

Herbert F. Bender

Das Gefahrstoffbuch

Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen nach
REACH und GHS

Vierte, vollständig überarbeitete Auflage



Herbert F. Bender

Das Gefahrstoffbuch

***Beachten Sie bitte auch weitere interessante Titel
zu diesem Thema***

Reniers, G.L.L., Zamparini, L. (Hrsg.)

**Security Aspects of Uni- and
Multimodal Hazmat
Transportation Systems**

2012

978-3-527-32990-8

Kamptmann, S.

**REACH Compliance – The
Great Challenge for Globally
Acting Enterprises**

2014

978-3-527-33316-5

Richardt, A., Hülseweh, B., Niemeyer,
B., Sabath, F. (Hrsg.)

**CBRN Protection
Managing the Threat of Chemical,
Biological, Radioactive and Nuclear
Weapons**

2013

978-3-527-32413-2

Bender, H. F.

**Sicherer Umgang mit
Gefahrstoffen**

unter Berücksichtigung von REACH
und GHS

Vierte, vollständig überarbeitete
Auflage

2011

978-3-527-32927-4

Vohr, H. (Hrsg.)

Toxikologie (Set)

**Band 1: Grundlagen der Toxikologie /
Band 2: Toxikologie der Stoffe**

2010

978-3-527-32386-9

Herbert F. Bender

Das Gefahrstoffbuch

Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen
nach REACH und GHS

Vierte, vollständig überarbeitete Auflage

WILEY-VCH
Verlag GmbH & Co. KGaA

Autor

Herbert F. Bender
BASF AG, Hazardous Substances
Management, Abt. GUS/TD – M940
67056 Ludwigshafen
Deutschland

Print ISBN: 978-3-527-33397-4

ePDF ISBN: 978-3-527-67400-8

ePub ISBN: 978-3-527-67401-5

Mobi ISBN: 978-3-527-67402-2

oBook ISBN: 978-3-527-67399-5

1. Auflage 2013

■ Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung

**Bibliografische Information
der Deutschen Nationalbibliothek**

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

© 2013 Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Boschstr. 12,
69469 Weinheim, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Satz Reemers Publishing Services GmbH, Krefeld

Druck und Bindung Markono Print Media Pte Ltd, Singapore

Umschlaggestaltung Adam Design, Weinheim

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 4. Auflage XV

1	Wissenschaftliche Grundlagen	1
1.1	Grundlagen der Toxikologie	1
1.1.1	Aufnahmewege	2
1.1.1.1	Orale Aufnahme	3
1.1.1.2	Dermale Aufnahme	3
1.1.1.3	Inhalative Aufnahme	5
1.1.2	Metabolismus	6
1.1.3	Akute Wirkung	8
1.1.4	Wirkung bei wiederholter Applikation	9
1.1.5	Sensibilisierende (allergisierende) Wirkung	11
1.1.6	Entwicklungsschädigende Wirkung	14
1.1.7	Fruchtbarkeitsgefährdende Wirkung	17
1.1.8	Krebserzeugende Wirkung	17
1.1.8.1	Krebsauslösende Faktoren	19
1.1.8.2	Chemische Kanzerogene	23
1.1.8.3	Natürliche Kanzerogene	25
1.1.9	Erbgutverändernde Wirkung	27
1.1.10	Aerosole	29
1.2	Physikalisch-chemische Grundlagen	34
1.2.1	Begriffsdefinitionen, sicherheitstechnische Kenndaten	35
1.3	Biologische Arbeitsstoffe	39
1.3.1	Risikogruppen	40
1.3.2	Arten biologischer Arbeitsstoffe	42
1.3.2.1	Pilze	42
1.3.3	Bakterien	45
1.3.4	Viren	49
1.3.5	Parasiten	51
2	Gefährliche Eigenschaften, Einstufung und Kennzeichnung	53
2.1	Einführung in die Einstufungssysteme	53
2.2	Gefährliche Eigenschaften: Physikalische Eigenschaften	55

2.2.1	Explosiv bzw. explosionsgefährlich	55
2.2.1.1	Explosiv gemäß CLP-Verordnung	55
2.2.1.2	Explosionsgefährlich nach EG-Richtlinie 67/548/EWG	57
2.2.2	Entzündbar bzw. entzündlich	58
2.2.2.1	Entzündbare Gase gemäß CLP-Verordnung	58
2.2.2.2	Entzündbare Aerosole gemäß CLP-Verordnung	60
2.2.2.3	Entzündbare Feststoffe gemäß CLP-Verordnung	60
2.2.2.4	Entzündbare Flüssigkeiten gemäß CLP-Verordnung	61
2.2.2.5	Stoffe oder Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln gemäß CLP-Verordnung	63
2.2.2.6	Gefährlichkeitsmerkmale „hochentzündlich“, „leichtentzündlich“ und „entzündlich“ nach EG-RL 67/548/EWG	64
2.2.3	Oxidierend bzw. brandfördernd	67
2.2.3.1	Oxidierende Gase nach CLP-Verordnung	67
2.2.3.2	Oxidierende Flüssigkeiten nach CLP-Verordnung	68
2.2.3.3	Oxidierende Feststoffe nach CLP-Verordnung	69
2.2.3.4	Gefährlichkeitsmerkmal „brandfördernd“ nach EG-RL 67/548/EWG	70
2.2.4	Organische Peroxide und selbstzersetzliche Stoffe und Gemische	70
2.2.5	Pyrophore Flüssigkeiten und Feststoffe	73
2.2.6	Gase unter Druck	74
2.2.7	Metallkorrosiv	75
2.2.8	Sonstige physikalisch-chemische Eigenschaften nach EG-RL 67/548/EWG	75
2.3	Eigenschaften: Gesundheitsgefahren	77
2.3.1	Akute Toxizität	77
2.3.1.1	Akut toxisch nach CLP-Verordnung	77
2.3.1.2	Sehr giftig, giftig, gesundheitsschädlich nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG	80
2.3.1.3	Vergleich der akuten Toxizitäten	81
2.3.2	Ätz-, Reizwirkung	82
2.3.2.1	Ätz-, Reizwirkung auf die Haut nach CLP-Verordnung	82
2.3.2.2	Schwere Augenschädigung / Augenreizung nach CLP-Verordnung	85
2.3.2.3	Gefährlichkeitsmerkmal „ätzend“ nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG	86
2.3.2.4	Gefährlichkeitsmerkmal „reizend“ nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG	87
2.3.3	Sensibilisierende Wirkung	87
2.3.3.1	Sensibilisierung nach CLP-Verordnung	87
2.3.3.2	Sensibilisierung nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG	89
2.3.4	Keimzellmutagen, karzinogen, reproduktionstoxisch	89
2.3.4.1	Keimzellmutagen	91
2.3.4.2	Gefährlichkeitsmerkmal erbgutverändernd	93
2.3.4.3	Karzinogen nach CLP-Verordnung	94
2.3.4.4	Gefährlichkeitsmerkmal „krebsauslösend“	98

2.3.4.5	Einteilung krebserzeugender Stoffe nach der MAK-Kommission	99
2.3.4.6	Einstufung nach TRGS 905	100
2.3.4.7	Reproduktionstoxisch nach CLP-Verordnung	100
2.3.4.8	Gefährlichkeitsmerkmal „fruchtbarkeitsschädigend“	105
2.3.4.9	Einstufung der MAK-Kommission	105
2.3.5	Spezifische Zielorgan-Toxizität und Aspirationsgefahr	107
2.3.5.1	Spezifische Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition	107
2.3.5.2	Spezifische Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition	108
2.4	Gefährliche Eigenschaften: Umweltgefahren	110
2.4.1	Umweltgefahren nach CLP-Verordnung	110
2.4.2	Umweltgefährliche Eigenschaften nach Stoffrichtlinie 67/54/EWG	112
2.5	Einstufung von Stoffen und Gemischen / Zubereitungen	113
2.5.1	Allgemeine Grundsätze	113
2.5.2	Einstufung von Stoffen	115
2.5.2.1	Einstufung nach dem Definitionsprinzip	115
2.5.2.2	Einstufung nach dem Listenprinzip	116
2.5.3	Einstufung von Gemischen und Zubereitungen	120
2.5.3.1	Einstufungen von Gemischen nach Anhang I CLP-Verordnung	120
2.5.3.2	Einstufungen von Zubereitungen nach der Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG	123
2.6	Kennzeichnung gefährlicher Stoffe und Gemische bzw. Zubereitungen	126
2.6.1	Kennzeichnung nach CLP-Verordnung	127
2.6.2	Kennzeichnung nach Zubereitungsrichtlinie	129
2.6.3	Spezielle Kennzeichnungsvorschriften	132
2.6.4	Ausnahmen von den Kennzeichnungsvorschriften	134
3	Gefährdungsbeurteilung und Beurteilungsgrundlagen	135
3.1	Rechtliche Grundlagen	135
3.2	Durchführung der Gefährdungsbeurteilung	136
3.2.1	Gefährdungsbeurteilung bei vorgegebenen Maßnahmen	140
3.2.2	Gefährdungsbeurteilung ohne vorgegebene Maßnahmen	144
3.2.3	Substitutionsprüfung	147
3.3	Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz	154
3.3.1	Arbeitsplatzgrenzwerte	156
3.3.2	EG-Grenzwerte	159
3.3.3	Grenzwerte der MAK-Kommission	161
3.3.4	DNEL, PNEC und DMEL	168
3.3.5	Internationale Grenzwerte	172
3.3.6	Biologische Grenzwerte	173
3.3.6.1	Der biologische Grenzwert	173
3.3.6.2	Der Biologische Arbeitsplatztoleranzwert	175
3.3.6.3	EKA-Werte	176

3.4	Methoden der Expositionsermittlung	176
3.4.1	Direktanzeigende Messgeräte	178
3.4.1.1	Probenahmeröhrchen	178
3.4.1.2	Indikatorpapiere	181
3.4.1.3	Elektrochemische Sensoren	183
3.4.1.4	Photoionisationsdetektor	184
3.4.2	Personal Air Sampling für Gase und Dämpfe	185
3.4.3	Bestimmung fester Partikel	190
3.4.3.1	Gesamtstaubmessungen	190
3.4.3.2	Feinstaubmessungen	192
3.4.3.3	Fasermessungen	193
4	Europäische Regelungen	195
4.1	REACH	195
4.1.1	Anwendungsbereich	197
4.1.2	Begriffsbestimmungen	199
4.1.3	Die Registrierung	203
4.1.3.1	Allgemeine Registrieranforderungen	205
4.1.3.2	Mengenabhängige Registrieranforderungen	207
4.1.3.3	Stoffsicherheitsbericht	208
4.1.3.4	Forschung und Entwicklung	213
4.1.3.5	Zwischenprodukte	214
4.1.3.6	Expositionsbedingter Verzicht auf Untersuchungen	216
4.1.3.7	Ausnahmen von der Registrierpflicht	217
4.1.3.8	Zulassungspflicht	220
4.1.3.9	Informationen in der Lieferkette	225
4.1.3.10	Nachträgliche Vorregistrierung	228
4.2	Das Sicherheitsdatenblatt	229
4.2.1	ABSCHNITT 1: Bezeichnung des Stoffes bzw. des Gemisches und des Unternehmens	233
4.2.2	ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren	234
4.2.3	ABSCHNITT 3: Zusammensetzung / Angaben zu Bestandteilen	235
4.2.4	ABSCHNITT 4: Erste-Hilfe-Maßnahmen	237
4.2.5	ABSCHNITT 5: Maßnahmen zur Brandbekämpfung	238
4.2.6	ABSCHNITT 6: Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung	239
4.2.7	ABSCHNITT 7: Handhabung und Lagerung	240
4.2.8	ABSCHNITT 8: Begrenzung und Überwachung der Exposition / Persönliche Schutzausrüstung	241
4.2.9	ABSCHNITT 9: Physikalische und chemische Eigenschaften	245
4.2.10	ABSCHNITT 10: Stabilität und Reaktivität	246
4.2.11	ABSCHNITT 11: Toxikologische Angaben	247
4.2.12	ABSCHNITT 12: Umweltbezogene Angaben	249
4.2.13	13. ABSCHNITT: Hinweise zur Entsorgung	251
4.2.14	ABSCHNITT 14: Angaben zum Transport	252
4.2.15	ABSCHNITT 15: Rechtsvorschriften	253

- 4.2.16 ABSCHNITT 16: Sonstige Angaben 253
- 4.3 Das erweiterte Sicherheitsdatenblatt und Expositionsszenarien 254
- 4.4 Verbote beim Inverkehrbringen 261
- 4.5 Stoffrichtlinie 271
- 4.6 Zubereitungsrichtlinie 271
- 4.7 Agenzienrichtlinie 272
- 4.8 Krebsrichtlinie 274
- 4.9 Verordnung 689/2008/EG 275
- 4.10 Verordnung 3677/90/EWG 281
- 4.11 Verordnung 2037/2000/EG 282
- 4.12 Die POP-Verordnung 282

- 5 Deutsche Regelungen 285**
- 5.1 Das Chemikaliengesetz 285
 - 5.1.1 Aufbau des Chemikaliengesetzes 285
 - 5.1.2 Bewertungsstelle für Chemikalien 286
 - 5.1.3 Zulassung von Biozidprodukten 287
 - 5.1.4 Mitteilungspflichten 291
 - 5.1.5 Ermächtigungsgrundlagen 292
 - 5.1.6 Verordnungen des Chemikaliengesetzes 292
- 5.2 Die Gefahrstoffverordnung 295
 - 5.2.1 Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen 296
 - 5.2.2 Gefahrstoffinformation 301
 - 5.2.3 Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung 302
 - 5.2.4 Grundpflichten 304
 - 5.2.5 Allgemeine Schutzmaßnahmen 306
 - 5.2.5.1 Innerbetriebliche Kennzeichnung 307
 - 5.2.5.2 Hygiene 309
 - 5.2.5.3 Lagerung 309
 - 5.2.6 Zusätzliche Schutzmaßnahmen 310
 - 5.2.7 Besondere Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen 311
 - 5.2.8 Besondere Schutzmaßnahmen gegen physikalisch-chemische Einwirkungen 313
 - 5.2.9 Betriebsstörungen, Unfälle oder Notfälle 313
 - 5.2.10 Betriebsanweisung und Unterweisung 314
 - 5.2.10.1 Gruppenbetriebsanweisungen 317
 - 5.2.10.2 Gefahren für Mensch und Umwelt 319
 - 5.2.10.3 Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln 319
 - 5.2.10.4 Verhalten im Gefahrfall 321
 - 5.2.10.5 Erste Hilfe 321
 - 5.2.11 Sachgerechte Entsorgung 322
 - 5.2.11.1 Betriebsunterweisung 323
 - 5.2.11.2 Expositionsverzeichnis 325

5.2.13	Zusammenarbeit verschiedener Firmen	326
5.2.14	Unterrichtung der Behörde	326
5.2.15	Anhang I der Gefahrstoffverordnung	327
5.2.16	Anhang II der Gefahrstoffverordnung	331
5.2.17	Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche	332
5.2.18	Maßnahmen des Explosionsschutzes	335
5.3	Chemikalien-Verbotsverordnung	336
5.3.1	Verbote des Inverkehrbringens	337
5.3.2	Abgabe an den privaten Endverbraucher	340
5.3.3	Abgabe an berufsmäßige Verwender	344
5.3.4	Sachkunde	345
5.3.5	Straftaten, Ordnungswidrigkeiten	346
5.4	Die Biostoffverordnung	347
5.4.1	Grundprinzipien und Gefährdungsbeurteilung	347
5.4.2	Grundpflichten und grundlegende Schutzmaßnahmen	351
5.4.3	Schutzmaßnahmen für die Risikogruppe 2 bis 4	353
5.4.4	Zusätzliche Maßnahmen	356
5.5	Mutterschutzverordnung und Jugendarbeitsschutzgesetz	358
5.6	Die Arbeitsmittelverordnung / Betriebssicherheitsverordnung	360
5.6.1	Die Anlagen- und Arbeitsmittelverwendungsverordnung	360
5.6.2	Überwachungsbedürftige Anlagen	363
5.6.3	Sichere Reaktionsführung	365
5.7	Das Bundes-Immissionsschutzgesetz und seine Verordnungen	367
5.7.1	Das Bundes-Immissionsschutzgesetz	367
5.7.2	Die Verordnungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes	372
5.7.3	Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen	373
5.7.4	Die Störfall-Verordnung	374
5.8	Das Wasserhaushaltsgesetz	379
6	Persönliche Schutzausrüstungen	383
6.1	Augen- und Gesichtsschutz	383
6.1.1	Schutzbrillen	385
6.1.2	Schutzschirme	388
6.2	Schutzhandschuhe	389
6.2.1	Allgemeine Regeln bei der Benutzung von Schutzhandschuhen	391
6.2.2	Auswahl der Schutzhandschuhe	392
6.2.3	Kennzeichnung von Schutzhandschuhen	396
6.3	Körperschutz	398
6.4	Atemschutz	401
6.4.1	Filtergeräte	405
6.4.1.1	Partikelfilter	406
6.4.1.2	Gasfilter	410
6.4.2	Isoliergeräte	420
6.4.2.1	Schlauchgeräte	421
6.4.2.2	Behältergeräte	425

- 6.4.2.3 Regenerationsgeräte 425
- 6.4.3 Atemschutzgeräte für Selbstrettung 427
- 6.4.3.1 Filtergeräte für Selbstretter 428
- 6.4.3.2 Isoliergeräte für Selbstretter 429

- 7 Lagerung von Gefahrstoffen und Tätigkeiten mit ortsbeweglichen Druckgasbehältern 431**
- 7.1 Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern 433
 - 7.1.1 Anwendungsbereich und Aufbau der TRGS 433
 - 7.1.2 Gefährdungsbeurteilung 438
 - 7.1.3 Grundlegende Maßnahmen bei der Lagerung von Gefahrstoffen 438
 - 7.1.4 Grundlegende Schutzmaßnahmen in Gefahrstofflagern 441
 - 7.1.5 Zusätzliche Maßnahmen für spezielle Gefahrstoffe 443
 - 7.1.6 Brandschutz 444
 - 7.1.7 Zusammenlagerungskonzept 445
 - 7.1.8 Lagerung akut toxischer Flüssigkeiten und Feststoffe 450
 - 7.1.9 Lagerung oxidierender Stoffe 452
 - 7.1.10 Lagerung von Gasen 453
 - 7.1.11 Aerosolpackungen und Druckgaskartuschen 456
 - 7.1.12 Lagerung entzündbarer Flüssigkeiten 457
- 7.2 Lagerung von Gefahrstoffen in ortsfesten Anlagen sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter 460
 - 7.2.1 Allgemeine Maßnahmen 462
 - 7.2.2 Befüll- und Entnahmeeinrichtungen 463
 - 7.2.3 Bauliche Anforderungen 464
 - 7.2.4 Anforderungen an Ausrüstungsteile 465
 - 7.2.5 Allgemeine Anforderungen für brennbare Flüssigkeiten und Feststoffe 466
 - 7.2.6 Lagerung und Abfüllung brennbarer Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt $\leq 55\text{ °C}$ 467
 - 7.2.6.1 Brandschutz 469
 - 7.2.6.2 Lagerräume mit Tanks und Räume mit Füllstellen 471
 - 7.2.7 Lagerung von Feststoffen mit hoher Brandgefährdung 472
 - 7.2.8 Explosionsschutzmaßnahmen 473
 - 7.2.9 Zusammenlagerungsverbote 475
- 7.3 Lagerung von Gasen in ortsfesten Anlagen 475
 - 7.3.1 Allgemeines und Gefährdungsbeurteilung 475
 - 7.3.2 Stationäre Druckanlagen für Gase 478
 - 7.3.2.1 Lagerbehälter im Freien 480
 - 7.3.2.2 Lagerung entzündbarer Gase 481
 - 7.3.2.3 Zusätzliche Maßnahmen bei sehr giftigen oder giftigen Gasen 482
 - 7.3.2.4 Prüfungen und Kontrollen 484
 - 7.3.2.5 Betrieb der Druckbehälter 485
- 7.4 Tätigkeiten mit ortsbeweglichen Druckgasbehältern 486
 - 7.4.1 Allgemeine Schutzmaßnahmen 486

7.4.2	Füllen ortsbeweglicher Druckgasbehälter	487
7.4.3	Bereithalten von Druckgasbehältern	488
7.4.4	Entleeren von Druckgasbehältern	489
7.4.5	Innerbetriebliches Befördern	493
8	Transportvorschriften	495
8.1	Internationale Transportvorschriften	496
8.1.1	Eisenbahn	496
8.1.2	Straße	497
8.1.3	Schifffahrt	497
8.1.4	Luftverkehr	498
8.2	Klassifizierung gefährlicher Güter	499
8.2.1	Allgemeines	499
8.2.2	Klasse 1: Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff	502
8.2.3	Klasse 2: Gase	505
8.2.4	Klasse 3: Entzündbare flüssige Stoffe	507
8.2.5	Klasse 4.1: Entzündbare feste Stoffe, selbstzersetzliche Stoffe und desensibilisierte explosive feste Stoffe	508
8.2.6	Klasse 4.2: Selbstentzündliche Stoffe	509
8.2.7	Klasse 4.3: Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln	510
8.2.8	Klasse 5.1: Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe	510
8.2.9	Klasse 5.2: Organische Peroxide	511
8.2.10	Klasse 6.1: Giftige Stoffe	512
8.2.11	Klasse 6.2: Ansteckungsgefährliche Stoffe	514
8.2.12	Klasse 7: Radioaktive Stoffe	515
8.2.13	Klasse 8: Ätzende Stoffe	515
8.2.14	Klasse 9: Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände	518
8.3	Das ADR	520
8.3.1	Geltungsbereich und Anwendbarkeit	523
8.3.2	Verzeichnis der gefährlichen Güter	524
8.3.3	Begrenzte und freigestellte Mengen	528
8.3.4	Sicherheitspflichten der Beteiligten	530
8.3.4.1	Der Absender	531
8.3.4.2	Der Beförderer	531
8.3.4.3	Der Empfänger	531
8.3.4.4	Der Verloader	532
8.3.4.5	Der Befüller	532
8.3.4.6	Der Betreiber von Tankcontainern oder ortsbeweglichen Tanks	533
8.3.4.7	Der Verpacker	533
8.3.5	Die Verpackung	533
8.3.5.1	Die Verpackungsarten	535
8.3.5.2	Verpackungsanweisungen	542
8.3.6	Zusammenpackung und Zusammenladung	544
8.3.7	Kennzeichnung von Versandstücken und Fahrzeugen	546

- 8.3.7.1 Bezettelung 546
- 8.3.7.2 Kennzeichnung der Verpackungen 549
- 8.3.7.3 Die orangefarbene Kennzeichnung 550
- 8.3.7.4 Die Begleitpapiere 553
- 8.3.8 Vorschriften für die Beförderung 560
- 8.3.8.1 Fahrzeugbesatzung und Fahrzeugausrüstung 560
- 8.3.8.2 Fahrerausbildung 563
- 8.4 Nationale Vorschriften 564
- 8.4.1 Das Gefahrgutbeförderungsgesetz 564
- 8.4.1.1 Verordnungen des GGefG 566

Literatur 569

Glossar 577

Anhang: H- und P-Sätze 595

Stichwortverzeichnis 605

Vorwort zur 4. Auflage

Das europäische sowie das nationale Gefahrstoffrecht haben sich in den letzten Jahren erwartungsgemäß stürmisch weiter entwickelt. Eine Überarbeitung war daher unabdingbar. Selbstverständlich konnten nicht alle Regelungen, Vorschriften oder technische Regeln mit der gleichen Ausführlichkeit dargestellt werden. Die Auswahl gibt naturgemäß die Schwerpunkte basierend auf den Erfahrungen des Autors wieder.

Auf Grund der großen Bedeutung stehen die europäischen Verordnungen REACH und die CLP-Verordnung im Mittelpunkt der gesetzlichen Regelungen.

