
Transport gefährlicher Güter

Bernd Schulz-Forberg · Mario Eiben

Transport gefährlicher Güter

Bereitstellung reaktiver Stoffe für Prozesse

Bernd Schulz-Forberg
FORUM46 – Interdisziplinäres Forum für
Europa e. V.
Berlin, Berlin, Deutschland

Mario Eiben
Bundesanstalt für Materialforschung und
-prüfung
Berlin, Berlin, Deutschland

ISBN 978-3-662-71449-2 ISBN 978-3-662-71450-8 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-71450-8>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2025

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jede Person benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des/der jeweiligen Zeicheninhaber*in sind zu beachten.

Der Verlag, die Autor*innen und die Herausgeber*innen gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autor*innen oder die Herausgeber*innen übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Vorbemerkung

Bei dem Transport gefährlicher Güter handelt es sich um Transporte auf dem Land, also der Straße, der Schiene, auf den Binnenwasserstraßen sowie auf der See und in der Luft. Die gefährlichen Güter sind in aller Regel Stoffe, deren herausragende Eigenschaft die Reaktivität ist. „Reaktivität, auch Reaktionsfreudigkeit oder Triebkraft der Stoffe, ist eine Kern-Eigenschaft der chemischen Stoffe, also auch der einzelnen Elemente und Verbindungen, und bezeichnet damit die Fähigkeit der Stoffe, in Wechselwirkung mit anderen Stoffen zu treten, spontan und unter Freisetzung von Energie chemische Reaktionen auszulösen und im Ergebnis neue chemische Stoffe zu bilden. Diese Triebkraft resultiert aus dem Bestreben der Stoffe, möglichst abgeschlossene und damit energetisch günstigere Elektronenhüllen zu schaffen und damit zu erhalten. Im Verlauf der chemischen Reaktion kommt es daher zwischen den Partnermolekülen zum Austausch, d. h. zur Aufnahme und Abgabe von Elektronen und damit zugleich zur gemeinsamen Nutzung der abgeschlossenen Elektronenhülle und zu einem stabilen energetischen Zustand.

Reaktive Stoffe haben meist sog. funktionelle Gruppen, also Doppel- oder Dreifachbindungen, oder sie enthalten Chlor-, Sauerstoff- oder Stickstoffatome.

Wie es die Begriffe Reaktionsfreudigkeit oder Bildungstrieb andeuten, steckt eine Kraft in den chemischen Stoffen, die sie antreibt, sodass die Reaktionen oft sehr lebhaft bis stürmisch und unter Freisetzung von Wärme verlaufen (exotherme Reaktionen). Verlaufen die Reaktionen sogar explosionsartig, dann kommt es nicht zur Bindung, sondern dann gehen die Moleküle im wahrsten Sinne des Wortes in die Brüche.

Friedrich der Große schrieb dazu 1777 an Voltaire: „... Was soll ich zu den Chemikern sagen, die, anstatt Gold zu machen, es bei ihren Experimenten in Rauch aufgehen lassen?“ (Voltaire, Friedrich II, Briefwechsel).“

Soweit ein Zitat aus einem Brief von Frau Prof. Dr. Ursula Stephan, Halle, 2024.

Im Prinzip werden diese reaktiven Stoffe (gefährliche Güter) entweder zum Lager, zum Handel und somit zum Verbraucher oder zu Prozessanlagen transportiert, in denen sie den wesentlichen Bestandteil der stofflichen Seite in den Reaktoren darstellen. In

den unterschiedlichsten Prozessen in der Wirtschaft ist diese Reaktivität der eingesetzten Stoffe unverzichtbare Voraussetzung für erfolgreiche Prozessdurchführungen.

Die Vorlesungen der Autoren dieses Buches über den Transport gefährlicher Güter sind seit 2006 an der Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin (HWR), der Hochschule Furtwangen (HFU) und der Berliner Hochschule für Technik (BHT, ehemals Beuth Hochschule für Technik) angeboten worden. Die Industrie- und Handelskammern in Berlin und Reutlingen hatten jeweils die Vorlesungen an der HFU und der HWR zeitweise als Ausbildungsstoff und die Vortragenden als Dozenten gleichwertig für die Vorbereitung zur Prüfung für den Gefahrgutbeauftragten für die Straße nach der Gefahrgutbeauftragtenverordnung (GbV) anerkannt. Die Studierenden konnten sich nach absolvierter Vorlesung direkt bei der IHK zur Prüfung anmelden, ohne einen weiteren Kurs bei einem von der IHK anerkannten Schulungsveranstalter zu absolvieren.

Mit diesem Buch soll das komplexe und umfangreiche System zur Beförderung gefährlicher Güter für den Leser aufgeschlossen werden, was auch die Managementebene einschließt.

Die Regulierung bestimmter Vorgänge findet nach Austausch vieler Ideen im internationalen Raum statt und wirkt dann auch in den unmittelbaren Bereich der Firmen, einschließlich der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), zurück. Das Thema muss verstanden werden, und zwar in der Sache und im Prozess des Werdegangs. Hierzu finden sich hilfreiche Texte, die für das Management für zukünftiges Vorgehen wertvoll sein können.

