



5. Internationales Tunnelforum Leipzig 04.09.2013

Brandbekämpfung in Straßentunneln bei Beteiligung von Gefahrstoffen

Elke Jahn
Horst Starke

Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt



Problemstellung

- **Wie spiegeln sich die Gefahrstoffklassen und die Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr, die den einzelnen UN-Nummern zugeordnet werden, in den Kriterien der Tunnelkategorisierung wider? Die Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr bilden in Gefahrguteinsätzen der Feuerwehr eine wesentliche Informationsquelle für Sofortmaßnahmen.**
- **Resultieren aus der Tunnelkategorisierung Schlussfolgerungen für einen Einbau von stationären Löschanlagen in Tunneln in Abhängigkeit von den in einer bestimmten Kategorie für die Durchfahrt erlaubten Gefahrgütern?**



Inhalt

- **Kategorisierung der Straßentunnel**

 - Kriterien der Kategorisierung von Straßentunneln

 - Tunnelbeschränkungscode der Gefahrgüter

 - Durchfahrtbeschränkungen für Tunnel für Tanktransport

- **Gefahrgutaukommen in Deutschland**

- **Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr entsprechend ADR**

- **Durchfahrtbeschränkungen für Gefahrgüter verschiedener Gefahrklassen**

 - Gefahrklasse 4.3

 - Gefahrklasse 2

 - Gefahrklasse 3

 - Gefahrklasse 8

- **Schlussfolgerungen**

Kriterien für Kategorisierung von Straßentunneln

Quelle: ADR



Tunnelkategorie	Erklärung
A	<p>Keine Beschränkung für gefährliche Güter Ausnahmen können abweichend geregelt werden für: UN 2919 Radioaktive Stoffe unter Sondervereinbarung UN 3331 Radioaktive Stoffe, spaltbar, unter Sondervereinbarung</p>
B	<p>Beschränkungen für gefährliche Güter, die zu einer</p> <ul style="list-style-type: none">• sehr großen Explosion führen können
C	<p>Beschränkungen für gefährliche Güter, die zu einer/einem</p> <ul style="list-style-type: none">• sehr großen Explosion („B“-Güter) oder• großen Explosion oder• umfangreichen Freiwerden giftiger Stoffe führen können
D	<p>Beschränkungen für gefährliche Güter, die zu einer/einem</p> <ul style="list-style-type: none">• sehr großen Explosion („B“-Güter) oder• großen Explosion („C“-Güter) oder• umfangreichen Freiwerden giftiger Stoffe („C“-Güter) oder• großen Brand führen können
E	<p>Beschränkungen für alle gefährlichen Güter mit Ausnahme der UN-Nummern 2919, 3291, 3331, 3359 und 3373</p>

Durchfahrtbeschränkungen für Tunnel für Tanktransport



Tunnelbeschränkungscode (TBC) der Ladung	Tunnelkategorie				
	A	B	C	D	E
B	erlaubt	verboten	verboten	verboten	verboten
B 1000 C NEM über 1000 kg	erlaubt	verboten	verboten	verboten	verboten
B 1000 C NEM bis 1000 kg	erlaubt	erlaubt	verboten	verboten	verboten
B / D	erlaubt	verboten	verboten	verboten	verboten
B / E	erlaubt	verboten	verboten	verboten	verboten
C	erlaubt	erlaubt	verboten	verboten	verboten
C / D	erlaubt	erlaubt	verboten	verboten	verboten
C / E	erlaubt	erlaubt	verboten	verboten	verboten
D	erlaubt	erlaubt	erlaubt	verboten	verboten
D / E	erlaubt	erlaubt	erlaubt	verboten	verboten
E	erlaubt	erlaubt	erlaubt	erlaubt	verboten

Tunnel mit Durchfahrtbeschränkungen in Deutschland (Quelle: www.bmvbs.de)



