bei Stückguttransport

TBC	A	B	C	D	E	kein	Gesamt
Klasse 2				171			250
					78		
						1	
Klasse 3		9					554
					544		
						1	
Klasse 4.1		38					133
				24			
					71		
Klasse 4.2					101		101
Klasse 4.3					125		125
Klasse 5.1					168		168
Klasse 5.2		4					20
				16			
Klasse 6.1				80			720
					640		
Klasse 6.2					4		10
						6	
Klasse 7			2				25
					21		
						2	
Klasse 8				11			364
					353		
Klasse 9				3			36
					27		
						6	
Gesamt		51	2	305	2132	16	2506

Die Tabelle 57 zeigt alle Gefahrnummern mit den zugehörigen Tunnelbeschränkungs-codes für den Stückguttransport. Da Gefahrnummern nur für den Tanktransport relevant sind, weil hier die Kennzeichnungspflicht auf den orangefarbenen Tafeln besteht, haben eigentlich nur Stoffe eine Gefahrnummer zugeordnet bekommen, die auch in Tanks transportiert werden dürfen. Deshalb unterscheiden sich die Zahlen in den Tabellen 56 und 57, denn Tabelle 56 enthält auch die Beschränkungs-codes für Stoffe, die nur als Stückgut transportiert werden und deshalb in der Tabelle A des ADR 2017 keine Gefahrnummer erhalten haben. Eine kleine Abweichung zwischen den Gesamtzahlen der Tabellen 55 und 57 besteht dennoch durch die 17 Stoffe der Gefahrgutklasse 7, die zwar eine Gefahrnummer erhielten, aber trotzdem für den Tanktransport nicht zugelassen sind. Der Aufbau der Tabelle 57 und die Bedeutung der farblichen Kennzeichnung der Felder ist die gleiche, wie bei Tabelle 55.

Tabelle 57: Gefahrnummer-TBC-Kreuztabelle für Gefahrstoffklassen 2 bis 9 Stückguttransport

TBC		A	B	C	D	E	kein	Gesamt
Gefahrnummer	20					48		48
	22					9		9
	223				6			6
	225					4		4
	23				41			41
	238				1			1
	239				12			12
	25					5		5
	26				9			9
	263				20			20
	265				9			9
	268				15			15
	28				1			1
		30		1			148	
	33		3			211		214
	333					5		5
	336					66		66
	338					35		35
	339					16		16
	36					13		13
	362					2		2
	368					2		2
	323					6		6
	38					18		18
	382					3		3
	39					7		7
	X323					11		11
	X333					2		2
	X338					11		11
	X362					1		1
	X382					1		1
	40				9	99		108
	423					46		46
	43					6		6
	44					4		4
	446					1		1
	46					11		11
	462					4		4
	48					11		11
	482					2		2
	X423					14		14
	X432					1		1
	X482					1		1
	50					113		113
	56					21		21
	58					9		9
	59					1		1
	539				4			4
	558					1		1
	559					2		2
	568					4		4

Tabelle 57: Fortsetzung

TBC	A	B	C	D	E	kein	Gesamt
60					433		433
623				4	2		6
63					44		44
638					5		5
639				1	1		2
64					3		3
642					3		3
65					3		3
66				11	97		108
663				45	15		60
664					2		2
665				3	2		5
668				8	5		13
669				1			1
68					18		18
69					2		2
X668				3			3
606					2	3	5
70					17	2	19
768			2				2
80					218		218
823					2		2
83					18		18
839					1		1
84					3		3
842					2		2
85					4		4
856				1			1
86					23		23
88					22		22
883					5		5
884					3		3
885					5		5
886				8	1		9
89					1		1
X80					28		28
X83					4		4
X839					1		1
X88					7		7
X886				2			2
90					14	2	16
99				3			3
Gesamt		4	2	217	1991	7	2221