Die Inhalte des bisherigen Kapitels 1 „Stoffrecht“ wird in Kapitel 4 bzw. 5 besprochen, auf Grund der limitierten Bedeutung wird ein eigenes Kapitel nicht mehr benötigt. Als Konsequenz enthält Kapitel 1 jetzt die wissenschaftlichen Grundlagen, aktualisiert und angepasst an die neueren wissenschaftlichen Erkenntnisse.

In Kapitel 2 werden sowohl die Einstufungs- und Kennzeichnungssysteme der europäischen CLP-Verordnung als auch die bisherige Stoffrichtlinie 67/548/EWG beschrieben, da letztere für die Einstufung von Inhaltsstoffen von Zubereitungen noch bis zum 1.6.2015 herangezogen werden kann. In jedem Abschnitt werden zuerst die Einstufungsgrundsätze der CLP-VO behandelt, anschließend die Kriterien der Stoffrichtlinie. Desgleichen werden die Einstufungsprinzipien von Gemischen nach der CLP-VO ausführlicher als die der Zubereitungsrichtlinie erläutert.

Die Gefährdungsbeurteilung nimmt im Arbeitsschutz die zentrale Rolle ein. In einem eigenen Kapitel werden die grundlegenden Elemente für die praktische Durchführung beschrieben. Der Hilfestellung zur Durchführung der Substitutionsprüfung wird ein breiter Raum eingeräumt, zur Vermeidung einer vermeintlichen Reduzierung der Risiken bei tatsächlicher Gefährdungserhöhung. Als wesentlicher Beurteilungsmaßstab werden sowohl die inhalativen als auch die biologischen Grenzwerte vorgestellt. Neben den staatlichen Grenzwerten wird auch die grundlegende Vorgehensweise zur Ableitung der DNEL und der DMEL nach der REACH-VO behandelt. Die neuen Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen des neuen Risikokonzeptes finden sich ebenfalls bei den nationalen Arbeitsplatzgrenzwerten. Die Methoden der Expositionsermittlung wurden deutlich gestrafft und aktualisiert.

Im Zentrum der europäischen Vorschriften wird die REACH-Verordnung besprochen, ergänzt um die neueren Vorschriften, die Kandidatenliste sowie das Zulassungsverfahren. Ergänzend werden die Besonderheiten für Zwischenprodukte kurz diskutiert. Die Anforderungen an Sicherheitsdatenblätter werden ausführlich unter Berücksichtigung der neuen ECHA-Leitlinie beschrieben. Die umfassenden Beschränkungen bei Herstellung und Verwendung nach Anhang XVII finden sich ebenfalls in Kapitel 4, neben einer kurzen Besprechung weiterer europäischer Vorschriften, u.a. die PIC- und POP-Verordnung.

Die Vorschriften zur Zulassung von Bioziden werden im Rahmen des Chemikaliengesetzes beschrieben. Das neue Konzept der Gefahrstoffverordnung nach „Abschaffung“ des Schutzstufenkonzeptes steht im Mittelpunkt von Kapitel 5. Ausführlich werden Betriebsanweisung, betriebliche Unterweisung und innerbetriebliche Kennzeichnung erläutert. Die Regelungen der Chemikalien-Verbotsverordnung beim Inverkehrbringen bestimmter Gefahrstoffe ergänzen die Beschränkungen von Anhang XVII REACH-Verordnung, ergänzt um die besonderen nationalen Vorschriften. Die Ausführungen zur Biostoffverordnung berücksichtigen weitgehend die zur Jahresmitte verabschiedete Novellierung, des gleichen wurden die wesentlichen Änderungen der Anlagen- und Betriebsmittelsicherheitsverordnung berücksichtigt. Im Rahmen der Störfallverordnung steht die neue Seveso Richtlinie der EU im Mittelpunkt.

Nur wenige grundlegende Änderungen hat Kapitel 6 „Persönliche Schutzausrüstung“ erfahren, ganz im Gegenteil zu den Vorschriften zur Lagerung von Gefahrstoffen in Kapitel 7, das vollkommen neu formuliert werden musste. Die Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern nach TRGS 510 berücksichtigt bereits die im Juni im Ministerialblatt veröffentlichte Fassung und beschreibt ausführlich sowohl die Grundanforderungen als auch die zusätzlichen Vorschriften spezieller Gefahrstoffe. Die für die Praxis wichtigen Zusammenlagerungsvorschriften werden ausführlich beschrieben. Die Vorschriften zur Lagerung von Gefahrstoffen in stationären Anlagen einschließlich der Regelungen für Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter nach der neuen TRGS 509 sind zwar noch nicht verabschiedet, größere Änderungen sind allerdings an der in Fachkreisen intensiv diskutierten Fassung nicht zu erwarten. Die neuen technischen Regeln für Gase, „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung“ sowie „Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“, wurden bereits vom AGS verabschiedet, die Veröffentlichung stand zu Redaktionsschluss allerdings noch aus. Die Regelungen zu Lagerung von Gasen in stationären Anlagen sind auf Basis der in den Fachkreisen zirkulierten Fassung kurz beschrieben.

Die Transportvorschriften von Kapitel 8 berücksichtigen die aktuelle Fassung, insbesondere des ADR. Aufgrund der zum Teil umfassenden Änderungen der letzten Jahre war eine komplette Überarbeitung unvermeidbar.

Bedingt durch die zahlreichen Änderungen, insbesondere europäischer aber auch nationaler Vorschriften, wurden viele neue Begriffe neu eingeführt. In einem ausführlichen Glossar werden diese sowie bereits existierende Fachtermini kurz und prägnant erklärt.

Die neue Auflage möchte in aktualisierter Fassung den Praktikern in Industrie, Gewerbe, Handel sowie in den Aufsichtsbehörden eine praxisgerechte Zusammenstellung der relevanten Vorschriften und Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Gefahrstoffen bieten.

Einen besonderen Dank gebührt meinen Kolleginnen und Kollegen der BASF. Ohne unsere intensiven Diskussionen und ihre Anregungen wären viele praxisrelevante Themen nicht in der gebührenden Form berücksichtigt worden. Desgleichen möchte ich mich bei Kolleginnen und Kollegen im AGS und insbesondere in den unterschiedlichen Arbeitskreisen bedanken. Nur durch das gemeinsame Bestreben nach praxisgerechten Lösungen können anwendungstaugliche Vorschriften entstehen.

Nicht zuletzt gebührt meiner Frau ein ausdrücklicher Dank für ihr Verständnis für unzählige Abende, Wochenende und Feiertage, in denen ich mich hartnäckig ins Arbeitszimmer zurückgezogen habe.

Ein umfassendes Buch über Gefahrstoffe muss zeitnah geschrieben werden, um sowohl der dynamischen Weiterentwicklung des Gefahrstoffrechtes als auch der neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse gerecht werden zu können. Dies führt zwangsläufig zu einem hohen Zeitdruck; hierdurch begründete Unstimmig- und Unzulänglichkeiten bitte ich daher zu entschuldigen. Über zweckdienliche Korrekturen bin ich selbstverständlich sehr dankbar.

Böhl-Iggelheim, im Juni 2013

Herbert F. Bender

1

Wissenschaftliche Grundlagen

1.1 Grundlagen der Toxikologie

Im Abschnitt Grundlagen der Toxikologie können nur die zum Verständnis der wichtigsten Stoffeigenschaften benötigten toxikologischen Prinzipien dargestellt werden. Für ein intensiveres Studium wird auf die zahlreichen Lehrbücher verwiesen, z. B. auf die grundlegenden Ausführungen von Eisenbrand und Metzler [1], Dekant und Vamvakas [2], Birgersson et al. [3], Klaassen [4] oder Vohr [5]. Nicht dargestellt werden im Rahmen dieses Handbuches die Abbaureaktionen der unterschiedlichen Chemikalien; diese können der einschlägigen Fachliteratur entnommen werden.

Zum Verständnis der Wirkung von Chemikalien auf den Organismus werden toxikologische Grundkenntnisse benötigt. Die Toxikologie ist die Lehre von den Giften, der Begriff leitet sich vom griechischen Wort „toxon“ = Gift ab. Neben der klassischen Lehre von der Wirkung von Giften (der Toxikodynamik) beschäftigt sich die moderne Toxikologie auch mit der Stoffumwandlung durch den Organismus (der Toxikokinetik) und den unterschiedlichen Wirkmechanismen. Zur Festlegung der geeigneten Schutzmaßnahmen sind Kenntnisse des toxikologischen Profils notwendig.

Eine **lokale** Wirkung liegt vor, wenn sich die Wirkung der Stoffe auf den Einwirkungsort beschränkt. Verätzungen oder Reizungen sind typische Beispiele lokaler Stoffwirkungen. Neben der Haut als primär betroffenes Körperorgan sind lokale Effekte am Atemtrakt, am Auge oder im Magen-Darm-Trakt bekannt. Vertreter primär lokal wirkender Stoffe sind bei

- dermalen Wirkung anorganische Säuren, Laugen sowie bei
- inhalativer Wirkung Halogenwasserstoffe, Aldehyde, niedere Alkohole und Ketone.

Die meisten Chemikalien werden jedoch über das Blutssystem im ganzen Körper verteilt. Von diesen **systemisch** wirkenden Stoffen können grundsätzlich alle Organe erreicht werden. Typischerweise wirken Stoffe an spezifischen Organen, den

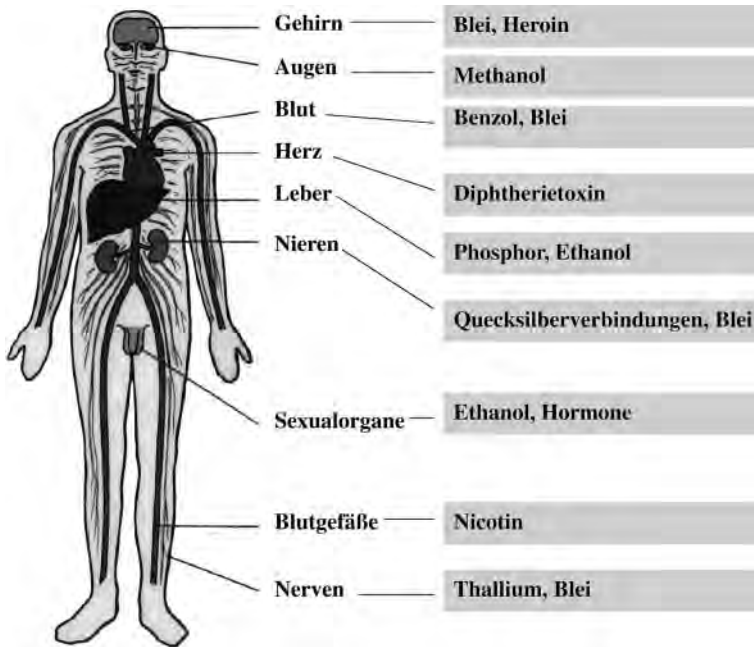


Abb. 1.1 Bekannte Zielorgane einiger Stoffe

sogenannten Zielorganen. Abbildung 1.1 zeigt bekannte Zielorgane wichtiger Chemikalien.

Zur Beschreibung der Giftigkeit ist die **akute** Toxizität von großer Bedeutung. Die akute Toxizität beschreibt die Wirkung bei einmaliger Einwirkung. In der Regel stellt sich die toxikologische Wirkung kurzfristig nach Exposition innerhalb weniger Minuten bis einiger Stunden ein. In sehr seltenen Fällen ist die Stoffwirkung durch Spätschäden erst nach Wochen oder Monaten erkennbar.

1.1.1

Aufnahmewege

Typischerweise können Stoffe auf drei verschiedenen Wegen in den Körper gelangen:

- oral: Aufnahme über den Mund direkt in den Magen,
- dermal: Aufnahme von Stoffen über die Haut und
- inhalativ: Aufnahme von Stoffen über die Atemorgane.

Abbildung 1.2 zeigt schematisch die verschiedenen Aufnahmewege sowie wichtige Zielorgane.

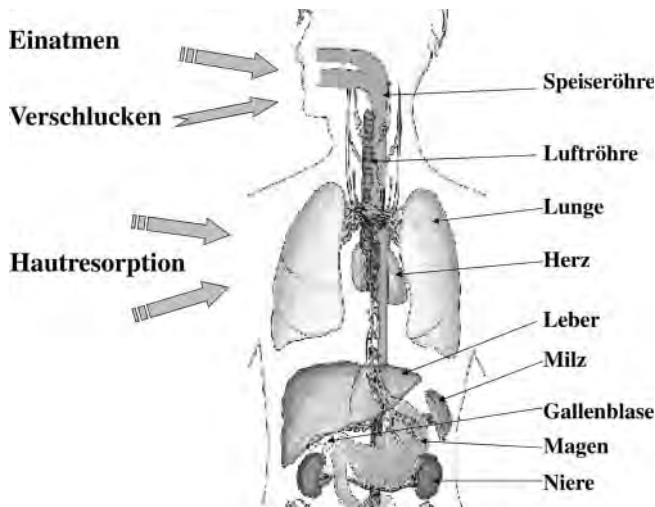


Abb. 1.2 Aufnahmewege für Stoffe in den Körper

1.1.1.1 Orale Aufnahme

In Abhängigkeit vom Aufnahmeweg können sich die Wirkungen von Stoffen deutlich unterscheiden. Durch das saure Milieu im Magen (pH = 1 bis 5) können bei oraler Aufnahme hydrolyseempfindliche Stoffe gespalten werden. Chemische Umwandlungen sowohl zu giftigeren (Giftung) als auch zu ungiftigeren Stoffen (Entgiftung) sind möglich. Im Magen-Darm-Trakt werden vor allem basische und lipophile Stoffe resorbiert. Chemikalien, die weder im Magen noch im Darm resorbiert werden, scheidet der Körper wieder aus. Ein möglicherweise vorhandenes toxisches Potenzial kann dadurch nicht wirksam werden, wie beispielsweise bei Cadmiumsulfid oder Bariumsulfat. Ein weiteres Beispiel ist metallisches *Quecksilber*. Im Magen-Darm-Trakt ist es oral aufgenommen unlöslich und nicht bioverfügbar; es wird in Form kleiner Tröpfchen wieder vollständig ausgeschieden. Quecksilberdampf wird im Gegensatz hierzu sehr gut über die Lunge aufgenommen und wirkt stark toxisch. Sowohl organische als auch eine Vielzahl anorganischer Quecksilberverbindungen (z. B. *Methylquecksilberchlorid*) sind im Magen-Darm-Trakt ausreichend löslich und wirken entsprechend auch bei oraler Aufnahme sehr toxisch.

1.1.1.2 Dermale Aufnahme

Eine wesentliche Aufgabe der **Haut** besteht im Schutz des Körpers gegen Einwirkung von außen. Diese Schutzfunktion ist gegenüber ionischen, wasserlöslichen Stoffen oder Makromolekülen sehr effektiv. Fettlösliche (lipophile) Stoffe werden demgegenüber meist gut über die Haut aufgenommen und resorbiert.

In Abhängigkeit von der chemischen Struktur ist die dermale Aufnahme von Chemikalien sehr unterschiedlich. Während lipophile Stoffe mit einem Molekulargewicht unter 200 Dalton im Allgemeinen gut über die Haut aufgenommen werden,

sind größere Moleküle in der Regel nicht mehr hautgängig. Bipolare Moleküle mit lipophilen und hydrophilen Gruppen werden äußerst effektiv resorbiert.

Bei Verwendung organischer Lösemittel muss deren gute Aufnahme über die Haut durch die Wahl geeigneter Schutzmaßnahmen Rechnung getragen werden. Die entfettende Wirkung der Lösemittel verstärkt durch Schädigung des Schutzmantels ihre dermale Aufnahme. Stoffe mit sowohl hautresorptiver als auch ätzender Wirkung werden äußerst schnell und wirkungsvoll über die Haut aufgenommen. Die ätzende Wirkung zerstört den Schutzmantel der Haut, infolgedessen können innerhalb kurzer Zeitspanne große Stoffmengen aufgenommen werden. Tödliche Unfälle durch *Phenol* oder *Flusssäure* sind hierfür bekannte Beispiele.

Die Bedeutung des dermalen Aufnahmeweges für Intoxikationen (Vergiftungen) wird in der Praxis häufig stark unterschätzt. Organische Lösemittel können gelöste Stoffe, die selbst nicht hautgängig sind, im Sinne eines „Carrier-Effektes“ durch die Haut transportieren. In der Medizin (Dermatologie) wird diese Tatsache ausgenutzt, um schlecht resorbierbare pharmakologische Wirkstoffe in tiefere Hautschichten zu transportieren.

Die Effektivität der dermalen Aufnahme ist am folgenden Beispiel gut erkennbar: Vom sehr gut hautresorptiven *Dimethylformamid* (DMF, Formel siehe Abbildung 1.3), wird 1 g, ca. 20 Tropfen, innerhalb weniger Minuten vollständig über die intakte Haut aufgenommen. Beim versehentlichen Verschütten können auch im Labormaßstab sehr viel größere Mengen aufgenommen werden. Um die gleiche Menge DMF über die Atemwege aufzunehmen, muss bei der maximal am Arbeitsplatz zulässigen Konzentration (bei täglich achtstündiger Exposition, AGW = 30 mg/m³, 10 ppm, siehe Abschnitt 3.3.1) mehrere Tage gearbeitet werden. Aufgrund der schnellen Metabolisierung von DMF (Halbwertszeit wenige Stunden) beträgt die im Körper zu einem beliebigen Zeitpunkt vorhandene Menge nur ein Bruchteil der Konzentration im Vergleich zur dermalen Aufnahme.

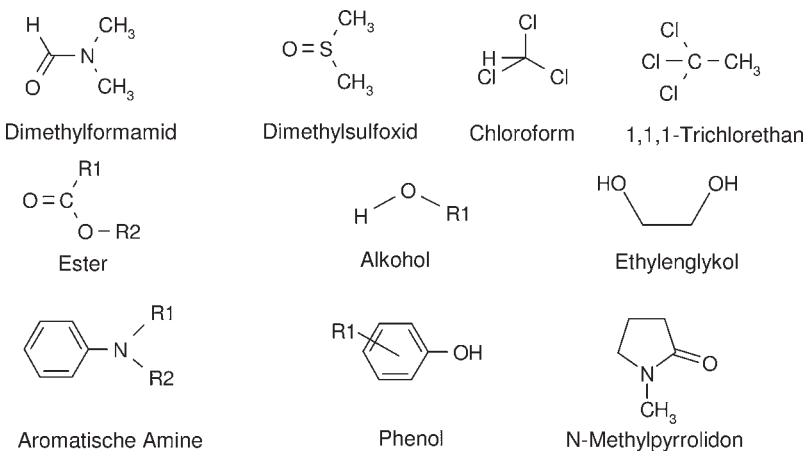


Abb. 1.3 Gut hautresorbierbare Stoffe

dermale Aufnahme: in Minuten
 inhalative Aufnahme: in Tagen

Geschwindigkeit und Menge der über die Haut aufgenommenen Stoffe hängt wesentlich von der Lipophilie, Molekülgröße und Polarität ab. Abbildung 1.3 zeigt einige Beispiele gut hautresorbierbarer Chemikalien. Viele Stoffe werden nicht nur durch die Haut resorbiert, sondern können sie auch direkt schädigen.

Wird durch den Stoffkontakt eine unmittelbare, lokale Schädigung der Haut ausgelöst, liegt keine systemische, sondern eine irritative oder ätzende Wirkung vor.

1.1.1.3 Inhalative Aufnahme

Gut wasserlösliche Stoffe, z. B. Ammoniak oder Chlorwasserstoff, werden beim **Einatmen** i. A. bereits im oberen Atemtrakt von der Schleimhaut absorbiert und gelangen infolgedessen allenfalls teilweise in die tieferen Bereiche der Lunge. Da sich im oberen Bereich der Luftröhre sehr viele Rezeptoren befinden, werden Reizreaktionen wie Husten und Niesen ausgelöst. Die Reizgase

- *Ammoniak,*
- *Fluor-, Chlor- und Bromwasserstoff,*
- *Schwefeldioxid, Stickoxide*

sowie Dämpfe von

- Säuren und
- Alkalien

sind bekannte Vertreter dieses Wirkprinzips.

Weniger gut wasserlösliche Verbindungen können bis in die Bronchien vordringen. Da in diesem Bereich der Lunge eine dünne Schleimschicht mit wenigen Rezeptoren vorherrscht, ist die Reizwirkung hier deutlich weniger ausgeprägt. Eine teilweise Diffusion durch das dünne Bronchiengewebe ist möglich. Die folgenden industriell bedeutsamen Chemikalien gehören zu diesem Typ:

- *Mono- und Diisocyanate,*
- *Chlor,*
- *Brom,*
- *Jod,*
- *Ozon und*
- *Phosphorchloride.*

Lipophile Verbindungen können über die Bronchien bis zu den Lungenbläschen (Alveolen) vordringen (siehe Abschnitt 1.2). Dort findet der Gasaustausch zwi-

schen Blut (*Kohlendioxid*) und Atemluft (*Sauerstoff*) statt. Die Alveolen liegen am Ende der Lungenäste und sind traubenförmig angeordnet. Ihre Oberflächen sind mit Blutkapillaren überzogen. Zwischen Blutgefäß und Gasraum befindet sich lediglich eine ein tausendstel Millimeter dicke Membran, die von nur zwei Zellschichten gebildet wird. Eine Diffusion von Fremdstoffen aus der Atemluft in die Blutbahn ist leicht möglich. Die gesamte Oberfläche der Millionen von Alveolen eines Erwachsenen beträgt ca. 100 m².

Dringen ätzende Stoffe bis in die Alveolen vor, sind lebensgefährliche Verätzungen des Lungengewebes die Folge. Stoffe mit ätzender und cytotoxischer (zellschädigender) Eigenschaft bewirken eine deutliche Wirkungsverstärkung. Dringt durch eine lokale Verätzung Flüssigkeit in die Alveolen ein, kann es zur Ausbildung eines Lungenödems kommen. Hierbei wird der lebensnotwendige Sauerstoffaustausch stark reduziert. Wenn die Bildung eines Lungenödems erst Stunden bis Tage nach der Exposition einsetzt, liegt eine **latente Wirkung** vor. Die Latenzzeit verläuft häufiger nahezu beschwerdefrei. Nur durch frühzeitiges ärztliches Eingreifen ist eine erfolgreiche Behandlung möglich. Große Bedeutung für die Bildung von Lungenödem haben

- *Phosgen*,
- *Ozon*,
- *Stickstoffdioxid*,
- *Methylisocyanat* sowie viele *Diisocyanate*.

1.1.2

Metabolismus

In Abhängigkeit des Aufnahmeweges durchlaufen Stoffe verschiedene Umwandlungsprozesse zwischen Aufnahme und Ausscheidung. Die Verweildauer im Organismus beträgt in Abhängigkeit von Löslichkeit, Dampfdruck, Polarität, Lipophilie, chemischer Struktur, Toxikokinetik und Toxikodynamik einige Minuten (z.B. Cyanide) bis hin zu mehreren Jahren (z. B. *Schwermetalle*, halogenierte Verbindungen). Neben den vorgenannten Eigenschaften beeinflussen sowohl die aufgenommene Menge als auch die physikalische Form die Metabolisierung. Die wichtigsten an Abbau und Umwandlung von Stoffen beteiligten Organe sind Leber, Galle, Niere und Magen. Die Verteilung im Körper in Abhängigkeit vom Aufnahmeweg kann Abbildung 1.4 entnommen werden.

Die Leber spielt beim Abbau körpereigener wie körperfremder Stoffe eine große Rolle. Primärreaktionen sind Hydrolyse, Oxidations- und Reduktionsreaktionen. Durch Konjugations- und Adduktbildung an Eiweiße oder Enzyme wird eine Wasserlöslichkeit erreicht oder erhöht. Häufig bewirkt die Metabolisierung eine Reduzierung des toxischen Profils, die Entgiftung. Gelegentlich führen Konjugations- oder Additionsaddukte erst zur eigentlichen toxischen Verbindung, was als Giftung bezeichnet wird.