Auch, wenn sich das Buch grundsätzlich auf die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße bezieht, können die meisten Angaben auch auf die Vorschriften für die anderen Verkehrsträger (Schiene, Binnenschifffahrt, Seeschifffahrt und den zivilen Luftverkehr) angewandt werden. Auch wird an dieser Stelle deutlich darauf hingewiesen, dass das Buch keinen Anspruch auf vollständige Abbildung der Gefahrgutvorschriften, insbesondere des ADR, erhebt. Vielmehr wird auf die wichtigsten Aspekte hingewiesen, die aus Sicht der Autoren für das Verstehen und den Umgang mit den Vorschriften essenziell sind.

Danksagung

Wir sprechen hier auch unseren Dank für Gespräche und Anregungen an Kolleginnen und Kollegen aus dem internationalen und nationalen Bereich, insbesondere aus der BAM, aus, ohne die unsere hoffentlich gelungene Gesamtsicht zum Transport gefährlicher Güter nicht hätte erfolgen können. Unser besonderer Dank gilt Frau Martina Stephan aus der BAM, die in besonderem Maße gestaltend an der Struktur der Vorlesung, die Grundlage für die Erstellung dieses Buches war, mitgewirkt hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Der Istzustand der Regeln für den Gefahrguttransport	2
1.2	Rückblick auf den Werdegang der Regeln	4
2	Risikobetrachtung	7
2.1	Beförderungsmengen und Unfallentwicklung	8
2.1.1	Texas City (USA) 1947	10
2.1.2	Langenweddingen 1967	11
2.1.3	Los Alfaques (Spanien) 1978	11
2.1.4	Ärmelkanal 1984	12
2.1.5	Herborn 1987	12
2.2	Risikobewertung	14
2.2.1	Einführung	14
2.2.2	Folgerungen aus dem Kalkar-Urteil	21
2.2.3	Vorgehensweisen der Behörden	25
	2.2.3.1 Aufgaben auf der Grundlage von Gefahrgutverordnungen	27
	2.2.3.2 Aufgaben auf der Grundlage von BImSchG und StörfallVO	28
	2.2.3.3 Aufgaben auf der Grundlage des Atomgesetzes (AtG) oder in Analogie dazu	28
2.2.4	Grundsätzliche Überlegungen für die Sicherheit bei der Beförderung gefährlicher Güter	30
2.2.5	Verschiedene Verfahren zur Risikobetrachtung und -bewertung	34
2.2.6	Formulierung der Ziele	37
2.2.7	Zusammenfassung der Vorstellungen zum Zielkomplex der UN-Regeln	39

2.2.8	Überlegungen zu den Strukturen der UN-Modellvorschriften	41
2.2.9	Tunnelbeschränkungen als Beispiel	42
3	Regelungen für den Gefahrguttransport	45
3.1	Internationales Recht	46
3.2	Umsetzung in Deutschland	51
3.3	Aufbau der internationalen Vorschriften	55
3.4	Arbeiten mit dem ADR – Tabelle A als Herzstück der Vorschrift	57
4	Klassifizierung und Kennzeichnung gefährlicher Güter	61
4.1	Einleitung	62
4.2	Die Gefahrgutklassen	66
4.2.1	Die Klassifizierungscodes und ihre Bedeutung	66
4.2.2	Klasse 1: Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff	67
4.2.3	Klasse 2: Gase	68
4.2.4	Klasse 3: Entzündbare flüssige Stoffe	73
4.2.5	Klasse 4.1: Entzündbare feste Stoffe, selbstzersetzliche Stoffe, polymerisierende Stoffe und desensibilisierte explosive feste Stoffe	75
4.2.6	Klasse 4.2: Selbstentzündliche Stoffe	79
4.2.7	Klasse 4.3: Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln	79
4.2.8	Klasse 5.1: Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe	81
4.2.9	Klasse 5.2: Organische Peroxide	85
4.2.10	Klasse 6.1: Giftige Stoffe	88
4.2.11	Klasse 6.2: Ansteckungsgefährliche Stoffe	91
4.2.12	Klasse 7: Radioaktive Stoffe	96
4.2.13	Klasse 8: Ätzende Stoffe	101
4.2.14	Klasse 9: Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände ...	103
4.3	Kennzeichnung und Bezettelung von Umschließungen	109
4.3.1	Kennzeichnung und Bezettelung von Versandstücken	110
4.3.2	Kennzeichnung und Bezettelung von Fahrzeugen, Tanks und Containern	113
5	Umschließungen	125
5.1	Einleitung	126
5.2	Verpackungen im engeren Sinn	128
5.2.1	Verwendungsdauer und Beförderungsvorschriften	130
5.2.2	Bau- und Prüfvorschriften im Überblick	131
5.2.3	Bauarten der Verpackungen	133
5.2.4	Verpackungsprüfungen	137