Im Gegensatz zu den Beschränkungen für den Tanktransport stellen sich die Beschränkungen für den Stückguttransport etwas übersichtlicher dar. Fälle, in denen eine Gefahrnummer gleichzeitig in Beziehung steht zu drei verschiedenen Beschränkungs-codes, treten hier nicht auf. Es korrespondieren zwar von den 92 Gefahrnummern 79 mit nur einem Tunnelbeschränkungscode und die restlichen 13 gleichzeitig mit zwei verschiedenen Beschränkungs-codes, trotzdem kann daraus keine bessere Korrelation abgeleitet werden, im Gegenteil. Für letztere Fälle, die einem Anteil von 14 % aller Gefahrnummern entsprechen, ist bezüglich der Ziffer für die Beschreibung der hauptsächlich gefährlichen Eigenschaft sowieso keine eindeutige Korrelation zu einem Tunnelbeschränkungscode feststellbar. Auch die Tatsache, dass fast alle anderen Gefahrnummern unabhängig von den gefährlichen Eigenschaften, die durch den jeweiligen Zifferncode ausgedrückt werden, mit dem gleichen Tunnelbeschränkungscode in Verbindung stehen, spricht nicht für eine Korrelation.

Bei den Gasen ist es auch im Stückguttransport übersichtlich. Der überwiegende Teil der Stoffe dieser Klasse und fast alle Gefahrnummern sind ab Tunnelkategorie D beschränkt. Das betrifft alle Vertreter, die in dem Zifferncode der Gefahrnummer neben der 2 eine 3 und/oder die 6 und/oder eine 8 haben. Das bedeutet aber auch, dass in Tunneln der Kategorie C, in denen das Freiwerden giftiger Stoffe als Szenario zu vermeiden ist, gasförmige Stoffe mit giftigen und ätzenden Eigenschaften als Stückgut transportiert werden. Bei den Stoffen, deren Hauptgefahr durch die Ziffer 3 beschrieben wird, die aber verschiedenen Gefahrgutklassen angehören, sind bis auf eine Ausnahme alle nur für die Tunnelkategorie E beschränkt. Die Ausnahme betrifft, wie bereits geschrieben, Nitrocellulose-Lösung. Damit ergibt sich für diese Gefahrnummern ein ganz anderes Bild als beim Tanktransport dieser Stoffe. Wichtig ist, zu erkennen, dass diese Stoffe in allen Tunnelkategorien bis auf E als Stückgut zugelassen sind, auch alle giftigen Stoffe im Stückguttransport Tunnel der Kategorie B bis C passieren dürfen und der größte Teil auch durch D-Tunnel transportiert werden darf. Das trifft auch auf alle Stoffe zu, die mit Wasser gefährlich reagieren. Bis auf fünf Vertreter, die ab Tunnelkategorie D beschränkt sind, ist für alle anderen der Stückguttransport nur für die Tunnelkategorie E untersagt. Bei einem Teil dieser Stoffe führt die gefährliche Reaktion mit Wasser zur Bildung entzündbarer oder ätzender Gase. Obwohl im ADR 2017 auch die Gefahrnummer X462 *fester Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert und giftige Gase bildet* existiert, ist sie in der Tabelle A für keinen Stoff vergeben. Trotzdem enthält die Tabelle A Einträge zu Stoffen, die bei Kontakt mit Wasser entzündbare giftige Gase bilden, bewertet mit Gefahrnummer 462. Auch diese Stoffe dürfen beim Stückguttransport die Tunnelkategorien A bis D passieren. Mit welchen Gefahren theoretisch zu rechnen ist, soll an einem Beispiel verdeutlicht werden. Der Stoff Calciumphosphid (UN-Nummer 1360, Gefahrnummer 462) reagiert bei Kontakt mit Wasser zu Calciumhydroxid und