Neben Leber und Niere sind zahlreiche weitere Zielorgane von Chemikalien bekannt, Tabelle 1.1 listet einige Zielorgane auf. Durch Bildung spezifischer

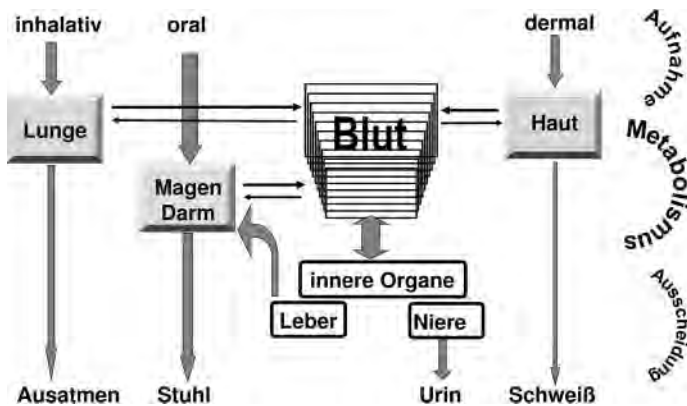


Abb. 1.4 Aufnahme, Verteilung und Ausscheidung von Stoffen

Tabelle 1.1 Zielorgane ausgewählter Chemikalien.

Stoff	Zielorgan	Zielorgan	Zielorgan
Anilin	Blut		
Benzol	Knochenmark		
Blei	Gehirn	Nerven	Knochenmark
Cadmium	Niere	Lunge (inhalativ)	
Chlorkohlenwasserstoffe	Leber		
Cyanide	ZNS		
Ethanol	Leber	zentrales Nervensystem	
Methylglykol	Hoden	Knochenmark	zentrales Nervensystem
Methanol	ZNS	Sehnerv	
Nikotin	Blutgefäße		
Nitrobenzol	Blut	Leber	
Phenole	Herz	Leber	Niere
Quecksilberverbindungen	Nieren	zentrales Nervensystem	

Donor-Akzeptor-Komplexe an der Vielzahl von Rezeptoren in den Zellen können sehr unterschiedlich Schädigungen hervorgerufen werden. Für die Extrapolation der Stoffwirkung vom Tier (meist Ratte oder Maus) auf den Menschen ist wesentlich, dass sich die Zielorgane in der Regel nicht unterscheiden.

Von besonderer Bedeutung für das toxikologische Profil sind Reaktionen mit Bestandteilen im Zellinneren, insbesondere mit dem Zellkern. Addukte mit der DNS (Desoxyribonukleinsäure), dem Träger der Erbinformation, können prinzipiell die Ursache für eine krebserzeugende Wirkung sein, siehe Abschnitt 1.1.8.

Da beim metabolischen Abbau **oxidative Prozesse** eine besondere Rolle spielen, werden häufig reaktive Zwischenstufen durch Reaktion mit aktiviertem Sauerstoff

gebildet. Beispielfhaft seien die Bildung von *Ethylenoxid* aus *Ethylen*, von Aldehyden und Ketonen aus Alkoholen sowie oxidative Demethylierungen und Desulfierungsreaktionen genannt.

1.1.3

Akute Wirkung

Eine akute Wirkung von Stoffen beschreibt das Verhalten nach einmaliger Aufnahme eines Stoffes. Die toxische Wirkung kann innerhalb weniger Minuten bis Stunden nach der Stoffaufnahme einsetzen, bei Stoffen mit latenter Wirkung können sogar mehrere Stunden bis zu einigen Tagen vergehen.

Zur Beschreibung der akuten Giftigkeit von Stoffen wird die mittlere letale Dosis benutzt. Dies ist die Stoffmenge, bei der die Hälfte der untersuchten Tiere bei einmaliger Stoffgabe infolge der Stoffeinwirkung sterben. In Abhängigkeit des Aufnahmeweges werden die folgenden experimentellen Methoden zur Ermittlung der akuten Toxizität benutzt:

- oral: einmalige Applikation der gesamten Menge in den Magen,
- dermal: einmaliges Auftragen der gesamten Substanzmenge auf die Haut, Einwirkungsdauer 24 Stunden,
- inhalativ: Exposition über die Atemluft für vier Stunden.

Durch Division der mittleren tödlichen Stoffmenge bei oraler oder dermalen Applikation durch das Körpergewicht der Tiere (= Dosis) erhält man den **LD₅₀**-Wert. Die mittlere letale Dosis LD₅₀ ist eine stoffspezifische Größe und unterscheidet sich innerhalb einer Spezies, z. B. bei Vertretern der Säugetiere, nicht signifikant. Als Einheit der letalen Dosis wird üblicherweise die Stoffmenge in Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht [mg/kg] gewählt. Bei inhalativer Prüfung wird im Gegensatz hierzu die Konzentration des Stoffes in Milligramm pro Liter Atemluft bei in der Regel vierstündiger Exposition angegeben. Da das Atemvolumen unterschiedlicher Tierarten sehr gut mit dem Körpergewicht korreliert, muss für die stoffspezifische Giftigkeit nicht durch das Körpergewicht dividiert werden. Abbildung 1.5 fasst die Definitionen der mittleren tödlichen Wirkung zusammen.

Das häufig als Supergift bezeichnete 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin, abgekürzt TCDD, besitzt eine um den Faktor 10.000 niedrigere letale Dosis als *Kaliumcyanid* (Zyankali). Der giftigste bislang bekannte Stoff, das vom Bakterium *Botulinus* produzierte Gift Botulinustoxin, ist zum Vergleich in etwa um den gleichen Faktor giftiger als TCDD. Eine Auswahl natürlich vorkommender Toxine in Pflanzen ist in Tabelle 1.2 zusammengefasst. Wie der Tabelle entnommen werden kann, besitzen natürliche Gifte (Toxine) die höchste Akuttoxizität. Die Einstufung von Stoffen in Abhängigkeit der mittleren letalen Dosis wird in Abschnitt 2.3.1 beschrieben.

- LD₅₀ oral:** Dosis, bei der die Hälfte der Versuchstiere bei oraler Aufnahme sterben
Einheit: Stoffmenge der Substanz in mg pro kg Körpergewicht des Tieres
mg/kg KGW
- LD₅₀ dermal:** Dosis, bei der die Hälfte der Versuchstiere bei Aufnahme über die Haut sterben
Einheit: Stoffmenge der Substanz in mg pro kg Körpergewicht des Tieres
mg/kg KGW
- LC₅₀ inhalativ:** Konzentration, bei der die Hälfte der Versuchstiere nach 4-stündiger Exposition sterben
Einheit: Stoffmenge in mg pro Liter Atemluft
mg/L/4h

Abb. 1.5 Definition mittlere letale Dosis

Tabelle 1.2 Sehr giftige Naturstoffe.

Sehr giftiger Stoff	LD ₅₀ [mg/kg]	Vorkommen
Botulinustoxin	0,000 000 03	Fleisch, Wurst, Konserven
Tetanustoxin	0,000 000 1	Wundstarrkrampf
Crotalustoxin	0,000 02	Kobra
Diphtherietoxin	0,000 3	Krankheitserreger
Crototoxin	0,000 2	Fischgift
Amantadin	0,000 1	Knollenblätterpilz
„Dioxin“	0,001	Zigarettenrauch
Ricin, Abrin	0,005	Paternostererbse, Rizinus
Tetrodotoxin	0,01	Fischgift
Aflatoxin B1	0,01	Schimmelpilz
Muscarin	0,1	Fliegenpilz
Saxitoxin	0,2	Miesmuschel
Oleandrin	0,3	Oleander
Strychnin	0,5	Brechness
Nikotin	1	Tabak
Aconitin	0,2	Eisenhut
Orellanin	3	Pilze
Natriumcyanid	10	Bittermandel
Atropin	10	Tollkirsche, Stechapfel

1.1.4

Wirkung bei wiederholter Applikation

Die toxische Wirkung von Stoffen in Abhängigkeit der aufgenommenen Menge folgt einer mehr oder weniger steilen Dosis-Wirkungs-Kurve. Allen Stoffen ist ein weitgehend ähnliches Verhalten bei niedrigen Dosen gemeinsam: Mit abnehmender Stoffmenge werden kleinere Effekte im Körper beobachtet. Bei einer für jeden Stoff charakteristischen Dosis sind keine Gesundheitsschädigungen mehr vorhanden. Bei doppeltlogarithmischer Auftragung der Dosis gegenüber der ausgelösten

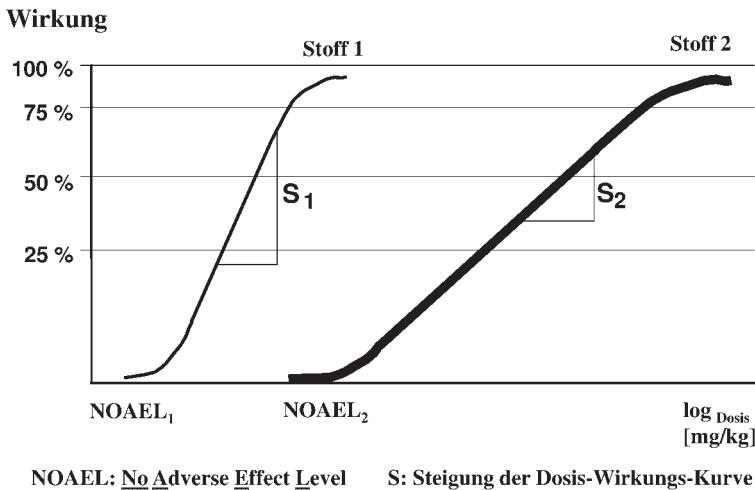


Abb. 1.6 Dosis-Wirkungs-Kurven unterschiedlicher Stoffe

Stoffwirkung erhält man die charakteristischen S-Kurven mit linearem Kurvenverlauf im mittleren Dosisbereich (siehe Abbildung 1.6).

Die Dosis, bei der gerade keine biologisch relevante Wirkung mehr festgestellt werden kann, wird als **Wirkschwelle** bezeichnet. In der Fachliteratur hat sich der Begriff „**No Adverse Effect Level**“, abgekürzt NOAEL, eingebürgert. Als Wirkung gelten alle bedeutsamen biologischen Wirkungen mit gesundheitlicher Relevanz. Die Steilheit (S) der Kurve gibt an, ob bei Überschreitung der Wirkschwelle mit leichteren oder bereits sehr schnell mit ernsthaften Gesundheitsgefahren zu rechnen ist. Bei Ersteren verläuft die Kurve flach (Kurve 2), bei Letzteren ausgesprochen steil (Kurve 1). Findet bei Stoffen mit flacher Dosis-Wirkungs-Kurve über einen längeren Zeitraum eine Stoffaufnahme oberhalb der Wirkschwelle statt, können trotzdem schwerwiegende Gesundheitsgefahren resultieren.

Analog den für einige Stoffgruppen charakteristischen Unterschieden in den letalen Dosen bei unterschiedlichen Aufnahmewegen zeigen auch die Dosis-Wirkungs-Kurven unterschiedliche NOAEL-Werte und Kurvensteigungen.

Bekannte Stoffe mit sehr steilem Kurvenverlauf sind *Ethylenchlorhydrin*, *Phosgen*, *Blausäure*, *Stickoxide* oder *Schwefelwasserstoff*. Bereits bei kleiner Überschreitung der Wirkschwelle muss bei diesen Stoffen mit schwerwiegenden Gesundheitsgefährdungen gerechnet werden, in einigen Fällen wurden bei nur zehnfacher Überschreitung der Wirkschwelle schwere Gesundheitsschäden beobachtet.

Viele Stoffe wirken bei einmaliger Verabreichung in niedrigen Konzentrationen nicht schädlich auf den Organismus, jedoch bei Einwirkung über einen längeren Zeitraum. Da in der Praxis akute Wirkungen praktisch nur bei Unfällen vorkommen, ist die Kenntnis der Stoffwirkung bei Aufnahme über einen längeren Zeitraum zur Festlegung der notwendigen Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz von erheblich größerer Bedeutung. Zur Ermittlung der Wirkung bei wiederholter

Tabelle 1.3 Versuchsdauern unterschiedlicher Studientypen (Ratte).

Versuchstyp	Dauer
akut	einmalig
subakut	28 Tage
subchronisch	90 Tage
chronisch	> 6 Monate bis 2 Jahre
kanzerogen	2 Jahre

Stoffaufnahme sind nach OECD-Guidelines die in Tabelle 1.3 aufgeführten Versuchsdauern zu verwenden. Zur Ermittlung der Wirkschwelle werden idealerweise chronische oder subchronische Studien benutzt.

Die Langzeituntersuchungen werden üblicherweise an Ratten oder Mäusen durchgeführt. Die Zeitdauer zwischen Expositionsbeginn und Wirkungseintritt (Latenzzeit) ist bei unterschiedlichen Tierarten proportional zur mittleren Lebenserwartung. Daher entspricht die zweijährige Tierstudie bei der Ratte in guter Näherung einer lebenslänglichen Exposition beim Menschen.

Als **LOAEL** (**L**owest **O**bservable **A**dverse **E**ffect **L**evel) wird die niedrigste Dosis bezeichnet, bei der im Tierversuch die ersten gesundheitlich relevanten Effekte beobachtet werden. Trägt man als Wirkung in einem Dosis-Wirkungs-Diagramm die Anzahl der gestorbenen Tiere auf, so kann der LD₅₀-Wert abgelesen werden (siehe Abbildung 1.6).

1.1.5

Sensibilisierende (allergisierende) Wirkung

Sensibilisierungen sind individuelle Fehlreaktionen des Immunsystems auf Fremdstoffe, die unter dem klinischen Bild einer Allergie verlaufen. Hierbei werden zunächst Antikörper gegen strukturelle Merkmale eines Stoffes gebildet, bei niedermolekularen Stoffen nach vorheriger Bindung an ein Protein, welches dem Immunsystem als „fremd“ erscheint. Bei Allergien werden Stoffe vom Immunsystem als Krankheitserreger fehlinterpretiert und die körperüblichen Immunreaktionen aktiviert.

Sensibilisierungen verlaufen typischerweise in zwei Stufen: In der Initiierungsphase werden durch Kontakt mit dem sensibilisierenden Agens die Antikörper vom Immunsystem gebildet. Dies kann nach mehrjährigem Kontakt mit dem sensibilisierenden Stoff plötzlich ohne vorherige Anzeichen erfolgen. Die für die Induktion verantwortlichen Ursachen sind nur in wenigen Fällen bekannt. Hohe Dosen, u. U. auch einmalig hohe Dosen, können hierbei eine bahnende Rolle spielen. Nach Induktion, in der die Antikörper gebildet werden, kann bei erneutem Kontakt die Sensibilisierungsreaktion ausgelöst werden, wofür bereits sehr geringe Mengen ausreichen können.

Grundsätzlich wird zwischen allergischen Reaktionen

- der Atemwege (Atemwegsallergene) und
- der Haut (Kontaktallergene)

unterschieden.

Als typische atemwegsallergische Reaktionen gelten allergischer Schnupfen (Rhinitis allergica) mit Nasenjucken, Niesreiz, Niessalven, Fließschnupfen und Nasenverstopfung oder das allergische Asthma bronchiale mit anfallartiger Luftnot und pfeifenden Atemgeräuschen. Häufig werden diese allergischen Erscheinungen von Augenbindehautentzündung (Blepharokonjunktivitis) begleitet. Seltener sind fieberhafte Lungenerkrankungen (allergische Alveolitis, z. B. Farmerlunge). Allergischer Schnupfen und allergisches Asthma durch pflanzliche und tierische Allergene werden gehäuft bei Personen mit anlagebedingter Bereitschaft zu Überempfindlichkeitsreaktionen (Atopie) beobachtet. Das Auftreten allergischer Atemwegsbeschwerden ist abhängig vom Grad der Sensibilisierung sowie von Art, Konzentration und sensibilisierender Potenz des an den Atemwegen sensibilisierend wirkenden Stoffes. Bei bestehender Allergie genügen meist sehr geringe Mengen des Allergens, um Beschwerden auszulösen.

Niedermolekulare Stoffe, wie z. B. Metallionen, organische Carbonsäureanhydride oder Acrylate, sensibilisieren überwiegend durch Hautkontakt. Hierbei führt die Reaktion dieser Stoffe mit körpereigenen Eiweißen zur Bildung spezifisch sensibilisierter Immunzellen. Nach wiederholtem Hautkontakt kann mit zeitlicher Verzögerung am Einwirkort, gelegentlich mit Streureaktionen an anderen Stellen, ein allergisches Kontaktekzem auftreten. Die Sensibilisierung ist abhängig von der Intensität des Kontakts und der sensibilisierenden Potenz des Stoffes.

Aufgrund zahlreicher Untersuchungen kann als gesichert angesehen werden, dass eine erbliche Disposition für die Allergieauslösung von großer Bedeutung ist. Personen mit entsprechend häufigem Auftreten von Allergien in der Verwandtschaft sollten deshalb besondere Vorsicht gegenüber allergieauslösenden Ursachen walten lassen. Andererseits sind Stoffe bekannt, die aufgrund ihres hohen sensibilisierenden Potenzials unabhängig von der individuellen Disposition bei jedem Menschen eine Sensibilisierung herbeiführen.

Sensibilisierungen nehmen in der Allgemeinbevölkerung seit mehreren Jahren bzw. Jahrzehnten stetig zu. Korrelationen mit der Höhe der Umweltverschmutzung sind nicht nachweisbar.

Ebenfalls sehr häufige Ursachen für Allergien sind Hausstaub, Blütenpollen, Tierhaare, Lebensmittel sowie Lebensmittelzusatzstoffe und Pflanzen. Erfahrungsgemäß ist die Bestimmung des allergieauslösenden Agens in der Praxis oft schwierig.

Bei berufsbedingten Allergien dominieren andere Stoffe im Vergleich zu den Allergien in der Allgemeinbevölkerung. Die häufigste Ursache allergischer Berufskrankheiten ist Mehl. Jährlich werden in der Bundesrepublik Deutschland deswegen hohe Millionenbeträge an Rentenzahlungen aufgewendet. An zweiter Stelle stehen Allergien im Bausektor, ausgelöst durch Chromat im Zement. Durch das

Verbot von allergieauslösenden Chromatkonzentrationen in Zementen bei händischer Anwendung durch Anhang XVII REACH-Verordnung (siehe Abschnitt 4.3) ist mit einer deutlichen Abnahme der sogenannten Maurerkrätze zu rechnen. An dritter Stelle berufsbedingter Allergien stehen durch Desinfektionsmittel ausgelöste Kontaktekzeme im Krankenhaus- und Reinigungsbereich. Die klassischen chemischen Allergene nehmen im Berufskrankheitsgeschehen nur eine untergeordnete Rolle ein.

Während zur Prüfung auf atemwegsensibilisierende Wirkung keine tierexperimentellen Untersuchungsmethoden zur Verfügung stehen, können zur Prüfung auf Hautsensibilisierung zwei verschiedene Testmethoden mit unterschiedlicher Empfindlichkeit benutzt werden. Zur Prüfung von Industriechemikalien ist üblicherweise der sogenannte Patchtest ausreichend empfindlich. Hierbei wird die Prüfsubstanz unmittelbar auf die Haut appliziert, ähnlich wie bei Allergietests bei Menschen.

Im Maximierungstest, auch Magnusson-Kligmann-Test genannt, wird die zu prüfende Substanz in einer nicht reizenden Konzentration in die Haut von Meeresschweinchen injiziert und zur Verstärkung mit einem bekannten Allergen eine Körperreaktion ausgelöst. Nach einer Induktionszeit von 14 Tagen wird die Testsubstanz epikutan aufgetragen. Eine positive Reaktion liegt vor, wenn bei einem größeren Anteil der Tiere nach der Ruhephase eine Sensibilisierung ausgelöst wurde (siehe Abbildung 1.7).

Als weiterer Routinetest hat sich neuerdings als in-vivo-Prüfung der lokale Test an Lymphknoten an Mäusen (LLNA) etabliert, der zusätzlich eine Differenzierung nach der allergenen Potenz erlaubt.

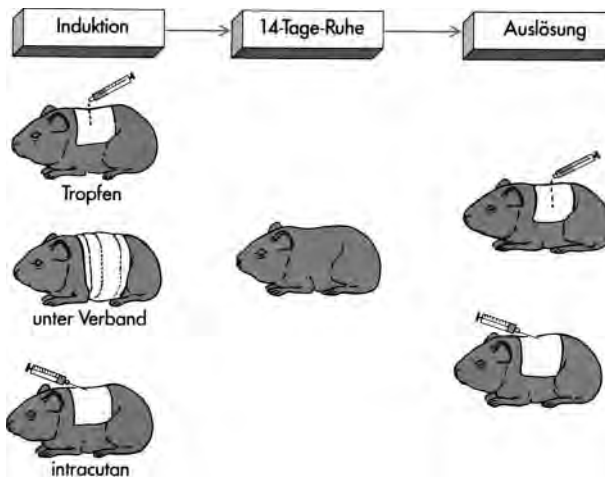


Abb. 1.7 Maximierungstest zur Ermittlung der sensibilisierenden Wirkung

1.1.6

Entwicklungsschädigende Wirkung

Zum Verständnis entwicklungsschädigender Wirkungen sind Kenntnisse der Entwicklung von der befruchteten Eizelle bis zur Geburt notwendig: In den beiden ersten Wochen nach der Befruchtung beginnen die Zellteilungen bis zur Embryonalphase. Schädigungen in dieser Phase der Schwangerschaft, der sogenannten **Blastogenese**, sind in aller Regel so gravierend, dass es zum Absterben des Embryos kommt. Da die Schwangerschaft in diesem Stadium i. A. noch nicht feststellbar ist, kann auch die Fehlgeburt (Abort) nicht wahrgenommen werden. An das Stadium der Blastogenese schließt sich die **Embryogenese** an. Beim Menschen erstreckt sich diese Phase von der dritten bis zur achten Schwangerschaftswoche. In dieser Entwicklungsphase werden die Organe und die Extremitäten (Gliedermaßen wie Arme und Beine) ausgebildet und äußere Einflüsse können zu morphologischen Veränderungen führen. Diese anatomischen Missbildungen werden als **teratogene** Effekte bezeichnet. In Abbildung 1.8 ist die Schädigung der verschiedenen Organe in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt.

An die Embryogenese schließt sich die **Fetalperiode** an, während der sich das zentrale Nervensystem ausbildet und das weitere Wachstum der Organe statt-

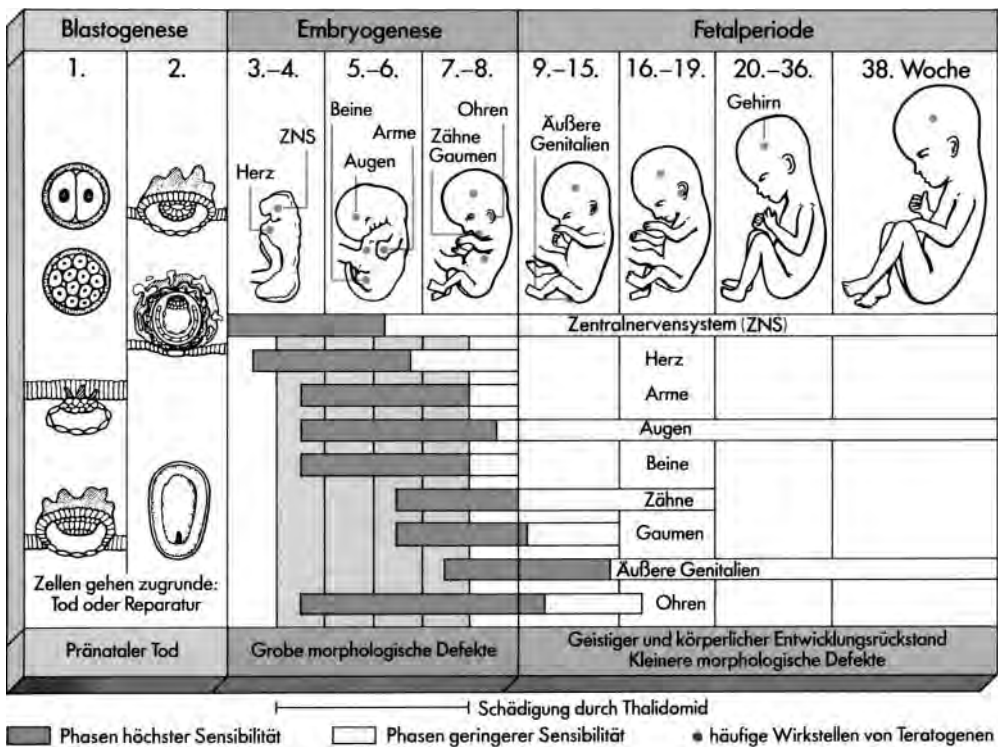


Abb. 1.8 Die sensiblen Phasen der Schwangerschaft beim Menschen

findet. Zur Ausbildung embryotoxischer Wirkung (Schädigung des Embryos) müssen Chemikalien vom mütterlichen in den kindlichen Organismus übertreten und dafür die Plazentaschranke überwinden. In Abhängigkeit von der chemischen Struktur stellt die Plazentaschranke eine mehr oder weniger wirkungsvolle Barriere dar; insbesondere lipophile Stoffe können sie gut überwinden.