Bezeichnung der Straße und / oder des Tunnels	Tunnelkategorie und ggf. Zeitfenster
B 38 Saukopftunnel (Weinheim)	E
B 312 Bereich Flughafen Stuttgart (unter Start- und Landebahn Flughafen Stuttgart)	E
Gemeindestraße Schlossbergtunnel (Heidelberg)	E
B 10 – „Westringtunnel“ (Ulm)	E
Berlin A 113 km 10,193 – 10,493 u. km 11,183 – 12,083	B
Berlin BAB A 100 km 1,4 – 1,931	E
Hamburg Wallringtunnel	E
Hamburg Tunnel Alsterkrugchaussee / Sengelmannstraße	E von 6.00 bis 21.00 Uhr, C in der übrigen Zeit
Hamburg A 7 - Elbtunnel	E von 5.00 bis 23.00 Uhr, C in der übrigen Zeit
Niedersachsen A 31 - Emstunnel	B
Nordrhein-Westfalen B 9 Tunnel Bad Godesberg	E
B 61n – Streckenabschnitt 99,1 Weserauentunnel	E
Thüringen A 71 Tunnel Alte Burg km 112,3 – 113,2	E
Thüringen A 71 Tunnel Rennsteig km 114,3 – 122,7	E
Thüringen A 71 Tunnel Hochwald km 123,6 – 124,3	E
Thüringen A 71 Tunnel Berg Bock km 126,4 – 129,0	E

Risikoszenarien von Straßentunneln entsprechend OECD/PIARC



Szenario Nr.	Beschreibung	Tank-Volumen	Leckgröße [mm]	Massenstrom-rate [kg/s]
1	LKW Brand 20 MW	-	-	-
2	LKW Brand 100 MW	-	-	-
3	Heißgasexplosion (Flüssiggasflaschen)	50 kg	-	-
4	Benzin Lachenbrand	28 t	100	20,6
5	Dampfexplosion Benzin	28 t	100	20,6
6	Chloraustritt	20 t	50	45
7	Heißgasexplosion (Flüssiggastank)	18 t	-	-
8	Dampfexplosion (Flüssiggastank)	18 t	50	36
9	Freistrahbrand (Flüssiggastank)	18 t	50	36
10	Austritt von Ammoniak	20 t	50	36
11	Austritt von Acrolein aus Tanks	25 t	100	24,8
12	Austritt von Acrolein aus Flaschen	100 Liter	4	0,02
13	Gasexplosion von tiefgekühltem verflüssigten CO ₂	20 t	-	-

Risikoszenarien für Straßentunnel im Verfahren der Kategorisierung von Tunneln in Deutschland

(Verfahren zur Kategorisierung von Straßentunneln gemäß ADR 2007, FE 03.0437/2007/FRB; FE 86.0050/2008, www.bast.de)



Institut der
Feuerwehr
Sachsen-Anhalt

Leitstoff	Freisetzungsort	Freige- setzte Menge	Berücksichtigte Ausbreitungs- und Wirkungsarten	Abgebildete Hauptgefahr gemäß ADR
Benzin	Tanktransport; spontane oder kontinuierliche Freisetzung von rund 20 m ³	15 t	<ul style="list-style-type: none"> • Sofortige Zündung und Lachenbrand • Lachenbildung und verzögerte Zündung • Rauchgasausbreitung 	große Brandgefahr
	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 und verzögerte Zündung • Rauchgasausbreitung 	-
Propan	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 Feuerball/BLEVE • Verzögerte Zündung und Gaswolkenbrand und/oder Freistrahbrand 	sehr große Explosionsgefahr
	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 Feuerball/BLEVE • Verzögerte Zündung und Gaswolkenbrand und/oder Freistrahbrand 	große Brandgefahr
Chlor	Tanktransport; spontane Freisetzung von 4 t	4 t	<ul style="list-style-type: none"> • Schwergasausbreitung und humantoxische Wirkungen 	Freisetzung giftiger Stoffe
	Transport in Kleingebinden (Gesamtmenge <50kg), spontane	50 kg	<ul style="list-style-type: none"> • Schwergasausbreitung und humantoxische 	-

Anteile der Verkehrsträger an der Beförderungsmenge von Gefahrgütern im Jahr 2010 in %