Phosphan²⁶. Phosphan ist ein brennbares Gas, welches äußerst giftig ist und akute sowie chronische gesundheitliche Auswirkungen hat. Es ist kaum wasserlöslich. Da es schwerer als Luft ist, breitet es sich vorzugsweise in Bodennähe aus und kann deshalb zu Fernzündungen führen. Die höchstzulässige Menge je Beförderungseinheit bei Freistellung von den Vorschriften des ADR (siehe Kapitel 3.6.3) beträgt 20 kg. Diese Menge scheint nicht viel zu sein. Wird aber die Verpackung bei einem Unfall zerstört und die gesamte Stoffmenge gerät in Kontakt mit Wasser, so können sich, vollständige Reaktion vorausgesetzt, daraus 4,9 m³ Phosphan bilden, bezogen auf eine Umgebungstemperatur von 0°C. Diese Gasmenge reicht aus, um beispielsweise maximal 307 m³ zündfähiges Gas-Luft-Gemisch²⁷ zu bilden. Da die obere Explosionsgrenze mit fast 100Vol% angegeben ist, sind auch Zündungen geringerer Gemischvolumina bei höherem Anteil von Phosphan denkbar. Bezüglich der Erzeugung einer toxischen Umgebungsatmosphäre im Tunnel kann auch ein Beispiel zur Veranschaulichung konstruiert werden. Für Deutschlands längsten Tunnel, den Rennsteigtunnel, mit einer Lichtraumhöhe von 4,5 m und einer Lichtraumbreite von 9,5 m kann für die 7916 m lange Röhre grob ein Volumen von 280 410 m³ berechnet werden. Das bei dieser Reaktion freigesetzte Gasvolumen würde theoretisch (ohne Lüftung und gleichmäßige Verteilung vorausgesetzt) eine Konzentration in der gesamten Tunnelröhre von etwa 17 ppm erzeugen können. Der ETW-1 für Phosphan liegt bei einem Wert von 2 ppm. Das ist wohlgermerkt ein konstruiertes Beispiel. Außerdem würde sich vom Ereignisort ausgehend ein Konzentrationsgradient im Tunnel einstellen, was aber auch bedeutet, dass Bereiche mit weitaus höheren Konzentrationen auftreten können. Auch gibt es in Tunnel Lüftungsanlagen, mit deren Hilfe die Absaugung und damit Verdünnung von Schadgaskonzentrationen erfolgen kann. Was aber für Einsatzkräfte und für die Planung von Einsätzen wichtig ist, resultiert aus der Tatsache, dass es sich in diesem Beispiel um eine freigestellte Beförderung handelt, somit besteht keine Kennzeichnungspflicht des Fahrzeugs, die nach außen hin dieses spezielle Gefahrgut identifizierbar macht und keine Beschränkung hinsichtlich des Befahrens von Tunneln.

4.4.3 Gefahrenpotenziale einzelner Tunnelkategorien

Zu Beginn der Bearbeitung dieses Projektes bestand die Zielstellung darin, das Gefahrenpotenzial für jede Tunnelkategorie in übersichtlicher Form aufzuzeigen. Wie sich zeigte, war das nicht möglich. Je weniger restriktiv eine Tunnelkategorie ist, desto vielfältiger und damit unübersichtlicher werden die Möglichkeiten der Anwesenheit von Gefahrgütern auf Fahrzeugen. Somit wurde nur für die Tunnelkategorien D und E die folgende Zusammenfassung erarbeitet.

²⁶ Das Gas PH₃ ist auch bekannt als Phosphin.

²⁷ bei einer UEG von 1,6 Vol%

E-Tunnel

Einsatzkräfte der Feuerwehr, die in ihrem Ausrückebereich Tunnel der Kategorie E zu versorgen haben, müssen sich auf die Bewältigung möglicher Ereignisse im Zusammenhang mit Tank- und Schüttguttransporten von umweltgefährdenden (hier wasserverunreinigenden) festen und flüssigen Stoffen der Gefahrgutklasse 9, die aber nicht näher bezeichnet sind, vorbereiten. Diese Stoffe wurden in die Verpackungsgruppe III eingestuft und sind daher als gering gefährlich bewertet. Auch sind Tank- und Schüttguttransporte von klinischem Abfall (unspezifiziert) und (bio)medizinischem Abfall sowie Tanktransporte von biologischen Stoffen der Kategorie B zulässig (Gefahrgutklasse 6.2). Radioaktive Stoffe (spaltbar und nicht spaltbar, auch freigestellt), die unter Sondervereinbarung befördert werden, dürfen diese Tunnelkategorie im Stückguttransport passieren. Handelt es sich um die Beförderung nach den im Kapitel 3.6.3 beschriebenen Bedingungen, können eine ganze Reihe von Gefahrgütern in nicht unwesentlichen Mengen je Beförderungseinheit (siehe Beispiel in Kapitel 4.4.2) durch E-Tunnel transportiert werden, ohne den Vorschriften des ADR zu unterliegen. Dann benötigen die Fahrzeuge keine Kennzeichnung und nichts weist von außen auf die Anwesenheit von Gefahrgut hin.