5.2.4.1	Fallprüfung	138
5.2.4.2	Dichtheitsprüfung	140
5.2.4.3	Hydraulische Innendruckprüfung	140
5.2.4.4	Stapeldruckprüfung	141
5.2.4.5	Zusatzprüfung auf Permeation	142
5.2.4.6	Nachweis der chemischen Verträglichkeit für Kunststoffverpackungen und Assimilierung zu Standardflüssigkeiten	142
5.3	Großpackmittel (IBC)	144
5.3.1	Verwendung	145
5.3.2	Bau- und Prüfvorschriften	148
5.4	Großverpackungen (LP – Large Packagings)	150
5.5	UN-Kennzeichen für die Verpackungen	151
5.5.1	UN-Kennzeichen für Verpackungen (exkl. Großpackmittel (IBC) und Großverpackungen)	153
5.5.2	UN-Kennzeichen für Großpackmittel (IBC) und Großverpackungen	154
5.6	Umschließungen für Gase	156
5.7	Verpackungen für ansteckungsgefährliche Stoffe der Kategorie A (UN 2814 und 2900)	159
5.8	Verpackungen für radioaktive Stoffe	160
5.8.1	Unfallsichere Umschließungen	161
5.8.1.1	Prüfungen zur Realisierung der Unfallsicherheit	162
5.8.1.2	Versuche und Ergebnisse	163
5.8.1.3	Abschließende Bemerkungen	167
5.9	Tanks	170
5.9.1	Bau- und Prüfvorschriften für Tanks	172
5.9.1.1	ADR-Tanks	173
5.9.1.2	Ortsbewegliche Tanks (UN-Tanks)	183
5.10	Schüttgutcontainer (auch Bulk-Container oder BK-Container genannt)	188
5.11	Container	188
5.11.1	Zulassung von Containern	189
5.11.2	Prüfung und Besichtigung	189
5.11.3	Instandhaltung der Container	189
5.12	Schlussbetrachtungen zu Umschließungen	190
6	Sondervorschriften für die Beförderung, Sicherung von Gefahrguttransporten und Freistellungsmöglichkeiten	193
6.1	Sondervorschriften für die Beförderung	194
6.1.1	Versandstücke	194
6.1.2	Beförderung in loser Schüttung	195

6.1.3	Be- und Entladung, Handhabung	197
6.1.3.1	Zusammenladeverbote	198
6.1.3.2	Vorsichtsmaßnahmen bei Nahrungs-, Genuss- und Futtermitteln	199
6.1.3.3	Begrenzung der beförderten Mengen	200
6.1.3.4	Handhabung und Verstaung	200
6.1.3.5	Reinigen nach dem Entladen	200
6.1.4	Betrieb	200
6.2	Sicherung von Gefahrguttransporten	202
6.3	Freistellungsmöglichkeiten	204
6.3.1	Freistellung für Privatpersonen	204
6.3.2	Grundsätzliche Freistellungsmöglichkeiten	205
6.3.3	Mengenabhängige Freistellungsmöglichkeiten	207
6.3.3.1	„1000-Punkte-Regel“ nach Unterabschnitt 1.1.3.6 des ADR	208
6.3.3.2	Begrenzte Mengen	210
6.3.3.3	Freigestellte Mengen	214
7	ADR-spezifische Vorschriften für die Fahrzeugbesatzung/Ausbildung von Personen	219
7.1	Mitzuführende Dokumente	219
7.2	Ausrüstung	220
7.3	Ausbildung von Personen, die an der Beförderung gefährlicher Güter beteiligt sind	221
7.3.1	Fahrzeugführer	222
7.3.2	Gefahrgutbeauftragte	222
8	Zukünfte	225
8.1	Risikobeurteilungen	226
8.2	Regelungen für den Gefahrguttransport	232
8.2.1	Einführung in die Berufsausbildung allgemeiner Art	232
8.2.2	Ausbildung, Weiterbildung und Anlernprozesse im Gefahrgutrecht	234
8.2.3	Anregungen	236
8.3	UN, ECOSOC, ADR	236
	Literatur	239

Abkürzungsverzeichnis

AART	Allgemein anerkannte Regeln der Technik
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voie de navigation intérieure (Europäisches Übereinkommen vom 26. Mai 2000 über die internationale Beförderung von gefährlichen Gütern auf Binnenwasserstraßen)
ADR	Accord relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route (Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße)
AFNOR	Association française de normalization (französische Normungsorganisation)
ALARA	As Low As Reasonable Achievable
ANSI	American National Standards Institute (amerikanisches Institut für Normung)
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations (Verband Südostasiatischer Nationen)
ASTM (ASTM International)	American Society for Testing and Materials (Normungsorganisation der USA)
AtG	Atomgesetz
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BBA	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
Binnenland-RL	Richtlinie 2008/68/EG über die Beförderung gefährlicher Güter im Binnenland
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz

BK-Container	Bulk-Container (Schüttgutcontainer)
BLFA-GG	Bund/Länder-Fachausschuss „Beförderung gefährlicher Güter“
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BSI	British Standards Institution (Britisches Institut für Normung)
BVA	Bundesverwaltungsamt
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
CE	Committee of Experts
CEN	Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung)
CE-TDG	Committee of Experts Transport of Dangerous Goods
CFR	Code of Federal Regulations (Sammlung der Bundesverordnungen der Vereinigten Staaten)
CFR 49	Code of Federal Regulations Title 49 (Transportation; Gefahrgutvorschriften der Vereinigten Staaten)
CGA	Compressed Gas Association (Internationaler Verband für verdichtete Gase)
CLP-Verordnung	Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen
CNG	Compressed Natural Gas
CSC	International Convention for Safe Containers
CSI	Criticality Safety Index (Kritikalitätssicherheitskennzahl)
DKE	VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
DIN	Deutsches Institut für Normung
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
ECOSOC	Economic and Social Council (Wirtschafts- und Sozialrat der Vereinten Nationen)
EN-Norm	Europäische Norm (siehe CEN)
EU	Europäische Union
EX/II	Ein Fahrzeug zur Beförderung von explosiven Stoffen oder Gegenständen mit Explosivstoff (Klasse 1) entsprechend Abschnitt 9.3.3 des ADR