Wird die embryotoxische Wirkung ohne Schädigung des mütterlichen Organismus (maternaltoxischer Effekt) hervorgerufen, sind besondere zusätzliche Maßnahmen am Arbeitsplatz notwendig, da die potenzielle Gefährdung von der schwangeren Frau selbst nicht wahrgenommen wird. Während teratogene Effekte anatomische Missbildungen ausdrücken, ist der Begriff **Fruchtschädigung** weiter gefasst. Hierzu zählen alle durch die Stoffexposition ausgelösten Veränderungen, die bei der Geburt erkennbar sind, wie z. B. verringertes Geburtsgewicht oder Organschäden.

Der Begriff **Entwicklungsschädigung** (nach EU-Definition) umfasst darüber hinaus alle schädlichen Wirkungen auf die Entwicklung der Nachkommen, die während der Schwangerschaft verursacht werden und sich prä- oder postnatal (vor oder nach der Geburt) bis zur Pubertät manifestieren. Dies schließt im Gegensatz zur Fruchtschädigung geistige und physische Entwicklungsstörungen ein, die sich ggf. erst im Vorschulalter bzw. in der Schule zeigen.

Zu den Entwicklungsschädigungen zählen

- embryo- oder fetotoxische Wirkungen wie geringeres Körpergewicht, Wachstums- oder Entwicklungsstörungen und Organschäden,
- letale Effekte oder Aborte,
- Missbildungen (teratogene Effekte),
- funktionelle Schädigungen,
- pränatale (vorgeburtliche) Schäden,
- perinatale Schäden,
- postnatale Schäden und
- Beeinträchtigung der postnatalen geistigen und physischen Entwicklung bis zum Abschluss der pubertären Entwicklung.

Schädigungen des Embryos können durch eine Vielzahl von Faktoren ausgelöst werden. Aus dem alltäglichen Leben sind physische (schweres Heben, mechanische Schädigungen des Fötus, extreme Temperaturen etc.) und psychische (eventuell hormonell bedingt) Faktoren bekannt, Sauerstoffmangel oder ernährungsbedingte Mangelerscheinungen durch das Fehlen essenzieller Vitamine und Spurenelemente.

Im Rahmen der weiteren Diskussion werden nur die vom Arbeitsplatz ausgehenden embryotoxischen Effekte betrachtet. Wichtige Faktoren sind

- physikalische Strahlen,
- Viren und Bakterien sowie
- Chemikalien.

Alle ausreichend energiereiche ionisierende Strahlen können Entwicklungsschädigungen auslösen. Gravierende Schädigungen können Gammastrahlen, die beim radioaktiven Zerfall entstehen, hervorrufen. Desgleichen sind auch Schädigungen durch Röntgenstrahlen bekannt.

Virale oder **bakterielle Erkrankungen** können ebenfalls eine große Gefahr für den heranreifenden Embryo sein. Die durch den Rötelvirus ausgelösten schweren Schädigungen (Augen-, Ohrenschäden, Herzfehler) haben zu einer routinemäßigen Untersuchung von Schwangeren geführt mit ggf. nachfolgender Impfung bei nicht ausreichenden Antikörpern.

Neben einigen wichtigen **Industriechemikalien** können Entwicklungsschädigungen durch viele alltägliche Stoffe oder auch Arzneimittel ausgelöst werden, z. B.

- *Alkohol*,
- Rauchen (*Kohlenmonoxid*),
- Rauschgift,
- Zytostatika (Krebsmedikamente),
- Vitamin A und pharmazeutische Derivate oder
- spezielle Pharmaka (z. B. *Contergan*, *Phenothiazin*).

Die häufigsten Ursachen in der westlichen Welt sind jedoch die leicht vermeidbaren zivilisatorischen Ursachen Rauchen, Alkohol und Drogen. Die entwicklungsschädigende Wirkung von Alkohol (*Ethanol*) ist zweifelsfrei nachgewiesen. Neben anatomischen Missbildungen treten vor allem Entwicklungs- und Verhaltensstörungen sowie geistige Defizite auf.

Entwicklungsschädigende Stoffe besitzen nachgewiesenermaßen im Tierversuch als auch beim Menschen eindeutig Wirkschwellen, unterhalb derer keine Schädigungen auftreten. Bei rein inhalativer Aufnahme von *Ethanol* am Arbeitsplatz in Konzentrationen bis zum MAK-Wert wird die Wirkschwelle mit Sicherheit unterschritten, erkennbar an der Zuordnung zur Schwangerschaftsgruppe C (siehe Abschnitt 2.3.4.7). Schädigungen durch Alkohol sind ausschließlich bei oraler Aufnahme möglich.

Durch (unter anderem) Mangelversorgung der Zellen mit Sauerstoff besitzt *Kohlenmonoxid* auch im Tierversuch eindeutig entwicklungsschädigende Wirkung. Kohlenmonoxid ist wesentliche Ursache für die entwicklungsschädigende Wirkung des Rauchens.

Vitamin A, ein essenzielles Vitamin, ist in höheren Mengen eindeutig auch beim Menschen entwicklungsschädigend. Die Existenz einer Wirkschwelle entwicklungsschädigender Stoffe wird hier besonders deutlich; Vitaminmangel während der Schwangerschaft löst Mangelercheinungen von Mutter und Kind aus. Die in Lebensmitteln enthaltenen Vitamin-A-Mengen liegen deutlich unter der entwicklungsschädigenden Schwelle, nicht jedoch die in manchen Arzneimitteln!

1.1.7

Fruchtbarkeitsgefährdende Wirkung

Fruchtbarkeitsschädigende Wirkung liegt vor, wenn nachteilige Auswirkungen bestehen auf

- die Sexualorgane,
- die Libido (Geschlechtstrieb),
- das Sexualverhalten,
- die Spermatogenese (Samenbildung),
- die Oogenese (Entwicklung der Eizelle) und
- den Hormonhaushalt und physiologische Reaktionen, die im Zusammenhang mit der Befruchtungsfähigkeit, der Befruchtung und der Entwicklung der befruchteten Eizelle bis zur Einnistung im Uterus stehen.

Eine fruchtbarkeitsschädigende Wirkung in Tierversuchen setzt voraus, dass keine sekundären Effekte während der Versuchsdurchführung vorhanden sind. So kann z. B. erhöhter Stress zu einem geänderten Paarungsverhalten führen oder toxische Effekte an anderen Organen eine Sekundärwirkung auslösen. Nur wenn eine eindeutige Wirkung auf das Reproduktionssystem belegt ist, z. B. durch einen geänderten Hormonspiegel, ist eine Einstufung in Kategorie 2 gerechtfertigt.

Dass sich natürlicherweise ein Drittel bis zur Hälfte der befruchteten Eizellen beim Menschen nicht in die Gebärmutter einnisten, ist an der hohen Rate an Spontanaborten innerhalb der ersten drei Schwangerschaftswochen erkennbar. Als Ursache kommen natürliche genetische Defekte, die eine Weiterentwicklung im Mehrzellstadium verhindern, infrage. Die körpereigenen Prüfmechanismen sondern nicht nur natürliche genetische Defekte (endogene Faktoren), sondern auch von außen ausgelöste Defekte (exogene Faktoren) aus.

Der Nachweis einer Verminderung der Fruchtbarkeit beim Menschen ist aus den vorgenannten Gründen schwierig. Im Gegensatz zur Entwicklungsschädigung sind beide Geschlechter gleichermaßen betroffen. Anzahl und Qualität der Spermien werden stark durch äußere (z. B. Stress, Stoffe) und durch innere Faktoren (z. B. psychische Schwankungen) beeinflusst. Auswirkungen auf die Spermatogenese (Heranreifen der Spermien) sind auf vielfältige Art möglich; die Wirkung von Alkohol, Rauchen oder Drogen ist eindeutig belegt, desgleichen können auch Chemikalien entsprechende Effekte auslösen. Im Gegensatz hierzu sind die Ovarien deutlich besser gegen Fremdeinflüsse geschützt, wenngleich auch hier exogene Schäden denkbar sind.

1.1.8

Krebserzeugende Wirkung

Tumore werden durch unkontrolliertes Zellwachstum ausgelöst. Durch fortschreitende Teilung der Zellen können Geschwülste entstehen. Grundsätzlich muss

zwischen gutartigen (benignen) und bösartigen (malignen) Tumoren unterschieden werden.

Gutartige Tumore wachsen isoliert vom umgebenden Gewebe. Diese Gewebewucherungen wachsen normalerweise eingekapselt und expansiv, d. h. aus sich heraus. Sie werden mit dem Suffix *-om* bezeichnet: Ein faserbildender Tumor des Bindegewebes ist demnach als *Fibrom*, ein Gefäßtumor als *Angiom*, ein Drüsentumor als *Adenom* und ein gutartiger Tumor des Fettgewebes als *Lipom* zu bezeichnen.

Bösartige Tumore wachsen demgegenüber nicht in einer isolierten Einheit, sondern in das umliegende gesunde Gewebe hinein; man spricht von infiltrativem Wachstum. Durch Verteilung über Blut- und Lymphgefäße können sich Tochtergeschwülste an ganz anderen Organen ansiedeln und Metastasen bilden. Bösartige Tumore werden auch als „Krebs“ bezeichnet. In Abhängigkeit vom Gewebe, in dem der Krebs wächst, unterscheidet man verschiedene Krebsarten:

Karzinom: Krebs von Epithelzellen. Epithelzellen bilden die inneren und äußeren Oberflächen im Organismus. Hierzu zählen die Haut, die Atmungsorgane und der Magen-Darm-Trakt sowie zahlreiche Drüsen, wie z. B. die Brust-, Bauchspeichel- und Schilddrüse. Die meisten Krebse (ca. 90 %) gehen von Epithelzellen aus und sind somit Karzinome. Zur Charakterisierung wird das Suffix *-karzinom* verwendet: Ein bösartiger Tumor des Drüsengewebes wird als *Adenokarzinom* bezeichnet.

Sarkom: Krebs von Bindegewebszellen. Zur Unterscheidung wird ein Krebs des Bindegewebes *Fibrosarkom* und ein Gefäßtumor *Angiosarkom* genannt.

Zum Verständnis der Krebsentstehung werden Kenntnisse der Zellteilung (Proliferation) benötigt. Der Zellteilung geht stets eine Verdopplung (Replikation) der Desoxyribonukleinsäure (DNS) voraus. Die DNS als Träger der Erbinformation folgt bei allen Lebewesen dem gleichen Bauprinzip: Sie besteht aus zwei Einzelsträngen, die im Sinne einer Doppelhelixstruktur miteinander verbunden sind. Jeder Einzelstrang dieses Makromoleküls ist durch eine regelmäßige Abfolge des Zuckermoleküls Desoxyribose und der Phosphorsäure derart aufgebaut, dass je eine Desoxyribose an zwei verschiedenen Phosphorsäuremolekülen über eine Di-Esterbrücke verknüpft ist. An jedes Zuckermolekül ist eine der vier Basen Adenin, Thymin, Guanin oder Cytosin kovalent gebunden. Zwei Basen stehen sich jeweils gegenüber und bilden so die „Sprossen“ der Doppelhelix durch Wasserstoffbrückenbindung. Bei allen höheren Lebewesen ist die DNS im Zellkern jeder Zelle lokalisiert. Somit ist im Zellkern jeder Zelle der Bauplan des ganzen Organismus gespeichert.

Genotoxische chemische Kanzerogene können mit den reaktiven Gruppen der DNS reagieren. Da die vier Basen Adenin, Guanin, Thymin und Cytosin freie Aminogruppen haben, reagiert die DNS bevorzugt mit Elektrophilen. Neben den Aminogruppen hat die DNS weitere funktionelle Gruppen, sowohl an den Basen als auch am Phosphat-Desoxyribose-Rückgrat. An den vielfältigen Wasserstoffbrückenbindungen, die für die „Tertiärstruktur“ mitverantwortlich sind, bieten sich zahlreiche Angriffspunkte für Chemikalien (oder deren Metabolite), die die DNS direkt verändern und krebsauslösend wirken. Jede Zellteilung wird immer durch

Duplizierung der DNS eingeleitet. Eine Veränderung der DNS kann somit zu einer Veränderung der Tochterzelle führen.

Im Gegensatz zu den genotoxischen verändern **nicht-genotoxische** Kanzerogene, früher wurde auch der Begriff epigenetisch benutzt, nicht die DNS. Durch eine permanente Reizwirkung können sie z. B. die Zellteilungsrate erhöhen oder durch Überlastung der Reinigungsmechanismen der Lunge krebsauslösende Faktoren bilden.

1.1.8.1 Krebsauslösende Faktoren

Die Ursachen von DNS-Veränderungen sind sehr vielfältig. Folgende krebsauslösende Faktoren sind für das Krebsaufkommen von Bedeutung:

- Chemische Kanzerogene
 - endogen gebildete Kanzerogene
 - Industriechemikalien
- Biologische Faktoren:
 - Enzyme
 - Hormone
 - Viren
- Physikalische Faktoren:
 - ionisierende Strahlung: Röntgenstrahlung, Gammastrahlung
 - ultraviolette Strahlung

Wird die Immunabwehr des Körpers herabgesetzt, wie z. B. nach Organtransplantationen, werden verstärkt Tumore beobachtet. Offensichtlich ist mit einer Reduzierung der Immunabwehr eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Tumoren verbunden.

Aufgrund der großen Anzahl natürlicher krebsauslösender Faktoren ist für das Überleben von entscheidender Bedeutung, dass der Organismus die veränderte DNS erkennt und „repariert“. Heute sind eine Vielzahl solcher „Reparaturmechanismen“ bekannt, ohne deren Existenz die höheren Lebewesen nicht überlebensfähig wären. Nur wenn die Reparaturmechanismen die spezifische DNS-Veränderung nicht korrigieren können, kann aus der nächsten Zellteilung eine Zelle mit veränderten Eigenschaften resultieren.

Der Angriff einer krebsauslösenden Verbindung auf die DNS wird als **Initiationsphase** bezeichnet. Wird der DNS-Schaden durch die Reparaturmechanismen nicht korrigiert, bleibt die Änderung erhalten; sie ist **persistent**. Ein derartiger Prozess ist irreversibel. Eine so veränderte DNS kann jedoch selbst keinen Tumor auslösen, erst bei der nächsten Zellteilung kann das unkontrollierte Zellwachstum gestartet werden. Eine initiierte Zelle wird deshalb als „schlafende Krebszelle“ bezeichnet, in der ein Tumor **induziert** wurde.

Wirkt auf eine derart veränderte Zelle ein Promotor ein, kann das unkontrollierte Zellwachstum einsetzen. Im Gegensatz zur Initiationsphase ist die **Promotionsphase** reversibel. Wird der Promotor beseitigt, bevor er das Zellwachstum eingeleitet hat, erfolgt kein autonomes (unkontrolliertes) Zellwachstum. Viele Promoto-

ren können selbst auch eine Krebszelle durch Veränderung der DNS initiieren. Manche Verbindungen sind nur Promotoren und regen ausschließlich die Zellteilung an, ohne selbst eine primäre DNS-Veränderung auszulösen. Als äußerst wirkungsvoller Promotor ist das *2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin* (TCDD) bestens untersucht. Im Gegensatz zu reinen Kanzerogenen existieren bei Promotoren Wirkschwellen, unterhalb derer eine promovierende Wirkung nicht erfolgt. Vermutlich ist zur Krebsauslösung eine Mindestzahl von veränderten Zellen notwendig.

Die Zeit zwischen Initiierung und Entstehung von autonom wachsenden Zellen wird als **Latenzperiode** bezeichnet. Je nach der Konzentration des Kanzerogens, der krebsauslösenden Potenz und vorhandener Promotoren beträgt die Latenzzeit beim Menschen typischerweise zwischen 10 und 40 Jahre. Die Zusammenhänge zwischen der krebsauslösenden Dosis und der Latenzzeit sowie der Wahrscheinlichkeit der Krebsauslösung sind gegenwärtig Ziel vieler wissenschaftlicher Untersuchungen. Auch bei sehr starken Kanzerogenen kann die Latenzzeit bei sehr kleinen Konzentrationen über dem Lebensalter liegen.

An die Latenzzeit schließt sich die Tumorentwicklung an. Während der Zellteilung (Mitose) führt die transformierte Zelle zur unkontrollierten Zellvermehrung. Als Zwischenstufe vor der nach außen sichtbaren Tumorentstehung werden sogenannte **praeneoplastische Phasen** durchlaufen. Im Stadium dieser sogenannten **Dysplasie** sind bereits viele typische Eigenschaften der Tumorzelle erkennbar. Eine Infiltration in das umliegende Gewebe hat jedoch noch nicht stattgefunden. Wächst durch fortschreitende Zellteilung (Proliferation) der Tumor in das benachbarte Gewebe hinein, wird der Tumor makroskopisch erkennbar. Bei dieser Infiltration wird das umliegende Gewebe zerstört (Destruktion). Wenn bereits eine Metastasenbildung (Ausbildung von Tochterzellen, die ebenfalls transformierte, krebsartige Zellen sind) eingesetzt hat, kann eine Destruktion auch von entfernt liegenden Organen erfolgen.

Energiereiche Strahlung ist prinzipiell immer in der Lage, Veränderungen der DNS auszulösen. Durch die zahlreichen funktionellen Gruppen in der DNS ist eine Vielzahl von Molekülveränderungen möglich. Radioaktive Strahlung kann kovalente Bindungen spalten und zu Radikalen führen, die die DNS verändern.

Als Beispiel für die krebsauslösende Wirkung von **Hormonen** seien Östrogene (weibliche Sexualhormone) und Testosteron (männliches Sexualhormon) genannt, die im Tierversuch bei hoher Dosierung (d. h. bei unphysiologischen Blutspiegeln) Tumore auslösen können.

Des Weiteren wird bei der Überproduktion verschiedener körpereigener Enzyme eine tumorigene Wirkung beobachtet. Die Tumorauslösung durch körpereigene Stoffe wird als **endogener Faktor** bezeichnet.

Grundsätzlich besteht bei jeder Zellteilung die Möglichkeit einer DNS-Veränderung, die zu einer entarteten Zelle führen kann. Somit ist bei jedem Wachstum und Heilungsprozess die Möglichkeit einer Tumorpromotion gegeben. Werden die körpereigenen Reparaturmechanismen durch permanente Reizung überfordert, ist ein tumorigenes Wachstum möglich.

Nach heutigen Erkenntnissen verläuft die Krebsentstehung in mehreren Stufen. Die Höhe der Stufen ist abhängig von der persönlichen (genetischen) Disposition, der aufgenommenen Menge sowie des kanzerogenen Potenzials des Stoffes.

Nach dem heutigen Verständnis ist die Tumorentstehung ein komplizierter Prozess, der von vielen primären und sekundären Effekten sowie von Interaktionen und Alterationen gekennzeichnet ist:

- Viele krebserzeugende Stoffe werden erst im Organismus in die eigentlich aktive chemische Struktur überführt, z. B. durch Oxidationsreaktionen mit Sauerstoff.
- Die reaktiven Zwischenstufen können metabolisch deaktiviert werden, bevor sie die DNS erreichen.
- Die Toxikokinetik der metabolischen Deaktivierung konkurriert mit der Wechselwirkung mit der DNS.
- Nach einer Addukt-Bildung mit der DNS sind Wechselwirkungen mit anderen Rezeptoren mit höherer spezifischer Affinität möglich, die zu einer Abspaltung von der DNS führen.
- Vor der Replikation der DNS muss eine Vielzahl von Transkriptionsprozessen durchlaufen werden, wobei Rezeptorbindung, mRNA-Synthese, Rezeptor-Protein-Expression, Signaltransduktion u.a. eine wesentliche Rolle spielen.

Die häufig beobachtete metabolische Aktivierung des Stoffes zur eigentlichen krebserzeugenden Spezies konkurriert mit Entgiftungsreaktionen. Die bei genotoxischen Kanzerogenen stattfindende Bindung an die DNS kann durch die gleichzeitig vorhandenen Reparaturmechanismen wieder gespalten werden. Erst nach zahlreichen weiteren Reaktionsschritten, z. B. Umwandlung von DNS-Addukten, Signaltransduktion, Bildung von Onkogenen und Tumor-Suppressor-Genen, kann sich letztendlich ein Tumor manifestieren. Als letzte Barriere in diesem multiple-stage Prozess können die körpereigenen Reparaturmechanismen veränderte DNS-Moleküle erkennen und ggf. reparieren.

Bereits 1999 hat die amerikanische Umweltschutzbehörde EPA festgestellt:

„Die Tumorentstehung ist ein Produkt des Gleichgewichtes zwischen vielen Risiko- und Schutzfaktoren, wie es von Herz- und anderen Krankheiten bekannt ist“

Auf Basis epidemiologischer Untersuchungen in Amerika haben die Wissenschaftler Prof. Doll und Prof. Peto [6] eine umfangreiche Studie über die Krebsursachen in den westlichen Industrienationen durchgeführt. Zahlreiche zwischenzeitlich realisierte Untersuchungen, z. B. vom Krebsforschungszentrum Heidelberg [7], kommen zu grundsätzlich ähnlichen Ergebnissen. Abbildung 1.9 stellt diese Ergebnisse grafisch dar. Mit einem Anteil von ca. 65 % nehmen die „freiwilligen“ Krebsursachen „Rauchen“ und „falsche Ernährung“, insbesondere zu fettreiche Überernährung, eine dominierende Stellung ein, gefolgt von der endogenen Ursache Vererbung.

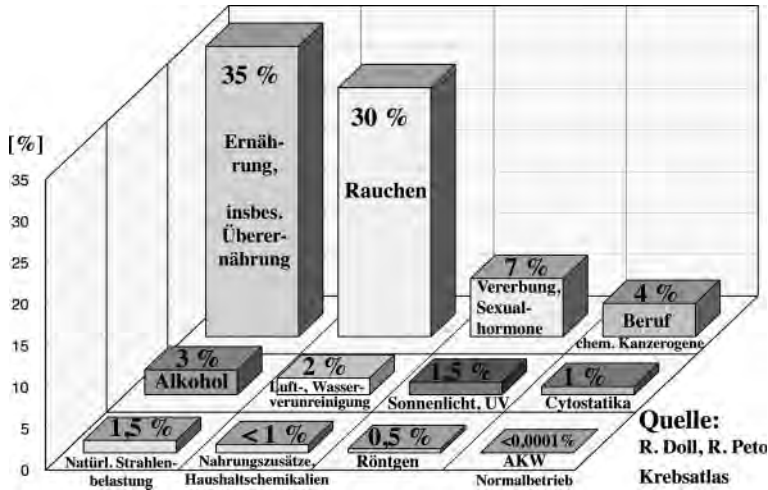


Abb. 1.9 Ursachen tödlicher Krebserkrankungen in den Industrienationen

Berufsbedingte Tumore haben an der gesamten Anzahl tödlicher Krebserkrankungen einen Anteil von ca. 4 %. Da diese Zahl auf Datenbasis der Gesamtbevölkerung ermittelt wurde, ist das individuelle Krebsrisiko für Beschäftigte in diesen Berufen selbstverständlich höher. Für berufsbedingte Krebserkrankungen ist Asbest mit über 85 % verantwortlich. Alle anderen chemischen Kanzerogene tragen lediglich zu 15 % zu den berufsbedingten Krebserkrankungen bei, bezogen auf die Allgemeinbevölkerung mit ca. 0,5 %. Alkohol hat bei den Krebsursachen mit 3 % einen wesentlichen Anteil, der dem von Asbest vergleichbar ist. Neben Speiseröhrenkrebs und deutlich seltener Leberkrebs werden bei erhöhtem Alkoholkonsum unterschiedliche Tumore beobachtet.