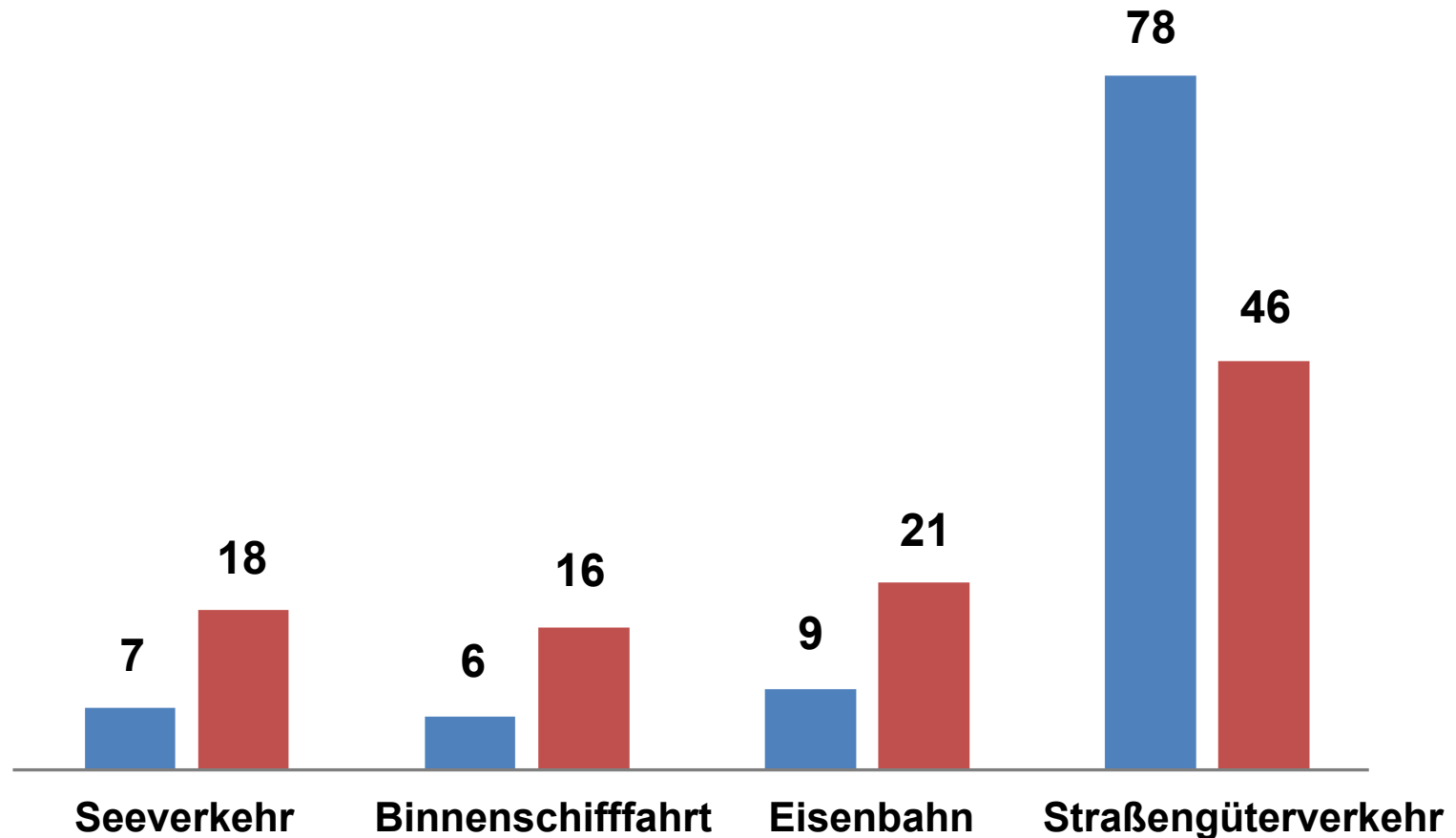
(deutsche u. ausländische Fahrzeuge ohne Durchgangsverkehr;

Quelle: Statistisches Bundesamt, DESTATIS, Fachserie 8 / Reihe 1.4, Verkehr, Gefahrguttransporte 2010, 06.11.2012)