EX/III	Ein Fahrzeug zur Beförderung von explosiven Stoffen oder Gegenständen mit Explosivstoff (Klasse 1) entsprechend Abschnitt 9.3.4 des ADR
FVK-Tanks	Tanks aus faserverstärkten Kunststoffen
GbV	Verordnung über die Bestellung von Gefahrgutbeauftragten in Unternehmen (Gefahrgutbeauftragtenverordnung)
GDWS	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, zentrale Bundesbehörde der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)
GG-A	Ausschuss für die Beförderung gefährlicher Güter der EU
GGAV	Verordnung über Ausnahmen von den Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgut-Ausnahmeverordnung)
GGBefG	Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz)
GGKontrV	Verordnung über die Kontrollen von Gefahrguttransporten auf der Straße und in den Unternehmen
GGKostV	Kostenverordnung für Maßnahmen bei der Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutkostenverordnung)
GGVS	Ehemalige Gefahrgutverordnung Straße
GGVSEB	Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt)
GGVSee	Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen (Gefahrgutverordnung See)
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals
GT	Gemeinsame Tagung der WP.15 und des RID-Fachausschusses bei der UNECE; die gemeinsame Tagung hat als Ziel, die Vorschriften ADR, RID und ADN zu harmonisieren
H ₂	Wasserstoffgas
IAEA	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergie-Organisation)
IAEA-SSR	Specific Safety Requirements der Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material

IAEO	Internationale Atomenergie-Organisation (deutsche Bezeichnung für die IAEA)
IATA	International Air Transport Association (Internationale Luftverkehrs-Vereinigung)
IATA-DGR	Dangerous Goods Regulations (Gefahrgutvorschriften) der IATA
IBC	Intermediate Bulk-Container (Großpackmittel)
ICAO	International Civil Aviation Organization (Internationale Zivilluftfahrtorganisation der UN)
ICAO TI	Technical Instructions der ICAO (Gefahrgutvorschriften für den Luftverkehr)
ICRU	International Commission on Radiation Units & Measurements (Internationale Kommission für Strahlungseinheiten und Messung)
IDGCA	International Dangerous Goods and Containers Association (Internationaler Verband für Gefahrgut und Container)
IHK	Industrie- und Handelskammer
IuK	Information und Kommunikation
Kontroll-RL	Richtlinie (EU) 2002/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates über einheitliche Verfahren für die Kontrolle von Gefahrguttransporten auf der Straße
ILO	International Labour Organization (Internationale Arbeitsorganisation)
IMDG-Code	International Maritime Dangerous Goods Code (Internationaler Code für die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen)
IMO	International Maritime Organization (Internationale Seeschifffahrtsorganisation)
IMSBC-Code	International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (Internationaler Code für die Beförderung von Schüttgut über See)
INF.-Papier	Informations-Papier für die Sitzungen der internationalen Gremien
ISO	International Organization for Standardization (Internationale Organisation für Normung)
JAR/EU-OPS	Joint Aviation Requirement/Air Operations Regulation der EU
KKW	Kernkraftwerk
KRITIS	Kritische Infrastrukturen

LC50	Lethal Concentration (letale Konzentration), akute Giftigkeit beim Einatmen von Staub und Nebel bzw. bei Wasserorganismen bei Aufnahme in Wasser; Konzentration, die bei Tierversuchen zum Tod von 50 % (der Hälfte) der Versuchstiere einer Gruppe in einer definierten Zeit führt; Einheit: ml/m ³
LD50	Lethal Dosis (letale Dosis), akute Giftigkeit bei Einnahme (oral) bzw. kontinuierlichem Kontakt mit der Haut (Absorption); Menge (Einzeldosis), die bei Tierversuchen zum Tod von 50 % (der Hälfte) der Versuchstiere einer Gruppe in einer definierten Zeit führt; Einheit: mg/kg
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
LuftVG	Luftverkehrsgesetz
LuftVZO	Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung
MEGC	Multiple-Element Gas Container
MEMU	Mobile Explosives Manufacturing Units
n. a. g.	Nicht anderweitig genannt
Na	Natrium
NAFTA	North American Free Trade Agreement (Nordamerikanisches Freihandelsabkommen), 2018 abgelöst durch das United States-Mexico-Canada Agreement, siehe USMCA
NaOH	Natriumhydroxid, in wässriger Lösung auch Natronlauge genannt
NfL	Nachrichten für Luftfahrer, Amtsblatt für die Luftfahrt
ODV	Ortsbewegliche-Druckgeräte-Verordnung
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
OTIF	Organisation intergouvernementale pour les transports internationaux ferroviaires (zwischenstaatliche Organisation für den internationalen Eisenbahnverkehr)
RID	Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises Dangereuses der OTIF (Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter)
RID-FA	RID-Fachausschuss
RL	Richtlinie
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission

SADT	Self-accelerating Decomposition Temperature (Temperatur der selbstbeschleunigenden Zersetzung)
SAPT	Self-accelerating Polymerization Temperature (Temperatur der selbstbeschleunigenden Polymerisation)
SC	Subcommittee (Unterausschuss)
SCE	Subcommittee of Experts (Expertenunterausschuss)
Seveso-RL	Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea (Internationales Übereinkommen zum Schutz des menschlichen Lebens auf See)
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen (Umweltrat)
SST	Stand der Sicherheitstechnik
ST	Stand der Technik
StörfallVO	Störfall-Verordnung
SWT	Stand von Wissenschaft und Technik
TDG	Transport of Dangerous Goods (Beförderung gefährlicher Güter)
TI	Transport Index (Transportkennzahl)
TPED	Transportable Pressure Equipment Directive (Richtlinie 2010/35/EU über ortsbewegliche Druckgeräte)
TRANSSC	Transport Safety Standard Committee der IAEA (Beratergremium der IAEA für die Beförderung radioaktiver Stoffe)
UBA	Umweltbundesamt
UN	United Nations (Vereinte Nationen)
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe (Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen)
UN-Nummer	Vierstellige Zahl als Nummer zur Kennzeichnung von Stoffen oder Gegenständen gemäß UN-Modellvorschriften
USMCA	United States-Mexico-Canada Agreement, Nachfolgeabkommen des NAFTA zwischen den USA, Mexico und Kanada
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
VG	Verpackungsgruppe