Die durch natürliche Strahlenbelastung ausgelösten tödlich verlaufenden Tumore haben mit 1,5 % einen vergleichbaren Anteil wie die UV-Strahlung, das medizinisch bedingte Röntgen des Oberkörpers (Thorax) oder die Nebenwirkungen von Zytostatika (Krebsmittel bei der Chemotherapie). Tabelle 1.4 stellt die

Tabelle 1.4 Wahrscheinlichkeiten krebsauslösender Faktoren, bezogen auf 1 Million Exponierte.

Ursache	Wahrscheinlichkeit pro 1 Mio	Dosis
Röntgen Hand	0,1	einmalig
Röntgen Lunge	10	einmalig
Röntgen CT-Kopf	100	einmalig
Natürliche Strahlenbelastung	50	lebenslang (75 J)
Maximal zulässige Strahlendosis nach Strahlenschutzverordnung	20.000	gesamtes Arbeitsleben (45 J)
Trinkwasser (10 µg/l As)	500	2 l pro Tag über 75 J

Wahrscheinlichkeiten bezogen auf jeweils eine Million Personen dar, unter unterschiedlichen Bedingungen an Krebs zu erkranken.

1.1.8.2 Chemische Kanzerogene

Im Rahmen des Gefahrstoffrechtes interessiert die Wirkung chemischer Kanzerogene. Grundsätzlich kann unterschieden werden in

- synthetische Kanzerogene und
- natürliche Kanzerogene.

Neben den bereits oben erwähnten Hormonen sind zahlreiche natürliche Kanzerogene bekannt. Nicht nur in Pflanzen kommt natürlicherweise eine große Anzahl von im Tierversuch krebserzeugenden Stoffen vor, auch bei der Nahrungszubereitung werden Kanzerogene gebildet: Beim Grillen von Fleisch entstehen sowohl N-Nitrosamine als auch polykondensierte aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), in verschimmelten Lebensmitteln sind krebserzeugende Aflatoxine nachweisbar. Als Übersicht sei der Artikel von Ames [8] empfohlen.

Die synthetisch hergestellten Kanzerogene können aufgrund ihrer chemischen Struktur in verschiedene Stoffgruppen unterteilt werden. Analog der akut toxischen Wirkung sind auch bei krebserzeugenden Stoffen spezifische Zielorgane bekannt, siehe Tabelle 1.5.

Die Wahrscheinlichkeit, dass bei Exposition gegenüber einem krebserzeugenden Stoff ein unkontrolliertes tumorigenes Zellwachstum einsetzt, hängt in erster Linie, neben der individuellen Disposition, von der kanzerogenen Potenz und der Konzentration (Dosis) des Stoffes ab.

1.1.8.2.1 Kanzerogene Potenz

Ähnlich wie die unterschiedlichen Akuttoxizitäten unterscheiden sich die kanzerogenen Wirkstärken der verschiedenen Kanzerogene sehr stark. So lösen sehr stark krebserzeugende Stoffe bereits bei sehr niedrigen Dosen, meist kleiner 1 mg/kg, bei der überwiegenden Zahl der exponierten Tiere Krebs aus, während schwache Kanzerogene bei dieser Dosis im Tierversuch keine Tumore auszulösen

Tabelle 1.5 Kanzerogene Verbindungsklassen und wichtige Zielorgane.

Stoffklasse	Zielorgan
Aromatische Kohlenwasserstoffe	Blut, Haut
Aromatische Amine	Harnblase
N-Nitrosamine	Leber, Speiseröhre
Elektrophile	Lunge
Halogenkohlenwasserstoffe	Leber, Niere
Schwermetallverbindungen	Lunge
Mineralische Fasern	Lunge

vermögen. Beispielhaft für starke Kanzerogene seien *β-Naphthylamin*, *Benzidin*, *Propansulton*, *Bischlormethylether* oder *N-Nitrosamine* aufgeführt. Schwache Kanzerogene lösen erst bei sehr viel höheren Dosen im Tierversuch Tumore aus; häufig erst bei zellschädigenden (zytotoxischen) Konzentrationen. Tumore, die erst bei zytotoxischen Mengen ausgelöst werden, sind nicht mehr als krebserzeugend anzusehen, da die sogenannte maximal tolerierbare Dosis (MTD) überschritten wurde. Grundsätzlich kann bei zellschädigender Konzentration eine krebserzeugende Wirkung nicht ausgeschlossen werden.

1.1.8.2.2 Konzentration

Die Wahrscheinlichkeit einer Tumorauslösung sinkt mit fallender Stoffmenge. Auch stark krebserzeugende Stoffe können bei ausreichend niedrigen Mengen innerhalb der Lebenserwartung keine Tumore mehr auslösen. Zumindest bei mittleren Konzentrationen besteht ein linearer Zusammenhang zwischen aufgenommener Stoffmenge und ausgelösten Tumoren. Gleichzeitig verlängert sich die Latenzzeit mit abnehmender Stoffaufnahme. Auch starke Kanzerogene können hierdurch zu Latenzzeiten führen, die über der Lebenserwartung des Menschen liegen.

Gemäß den einschlägigen Einstufungskriterien bestehen hinreichende Anhaltspunkte zur Annahme, dass ein Stoff bei Exposition gegenüber Menschen Krebs erzeugen kann, wenn in folgenden Tierversuchen ein krebserzeugendes Potenzial vorhanden ist:

- geeignete Langzeit-Tierversuche bei zwei Tierarten,
- Langzeit-Tierversuche an einer Tierart; mit zusätzlichen Informationen über Genotoxizitätsdaten, Stoffwechsel- oder biochemische Untersuchungen oder Strukturbeziehungen zu bekanntermaßen krebserzeugenden Verbindungen.

Langzeit-Tierversuche erstrecken sich in der Regel über zwei Jahre. Nach den einschlägigen OECD-Guidelines werden zur Durchführung von Kanzerogenitätsstudien üblicherweise 200 Versuchstiere, meist Ratten, unterteilt in vier Gruppen zu jeweils 50 Tieren, benötigt. Während die Kontrollgruppe nicht gegenüber dem zu prüfenden Stoff exponiert wird, erhalten die Dosisgruppen 1 bis 3 steigende Stoffmengen. Nach Abschluss der Studie nach zwei Jahren (entspricht der mittleren Lebenserwartung von Ratten), werden alle Tiere getötet und die relevanten Organe intensiv pathologisch untersucht. Die Auswertung dauert in aller Regel ebenfalls zwei Jahre und erklärt die hohen Studienkosten von deutlich über einer halben Million Euro.

Zur Bewertung der Arbeitsplatzsituation, und noch mehr der Allgemeinbevölkerung, sind Tumorzinidenzen (Wahrscheinlichkeit des Tumoreintritts) von deutlich unter 1 zu 1.000 bedeutsam. Aufgrund der oben beschriebenen Guideline-Versuche kann tierexperimentell jedoch keine Tumorzinidenzen unter 4 % (ein Tumor von 50 Tieren ist statistisch nicht signifikant, zwei Tumore von 50 Tieren entsprechen vier von hundert = 4 %) ermittelt werden. Der Kurvenverlauf von arbeitsplatz- und umweltrelevanten Konzentrationen ist experimentell

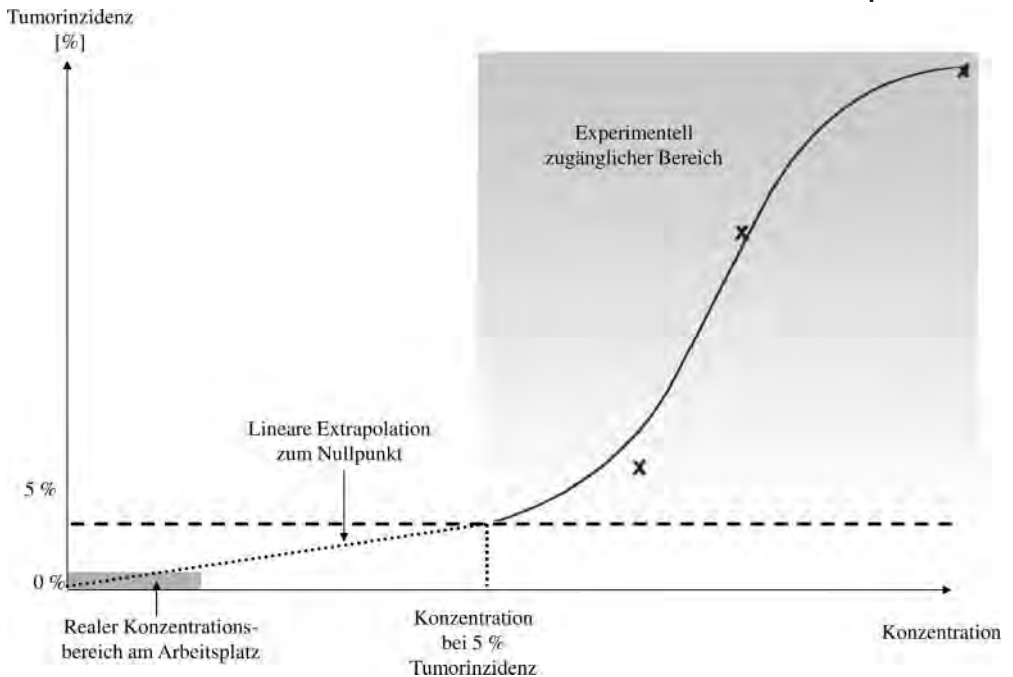


Abb. 1.10 Korrelation zwischen experimentell zugänglichem Konzentrationsbereich und realer Arbeitsplatzsituation

nicht zugänglich. Daher wird in der Regel von der niedrigsten experimentell ermittelten Tumorzinzidenz ($\geq 4\%$) linear zum Nullpunkt extrapoliert.

Die tatsächlichen Konzentrationen am Arbeitsplatz liegen in der Praxis im Bereich von 0,01 bis 1 ppm und somit um mehrere Größenordnungen unter der Konzentration, die im Tierversuch eine vierprozentige Tumorzinzidenz ausgelöst hat. Der Verlauf der Dosis-Wirkungs-Kurve unterhalb einer Tumorzinzidenz von 4% zum Nullpunkt (Dosis: 0; keine Tumore) ist daher experimentell nicht zugänglich. Im Sinne einer worst-case-Annahme unter Negierung einer Wirkungsschwelle wird von dieser Dosis aus linear zum Nullpunkt extrapoliert. Die derart ermittelten Tumorzinzidenzen sind zum Vergleich unterschiedlicher Kanzerogene heranzuziehen und geben nicht die reale Wahrscheinlichkeit wieder, an einem Tumor zu erkranken. Aufgrund vorliegender Erfahrung darf davon ausgegangen werden, dass die tatsächlichen Risiken signifikant niedriger sind. Abbildung 1.10 stellt die Zusammenhänge grafisch dar.

1.1.8.3 Natürliche Kanzerogene

Pflanzen setzen neben akut toxischen Stoffen auch krebserzeugende Stoffe, z. B. zur Abwehr gegen Fressfeinde, ein. In zahlreichen Pflanzen sind Inhaltsstoffe nachweisbar, die sich im Tierversuch als eindeutig krebserzeugend erwiesen haben. Tabelle 1.6 gibt einen Überblick über die natürlichen Kanzerogene und

Tabelle 1.6 Kanzerogene Inhaltsstoffe von Pflanzen.

Kanzerogen	Vorkommen
Aflatoxine	Schimmelpilze
Cycasin	Wurzel, Blätter und Samen von Cycadaceen (Cycas-Palme)
Pyrrrolizidin-Alkaloide	Huflattich, Beinwell, Kreuzkraut, Pestwurz
Safrol	Anisöl, Kampferöl, Zimtöl, Muskatnuss, Ingwer, Kakao, Pfeffer
Estragol	Estragon, Fenchel, Basilikum
Agaritin	Wiesenchampignon

ihr Vorkommen, Abbildung 1.11 zeigt die chemische Struktur bekannter natürlicher Kanzerogene. Obwohl in Obst und Gemüse zahlreiche Kanzerogene nachweisbar sind, tragen Menschen mit höherem Konsum von Obst und Gemüse statistisch ein geringeres Krebsrisiko als die Durchschnittsbürger. Dies ist sowohl mit der Existenz einer Wirkschwelle dieser Kanzerogene erklärbar, als auch mit dem Vorhandensein von Antagonisten, die die krebsauslösende Wirkung kompensieren. Darüber hinaus besitzen Obst und Gemüse signifikante Konzentrationen an Antioxidantien, reaktive Sauerstoffverbindungen, welche die Ursachen vieler kanzerogener Wirkungen reduzieren können.

Ob der Mensch weniger empfindlich als die Versuchstiere gegenüber den natürlichen Kanzerogenen ist, kann mit Recht bezweifelt werden. Die wissenschaft-

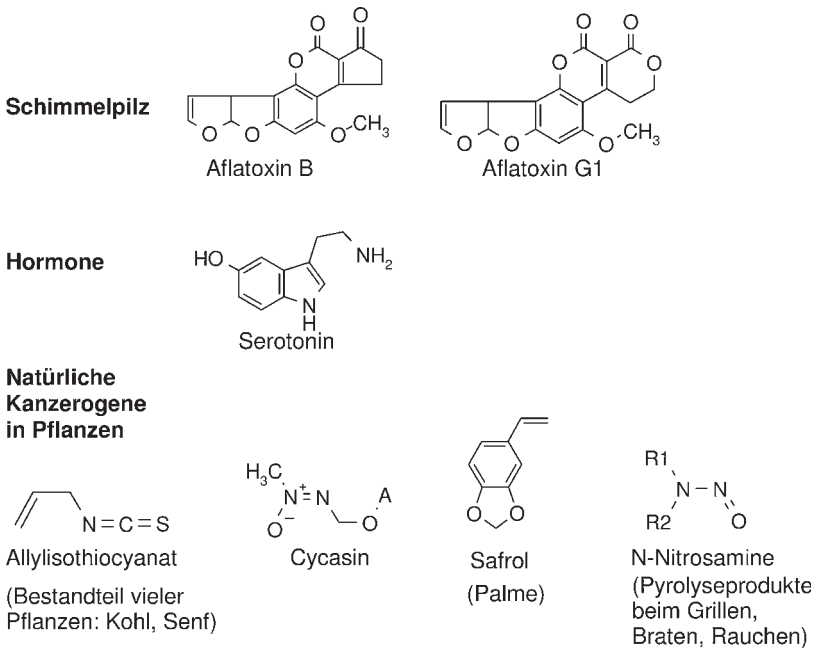


Abb. 1.11 Natürliche Kanzerogene

liche Abklärung dieser offenen Frage ist für das Verständnis der Kanzerogenese und der praktischen Konsequenzen von großer Bedeutung.

Gleichwohl ist aus epidemiologischen Untersuchungen bekannt, dass bei manchen Völkern eine erhöhte Krebsrate durch Nahrungsmittel resultiert. Besonders sind hierbei die Aflatoxine anzuführen, die z. B. in angesammelten Nüssen, Obst oder Brot in erhöhten Konzentrationen vorkommen.

1.1.9

Erbgutverändernde Wirkung

Mutationen sind sprunghafte Veränderungen der Erbinformationen. Die natürliche, spontane Mutationsrate beim Menschen wird auf ca. 10^{-5} Mutationen pro Gen geschätzt. Aufgrund der äußerst großen Anzahl von Genen beim Menschen stellt eine Mutation an einem Gen kein seltenes Ereignis dar.

Die wesentlichen Untersuchungsmethoden basieren auf

- Mutagenitätstests in vivo (im Organismus) und in vitro (außerhalb des Organismus),
- Veränderungen an der Keimzellen-DNS, z. B. durch chemische Addukte, und
- Veränderungen der Somazellen-DNS (DNS der Körperzellen), wenn angenommen werden kann, dass die Stoffe auch die Keimzellen erreichen.

Grundsätzlich können drei verschiedene Typen von Mutationen unterschieden werden.

Punktmutationen sind kleinste, mikroskopisch nicht sichtbare Veränderungen im molekularen Aufbau der DNS. Stoffe, die mit der DNS chemisch reagieren, sind hierzu prinzipiell in der Lage. Die wichtigsten Testverfahren zur Prüfung auf Punktmutationen sind Bakterientests in vitro. Der bekannteste Bakterientest ist der vom amerikanischen Wissenschaftler Bruce Ames entwickelte sogenannte **Ames-Test**. Beim Ames-Test befindet sich auf einem Nährmedium ein durch Züchtung gewonnenes Bakterium, das im Gegensatz zur Urform auf diesem Nährmedium nicht mehr wachsen kann, da es über ein spezifisches Enzym nicht mehr verfügt. Wachsen nach Applikation der Testsubstanz vermehrt Bakterien, ist dies ein Zeichen für eine erfolgte Rückmutation in die Urform. Die Anzahl der Bakterienstämme, die in Anwesenheit der Prüfsubstanz auf dem Nährmedium wachsen, ist proportional zur mutagenen Potenz des Stoffes (siehe Abbildung 1.12).

Chromosomenmutationen sind erkennbare Veränderungen der Gestalt der Chromosomen. Am bekanntesten sind

- Chromosomenbrüche (Bruch eines Chromosoms in mehrere Teile),
- Translokationen (Übertragung von Teilen eines Chromosoms auf ein anderes) und
- Chromosomenverlust (Fehlen von Chromosomen). Abbildung 1.13 zeigt einige Beispiele häufig vorkommender Mutationen.

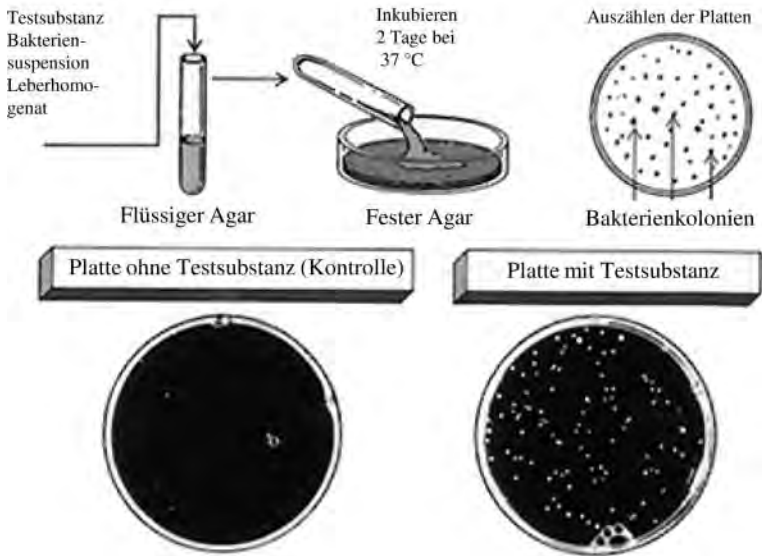


Abb. 1.12 Schematische Darstellung von Bakterientests

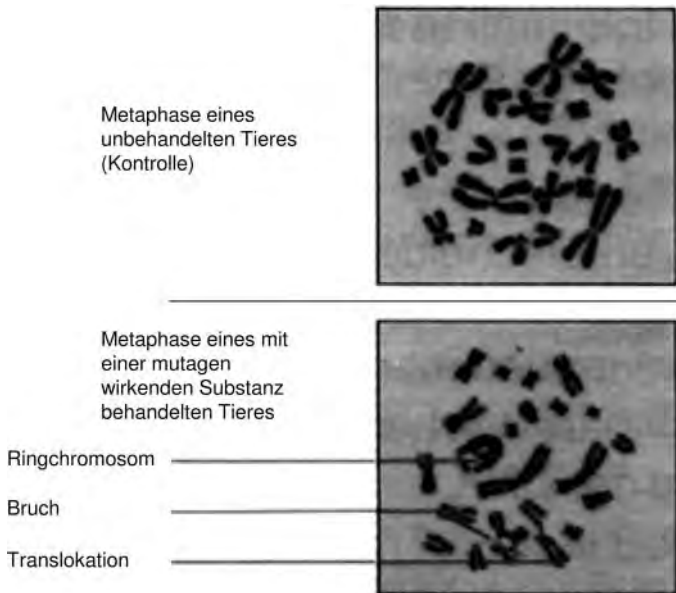


Abb. 1.13 Beispiele von Chromosomenmutationen

Genommutationen sind Veränderungen der Chromosomenzahl. Einige bei Menschen bekannte Erbkrankheiten beruhen auf Veränderungen der Chromosomenzahl. Beim Down-Syndrom beispielsweise ist das Chromosom 21 dreimal vorhanden.

Da grundsätzlich allen genotoxischen krebserzeugenden Verbindungen auch ein erbgutveränderndes Potenzial zu unterstellen ist, falls sie die Keimzellen erreichen, werden erbgutverändernde Stoffe in den Schutzmaßnahmen den (genotoxischen) krebserzeugenden Stoffen gleichgestellt.

1.1.10

Aerosole

Aerosol ist der Oberbegriff für luftgetragene

- feste Partikel,
- Flüssigkeitströpfchen,
- Fasern und
- Rauche (feine Verteilung von Feinstäuben in der Luft).

Die in der Atemluft befindlichen Aerosole werden unterteilt in den

- nicht einatembaren und den
- einatembaren Anteil.

In Abhängigkeit von Teilchendurchmesser, Dichte und geometrischer Form erreicht die einatembare Fraktion unterschiedliche Bereiche des Atemtraktes. Die Gesamtheit des einatembaren Staubes wird als **total deponierbarer Staub** bezeichnet. Lediglich feinste Partikel werden teilweise wieder ausgeatmet und stellen nur einen kleinen Anteil des atembaren Staubes dar. Größere Partikel werden im Nasen-Rachen-Kehlkopf-Bereich abgeschieden. Die **lungengängigen Partikel** erreichen den Bronchialbereich bzw. als sogenannter Feinstaub die Alveolen.

Zur Charakterisierung von Partikeln wird der **aerodynamische Durchmesser** verwendet. Dieser entspricht einem Teilchen beliebiger Form und Dichte und gibt den Durchmesser einer Kugel mit der Dichte $1,0 \text{ g/cm}^3$ wieder, die die gleiche Sinkgeschwindigkeit in ruhender oder laminarer Strömung besitzt.

Die in der Atemluft fein verteilten einatembaren Partikel werden aufgrund ihrer physikalischen und geometrischen Form unterschieden in:

- dispers verteilte feste Partikel,
- fein verteilte Flüssigkeitströpfchen,
- disperse Verteilung feinsten fester Stoffe und
- Fasern (nadelförmige feste Partikel, exakte Definition siehe unten).

Aufgrund praktischer und messtechnischer Festlegungen werden die folgenden Unterteilungen benutzt. Abbildung 1.14 gibt schematisch die Größenverhältnisse zwischen den verschiedenen Stauffraktionen wieder.

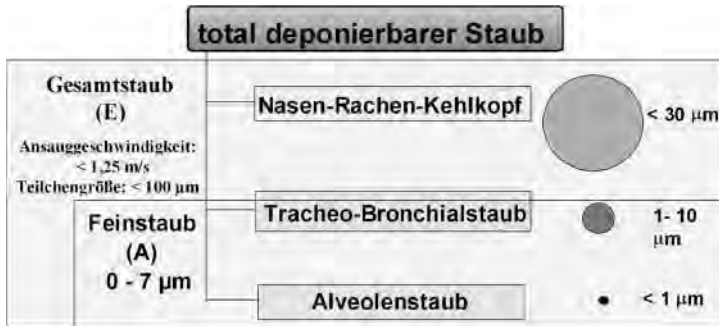


Abb. 1.14 Größenverhältnisse der Staubfraktionen

1) Einatembare Staubfraktion „E“

⇒ Anteil des Staubes, der bei einer Ansauggeschwindigkeit von 1,25 m/s erfasst wird.