Institut der
Feuerwehr
Sachsen-Anhalt

■ **Gütertransporte insgesamt** ■ **Gefahrguttransporte**



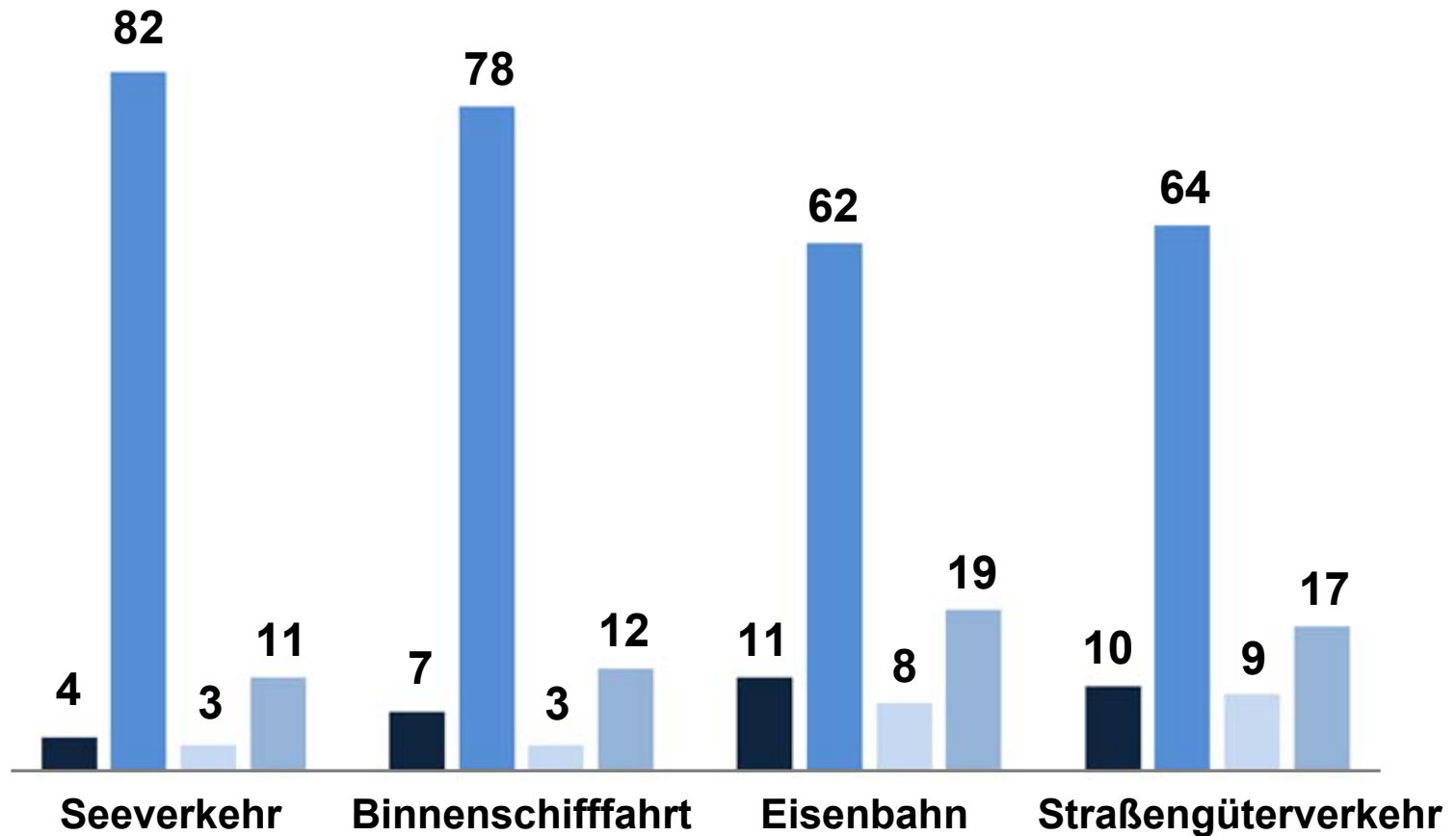
Anteile ausgewählter Gefahrklassen an den Gefahrguttransporten nach Verkehrsträgern in %

(Quelle: Statistisches Bundesamt, DESTATIS, Fachserie 8 / Reihe 1.4, Verkehr,
Gefahrguttransporte 2010, 06.11.2012)



Institut der
Feuerwehr
Sachsen-Anhalt

■ Gefahrklasse 2 ■ Gefahrklasse 3 ■ Gefahrklasse 8 ■ übrige Gefahrklassen



Straßengütertransport mit deutschen Fahrzeugen ohne Durchgangsverkehr im Jahr 2010 in 1000 Tonnen