WP.15	Working Party 15, Working Party on the Transport of Dangerous Goods (Arbeitsgruppe 15 der UNECE für die Beförderung gefährlicher Güter)
ZKR	Commission Centrale pur la Navigation du Rhin (Zentralkommission für die Rheinschifffahrt)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1	Das Oktett: Beförderung gefährlicher Güter, Bild: Karl-Heinz Höppner	2
Abb. 2.1	Anteil der Verkehrsträger an der Gefahrgutbeförderung 2018 in Deutschland, eigene Darstellung. (Quelle: Statistisches Bundesamt: Verkehr – Gefahrguttransporte – Ergebnisse der Gefahrgutschätzung 2018, erschienen am 22. Dezember 2021)	9
Abb. 2.2	Luftbild der Unglücksstelle in Herborn. (Quelle: Freiwillige Feuerwehr Niederscheld (https://www.feuerwehr-niederscheld.de/index.php?option=com_content&view=article&id=173))	13
Abb. 2.3	Entwicklung des Technik-/Sicherheitsniveaus des Regelwerks im Vergleich zum Stand von Technik/Sicherheitstechnik sowie zum Stand von Wissenschaft und Technik/Forschung	16
Abb. 2.4	Sicherheit und Gefahr als komplementäre Begriffe	17
Abb. 2.5	Straßenverkehrsschild 261 aus Anlage 2 zu § 41 der StVO: Verbot für kennzeichnungspflichtige Kraftfahrzeuge mit gefährlichen Gütern, hier mit Zusatztafel für die Kategorie B	43
Abb. 3.1	Vorschriften, Organisationen und Gremien im Gefahrgutbereich, international und national	49
Abb. 4.1	Tabelle der überwiegenden Gefahr für die Klassifizierung von Stoffen und Gegenständen mit mehreren Gefahren (Quelle: ADR 2025 des Bundesamtes für Strassen der Schweiz)	65
Abb. 4.2	Prüfung von Feuerwerk auf dem Testgelände der BAM in Horstwalde. (Bild: BAM)	68
Abb. 4.3	Gefahrzettel für die Klasse 1; von links nach rechts: Unterklassen 1.1 bis 1.3, 1.4, 1.5 und 1.6; * Angabe der Verträglichkeitsgruppe, z. B. „D“; ** Angabe der Unterklasse, z. B. „1.1“	71
Abb. 4.4	Seenotsignalkörper der UN-Nr. 0505 (Bild: David Damm)	72

Abb. 4.5	Gefahrzettel für die Klasse 2; von links nach rechts: Gefahrzettel 2.1 (entzündbare Gase), Gefahrzettel 2.2 (nicht entzündbare, nicht giftige Gase) und Gefahrzettel 2.3 (giftige Gase)	72
Abb. 4.6	Gefahrzettel für die Klasse 3	75
Abb. 4.7	Gefahrzettel für die Klasse 4.1	78
Abb. 4.8	Gefahrzettel für die Klasse 4.2	81
Abb. 4.9	Gefahrgutbehälter der Firma MEWA für mit Öl verunreinigte Putzlappen (UN-Nr. 3088 SELBSTERHITZUNGSFÄHIGER ORGANISCHER FESTER STOFF, N.A.G.) – es handelt sich hierbei um ein Fass aus Kunststoff mit abnehmbarem Deckel und abweichender Spezifikation (Codierung 1H2W; Bild: Frank-Georg Stephan)	82
Abb. 4.10	Gefahrzettel für die Klasse 4.3	83
Abb. 4.11	Gefahrzettel für die Klasse 5.1	85
Abb. 4.12	Gefahrzettel für die Klasse 5.2	87
Abb. 4.13	Gefahrzettel für die Klasse 6.1	91
Abb. 4.14	Gefahrzettel für die Klasse 6.2 (Kategorie A)	94
Abb. 4.15	Verpackung für medizinische Abfälle der Kategorie A (UN-Nr. 3549) nach der Verpackungsanweisung P622. (Bild: Alex Breuer GmbH)	95
Abb. 4.16	Kennzeichen für biologische Stoffe der Klasse 6.2 (Kategorie B) ...	95
Abb. 4.17	Gefährdung durch radioaktive Stoffe und Sicherheitsfunktionen der Verpackung	97
Abb. 4.18	Gefahrzettel für die Klasse 7; von links nach rechts: Gefahrzettel 7A, 7B, 7C und 7E	100
Abb. 4.19	Gefahrzettel für die Klasse 8	103
Abb. 4.20	Kennzeichen für Batterien nach Sondervorschrift 188	107
Abb. 4.21	Kennzeichen für umweltgefährdende Stoffe	107
Abb. 4.22	Kennzeichen für genetisch veränderte Mikroorganismen oder Organismen der UN-Nr. 3245	108
Abb. 4.23	Gefahrzettel für die Klasse 9; rechts Muster 9A für die Beförderung von Lithium Batterien oder Natrium-Ionen-Batterien, links Muster 9 für alle anderen Güter der Klasse 9	108
Abb. 4.24	Tankfahrzeug mit einem erwärmten flüssigen Stoff (UN-Nr. 3257). (Bild: Mario Eiben)	109
Abb. 4.25	Ausrichtungspfeile nach Unterabschnitt 5.2.1.10 des ADR	111