D-Tunnel

Feuerwehren, die in Tunnel der Kategorie D zum Einsatz kommen, können auf Szenarien mit Tanktransporten von verdichteten, erstickend oder oxidierend wirkende, Gasen der Gefahrgutklasse 2 treffen. Es handelt sich hierbei um verdichtete Gase wie Edelgase, Stickstoff, Sauerstoff, Druckluft sowie Ammoniaklösung. Stoffe der Gefahrgutklasse 3 dürfen durch diese Tunnelkategorie nicht im Tank transportiert werden, dennoch können Szenarien mit Tanktransporten von Stoffen auftreten, deren Gefahrunummern ebenfalls mit der Ziffer 3 beginnen, also entzündbare Flüssigkeiten sind und sogar gleiche Zifferncodes aufweisen können, aber anderen Gefahrgutklassen zugeordnet sind. So können Tanktransporte von Stoffen mit den Gefahrunummern 30, 36 und 38 auftreten. Es handelt sich hierbei um Vertreter der Gefahrgutklasse 4.2 *Selbstentzündliche Stoffe*. In den konkreten Fällen sind es selbsterhitzungsfähige flüssige anorganische oder organische Stoffe, zum Teil mit den Nebeneigenschaften giftig oder ätzend. Da die gleichen Gefahrunummern auch für die Beschreibung gefährlicher Eigenschaften der Stoffe der Gefahrgutklasse 3 verwendet werden, kann aus dieser Information zwar nicht die Gefahrgutklasse abgeleitet werden, wohl aber die Tatsache, dass es sich um entzündbare flüssige Stoffe handelt. Ähnlich verhält es sich mit den zum Tanktransport für diese Tunnelkategorie zugelassenen Stoffen, deren gefährliche Eigenschaften mit den Gefahrunummern 323, 362 und 382 beschrieben werden. Diese gehören ebenfalls nicht zur Gefahrgutklasse 3 sondern zur Klasse 4.3 *Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln*. Es können also Szenarien mit

größeren Freisetzungen von entzündbaren flüssigen Stoffen auftreten, die in der Tabelle A des ADR 2017 ausnahmslos als *mit Wasser reagierender flüssiger Stoff* bzw. *mit Wasser reagierender flüssiger metallorganischer Stoff* betitelt sind, erstere können auch giftig oder ätzend sein. Aus den Gefahrnummern ist ableitbar, dass Wasseranwendung zur Reaktion und damit verbunden zur Bildung und Freisetzung von brennbaren Gasen führt, die mit Luft explosionsfähige Gemische bilden können. Brandszenarien und Freisetzung von giftigen Stoffen sollten in Tunneln der Kategorie D eigentlich vermieden werden. In D-Tunneln sind weiterhin Tanktransporte von Stoffen mit den Gefahrnummern 40, 46 und 48 zulässig. Diese Stoffe können zu den Gefahrgutklassen 4.1 *Entzündbare feste Stoffe, selbstzersetzliche Stoffe und desensibilisierte explosive Stoffe* oder 4.2 *Selbstentzündliche Stoffe* gehören. Es betrifft also entzündbare oder selbsterhitzungsfähige feste Stoffe bzw. auch selbstzersetzliche oder polymerisierende im Fall der Gefahrnummer 40. Diese Stoffe können zusätzlich giftig oder ätzend sein. Es handelt sich hierbei um Tanktransporte entzündbarer fester Stoffe ohne Nebengefahr anorganischer oder organischer Natur. Diese Information kann die Gefahrnummer 40 so konkret nicht leisten. Hierunter befinden sich viele Metallpulver, Metallhydride, Metallsalze organischer Verbindungen, amorpher Phosphor, Schwefel u. a.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Wie gezeigt werden konnte, ist eine Korrelation zwischen Tunnelbeschränkungscode und Gefahrnummern in den einzelnen Gefahrgutklassen nur in wenigen Fällen feststellbar. Als Hilfsmittel für die Planung der vorzuhaltenden Kräfte und Mittel für Feuerwehren, in deren Ausrückebereich sich Tunnel befinden, sowie für die Vorbereitung auf entsprechende Einsätze und das Agieren vor Ort bietet diese Korrelation nur wenig Ansatzpunkte. Auch unter dem Aspekt, dass es derzeit in Deutschland, gemessen an der Gesamtzahl der Straßentunnel, nur sehr wenige gibt, die eine Einstufung abweichend von Kategorie A erhalten haben. Diese Aussage kann zwar nur für die Tunnel getroffen werden, die sich in der Baulast des Bundes befinden. Wie außerdem dargestellt werden konnte, sind bis in die Tunnelkategorie D Tanktransporte von einigen Gefahrgütern möglich, von denen im Havariefall Freisetzungen von Gasen oder Dämpfen mit brennbaren und/oder giftigen und/oder ätzenden Eigenschaften zu erwarten sind, zum Teil auch durch (gefährliche) Reaktion mit Wasser. Beim Stückguttransport ist der größte Teil dieser Güter bis einschließlich der Tunnelkategorie D freigegeben, während die Beförderung freigestellter oder begrenzter Mengen Gefahrgüter ohne Kennzeichnung des Fahrzeugs durch alle Tunnel möglich ist. Daran orientiert bedeutet es für die Feuerwehren, die für Tunnel zuständig sind, sich für alle Eventualitäten zu rüsten.