Da diese Ansauggeschwindigkeit die Verhältnisse im Nasenbereich des Menschen in etwa widerspiegelt, entspricht die einatembare Staubfraktion weitestgehend dem „total deponierbaren Staub“.

Aufgrund praktischer Erfahrungen fallen hierunter alle Partikel mit einem Durchmesser unter 50 bis maximal 100 μm .

2) Alveolare Staubfraktion „A“

⇒ Fraktion des Gesamtstaubes, der die Alveolen erreicht.

Gemäß DIN EN 481 [9] fallen hierunter alle Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 7 μm . Partikel mit besonders kleinen Durchmessern werden teilweise wieder ausgeatmet.

Nanopartikel stellen eine Untermenge der alveolaren Staubfraktion dar. Gemäß der mehrheitlich akzeptierten Definition werden Teilchen als Nanopartikel mit einem Durchmesser von mindestens einer Dimension von kleiner 100 nm verstanden. Ultrafeinstäube sind natürlich vorkommende Nanopartikel. Aufgrund der enorm großen Partikeloberfläche im Vergleich zum Volumen besitzen Nanopartikel sowohl interessante anwendungstechnische als auch toxikologische Eigenschaften. Dem besonderen Wirkprofil dieser ultrafeinen Teilchen wird zurzeit besondere Aufmerksamkeit in der Toxikologie als auch bei den Arbeitsschutzmaßnahmen gewidmet.

3) Faserstaub

⇒ Fasern werden als lungengängig bezeichnet, wenn sie die WHO-Definition erfüllen:

Länge: größer 10 μm

Durchmesser: kleiner 3 μm

Verhältnis Länge zu Durchmesser: größer 3:1

Insbesondere schwer lösliche dünne Fasern mit einem Durchmesser unter 1 μm können bis in die Alveolen vordringen und ein gesundheitsgefährdendes

Potenzial entfalten. Die stark krebserzeugenden Asbestfasern erfüllen alle der vorgenannten Kriterien.

Das Abscheideverhalten der Partikel in den unterschiedlichen Bereichen des Atemtraktes kann Abbildung 1.15 entnommen werden.

Ein großer Anteil der durch Stoffe ausgelösten Berufskrankheiten entfällt auf Erkrankungen des Atemtraktes. Insbesondere die Staublungge im Bergbau und die Silikose, hervorgerufen durch Quarz und Feinsand, sind typische Berufskrankheiten der Lunge. Stäube, die selbst kein eigenes toxisches Potenzial besitzen, können bei Überlastung der Lunge (Overload) chronische Lungenschäden auslösen.

Lufttröhre und **Bronchien** verfügen durch die Cilien (Flimmerhaare) und die Schleimhaut über wirkungsvolle Reinigungsmechanismen. Staubpartikel werden im Schleim suspendiert und mittels der Cilien bis zum Schlund bzw. der Nase weiterbefördert. Zu hohe Staubkonzentrationen führen zu einer Reizwirkung, sodass eine physiologische Warnwirkung eintritt. Die Lungenbläschen (**Alveolen**) verfügen über keine Cilien. Die Reinigung dieses äußerst wichtigen Lungenbereichs übernehmen Makrophagen, Bestandteile der weißen Blutkörperchen und somit des Immunsystems. Feinstaub wird von den Makrophagen umhüllt und teilweise eingeschlossen. Je nach Eigenschaften des Staubes können die Makrophagen den Staub enzymatisch auflösen oder ihn aus der Lunge heraustransportieren. Stäube, die innerhalb kurzer Zeit aufgelöst werden (Wochen bis Monate), sind bioverfügbar und besitzen keine zusätzlich partikuläre chronische Wirkung. Derart eliminierte Stäube stellen zwar primär keine Gefahr für die Alveolen dar, können aber, da sie bioverfügbar sind, durch Übertritt in das Blut- oder Lymphsystem systemisch wirken (siehe Abschnitt 1.1).

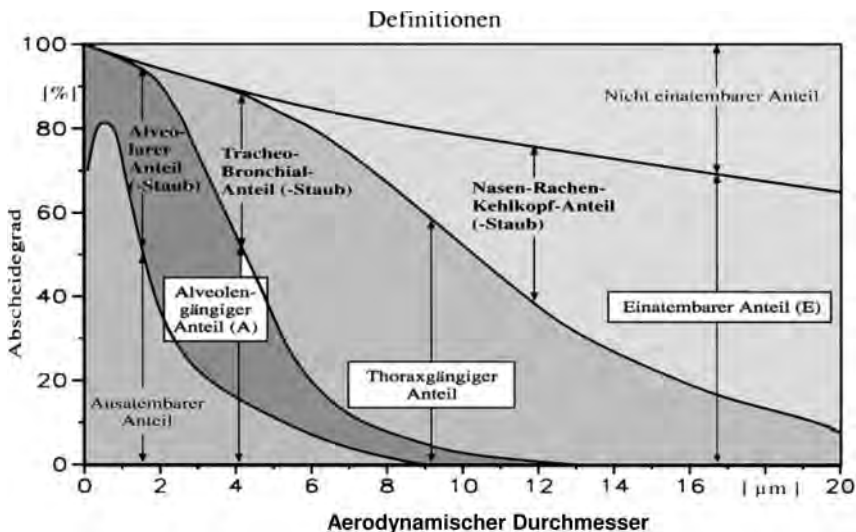


Abb. 1.15 Abscheideverhalten der Staubfraktionen im Atemtrakt

Können die Makrophagen den Feinstaub nicht auflösen, liegen biobeständige Partikel vor. Als einzige Möglichkeit zur Reinigung verbleibt nur noch der Abtransport aus den Alveolen, entweder durch einen aktiven Transport in das Zellinnere oder durch eine Weiterleitung bis zu den Cilien, die den weiteren Abtransport übernehmen. Die Halbwertszeit dieses Reinigungssystems in Abhängigkeit der Löslichkeit liegt bei wenigen Wochen bis Jahre. Bei zu hoher Feinstaubkonzentration werden diese Reinigungsmechanismen (Clearing) überfordert, es verbleiben dauerhaft Staubpartikel in den Lungenbläschen. Dieser für die Lunge kritische Zustand wird als „overload“ bezeichnet und ist meistens die Ursache der oben zitierten Staublunge (ausgelöst durch Kohlenstaub) oder Silikose (ausgelöst durch amorphes oder kristallines Siliziumdioxid). In Abbildung 1.16 ist der Aufbau der Lunge schematisch dargestellt.

Als Folge überhöhter Exposition gegenüber „**inerten Stäuben**“ ist eine chronische Bronchitis möglich. Stäube werden als „inert“ bezeichnet, wenn sie kein toxisches, fibrogenes, krebserzeugendes oder erbgutveränderndes Potenzial besitzen. Titandioxid gilt als der klassische inerte Stoff. Die weitaus häufigste Ursache chronischer Bronchitis ist in der Allgemeinbevölkerung das Rauchen.

Die Wirkungen von **Fasern** unterscheiden sich nicht grundsätzlich von den Wirkungen des Feinstaubs. Das kanzerogene Potenzial von Fasern ist abhängig von

- der Dosis der deponierten Fasern in der Lunge,
- der Verweildauer in den Alveolen und
- der geometrischen Form der Fasern.

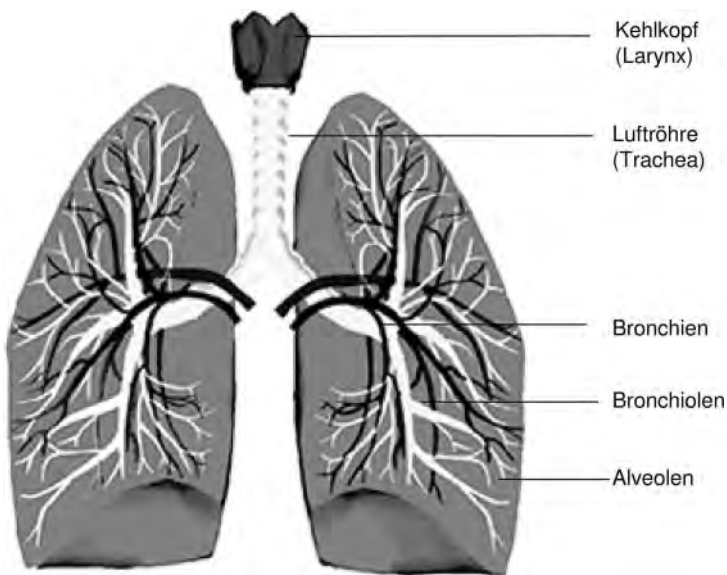


Abb. 1.16 Aufbau der Lunge

Allgemein gilt, dass mit zunehmender Länge und abnehmendem Durchmesser der Fasern das kanzerogene Potenzial steigt. Abbildung 1.17 gibt die Verhältnisse zwischen den geometrischen Faktoren, der Biobeständigkeit und der kanzerogenen Potenz wieder. Fasern, die länger als 100 μm sind oder einen Durchmesser über 3 μm haben, sind nicht mehr alveolengängig und somit nicht mehr potenziell kanzerogen. Fasern zwischen 10 und 50 μm besitzen erfahrungsgemäß das größte kanzerogene Potenzial. Für kurze Fasern (unter 10 μm) gilt zusätzlich, dass das Verhältnis von Länge zu Durchmesser größer als 3:1 sein muss, d. h. eine nadelförmige Gestalt ist für das krebsauslösende Potenzial Voraussetzung (siehe Abbildung 1.17).

Analog dem Feinstaub können die Makrophagen auch Fasern aus den Lungenbläschen entfernen. Liegt die Halbwertszeit der Fasern (Zeit, innerhalb derer die Hälfte der Fasern abgebaut wurde) unter einem halben Jahr, ist nach heutigem Wissensstand kein kanzerogenes Potenzial zu befürchten. Neben Geometrie und Konzentration der Fasern in der Lunge wird die Abbaurate sehr stark durch die chemische Struktur bestimmt.

Künstliche Mineralfasern, insbesondere Glaswolle, darf an den Endverbraucher gemäß Chemikalien-Verbotsverordnung [10], siehe Abschnitt 5.3.1, nur abgegeben werden, wenn deren Abbauverhalten in den vorgeschriebenen Untersuchungen unter 30 Tagen liegt und kein kanzerogenes Potenzial vorhanden ist.

Wegen grundsätzlicher Überlegungen zum Feinstaub ist erkennbar, dass bei überhöhter Faserbelastung prinzipiell jede schwerlösliche Faser Lungenschäden auslösen kann. Die **Konzentration** ist somit ein wesentlicher Faktor für eine Gesundheitsbeeinträchtigung. Wird mehr Feinstaub eingeatmet, als die Reinigungs-

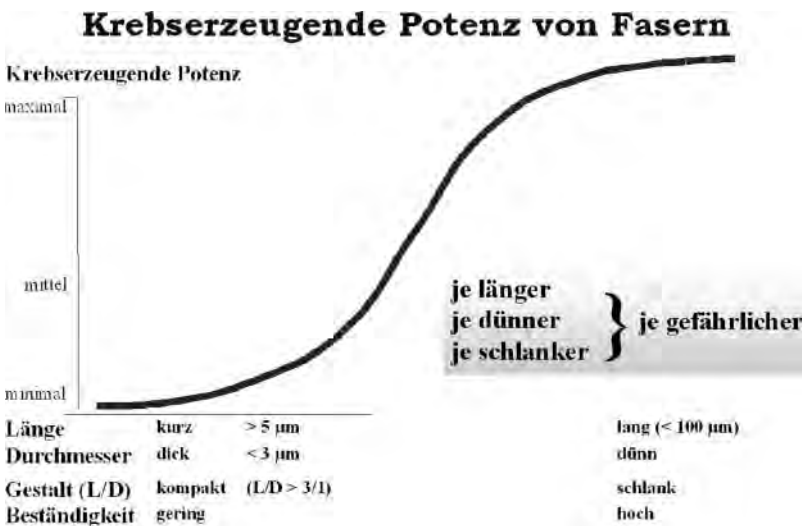


Abb. 1.17 Einflussfaktoren des krebserzeugenden Potenzials von Fasern

funktionen (Clearing) der Lunge zu leisten vermögen, tritt der bereits erwähnte „overload“ ein, der bei schwerlöslichen Stäuben zu chronischen Schäden führen kann.

Das Aufspießen der Asbestfaser verstärkt das kanzerogene Potenzial zusätzlich. Aufgrund der unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung verhalten sich künstliche Mineralfasern (KMF, engl. MMMF: man made mineral fibres) sehr unterschiedlich. Nach heutigem Kenntnisstand steigt das tierexperimentell erkennbare kanzerogene Potenzial in der Reihenfolge Glaswolle, Steinwolle, Schlackenwolle, Keramikfasern, Asbest. Neben Asbest wurde für die Faser „Erionit“ in epidemiologischen Untersuchungen eine kanzerogene Wirkung für den Menschen nachgewiesen.

Die durch Asbestfasern ausgelösten Tumore der Lunge und des Rippenfelles (Mesotheliom) sind mit großem Abstand die häufigsten Ursachen stoffbedingter Krebserkrankungen. Aufgrund vieler Untersuchungen ist für das krebsauslösende Potenzial von Asbest die individuelle Vorbelastung von großer Bedeutung. Das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken, ist um den unten angegebenen Faktor größer als in der unbelasteten Allgemeinbevölkerung:

bei mehrjährigem Umgang mit Asbest vor 1980:	5-mal
durchschnittlicher Raucher:	10-mal
Raucher, mit Umgang mit Asbest:	52-mal

Die Bedeutung der Biobeständigkeit von Fasern wird erst in jüngster Zeit intensiver untersucht. Fasern mit kurzer Beständigkeit in der Lunge haben naturgemäß nur eine kurze Zeitspanne zur Auslösung einer tumorigenen Wirkung. Beträgt die Halbwertszeit der Faser in den Alveolen länger als ein halbes Jahr (bis ein Jahr), nimmt das kanzerogene Potenzial deutlich zu.

Die besondere Bedeutung fester Partikel für die Entstehung tödlicher Berufskrankheiten zeigt sich an der dominanten Stelle der anorganischen Stäube und Fasern, die mit über 90 % hierfür verantwortlich sind. Sie sind die Hauptursachen für Asbestose, Silikose und Staublunge.

1.2

Physikalisch-chemische Grundlagen

Zum Verständnis der Einstufung von Stoffen sowie der davon abgeleiteten Vorschriften sind Kenntnisse ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften notwendig. Neben der Betriebssicherheitsverordnung setzt auch die EG-EX-Richtlinie deren Kenntnis voraus. Zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bei der Verwendung von brennbaren Stoffen müssen deren **sicherheitstechnische Kennzahlen** bekannt sein.

1.2.1

Begriffsdefinitionen, sicherheitstechnische Kenndaten

Der **Flammpunkt** einer brennbaren Flüssigkeit ist die niedrigste Temperatur (bei Normaldruck), bei der sich über ihrer Oberfläche Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass diese mit einer Zündquelle, z. B. einer Flamme oder einem Funken, gerade gezündet werden können. Tabelle 1.7 listet für bekannte Lösemittel und Chemikalien den Flammpunkt auf.

Die **Zündtemperatur** ist die niedrigste Temperatur, bei der sich ein Stoff an einer heißen Oberfläche ohne äußere Zündquelle selbst entzündet. Im Labor und im Betrieb häufig vorkommende heiße Oberflächen sind Elektromotoren, heiße Kochplatten und Rührer. In Tabelle 1.7 sind die Zündtemperaturen wichtiger Stoffe mit aufgeführt.

Arbeitsmittel (z. B. Motoren, Rührer, Heizbandagen etc.) werden aufgrund ihrer maximalen Oberflächentemperatur in Temperaturklassen unterteilt. Bei der Verwendung von brennbaren Stoffen dürfen keine Geräte mit einer Oberflächentemperatur eingesetzt werden, die über der Zündtemperatur der Stoffe liegt. Tabelle 1.8 listet die Temperaturklassen mit den zugeordneten höchstzulässigen Oberflächentemperaturen auf.

Eine Explosion ist eine Verbrennung mit sich selbstständig fortpflanzender Flamme. Ein Gemisch eines brennbaren Gases oder Dampfes mit Luft kann nur innerhalb bestimmter Konzentrationsgrenzen eine Verbrennung selbstständig fortpflanzen. Die niedrigste Konzentration, bei der ein Gas-Luft- bzw. Dampf-

Tabelle 1.7 Flammpunkt und Zündtemperatur einiger Stoffe.

Stoff	Fp [°C] ¹⁾	Zündt. [°C] ²⁾	UEG ³⁾	OEG ⁴⁾
Diethylether	< -20	170	1,7	36,0
Ottokraftstoff	< -20	260		
Aceton	-19	540	2,5	13,0
Acetaldehyd	< -20	140	4,0	57,0
Ethanol	12	425	3,5	15
Ethylacetat	-4	460	2,1	11,5
Glykol	111	410	3,2	53,0
Toluol	6	535	1,2	7,0
Xylol	25	465	1,0	7,6
Kohlenmonoxid	-	605	12,5	74,0
Methan	-	595	5,0	15,0
Wasserstoff	-	560	4,0	75,6
Schwefelkohlenstoff	< -20	95	1,0	60,0

¹⁾ Flammpunkt,

²⁾ Zündtemperatur,

³⁾ untere Explosionsgrenze in Luft in Vol.-%,

⁴⁾ obere Explosionsgrenze in Luft in Vol.-%.

Tabelle 1.8 Temperaturklassen.

Temperaturklasse	maximale Oberflächentemperatur [°C]
T1	> 450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	80

Luft-Gemisch gerade noch gezündet werden kann, wird als **untere Explosionsgrenze**, abgekürzt **UEG**, bezeichnet. Die Konzentration, oberhalb derer eine Explosion eines Gas/Dampf-Luft-Gemisches nicht mehr möglich ist, wird **obere Explosionsgrenze (OEG)** genannt. Bei Unterschreitung der unteren Explosionsgrenze kann ein Dampf-Luft-Gemisch nicht mehr mit einer Zündquelle zur Explosion gebracht werden. Die Konzentration des brennbaren Dampfes ist zu gering für die Ausbreitung einer Flammenfortpflanzung, das Gemisch wird gemeinhin als zu „mager“ bezeichnet. Bei Überschreitung der oberen Explosionsgrenze ist zur Flammenausbreitung nicht genügend Sauerstoff vorhanden, das Gemisch ist zu „fett“. Der Konzentrationsbereich zwischen UEG und OEG ist der sogenannte **Explosionsbereich**. Flammpunkt und untere Explosionsgrenze sind eng miteinander verknüpft: Beim Flammpunkt eines brennbaren Stoffes entspricht die Konzentration des Stoffes in der Luft der unteren Explosionsgrenze. Tabelle 1.9 gibt von bekannten Stoffen die untere und obere Explosionsgrenze an.

Die **Mindestzündenergie** ist die geringste Energie, die unter Standardbedingungen benötigt wird, um ein zündfähiges Gas/Dampf-Luft-Gemisch unter atmosphärischen Bedingungen gerade noch zu zünden. Bei brennbaren Gasen und Dämpfen in Luft liegt sie typischerweise im Bereich zwischen 0,01 und 10 Millijoule (siehe Tabelle 1.9). Mit zunehmendem Druck und Sauerstoffgehalt sowie steigender Temperatur sinkt die Mindestzündenergie. Ist die Energie einer potenziellen

Tabelle 1.9 Mindestzündenergien (MZE) von Gasen, Dämpfen und Stäuben.

Gase, Dämpfe	MZE [mJ]	Stäube	MZE [mJ]
Wasserstoff	0,011	roter Phosphor	0,2
Acetylen	0,017	Zirkonium	5
Ethylen	0,07	Paraformaldehyd	20
Methanol	0,14	Polyacrylamid	30
Propan	0,25	Aluminium	2
Isopropanol	0,65	Kakao	95
Ethylacetat	1,42	Alkylcellulose	1000
Ethylamin	2,4	Cadmium	4000
Ammoniak	700	Eisenkies	8000

Zündquelle kleiner als die Mindestzündenergie, ist auch bei Vorliegen einer explosionsfähigen Atmosphäre nicht mit einer Zündung zu rechnen. Tabelle 1.10 gibt die Energien einiger typischer praxisrelevanter Zündquellen an. Abbildung 1.18 zeigt die Korrelation zwischen Flammpunkt und unterer bzw. oberer Explosionsgrenze.

Die wichtigste und gefährlichste Zündquelle ist die **elektrostatische Aufladung**. Bei der mechanischen Trennung von gleich- sowie verschiedenartigen Stoffen kann stets eine elektrostatische Aufladung resultieren. Die mechanische Trennung kann durch Ausschütten, Rühren oder Versprühen von Flüssigkeiten oder durch Reiben, Zerkleinern oder Mischen von Feststoffen erfolgen. Hohe Aufladungen

Tabelle 1.10 Energie praxisrelevanter Zündquellen.

Zündquelle	MZE [mJ]
Schweißfunken	10000
Schlagfunkengarbe in Mühle	1000
Garbe von Schleiffunken (Trennschleifer, Schleifbock)	100
einzelner Schleiffunken	1
einzelner Schlagfunken	1
elektrostatisch aufgeladener Mensch	1

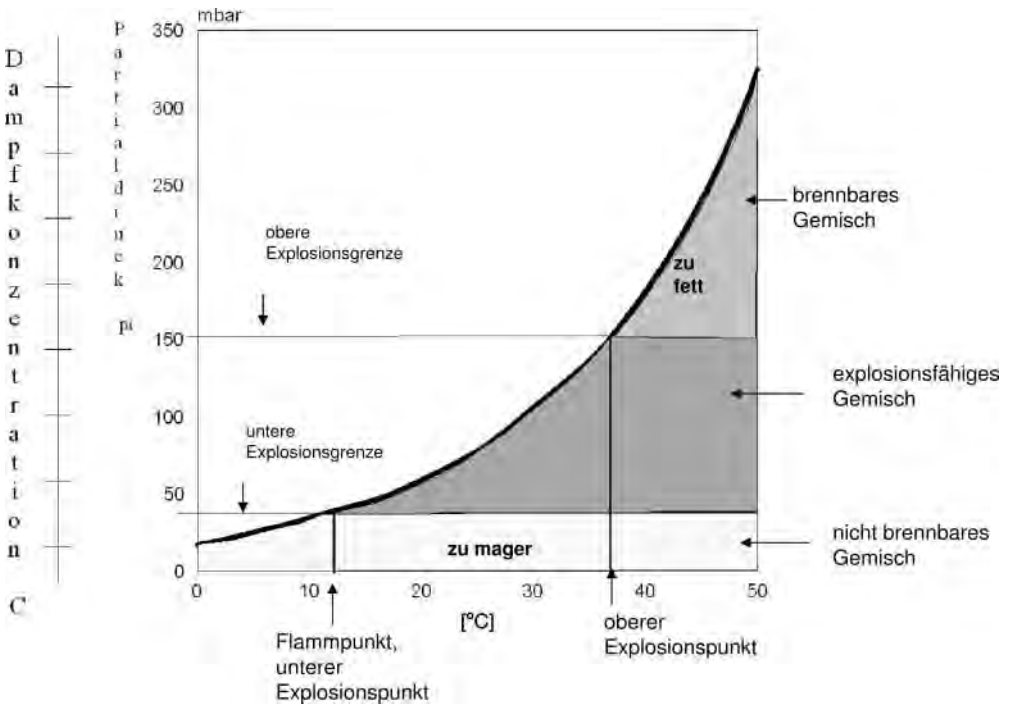


Abb. 1.18 Zusammenhang zwischen Explosionsgrenze, Flammpunkt und Dampfdruck

entstehen desgleichen beim Strömen von Gasen und Dämpfen mit feinverteilten Flüssigkeitströpfchen. Aus diesem Grund ist die Erdung aller Teile eine der wichtigsten Schutzmaßnahmen beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten. Die Erdung verhindert, dass eine elektrostatische Aufladung erfolgt, die bei der Entladung als Zündquelle ein zündfähiges Gemisch zur Explosion bringen kann. Da allein durch Laufen mit nicht leitfähigen Schuhen sich der Mensch so stark aufladen kann, dass er als Zündquelle zum Zünden fast aller organischen Lösemittel dienen kann (siehe Tabelle 1.10), ist das Tragen von Sicherheitsschuhen mit leitfähigen Sohlen in explosionsgefährdeten Bereichen strengstens einzuhalten!