Abb. 4.26	Zusammengesetzte Verpackung mit Innenverpackungen aus Kunststoff mit Methanol (flüssiger Stoff), Bezeichnung mit den Gefahrzetteln nach Muster 3 und 6.1, Kennzeichnung mit „UN 1230“ und Ausrichtungspfeilen (auf zwei gegenüberliegenden Seiten). (Bild: Alex Breuer GmbH)	113
Abb. 4.27	Kanister aus Stahl mit Aceton der UN-Nr. 1511 mit dem Gefahrzettel nach Muster 3 sowie dem Kennzeichen „UN 1090“. (Bild: Frank Rex)	114
Abb. 4.28	Kennzeichnung und Bezeichnung von UN 0505 SIGNALKÖRPER, SEENOT: Gefahrzettel nach Muster 1.4, „UN 0505“ und „SIGNALKÖRPER, SEENOT“ auf einer Seite des Versandstücks (siehe auch Abb. 4.4). (Bild: Mario Eiben)	115
Abb. 4.29	Großzettel nach Muster 7D	115
Abb. 4.30	Kennzeichnung einer Beförderungseinheit vorne und hinten mit orangefarbenen Tafeln	116
Abb. 4.31	Kennzeichnung einer Beförderungseinheit vorne und hinten mit verkleinerten orangefarbenen Tafeln	116
Abb. 4.32	Kennzeichnung und Bezeichnung eines Fahrzeugs mit explosiven Stoffen der Klasse 1, Klassifizierungscode 1.1D	117
Abb. 4.33	Kennzeichnung und Bezeichnung eines Fahrzeugs mit einem Container, in dem Güter der Klasse 3 in Versandstücken befördert werden	118
Abb. 4.34	Kennzeichnung und Bezeichnung eines Tankfahrzeugs mit UN 1810 Phosphoroxychlorid	119
Abb. 4.35	Kennzeichnung und Bezeichnung eines Tankfahrzeugs mit nur einem Stoff (hier Phosphoroxychlorid)	119
Abb. 4.36	Kennzeichnung und Bezeichnung eines Tankfahrzeugs mit zwei verschiedenen Kraftstoffen (Benzin und Diesel) nach der Sonderkennzeichnungsregel (siehe Absatz 5.3.2.1.3 des ADR)	120
Abb. 4.37	Fahrzeug mit UN 1977 Stickstoff, tiefgekühlt, flüssig in einem Tank, dessen Kennzeichnung und Bezeichnung nicht von außen sichtbar ist. (Bild: Mario Eiben)	121
Abb. 4.38	Kennzeichnung und Bezeichnung eines Fahrzeugs mit einem Tankcontainer mit einem entzündbaren flüssigen Stoff der UN-Nr. 1993 der Verpackungsgruppe III	121
Abb. 4.39	Kennzeichnung und Bezeichnung eines Fahrzeugs mit Schwefel der UN-Nr. 1350 in loser Schüttung	122
Abb. 4.40	Kennzeichnung und Bezeichnung eines Fahrzeugs mit einem Schüttgutcontainer mit Schwefel der UN-Nr. 1350	122
Abb. 4.41	Kennzeichen für erwärmte Stoffe nach Abschn. 5.3.3 des ADR	123

Abb. 4.42	Warnkennzeichen für Begasung nach Absatz 5.5.2.3.2 des ADR	124
Abb. 4.43	Erstickungswarnkennzeichen für Fahrzeuge und Container nach Absatz 5.5.3.6.2 des ADR	124
Abb. 5.1	Ausschnitt aus Tabelle A des ADR 2025 für die UN-Nr. 1191. (Quelle: ADR 2025)	131
Abb. 5.2	Ausschnitt aus der Verpackungsanweisung P001 mit den zulässigen Innen- und Außenverpackungen für zusammengesetzte Verpackungen sowie Einzelverpackungen (Fässer). (Quelle: ADR 2025)	132
Abb. 5.3	Beispiel für einen Kombinations-IBC. (Bild: Frank-Georg Stephan)	145
Abb. 5.4	Großverpackung aus Pappe, Code 50G mit UN 3077 Umweltgefährdender Stoff, fest, n. a. g. in Innenverpackungen. (Bild: Alex Breuer GmbH)	151
Abb. 5.5	Beispiel für ein UN-Kennzeichen für ein Fass aus Kunststoff für flüssige Stoffe mit nicht abnehmbarem Deckel	155
Abb. 5.6	Beispiel für ein UN-Kennzeichen für ein Fass aus Stahl für feste Stoffe mit abnehmbarem Deckel	155
Abb. 5.7	Piktogramm für stapelbare (links) und nicht stapelbare (rechts) Großpackmittel (IBC)	156
Abb. 5.8	Beispiel für ein UN-Kennzeichen für ein Großpackmittel (IBC) aus Stahl für feste Stoffe, die durch Schwerkraft eingefüllt oder entleert werden	156
Abb. 5.9	Beispiel für ein UN-Kennzeichen für eine Großverpackung aus Pappe	157
Abb. 5.10	Zusammengesetzte Verpackung (Kiste aus Pappe) mit Abfall-Druckgaspackungen (Spraydosen). (Bild: Alex Breuer GmbH)	157
Abb. 5.11	Kryobehälter für tiefgekühlt verflüssigten Stickstoff (UN 1977). (Bild: Mario Eiben)	158
Abb. 5.12	Beispiel für ein UN-Kennzeichen für ansteckungsgefährliche Stoffe der Kategorie A, Außenverpackung: Kiste aus Stahl	160
Abb. 5.13	Fallversuch eines Constor-Behälters (Typ-B-Verpackung) aus 9 m Höhe auf ein unnachgiebiges Fundament. (Bild: BAM)	163
Abb. 5.14	Reale Fallversuche der BAM mit Typ-B-Behältern	166
Abb. 5.15	Sonderfragen zur Begutachtung: Flugzeugabsturz. (Bild Flugzeug: Pixabay)	167
Abb. 5.16	The Promise of Transmutation, Vortrag von Herrn Prof. Dr. Detlef Filges, Kernforschungsanlage Jülich	168