6 LITERATUR

[ADR 2017]

Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR), in der ab 01.01.2017 geltenden Fassung, 25. ADR-Änderungsverordnung vom 25. Oktober 2016 (BGBl. 2016 II S. 1203 mit Anlageband)

[Baltzer et al. 2009]

Baltzer, W.; Riepe, W.; Zimmermann, U.; Zulauf, Ch.; Imhof, D.; Mayer, G.: Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007, Schlussbericht und Anhang, Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Länder, 2009

[BAM 2017]

BAM: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Gefahrgut-Schnellinfo – Hilfe, Klassifizierungscode, <https://www.dgg.bam.de/quickinfo/de/help/classificationcode>, gefunden am 18.08.2017

[BASt 2017]

BASt: Bundesanstalt für Straßenwesen: Straßenverkehrsunfälle beim Transport gefährlicher Güter, <http://www.bast.de/DE/Statistik/statistik-node.html>, gefunden 09.10.2017

[BMVI 2017/1]

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Referat G 33 - Beförderung gefährlicher Güter -, meldepflichtige Ereignisse nach den Kriterien des Abschnitts 1.8.5 ADR/RID/ADN, Bonn 2017

[BMVI 2017/2]

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Referat G 33 - Beförderung gefährlicher Güter -, schriftliche Mitteilung, Bonn 2017

[BMVI 2017/3]

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Beschränkung der Nutzung von Straßentunneln gemäß Europäischem Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR),

<http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Gefahrgut/beschaenkung-der-nutzung-von-strassentunneln-gemaess-adr.html>, gefunden am 13.01.2017

[BMVI 2017/4]

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Tunnel: Daten, Zahlen, Fakten, <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/tunnel-zahlen-daten-fakten.html>, gefunden am 10.08.2017

[CLP 2008]

CLP Verordnung, Verordnung VO(EG)1272/2008: Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlamentes und Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006.

[Conrad 2017]

Conrad, J.: ADR 2017 Tabelle A, Format Excel-Datei, Mittelhäusern (CH), 2016

[Destatis 2012]

Statistisches Bundesamt: Verkehr – Gefahrguttransporte 2010, Fachserie 8 Reihe 1.4, Wiesbaden 2012

[Destatis 2013]

Statistisches Bundesamt: Verkehr – Gefahrguttransporte 2011, Fachserie 8 Reihe 1.4, Wiesbaden 2013

[Destatis 2014]

Statistisches Bundesamt: Verkehr – Gefahrguttransporte 2012, Fachserie 8 Reihe 1.4, Wiesbaden 2014

[Destatis 2015]

Statistisches Bundesamt: Verkehr – Gefahrguttransporte 2013, Fachserie 8 Reihe 1.4, Wiesbaden 2015