Die wichtigsten Kenngrößen zur Beschreibung einer Explosion sind

- der maximale Explosionsdruck (p_{max}) und
- die Druckanstiegsgeschwindigkeit (dp/dt).

Der **maximale Explosionsdruck** der meisten Gase und Dämpfe im Gemisch mit Luft schwankt bei Atmosphärendruck zwischen 7,5 und 10 bar. Er steigt proportional zum Anfangsdruck, d. h. bei dessen Erhöhung von 1 auf 10 bar steigt der maximale Explosionsdruck auf ca. 100 bar. Die Druckanstiegsgeschwindigkeit gibt die Zeitspanne wieder, innerhalb derer sich der Explosionsdruck einstellt. Für die Auslegung von Sicherheitseinrichtungen stellt sie eine wichtige Kenngröße dar. Abbildung 1.19 zeigt einen typischen Kurvenverlauf einer Explosion eines Dampf-Luft-Gemisches. Typischerweise beginnt nach Zündung eines explosionsfähigen Gas/Dampf-Luft-Gemisches innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde der Druckanstieg. Während sich der maximale Explosionsdruck bei Gasen und Dämpfen nach 100 bis 200 Millisekunden einstellt, wird er bei Staubexplosionen bereits nach wenigen Millisekunden erreicht. Der maximale Explosionsdruck von Gasen,

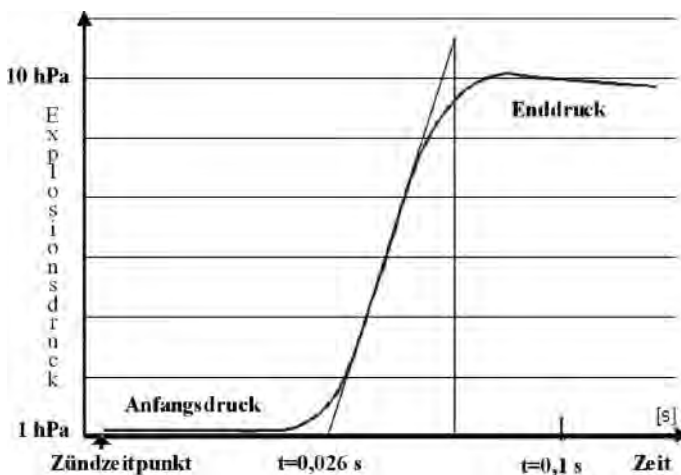


Abb. 1.19 Zeitlicher Druckverlauf einer Explosion

Tabelle 1.11 Maximaler Explosionsdruck und Druckanstiegsgeschwindigkeit.

Stoff	p_{\max} [bar]	dp/dt [bar/s]
Methan	7,4	55
Propan	8,5	60
Wasserstoff	7,1	550
Puderzucker	7,4	75
Mehlstaub	8,5	60
Polyethylenstaub	9,0	200
Aluminiumstaub, grob	10,0	300
Aluminiumstaub, fein	11,5	1.500

Dämpfen und Stäuben variiert nur unwesentlich. Die Druckanstiegsgeschwindigkeiten von Staubexplosionen betragen zum Teil mehr als das Zehnfache (siehe Tabelle 1.11) im Vergleich zu Gasen und Dämpfen. Staubexplosionen besitzen wegen des äußerst schnellen Aufbaus der Druckwelle ein enormes Zerstörungspotenzial.

Während sich die Druckwelle einer Explosion mit Schallgeschwindigkeit ausbreitet, ist die Druckausbreitungsgeschwindigkeit einer Detonation deutlich höher; definitionsgemäß über 1 km/s. Derart hohe Druckausbreitungsgeschwindigkeiten werden von explosionsfähigen Gas/Dampf-Luft-Gemischen brennbarer Stoffe im Allgemeinen nicht erreicht, Detonationen werden in erster Linie von Sprengstoffen und instabilen Verbindungen ausgelöst.

Als **Deflagration** wird die vollständige Zersetzung eines Stoffes nach lokaler Einwirkung einer Zündquelle unter Luftausschluss bezeichnet. Wird bei einer längeren Schüttung eines deflagrationsfähigen Stoffes nur an einer Stelle mittels einer Zündquelle eine Zersetzung des Stoffes ausgelöst, so pflanzt sich die Zersetzung innerhalb der Substanz auch unter Luftausschluss durch die komplette Materialmenge fort. Stoffe mit Neigung zur Deflagration müssen unter speziellen Schutzmaßnahmen gehandhabt werden; die übliche Methode der Inertisierung kann eine Deflagration nicht verhindern.

1.3

Biologische Arbeitsstoffe

Biologische Arbeitsstoffe im Sinne der Biostoffverordnung sind Mikroorganismen, einschließlich gentechnisch veränderter Mikroorganismen, Zellkulturen und humanpathogene Endoparasiten, die beim Menschen Infektionen sowie sensibilisierende oder toxische Wirkungen hervorrufen können. Weiterhin zählen hierzu Stoffe, die als transmissibles, spongiformes Enzephalopathie-assoziiertes Agens beim Menschen eine Infektion oder übertragbare Krankheit verursachen können.

Als biologische Agenzien werden demgemäß alle lebensfähigen Zellen, Zellverbände, Viren oder auch nur replikationsfähige Genomelemente bezeichnet. Zu

den lebensfähigen Zellen zählen Mikroorganismen, z. B. Bakterien, Rickettsien, Pilze, Algen, Protozoen, Kulturen von Zellen höherer Organismen sowie lebensfähige immobilisierte Zellen. Stoffwechselprodukte oder auch isolierte Enzyme zählen nicht zu den biologischen Agenzien.

Nach Information der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) ist davon auszugehen, dass ca. sechs Millionen Beschäftigte Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen haben. Nach Aussage staatlicher Stellen besteht Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen unter anderem in folgenden Branchen:

- medizinischer Sektor, einschließlich Pathologie und Rettungsdienst,
- Landwirtschaft,
- Schädlingsbekämpfung und Pflanzenschutz,
- Abfallentsorgung,
- Hausinstallation,
- Abwasserbehandlung oder
- biologische Labors.

Die Vorschriften für den Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen, unabhängig ob gezielter oder nicht gezielter Umgang, sind in der Biostoffverordnung [11] zusammengefasst.

1.3.1

Risikogruppen

Biologische Arbeitsstoffe werden aufgrund ihres Infektionsrisikos in vier Risikogruppen unterteilt. Diese Einteilung leitet sich von der Einstufungssystematik der WHO ab und wurde in der EG-Richtlinie 2000/54/EWG [12] in europäisches Recht überführt.

Bakterien, Parasiten, Pilze und Viren besitzen ein sehr unterschiedliches Gefährdungspotenzial für die Beschäftigten, die Bevölkerung und zum Teil auch für die Umwelt. Dieses Gefährdungspotenzial wird durch mehrere Kriterien bestimmt, wie z. B.:

- die natürliche Pathogenität (Fähigkeit, Erkrankungen auszulösen) und/oder die Virulenz (Ausmaß und Stärke der krankmachenden Eigenschaften, Grad der Vermehrung) der biologischen Agenzien,
- die Art der Übertragung, z. B. durch direkten oder indirekten Kontakt, über die verletzte oder unverletzte Haut, durch Aerosole über den Atemtrakt, durch Lebensmittel oder durch Biss oder Stich von tierischen Überträgern,
- Überleben des Erregers unter bestimmten Umweltbedingungen,
- Vorkommen und Verbreitung des Erregers und die damit verbundene Immunität in der Bevölkerung sowie
- Verfügbarkeit wirksamer Impfstoffe und/oder Therapeutika.

Auf Basis der vorgenannten Kriterien werden die biologischen Agenzien einer der vier Risikogruppen zugeordnet:

- 1) Biologische Agenzien der Gruppe 1 sind solche, bei denen es unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit verursachen. In diese Risikogruppe gehören z. B. die Bäcker- oder Bierhefe sowie die Mikroorganismen zur Herstellung von Joghurt oder Käse. In dieser Risikogruppe sind überwiegend Pilze und Bakterien eingeordnet. Zurzeit sind nur wenige Viren zugeordnet, z. B. Tabakmosaikvirus. Viele Impfstoffe gegen pathogene oder sonstige gefährliche Viren zählen zu dieser Risikogruppe.
Typische Vertreter von Pilzen der Risikogruppe 1 sind *Saccharomyces cerevisiae* (z. B. in der Bäcker-, Bier- oder Weinhefe), *Malassezia furfur* oder *Aspergillus niger*.
- 2) Biologische Agenzien der Gruppe 2 sind solche, die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine Gefahr für Arbeitnehmer darstellen können; eine Verbreitung des Agens in der Bevölkerung ist unwahrscheinlich; eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich. Influenzavirus, Masern- und Mumpsvirus, Hepatitis A, *Clostridium botulinum* und mehrere *Bactylobacter*-Bakterien sind bekannte Vertreter dieser Risikogruppe.
Pilze der Risikogruppe 2 sind u. a. *Candida albicans*, *Trichophyton mentagrophytes* (Erreger von Haut-, Haar- und Nagelmykosen) oder *Aspergillus fumigatus*. Sehr viele Viren sind in diese Risikogruppe einzuordnen, z. B. die Rhinoviren (verantwortlich für zahlreiche banale Erkältungskrankheiten), das Vacciniavirus (natürlich attenuiertes Virus, das zur Impfung gegen Pockenviren mit Erfolg eingesetzt wurde), Hepatitis-A-Virus (löst nicht chronische Lebererkrankungen aus, insbesondere keine Leberzirrhose oder Leberkarzinom), Polioviren (Erreger der Poliomyelitis = Kinderlähmung).
- 3) Biologische Agenzien der Gruppe 3 sind solche, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für den Arbeitnehmer darstellen können; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung kann bestehen, doch ist normalerweise eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung möglich. Die Erreger zahlreicher mittelschwerer bis schwerer Infektionskrankheiten zählen zu dieser Gruppe, beispielsweise das HIV-Virus, das Hepatitis-B- und -C-Virus, die Erreger von Milzbrand, Gelbfieber oder Tollwut. Zu den Pilzen der Risikogruppe 3 zählen z. B. *Coccidioides immitis*.
- 4) Biologische Agenzien der Gruppe 4 sind solche, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für Arbeitnehmer darstellen; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung ist unter Umständen groß; normalerweise ist eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung nicht möglich. In dieser Risikogruppe finden sich nur Viren, die bekanntesten sind das Ebola-Virus, Marburg-Virus, Lassavirus oder das Pockenvirus (Variolavirus).

1.3.2

Arten biologischer Arbeitsstoffe1.3.2.1 **Pilze**

Pilze sind ein- bzw. mehrzellige oder zönozytische Organismen mit echtem Zellkern (Eukaryonten), die keine Fähigkeit zur Photosynthese besitzen und zu keiner aktiven Fortbewegung fähig sind. Die Mehrzahl der Pilze bilden mikroskopisch kleine, verzweigte Fäden (Hyphen), die die Fähigkeit zu zahlreichen morphologischen Differenzierungen besitzen. Die im allgemeinen Sprachgebrauch als Pilze bezeichneten Vertreter dieser Gruppe kommen als Geflechte und Scheingewebe (= Makromyzeten) vor, die eine beträchtliche Größe erreichen können. Pilze sind in fast allen klimatischen Zonen der Erde verbreitet und leben überwiegend vom Abbau toter organischer Substanzen oder als Parasiten von lebenden Organismen. Eine Übersicht kann dem Merkblatt der BG RCI [13] entnommen werden.

Abbildung 1.20 zeigt eine Auswahl der sehr zahlreichen Formen von Pilzen. Pilze können in sehr unterschiedlichen Fruchtkörpern vorkommen. Abbildung 1.21 zeigt eine schematische Übersicht über die Neben- und Hauptfruchtkörper.

Für das Ausmaß einer Pilzinfektion sind sowohl die Virulenz des Pilzes als auch die Anfälligkeit des befallenen Organismus von Bedeutung. Der gleiche Pilz kann daher unterschiedliche Mykosen ausbilden.

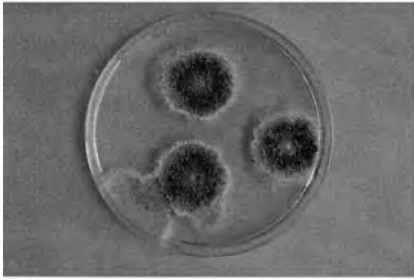
Als Mykosen werden Infektionen bezeichnet, bei denen der Pilz das Gewebe eines Organismus befällt, sich in diesem ausbreitet, vermehrt und es schädigt. Man unterscheidet zwischen

- primären Mykosen, wo anatomisch und funktionell gesundes Gewebe befallen wird, z. B. von *Trichophyton verrucosum* (typische Vertreter von lokalen primären Mykosen sind Pilzinfektionen der Haut, der Nägel, der Haare und der hautnahen Schleimhäute) und
- sekundären Mykosen, bei denen bereits vorgeschädigtes Gewebe durch opportunistische Pilze befallen wird.

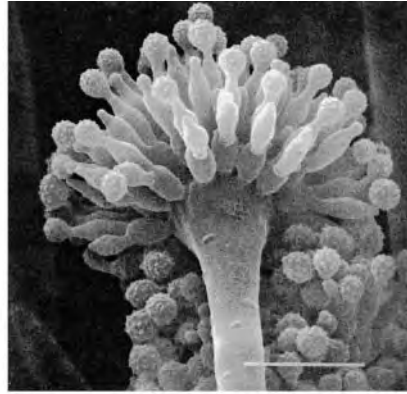
Ein Sonderfall der sekundären Mykose stellt die Mykotisation dar, die örtlich begrenzte Gewebeanomalien auslöst, ohne den Wirt selbst zu schädigen. Beispiele sind die bekannten Nagelmykosen, manche Geschwülste oder Zysten.

Durch Pilze ausgelöste allergische Erkrankungen werden als **Mykoallergosen** bezeichnet. Hierzu zählt das allergische Asthma bronchiale, ausgelöst z. B. durch die Sporen des Austernseitlings (*Pleurotus ostreatus*).

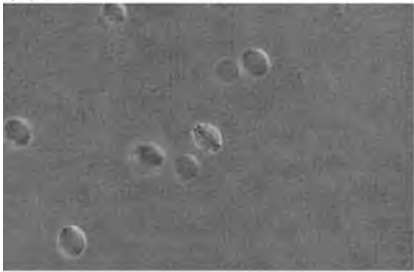
Unter **Mykotoxikosen** werden Vergiftungen zusammengefasst, die durch die Toxine bestimmter Pilze ausgelöst werden. Manche Mykotoxine sind äußerst giftig und können beim Befall von Nahrungsmitteln zu schweren Erkrankungen führen, z. B. Aflatoxine (akute Toxizität: siehe Abschnitt 1.1) oder Trichothecene. Ein Sonderfall der Mykotoxikosen sind Vergiftungen durch den Verzehr giftiger Pilze. Dieser Mycetismus kann z. B. durch Knollenblätter-, Fliegen- oder Pantherpilze ausgelöst werden.



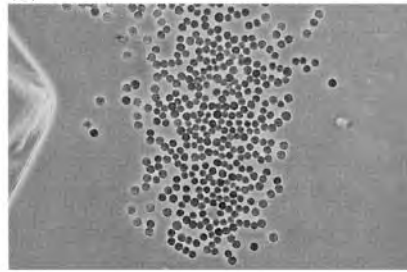
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

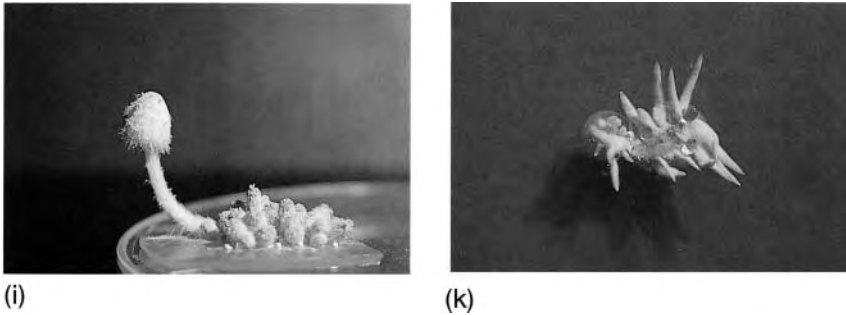


Abb. 1.20 Verschiedene Pilzarten a) Kolonie des Ascomyzeten (Schlauchpilzes) *Eurotium repens* mit Hauptfruchtform und Konidienträgern bzw. Konidien des *Aspergillus*, b) Detail des Konidienträgers von *Aspergillus versicolor*, c) Ascosporen von *Eurotium*, d) Konidien von *Aspergillus*, e) Konidienträger und Konidien von *Paecilomyces variotii*, f) *Pycnoporus sanguineus*, g) *Phellinus pini*, h) *Beauveria felina*, i) *Phycomyces blakesleeanae*, k) *Coprinus*-Art

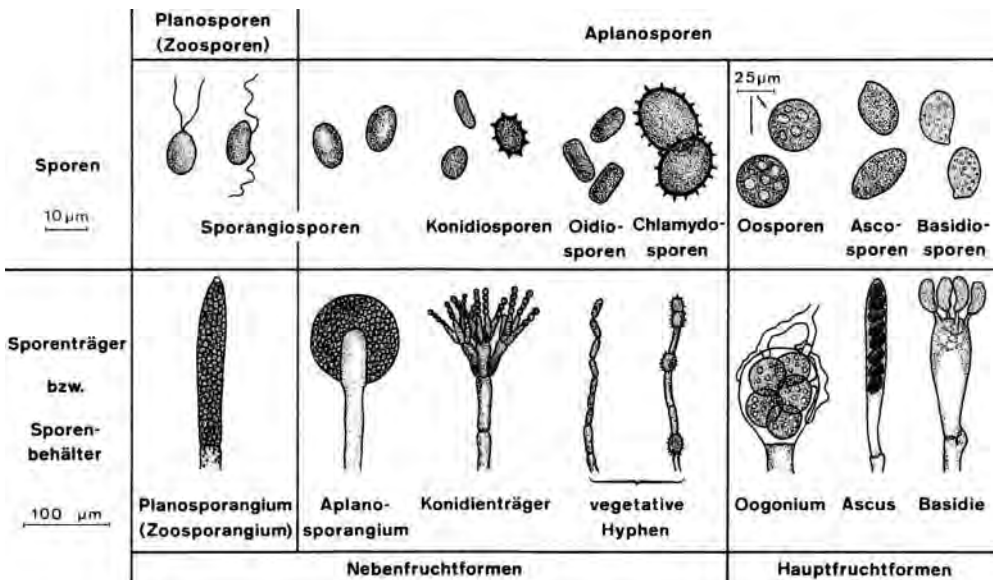


Abb. 1.21 Schematische Übersicht über die Neben- und Hauptfruchtformen

Das Infektions- und Gefährdungspotenzial von Pilzen wird neben den pathogenen Eigenschaften ganz wesentlich durch die Keimdichte bestimmt. In der Atemluft sind immer Pilzsporen nachweisbar, ohne dass damit eine Gefährdung für Menschen oder Tiere verbunden wäre. Beim Einatmen größerer Sporenmengen können manche Pilze jedoch Erkrankungen auslösen.

- **Pilze der Risikogruppe 1**

- *Saccaromyces cerevisiae*, Vorkommen in Bäckerhefe, Bierhefe oder Weinhefe. Pathogene Eigenschaften sind nicht bekannt.
- *Malassezia furfur*, dieser lipophile Sprosspilz kommt auf der gesunden menschlichen Haut vor. Seine oberflächlichen Mykosen werden durch Schweißsekretion und immunologische Störungen begünstigt. Systemische Infektionen können in Ausnahmefällen schwere Immunstörungen auslösen, z. B. bei Kindern.
- *Aspergillus niger* ist ein in der Natur weit verbreiteter Schimmelpilz und wird bereits seit Langem in großtechnischem Umfang ohne erkennbares Gefährdungspotenzial verwendet. Bei einer Vorschädigung des Gehörgangs sind oberflächliche Mykosen möglich. Die insbesondere bei Trockenheit freigesetzten Sporen können eine Gesundheitsgefährdung darstellen.

- **Pilze der Risikogruppe 2**

- *Candida albicans*, in der Natur weit verbreiteter Pilz, der bei gesunden Menschen häufig in der Mundhöhle und im Verdauungstrakt vorkommt. Oberflächliche Haut- und Schleimhautmykosen treten vor allem bei einer Vorschädigung, z. B. durch feuchte Haut, auf.
- *Trichophyton mentagrophytes* ist häufig die Ursache von Haut-, Haar- und Nagelmykosen beim Menschen und vor allem des sogenannten Fußpilzes.
- *Aspergillus fumigatus* kann nach dem Einatmen großer Sporenmengen oder bei schwerer Vorschädigung Lungenmykosen auslösen. Lungenaspergillose kann auch durch allergische Reaktionen gegen *Aspergillus fumigatus* resultieren.

- **Pilze der Risikogruppe 3**

- *Coccidioides immitis* kann auch bei nicht vorgeschädigten Menschen schwere Organmykosen auslösen. Die Sporen kommen in einigen Landesteilen der USA vor und können von einer Lungeninfektion ausgehend weitere Organe befallen.
- Weitere Vertreter der Risikogruppe 3 sind *Cladosporium bantianum* und *C. trichoides*, *Emmonsia capsulatum* und *Histoplasma dubiosii* sowie *H. capsulatum*.

1.3.3

Bakterien

Bakterien besitzen im Gegensatz zu Viren stets eine Zellhülle, die das Zellplasma und den Zellkern schützt. Von anderen Mikroorganismen unterscheiden sich Bakterien vor allem in ihrer Größe (einen Vergleich der Größenverhältnisse zwischen dem menschlichen Haar und den Bakterien zeigt Abbildung 1.22) und der Struktur ihrer Zellen. Bakterien werden als Prokaryonten bezeichnet, da sie im Gegensatz zu den Eukaryonten keinen vollständig ausgeprägten Zellkern besitzen. Viele bei den Eukaryonten vorhandenen Zellbestandteile kommen in den Bakterienzellen nicht vor (siehe Abbildung 1.23). Für weitere Informationen sei das Merkblatt der BG RCI [14] empfohlen.