(Quelle: Statistisches Bundesamt, DESTATIS, Fachserie 8 / Reihe 1.4,
Verkehr, Gefahrguttransporte 2010, 06.11.2012)



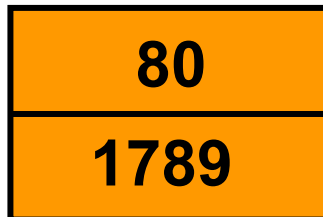
Institut der
Feuerwehr
Sachsen-Anhalt

	Insgesamt	Anteil normiert	Binnenverkehr
Gesamttransportmenge	2714786		2594703
darunter Gefahrgut insgesamt	127555		121121
davon Klasse			
1 Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff	700	5,50E-03	648
2 Gase	12714	9,97E-02	11147
3 Entzündbare flüssige Stoffe	84034	6,60E-01	82476
4.1 Entzündbare feste Stoffe	3858	3,00E-02	3567
4.2 Selbstentzündliche Stoffe	1142	8,90E-03	992
4.3 Stoffe, die mit Wasser entzündliche Gase entwickeln	2116	1,66E-02	1964
5.1 Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe	6338	4,97E-02	5808
5.2 Organische Peroxide	24	1,88E-04	21
6.1 Giftige Stoffe	2763	2,17E-02	2389
6.2 Ansteckungsgefährliche Stoffe	16	1,25E-04	14
8 Ätzende Stoffe	10480	8,22E-02	8994
9 Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände	3370	2,64E-02	3102



Stoffliste des ADR mit UN-Nummern und Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr

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	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)
3 (E)	V12				80	1789	CHLORWASSERSTOFFSÄURE
1 (C/D)			CV13 CV28	S14	886	1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 85 % Fluorwasserstoff
2 (E)			CV13 CV28		86	1790	FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit höchstens 60 % Fluorwasserstoff



Orange Tafel am Fahrzeug für
Chlorwasserstoffsäure



Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr

Die Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr besteht für Stoffe der Klassen 2 bis 9 aus zwei oder drei Ziffern.

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

Die Verdoppelung einer Ziffer weist auf die Zunahme der entsprechenden Gefahr hin. Wenn der Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr der Buchstabe «X» vorangestellt ist, bedeutet dies, dass der Stoff in gefährlicher Weise mit Wasser reagiert. Bei solchen Stoffen darf Wasser nur im Einverständnis mit Sachverständigen verwendet werden.

Beispiel:

Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr : 80 → ätzender oder schwach ätzender Stoff

Durchfahrtbeschränkungen für Gefahrgüter der Gefahrklasse 4.3 (Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln), sortiert nach Zuordnung zu Gefahrnummern

Tunnelkategorien					Stoffbeispiele
A	B	C	D	E	
323					
X323	entzündbarer flüssiger Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert und entzündbare Gase bildet *				UN 1389: ALKALIMETALL-AMALGAM, FLÜSSIG
X338	leicht entzündbarer flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser gefährlich reagiert *				UN 1295: TRICHLORSILAN
362					
X362	entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, der mit Wasser gefährlich reagiert und entzündbare Gase bildet *				UN 3130: MIT WASSER REAGIERENDER FLÜSSIGER STOFF, GIFTIG, N.A.G., Vp I
382	entzündbarer flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet				nur UN 2965 mit TBC B/E
X382	entzündbarer flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser gefährlich reagiert und entzündbare Gase bildet *				UN 3129: MIT WASSER REAGIERENDER FLÜSSIGER STOFF, ÄTZEND, N.A.G., Vp I
423					
X423	fester Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert und entzündbare Gase bildet, oder entzündbarer fester Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert und entzündbare Gase bildet, oder selbsterhitzungsfähiger fester Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert und entzündbare Gase bildet *				UN 1402: CALCIUMCARBID, Vp I UN 1415: LITHIUM
462					
482					
X482	fester Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert und ätzende Gase bildet *				UN 3131: MIT WASSER REAGIERENDER FESTER STOFF, ÄTZEND, N.A.G., Vp I

* Wasser darf nur im Einverständnis mit Sachverständigen verwendet werden

Durchfahrt erlaubt
 Durchfahrt verboten
 Durchfahrt für die meisten Gefahrgüter der jeweiligen Gefahrnummer erlaubt