[Destatis 2016/1]

Statistisches Bundesamt: telefonische Auskunft zu Begriffsklärung und Verständnis, Wiesbaden 2016

[Destatis 2016/2]

Statistisches Bundesamt: Verkehr – Gefahrguttransporte 2014, Fachserie 8 Reihe 1.4, Wiesbaden 2016

[Destatis 2016/3]

Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle – Unfälle von Güterkraftfahrzeugen im Straßenverkehr - 2015, Wiesbaden 2016

[Destatis 2017/1]

Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle – Zeitreihen 2016, Wiesbaden 2017

[Destatis 2017/2]

Statistisches Bundesamt: Ergebnisse der Straßenverkehrsunfallstatistik, Mündliche Mitteilung die Datenerhebung betreffend, Wiesbaden 2017

[DIN 1076]

DIN 1076: Bauwerksprüfung nach DIN 1076 - Bedeutung, Organisation, Kosten, Dokumentation 2013, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2013, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Strasse/dokumentation-bauwerkspruefung-nach-din-1076.pdf?__blob=publicationFile, gefunden am 15.08.2017

[EP 2004]

Europäische Union: Richtlinie 2004/54/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im transeuropäischen Straßennetz, Straßburg 2004

[Eri-Card 2017]

Die CEFIC-"Emergency Response Intervention Cards" (ERI-Cards), Informationen für die Feuerwehr über erste Einsatzmaßnahmen beim Eintreffen am Ereignisort eines Gefahrgutunfalls, <http://www.ericards.net>

[Gestis 2017]

GESTIS-Stoffdatenbank, Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), <http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>, gefunden am 30.08.2017

[IFA 2017]

International Fire Academy: Alle zwölf Tage ein Brand in einem Tunnel, <http://www.ifa-swiss.ch/uva/news>, gefunden am 19.06.2017

[Jahn et al. 2015]

Jahn, E.; Starke, H.; Seliger, U.: Maßnahmen und taktische Vorgehensweise bei der Brandbekämpfung in Straßentunneln unter besonderer Berücksichtigung von Gefahrstoffen, Brandschutzforschung der Bundesländer, Forschungsprojekt Nr. 65 (IdF – 3/2009), Bericht Nr. 163, Heyrothsberge 2015

[Kaiser et. al 2010]

Kaiser, W.; Godager, S.; Neuhalfen, E.; Kornek, R.; Schindler, M.; Thrun, B.: Wirksamkeit / Effizienz störfallbegrenzender Maßnahmen im Hinblick auf die Ausbreitung gasförmiger Stoffe, Abschlussbericht, TÜV-Auftrags-Nr.: 620-10483220/11, TÜV Rheinland, 2010

[Lanxess 2017]

Lanxess Energizing Chemistry: Sicherheitsdatenblatt Fluorsulfonsäure, <https://typo3.t3.lanxess.com>, gefunden am 30.08.2017

[Merck 2017]

Merck KGaA: Sicherheitsdatenblatt Nitrosylschwefelsäure, <http://beta.b2b-trader.de/pline.b2b-trader.de/images/pPool-5556070010-6556-00035/application/820911.pdf>, gefunden am 30.08.2017

[RABT 2006]

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit: Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln – RABT, Ausgabe 2006, Köln 2006

[RVS-AA 2013]

Arbeitsausschuss für Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen: Auswertung der ASFINAG-Tunnelbrandstatistik 2006-2012, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2013

[Wehrstedt et al.2017]

Wehrstedt, K.-D.; Döring, I.; Holtappels, K.; Krischok, F.; Michael-Schulz, H.; Oeleker, K.; v. Oertzen, A.; Pötzsch, M.; Thomalla, N.: Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter, Handbuch über Prüfungen und Kriterien, sechste überarbeitete Ausgabe, Vereinte Nationen, New York und Genf, 2015, Deutsche Übersetzung 2017, überarbeitete, ergänzte und korrigierte Fassung, Herausgeber Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin 2017

[Wikipedia 2017]

Wikipedia: Stückgut, <https://de.wikipedia.org/wiki/St%C3%BCckgut>, gefunden am 02.11.2017