Abb. 5.17	Tankfahrzeug für Flugbenzin (in diesem Fall UN 1863 Düsenkraftstoff) für den Einsatz auf Flughäfen zur Betankung von Flugzeugen. (Bild: Firma Schrader)	174
Abb. 5.18	Sattelaufleger eines Straßentankfahrzeugs für flüssige Stoffe mit optimierter Aufsattelung. (Bild: Firma Schrader)	175
Abb. 5.19	Norm und Stand der Technik – Berücksichtigung von innovativen Lösungen	192
Abb. 6.1	Begrenzte Mengen, hier: Rohrreiniger, sechs Flaschen (= Innenverpackungen) in einer Kiste aus Pappe (= Außenverpackung)	211
Abb. 6.2	Kennzeichen für begrenzte Mengen	213
Abb. 6.3	Kennzeichen für begrenzte Mengen im Luftverkehr nach der ICAO TI	214
Abb. 6.4	Kennzeichnung von Fahrzeugen mit in begrenzten Mengen verpackten gefährlichen Gütern (Bruttomasse der begrenzten Mengen > 8 t und zulässige Gesamtmasse des Fahrzeugs > 12 t) ...	215
Abb. 6.5	Kennzeichnung von Containern auf Trägerfahrzeugen mit in begrenzten Mengen verpackten gefährlichen Gütern (Bruttomasse der begrenzten Mengen > 8 t und zulässige Gesamtmasse des Fahrzeugs > 12 t). Das Kennzeichen vorne am Fahrzeug ist nur dann erforderlich, wenn das Kennzeichen auf dem Container von vorne nicht sichtbar ist	215
Abb. 6.6	Kennzeichen für freigestellte Mengen; Mindestabmessung: 100 mm × 100 mm; folgende Informationen sind auf dem Kennzeichen zu vermerken: * Nummer des ersten bzw. einzigen Gefahrzettels, ** Name des Absenders oder Empfängers (sofern nicht an anderer Stelle auf dem Versandstück angegeben)	217
Abb. 7.1	Schutzausrüstung nach dem ADR (beispielhaft). (Bild: Frank Rex)	221

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1	Gesamttransporte und Gefahrguttransporte 2018, Mengen in 1000 t. (Quelle: Statistisches Bundesamt: Verkehr – Gefahrguttransporte – Ergebnisse der Gefahrgutschätzung 2018, erschienen am 22. Dezember 2021)	9
Tab. 2.2	Unfälle von Güterkraftfahrzeugen in Deutschland im Jahr 2022	10
Tab. 2.3	Tunnelbeschränkungs-codes und daraus folgende Beschränkungen	44
Tab. 3.1	In Deutschland anzuwendende internationale Vorschriften und deutsche Gefahrgutverordnungen, die diese innerstaatlich und grenzüberschreitend in Kraft setzen	54
Tab. 3.2	Spalten in Tabelle A des ADR mit Fundstellen	59
Tab. 4.1	Gefahrgutklassen mit Fundstellen im ADR	63
Tab. 4.2	Klassifizierungscodes in den verschiedenen Gefahrgutklassen und ihre Bedeutung	66
Tab. 4.3	Unterklassen in der Klasse 1	69
Tab. 4.4	Verträglichkeitsgruppen in der Klasse 1	70
Tab. 4.5	Beispiele für Güter der Klasse 1	71
Tab. 4.6	Beispiele für Güter der Klasse 2	73
Tab. 4.7	Klassifizierungscodes in der Klasse 3	74
Tab. 4.8	Bedingungen für die Verpackungsgruppen in der Klasse 3	74
Tab. 4.9	Beispiele für Güter der Klasse 3	75
Tab. 4.10	Klassifizierungscodes in der Klasse 4.1	76
Tab. 4.11	Beispiele für Güter der Klasse 4.1	78
Tab. 4.12	Klassifizierungscodes in der Klasse 4.2	80
Tab. 4.13	Beispiele für Güter der Klasse 4.2	81
Tab. 4.14	Bedingungen für die Verpackungsgruppen in der Klasse 4.3	82
Tab. 4.15	Klassifizierungscodes in der Klasse 4.3	83
Tab. 4.16	Beispiele für Güter der Klasse 4.3	84
Tab. 4.17	Klassifizierungscodes in der Klasse 5.1	84