Durchfahrtbeschränkungen für Gefahrgüter der Gefahrklasse 2 (Gase), sortiert nach Zuordnung zu Gefahrnummern

Tunnelkategorien					Stoffbeispiele
A	B	C	D	E	
ohne Gefahrnummer					
20	erstickendes Gas oder Gas, das	keine Zusatzgefahr	aufweist		UN 1013: KOHLENDIOXID (TBC C/E)
22	tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend				UN 2187: KOHLENDIOXID, TIEFGEKÜHLT, FLÜSSIG
223	tiefgekühlt verflüssigtes Gas, entzündbar				UN 1972: METHAN, TIEFGEKÜHLT, FLÜSSIG oder ERDGAS, TIEFGEKÜHLT, FLÜSSIG, mit hohem Methangehalt
225	tiefgekühlt verflüssigtes Gas, oxidierend (brandfördernd)				UN 1073: SAUERSTOFF, TIEFGEKÜHLT, FLÜSSIG
23	entzündbares Gas				UN 1965: KOHLENWASSERSTOFFGAS, GEMISCH, VERFLÜSSIGT, N.A.G. (Gemisch A, A 01, A 02, A 0, A 1, B 1, B 2, B oder C) UN 1978: PROPAN
239	entzündbarer flüssiger Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbares Gas bildet				UN 1001: ACETYLEN, GELÖST UN 1086: VINYLCHLORID, STABILISIERT
25	oxidierendes (brandförderndes) Gas				
26	giftiges Gas				
263	giftiges Gas, entzündbar				UN 1016: KOHLENMONOXID, VERDICHET UN 1053: SCHWEFELWASSERSTOFF
265	giftiges Gas, oxidierend (brandfördernd)				UN 1017: CHLOR
268	giftiges Gas, ätzend				UN 1005: AMMONIAK, WASSERFREI UN 1079: SCHWEFELDIOXID

 Durchfahrt erlaubt

 Durchfahrt verboten

 Durchfahrt teilweise für Gefahrgüter der jeweiligen Gefahrnummer erlaubt

Durchfahrtbeschränkungen für Gefahrgüter der Gefahrklasse 3 (Entzündbare flüssige Stoffe), sortiert nach Zuordnung zu Gefahrnummern

Tunnelkategorien					Stoffbeispiele
A	B	C	D	E	
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				<ul style="list-style-type: none"> • UN 1202: DIESELKRAFTSTOFF, der Norm EN 590:2004 entsprechend, oder GASÖL oder HEIZÖL, LEICHT mit einem Flammpunkt gemäß EN 590:2004 • UN 1267: ROHERDÖL Vp III
33	leicht entzündbarer flüssiger Stoff (Flammpunkt unter 23 °C)				<ul style="list-style-type: none"> • UN 1090: ACETON • UN 1203: BENZIN oder OTTOKRAFTSTOFF • UN 1268: ERDÖLDESTILLATE, N.A.G. oder ERDÖL-PRODUKTE, N.A.G. Vp I
336	leicht entzündbarer flüssiger Stoff, giftig				<ul style="list-style-type: none"> • UN 1230: METHANOL (TBC D/E) • UN 2478: ISOCYANATE, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G. oder ISOCYANAT, LÖSUNG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G. (TBC D/E)
338					
X338	leicht entzündbarer flüssiger Stoff, der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann *				<ul style="list-style-type: none"> • UN 1162: DIMETHYLDICHLORSILAN • UN 1250: METHYLTRICHLORSILAN
339	leicht entzündbarer flüssiger Stoff, der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann				<ul style="list-style-type: none"> • UN 1218: ISOPREN, STABILISIERT • UN 1301: VINYLACETAT, STABILISIERT • UN 1919: METHYLACRYLAT, STABILISIERT
36					
38					
39					

* Wasser darf nur im Einverständnis mit Sachverständigen verwendet werden

Durchfahrt erlaubt
 Durchfahrt verboten
 Durchfahrt teilweise für Gefahrgüter der jeweiligen Gefahrnummer erlaubt

Durchfahrtbeschränkungen für Gefahrgüter der Gefahrklasse 8 (Ätzende Stoffe), sortiert nach Zuordnung zu Gefahrnummern

Tunnelkategorien					Stoffbeispiele
A	B	C	D	E	
ohne Gefahrnummer					UN 2029: HYDRAZIN, WASSERFREI
80	ätzender oder schwach ätzender Stoff				UN 1789: CHLORWASSERSTOFFSÄURE UN 1824: NATRIUM-HYDROXIDLÖSUNG UN 1830: SCHWEFELSÄURE mit mehr als 51 % Säure
X80	ätzender oder schwach ätzender Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert *				
83	ätzender oder schwach ätzender Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23 °C bis einschließlich 60 °C)				UN 1779: AMEISENSÄURE mit mehr als 85 Masse-% Säure (TBC: D/E)
X83	ätzender oder schwach ätzender Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23 °C bis einschließlich 60 °C), der mit Wasser gefährlich reagiert *				
839	ätzender oder schwach ätzender Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23 °C bis einschließlich 60 °C), der spontan zu einer heftigen Reaktion führen kann				UN 2218: ACRYLSÄURE, STABILISIERT
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 *				
84					
85	ätzender oder schwach ätzender Stoff, oxidierend (brandfördernd)				UN 1802: PERCHLORSÄURE mit höchstens 50 Masse-% Säure
856	ätzender oder schwach ätzender Stoff, oxidierend (brandfördernd) und giftig				UN 2032: SALPETERSÄURE, ROTRAUCHEND
86					
88	stark ätzender Stoff				UN 2240: CHROM-SCHWEFELSÄURE

Fortsetzung der Tabelle nächste Seite

Durchfahrtbeschränkungen für Gefahrgüter der Gefahrklasse 8 (Ätzende Stoffe), sortiert nach Zuordnung zu Gefahrnummern (Fortsetzung)

Tunnelkategorien					Stoffbeispiele
A	B	C	D	E	
X88	stark ätzender Stoff, der mit Wasser gefährlich reagiert*				UN 1836: THIONYLCHLORID
883	stark ätzender Stoff, entzündbar (Flammpunkt von 23 °C bis einschließlich 60 °C)				
884	stark ätzender fester Stoff, entzündbar oder selbsterhitzungsfähig				
886	stark ätzender Stoff, giftig				UN 1052: FLUORWASSERSTOFF, WASSERFREI UN 1790: FLUORWASSERSTOFFSÄURE mit mehr als 85 % Fluorwasserstoff
X886	stark ätzender Stoff, giftig, der mit Wasser gefährlich reagiert*				UN 1831: SCHWEFELSÄURE, RAUCHEND

* Wasser darf nur im Einverständnis mit Sachverständigen verwendet werden

 Durchfahrt erlaubt

 Durchfahrt verboten

 Durchfahrt für die meisten Gefahrgüter der jeweiligen Gefahrklasse erlaubt



Schlussfolgerungen

Die Zuordnung der Nummern zur Kennzeichnung der Gefahr zu den Tunnelbeschränkungscode des ADR zeigt, dass signifikante Gefährdungsmerkmale mit bestimmten Tunnelkategorien korrelieren. Dieses ist von wesentlicher Bedeutung für die Feuerwehren, die in Gefahrenabwehrpläne von Tunneln eingebunden sind.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass alle Stoffe, die bei Kontakt mit Wasser entzündbare Gase bilden und daher ein besonderes Gefahrenpotential in sich tragen, mit dem Tunnelbeschränkungscode B belegt sind und daher die Beförderung durch Tunnel der Kategorien B bis E verboten ist. Damit wird ein Argument, das gegen den Einbau von stationären Löschanlagen in Tunneln der Kategorien B bis E spricht, entkräftet. Löschangriffe der Einsatzkräfte der Feuerwehr werden in Tunneln durch stationäre Löschanlagen effektiv unterstützt oder bei Großbränden überhaupt erst ermöglicht.



Schlussfolgerungen

Straßentunnel der Kategorien B und C sind für die Durchfahrt von Stoffen der Gefahrgruppe 3 („Entzündbare flüssige Stoffe“) freigegeben. Die Art der stationären Löschanlage muss an diese konkreten Bedingungen angepasst werden.

Eine Einstufung von Tunneln in die Kategorie C gewährleistet den Transport von Stoffen der Gefahrklasse 3, die den größten Anteil am Gesamtaufkommen an beförderten Fahrgütern auf der Straße repräsentiert.