Tab. 4.18	Prüfungen O.1 und O.3 in der Klasse 5.1 für feste Stoffe, Bedingungen für die Verpackungsgruppen	85
Tab. 4.19	Referenzstoffe für die Verpackungsgruppen in der Klasse 5.1 für flüssige Stoffe	85
Tab. 4.20	Beispiele für Güter der Klasse 5.1	86
Tab. 4.21	Klassifizierungscodes in der Klasse 5.2	87
Tab. 4.22	Beispiele für Güter der Klasse 5.2	87
Tab. 4.23	Klassifizierungscodes in der Klasse 6.1	89
Tab. 4.24	Aufnahmewege bei giftigen Stoffen – LD ₅₀ und LC ₅₀	90
Tab. 4.25	Bedingungen für die Verpackungsgruppen in der Klasse 6.1; „V“ ist in der Tabelle die gesättigte Dampfkonzentration (Flüchtigkeit) in ml/m ³ Luft bei einer Temperatur von 20 °C und Standardatmosphärendruck	91
Tab. 4.26	Beispiele für Güter der Klasse 6.1	92
Tab. 4.27	Klassifizierungscodes in der Klasse 6.2	93
Tab. 4.28	UN-Nummern der Klasse 6.2	93
Tab. 4.29	Kategorien in der Klasse 6.2	93
Tab. 4.30	Beispiele für Güter der Klasse 6.2	95
Tab. 4.31	Multiplikationsfaktor in Abhängigkeit von der Fläche der Ladung (größte gemessene Querschnittsfläche) für Tanks, Container, unverpackte LSA-I-Stoffe und SCO-I- und SCO-III-Gegenstände	99
Tab. 4.32	Ermittlung der Gefahrzettelkategorie in der Klasse 7	99
Tab. 4.33	Klassifizierungscodes in der Klasse 8	102
Tab. 4.34	Bedingungen für die Verpackungsgruppen in der Klasse 8	103
Tab. 4.35	Beispiele für Güter der Klasse 8	104
Tab. 4.36	Klassifizierungscodes in der Klasse 9	104
Tab. 4.37	Beispiele für Güter der Klasse 9	108
Tab. 4.38	Bedeutung der Ziffern für die Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr	117
Tab. 5.1	Füllungsgrad für Verpackungen für flüssige Stoffe, bezogen auf eine Abfülltemperatur von 15 °C	130
Tab. 5.2	Bauarten und Werkstoffe	133
Tab. 5.3	Bauartcodes und maximale Mengen für Feinstblechverpackungen ...	134
Tab. 5.4	Bauartcodes und maximale Mengen für Fässer	134
Tab. 5.5	Bauartcodes und maximale Mengen für Kanister	134
Tab. 5.6	Bauartcodes und maximale Mengen für Kisten	135
Tab. 5.7	Bauartcodes und maximale Mengen für Säcke	135
Tab. 5.8	Bauartcodes und maximale Mengen für Kombinationsverpackungen	136
Tab. 5.9	Prüfungen für Verpackungen nach Abschn. 6.1.5 des ADR	138

Tab. 5.10	Fallhöhe für die Fallprüfung mit Originalfüllgut oder für Verpackungen für flüssige Stoffe, wenn die Prüfung mit Wasser durchgeführt wird und der zu befördernde Stoff eine relative Dichte von max. 1,2 hat	139
Tab. 5.11	Berechnung der Fallhöhe für die Fallprüfung mit Wasser, wenn der zu befördernde Stoff eine relative Dichte von mehr als 1,2 aufweist (d = relative Dichte des zu befördernden Stoffes)	139
Tab. 5.12	Standardflüssigkeiten für die verschiedenen Schädigungsmechanismen bei Kunststoffverpackungen	143
Tab. 5.13	Ziffern für die verschiedenen Bauarten von Großpackmitteln (IBC)	145
Tab. 5.14	Codes für Werkstoffe von IBC	146
Tab. 5.15	Bauartcodes für metallene IBC	146
Tab. 5.16	Bauartcodes für flexible IBC	147
Tab. 5.17	Bauartcodes für starre IBC	147
Tab. 5.18	Bauartcodes für Kombinations-IBC	148
Tab. 5.19	Werkstoffe und Bauartcodes für starre Großverpackungen	150
Tab. 5.20	Werkstoffe und Bauartcodes für flexible Großverpackungen	151
Tab. 5.21	Leistungsgrad der Verpackung	152
Tab. 5.22	Elemente der Tankcodierung für ADR-Tanks für die Klassen 1 und 3 bis 9	173
Tab. 5.23	Elemente der Tankcodierung für ADR-Tanks für die Klasse 2	175
Tab. 5.24	Ausschnitt der Tabelle mit den Anweisungen für ortsbewegliche Tanks T1 bis T22	186
Tab. 5.25	Tankhierarchie für ortsbewegliche Tanks	187
Tab. 5.26	Wesentliche Unterschiede zwischen ADR-Tanks und UN-Tanks (*hauptsächlich europäischer Landverkehr)	187
Tab. 6.1	Spalten in Tabelle A für die Sondervorschriften für die Beförderung	194
Tab. 6.2	Beispiele für Freistellungen aufgrund von Sondervorschriften in Kapitel 3.3 des ADR	207
Tab. 6.3	Beförderungskategorien, Mengengrenzen und Faktor für die Berechnung nach Unterabschnitt 1.1.3.6 im ADR	209
Tab. 6.4	Ermittlung der Summe nach Unterabschnitt 1.1.3.6 des ADR – Beispielrechnung	210
Tab. 6.5	Codes für freigestellte Mengen	216