Bakterien besitzen nur wenige unterschiedliche Gestalten. Die häufigsten Formen sind kugelig, stäbchenförmig oder spiralförmig. Viele Bakterien verfügen über eine Geißel, sehr dünne, fadenförmige Fortsätze, die aus der Zelloberfläche

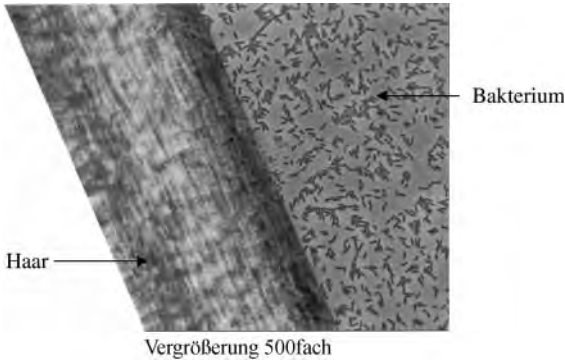


Abb. 1.22 Größenvergleich zwischen einem menschlichen Haar und Bakterien

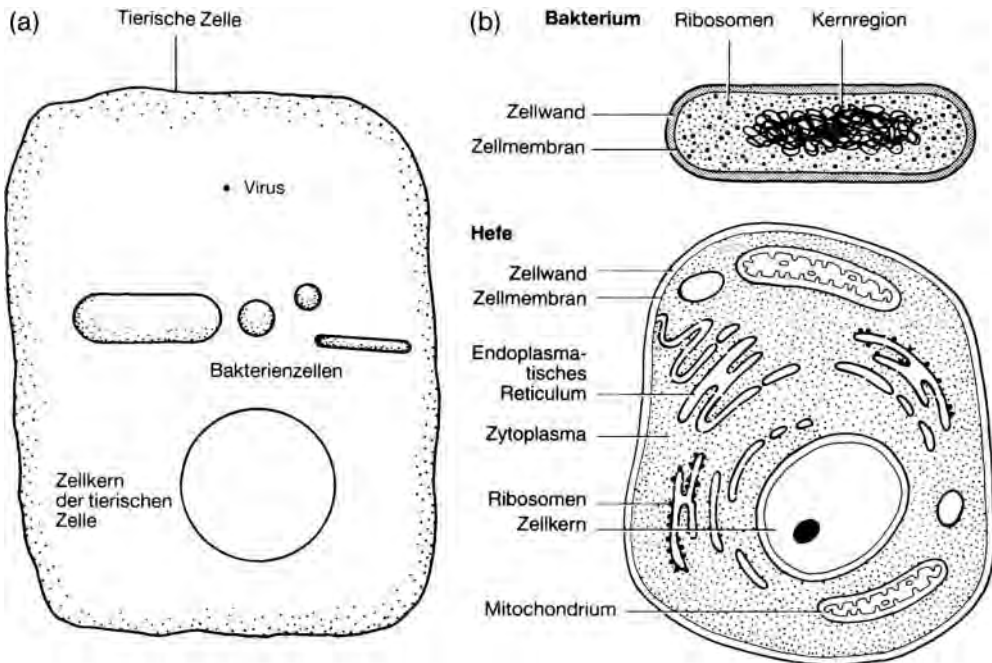


Abb. 1.23 a) Größenvergleich zwischen Bakterien, Viren und der tierischen Zelle, b) Zellbestandteile von Bakterien (Prokaryonten) und Eukaryonten (hier: Hefe)

herauswachsen und durch eine schiffsschraubenförmige Drehung die Fortbewegung der Zelle ermöglichen.

Der Durchmesser von Bakterien liegt üblicherweise bei ca. 1 μm , ihre Länge zwischen 1 und 5 μm , fadenförmige Bakterien erreichen auch 10 bis 100 μm (siehe Abbildung 1.22). Bakterien sind nur mit dem Mikroskop sichtbar, auf festen Nährmedien können Bakterienkolonien durch eine Massenvermehrung sichtbar

gemacht werden (siehe Abbildung 1.24a). Diese Kolonien beinhalten Hunderttausend bis zu einer Milliarde Zellen. Die unterschiedlichen Formen von Bakterienzellen zeigt Abbildung 1.24b.

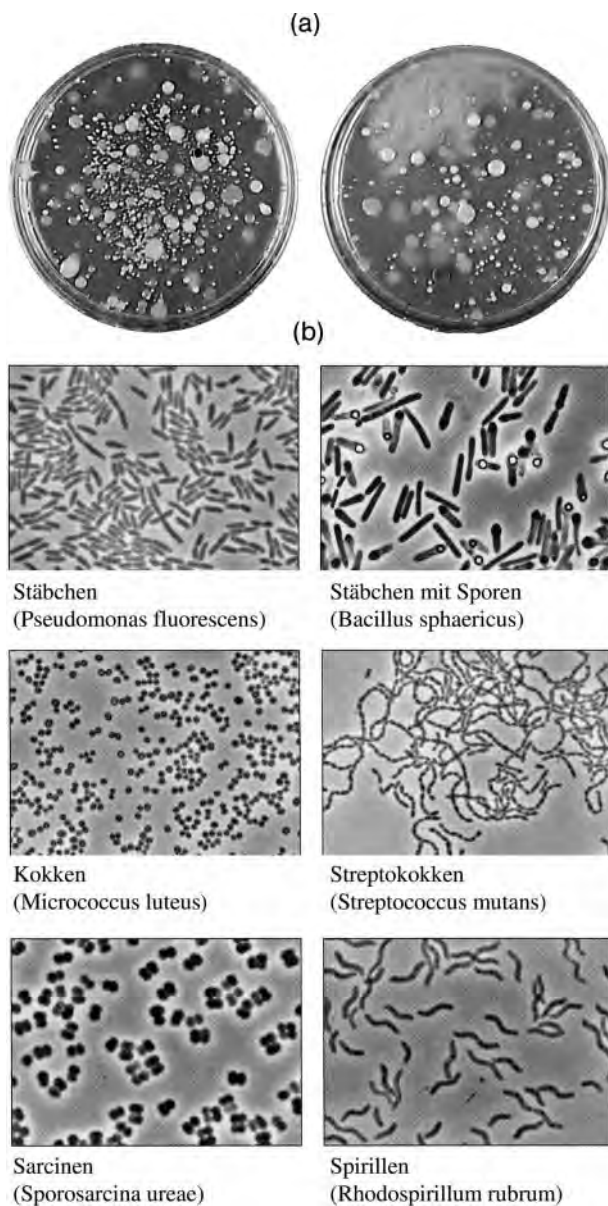


Abb. 1.24 a) Bakterienkolonien, b) Form und Anordnung von Bakterien

In Flüssigkeiten sind Bakterien erst durch eine Trübung erkennbar, wenn die Konzentration über einer Million pro Milliliter beträgt. Ein Liter „klares“ Wasser kann daher über hundert Millionen Bakterien enthalten.

Die Eigenschaft von Bakterien, in einem bestimmten Wirt Krankheiten auszulösen, wird als Pathogenität bezeichnet. Virulenz bezeichnet den Grad oder die Stärke der Pathogenität. Pathogenität und Virulenz hängen von der Bakterienart ab, von ihrer Haftfähigkeit, Invasivität (Eindringvermögen in den Wirtsorganismus), Aggressinbildung und Toxigenität. Manche Bakterien besitzen spezifische Haftmechanismen (Adhäsine), mit denen sie sich an der Oberfläche der Haut oder der Schleimhaut anheften können.

Nach Befall des Wirtsorganismus kann es zur Bildung bzw. Wirkung der spezifischen bakteriellen Toxine kommen. Man unterscheidet zwischen Exotoxinen, z. B. Diphtherie-, Tetanus- und Botulinustoxin, und den Endotoxinen von gramnegativen Bakterien, die hochmolekulare Komplexe von Polysaccharid-, Protein- und Lipidkomponenten bilden.

• Bakterien der Risikogruppe 1

- Psychophile Bakterien (Wachstumsoptimum 10–15 °C).
- Thermophile Bakterien (Wachstumsoptimum 40–55 °C).
- Obligat acidophile Bakterien (Wachstumsoptimum nur unter pH 4,5).
- Obligat alkalophile Bakterien (Wachstumsoptimum nur über pH 7,5).
- Obligat chemolithotrophe Bakterien.
- Obligat phototrophe, anoxygene Bakterien.
- Obligat phototrophe, oxygene Bakterien (Cyanobakterien)
- *Lactobacillus bulgaricus*, ein im Joghurt nachweisbares Bakterium.

• Bakterien der Risikogruppe 2

- *Streptococcus mutans*, lebt auf der Mundschleimhaut von Menschen und ist wesentlich für die Entstehung von Karies verantwortlich.
- *Clostridium tetani* ist der Erreger des Wundstarrkrampfes. Dieses sporenbildende, anaerobe Bakterium lebt normalerweise primär im Darm von Menschen und Tieren, ohne dass es zu einer Krankheit kommt.
- *Vibrio cholerae* kann in hohen Dosen Cholera auslösen. Die Infektion erfolgt hauptsächlich über fäkalienverseuchtes Trinkwasser, eine Übertragung über die Luft findet nicht statt.

• Bakterien der Risikogruppe 3

- *Mycobacterium tuberculosis* ist der Erreger der Tuberkulose; er ist stark infektiös und kann über die Luft übertragen werden.
- *Yersinia pestis* zählt zu den extrem virulenten Krankheitserregern, bereits fünf Keime können bei Tieren die Pest auslösen. Als Übertragungsweg kommt neben dem Flohstich auch die Luft infrage. Die Pest ist seit mehreren Jahrzehnten ausgerottet, lediglich in Speziallaboratorien existieren noch einige Bakterienstämme.
- *Shigella dysenteriae* (Serovar 1) ist der Erreger der schwersten Form der bakteriellen Ruhr. Die typischen Übertragungswege sind Schmierinfektionen über

kontaminierte Lebensmittel und Trinkwasser oder durch Kontaktinfektionen. Eine Übertragung über die Luft findet nicht statt.

1.3.4

Viren

Viren können von wenigen Nanometern bis annähernd 400 Nanometer (0,4 µm) groß werden; Abbildung 1.25 zeigt einen Größenvergleich unterschiedlicher Viren. Als genetisches Material enthalten sie entweder RNS (Ribonukleinsäure) oder DNS (Desoxyribonukleinsäure). Das genetische Material (Genom) ist meist von einer schützenden Proteinhülle (Kapsid) umhüllt. Manche Viren besitzen zusätzlich eine lipidhaltige Membran. Viren können sich ausschließlich in geeigneten Zellen vermehren, ohne Wirtszellen ist eine Vermehrung nicht möglich. Die von Viren ausgehenden Risiken sind äußerst unterschiedlich. Einige Viren sind in die Risikogruppe 1 eingeteilt, wie das oben aufgeführte im Joghurt zu findende Bakterium *Lactobacillus bulgaricus*, viele Impfstoffe gegen Viren oder das Tabakmosaikvirus. Sie stellen weder für Menschen noch für Tiere eine Gefahr dar. Im Gegensatz hierzu findet man in der Risikogruppe 4 weder Bakterien noch Pilze, sondern ausschließlich Viren. Dem Merkblatt B 004 der BG RCI [15] kann eine umfassende Liste der eingestuften Viren entnommen werden.

- **Viren der Risikogruppe 1**

- λ-Phagen, die in der Umwelt weit verbreitet sind und für Menschen, Tiere und die Umwelt keine Gefahr darstellen.
- Das Tabakmosaikvirus stellt ebenfalls keine Gefahr für den Menschen dar, kann jedoch Pflanzen schädigen.
- Lebendimpfstoffe z. B. gegen Corona-, Herpes-, Pocken-, Toga- oder Poliomyelitisviren (Kinderlähmung).

- **Viren der Risikogruppe 2**

- Rhinoviren sind die Erreger banaler Erkältungskrankheiten. Da keine Impfprophylaxe möglich ist, ist dieser Erreger für große finanzielle Aufwendungen im Gesundheitssystem verantwortlich. Die Übertragung findet bevorzugt über Aerosole statt, somit auch über die Atemluft.
- Das Hepatitis-A-Virus kann zu einer lebenslangen akuten Leberentzündung führen, die meist gutartig verläuft. Die natürlichen Abwehrkräfte von Jugendlichen reichen normalerweise aus, bei Kleinkindern treten noch nicht einmal Krankheitssymptome auf. Chronische Leberzirrhosen oder sogar Leberzellkarzinome werden nicht ausgelöst. Impfprophylaxe ist möglich, als Übertragungswege kommen Schmutz- und Schmierinfektionen infrage.
- Polioviren lösen die Kinderlähmung (Poliomyelitis) aus. Hauptübertragungswege sind Schmutz- und Schmierinfektionen.

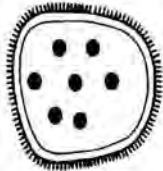
- **Viren der Risikogruppe 3**

- Das Hepatitis-B-Virus löst in ca. 10 % der Fälle chronische Erkrankungen der Leber aus. Letale Erkrankungen sind bekannt, eine Impfung führt nicht bei allen Menschen zu einer ausreichenden Immunisierung. Als Übertragungs-

RNA-Viren



Retrovirus



Arenavirus



Coronavirus



Orthomyxovirus



Paramyxovirus



Rhabdovirus



Bunyavirus



Reovirus

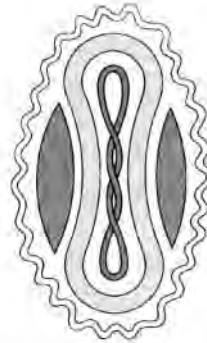


Togavirus



Picornavirus

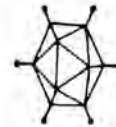
DNA-Viren



Pockenvirus



Herpesvirus



Adenovirus



Papovavirus



Parvovirus

Abb. 1.25 Größenverhältnisse und Form verschiedener Viren

- wege sind Blut, Blutprodukte, kontaminierte Kanülen oder Sexualverkehr bekannt. Die Inkubationszeit ist mit 40 bis 120 Tagen lang.
- Das Tollwutvirus führt unbehandelt bei den meisten Menschen zum Tode. Die Übertragung findet fast ausschließlich über Biss statt, über die Luft nur in Ausnahmefällen. Eine Impfung ist nur gegen einige der zahlreichen Serotypen möglich.
 - HIV (humanes Immundefizienzvirus) führt nach heutigem Wissensstand häufig zum Tod, eine Therapie ist nur bedingt möglich. Die wichtigsten Übertragungswege sind Sexualverkehr und Blutkontakt, keine Übertragung findet über die Luft oder bei normalen Kontakten mit Infizierten statt.
 - Das Affenpockenvirus ruft beim Menschen eine pockenähnliche Erkrankung hervor, die bei ca. 15 % tödlich verläuft. Der Erreger kommt in Mitteleuropa nicht vor.

• Viren der Risikogruppe 4

In der Risikogruppe 4 kommen, wie bereits erwähnt, ausschließlich Viren vor. Diese sind das Ebola-Virus, Marburg-Virus, Lassavirus oder Pockenvirus (Variolavirus)

- Das Variolavirus löst die Pocken aus. Wirkungsvolle Impfstoffe und ein umfassendes Impfprogramm haben dazu geführt, dass seit 1978 keine Pockenfälle mehr aufgetreten sind. Die Inkubationszeit beträgt ein bis zwei Wochen.
- Das Lassavirus kommt in den Tropen vor. Eine spezifische Therapie ist nicht möglich, die Letalität ist sehr hoch. Aufgrund des sehr schnellen Krankheitsverlaufs sind Epidemien eher unwahrscheinlich.
- Das Ebola-Virus kommt ausschließlich in den Tropen vor und löst eine Infektionskrankheit aus, die ebenfalls sehr schnell zum Tode führt.

1.3.5

Parasiten

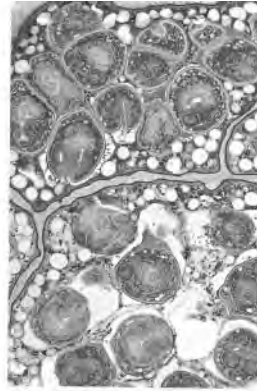
Die ebenso zu den biologischen Stoffen zählenden Parasiten kommen in sehr unterschiedlichen Formen vor. Während einige mit dem bloßen Auge zu erkennen sind, ist dies bei vielen nur mit dem Mikroskop möglich. Abbildung 2.26 zeigt eine Auswahl von Parasiten. Da Parasiten nur in Ausnahmefällen in Laboratorien oder Produktion eine Rolle spielen, sollen sie nicht weiter behandelt werden. Für zusätzliche Informationen ist das Merkblatt der BG RCI B 005 [16] empfohlen.



Acari (Metastigmata, Argasidae)



Acari (Astigmata, Sarcoptoidea)



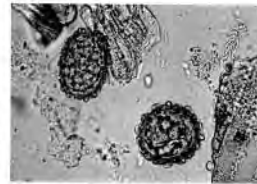
Cestoda (Cyclophyllidea), Finnenstadium



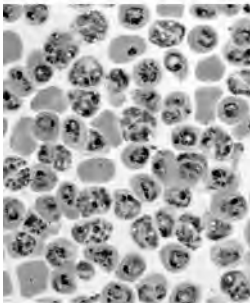
Insecta (Anoplura) (Menschenlaus)



Rhodius prolixus



Nematoda (Secernenta)



Protozoa (Apicomplexa)



Protozoa (Oozyste und freie Sporozysten)



Trematoda



Cestoda (Cyclophyllidea)

Abb. 1.26 Auswahl von Parasiten

2

Gefährliche Eigenschaften, Einstufung und Kennzeichnung

2.1

Einführung in die Einstufungssysteme

Die Einstufung gefährlicher Stoffe durfte bis 01.12.2010 für Stoffe gemäß Anhang VI der EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] erfolgen.

Seit dem 01.12.2010 müssen Stoffe nach EG-Verordnung 1272/2008 [2], bekannt als CLP-Verordnung (Classification Labelling Packaging), eingestuft und gekennzeichnet werden. Da die CLP-Verordnung auf dem Einstufungssystem der UN basiert, wird sie auch als GHS-Verordnung (Globally Harmonized System) bezeichnet. Für Zubereitungen ist die Einstufung gemäß der bisherigen Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG [3] noch bis zum 01.06.2015 zulässig, vor diesem Zeitpunkt erstmalig in Verkehr gebrachte Gemische dürfen noch bis zum 01.06.2017 mit der bisherigen Kennzeichnung vermarktet werden. Die Inhaltsstoffe von Zubereitungen sind bei Benutzung der Zubereitungsrichtlinie nach dem Einstufungsleitfaden der Stoffrichtlinie 67/548/EWG, Anhang VI, einzustufen. Daher werden in diesem Lehrbuch beide Einstufungssysteme beschrieben. Da die CLP-Verordnung das künftige Einstufungssystem darstellt, wird es prioritär beschrieben.

Die CLP-Verordnung stuft die gefährlichen Eigenschaften in insgesamt 28 Hauptgefahren, die sogenannten Gefahrenklassen ein, die wiederum in insgesamt 89 Kategorien bzw. Untergruppen untergliedert sind, siehe Abbildung 2.1. Im Gegensatz hierzu kennt die EG-Richtlinie 67/548/EWG nur 15 Gefährlichkeitsmerkmale (siehe Abbildung 2.2), die in 18 Untergruppen/Kategorien differenziert sind.

Analog dem bisherigen Einstufungssystem kann die korrekte Einstufung von Stoffen und Zubereitungen nicht dem Piktogramm bzw. dem Gefahrensymbol entnommen werden, hierfür müssen die H-Sätze nach CLP-Verordnung bzw. die R-Sätze nach der Stoffrichtlinie benutzt werden. Piktogramm und Gefahrensymbol bieten lediglich eine grobe, visualisierte Darstellung, die die Hauptgefahr symbolisiert.

Explosive Stoffe/Gemische	explosiv	Div 1.1	Div 1.2	Div 1.3	Div 1.4	Div 1.5	Div 1.6
Entzündbare Gase	1	2					
Entzündbare Aerosole	1						
Oxidierende Gase	1						
Unter Druck stehende Gase	1						
Entzündbare Flüssigkeiten	1	2	3				
Entzündbare Feststoffe	1	2					
Selbsterzetzliche Stoffe/Gemische	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G
Pyrophore Flüssigkeiten	1						
Pyrophore Feststoffe	1						
Selbsterhitzungsfähig	1	2					
Bildet mit Wasser entzündbare Gase	1	2	3				
Oxidierende Flüssigkeiten	1	2	3				
Oxidierende Feststoffe	1	2	3				
Organische Peroxide	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Typ E	Typ F	Typ G
Metallkorrosiv	1						
Akute Toxizität	1	2	3	4			
Ätzung/Reizung der Haut	1A	1B	1C	2			
Schwere Augenschäden/-reizung	1	2A					
Sensibilisierung der Atemwege	1						
Sensibilisierung der Haut	1						
Keimzell-Mutagenität	1A	1B	2				
Karzinogenität	1A	1B	2				
Reproduktionstoxizität	1A	1B	2	Laktation			
Spez. Zielorgan-Tox. - akut	1	2	3				
Spez. Zielorgan-Tox. - wiederholt	1	2					
Aspirationsgefahr	1						
Akut wassergefährdend	1						
Chronisch wassergefährdend	1	2	3	4			

Abb. 2.1 Gefahrenklassen nach EG-VO 1272/2008 (CLP)

<ul style="list-style-type: none"> • hochentzündlich • leichtentzündlich • entzündlich • explosionsgefährlich 	}	physikalisch-chemische Eigenschaften
<ul style="list-style-type: none"> • sehr giftig • giftig • gesundheitsschädlich • ätzend • reizend 	}	akut toxische Eigenschaften
<ul style="list-style-type: none"> • sensibilisierend • krebserzeugend • erbgutverändernd • fortpflanzungsgefährdend 	}	spezielle toxische Eigenschaften
<ul style="list-style-type: none"> • umweltgefährlich 	}	ökotoxikologische Eigenschaften

Abb. 2.2 Gefährlichkeitsmerkmale nach EG-RL 67/548/EWG

2.2

Gefährliche Eigenschaften: Physikalische Eigenschaften

2.2.1

Explosiv bzw. explosionsgefährlich

2.2.1.1 Explosiv gemäß CLP-Verordnung

Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse fallen nach Anhang I der CLP-Verordnung [2] in die Gefahrenklasse explosiv, wenn sie als Feststoff oder als Flüssigkeit durch chemische Reaktion Gase solcher Temperatur, solchen Drucks und solcher Geschwindigkeit entwickeln können, dass hierdurch in der Umgebung Zerstörungen eintreten. Gemäß Begriffsdefinition der CLP-Verordnung fallen auch pyrotechnische Stoffe und Erzeugnisse mit Explosivstoffen unter die Gefahrklasse explosiv.

Die Einstufungskriterien sind nicht im Anhang I der CLP-Verordnung enthalten, sondern den Prüfmethode von Teil 1 des Handbuchs über Prüfungen und Kriterien der UN-Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter zu entnehmen. Diese Prüfmethode sind sehr umfassend, äußerst detailliert und nur für Experten verständlich, auf die Wiedergabe wird daher verzichtet.

Die Gefahrenklasse explosive Stoffe / Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff wird unterteilt in folgende Unterklassen:






- 1.1 massenexplosionsgefährliche Produkte
- 1.2 nicht massenexplosionsfähige Stoffe, die ernste Gefahren durch Splitter und Sprengstücke darstellen
- 1.3 Produkte, die eine Feuergefahr darstellen, aber nur eine geringe Sprengwirkung oder geringe Druckwirkung aufweisen und massenexplosionsfähig sind

- 1.4 Produkte und Gegenstände mit nur geringer Explosionsgefahr. Die Auswirkungen bleiben auf die Verpackung beschränkt
- 1.5 Sehr unempfindliche massenexplosionsfähige Produkte
- 1.6 Extrem unempfindliche Gegenstände, die nicht massenexplosionsfähig sind

Zur Unterscheidung der Unterklassen werden die H-Sätze H200 bis H205 benutzt, die Kennzeichnung kann Tabelle 2.1 entnommen werden. Beispiele instabiler, explosiver Stoffe sind in Abbildung 2.3 dargestellt.

H200	Instabil, explosiv
H201	Explosiv; Gefahr der Massenexplosion
H202	Explosiv; große Gefahr durch Splitter, Spreng- und Wurfstücke
H203	Explosiv; Gefahr durch Feuer, Luftdruck oder Splitter, Spreng- und Wurfstücke
H204	Gefahr durch Feuer oder Splitter, Spreng- und Wurfstücke
H205	Gefahr der Massenexplosion bei Feuer

Tabelle 2.1 Kennzeichnung explosive Stoffe / Gemische und Erzeugnisse mit Explosivstoff.

Einstufung	Instabil, explosiv	Unterklasse 1.1	Unterklasse 1.2	Unterklasse 1.3	Unterklasse 1.4	Unterklasse 1.5	Unterklasse 1.6
Piktogramm							
Signalwort	Gefahr	Gefahr	Gefahr	Gefahr	Warnung	Gefahr	kein
H-Satz	H200	H201	H202	H203	H204	H205	kein

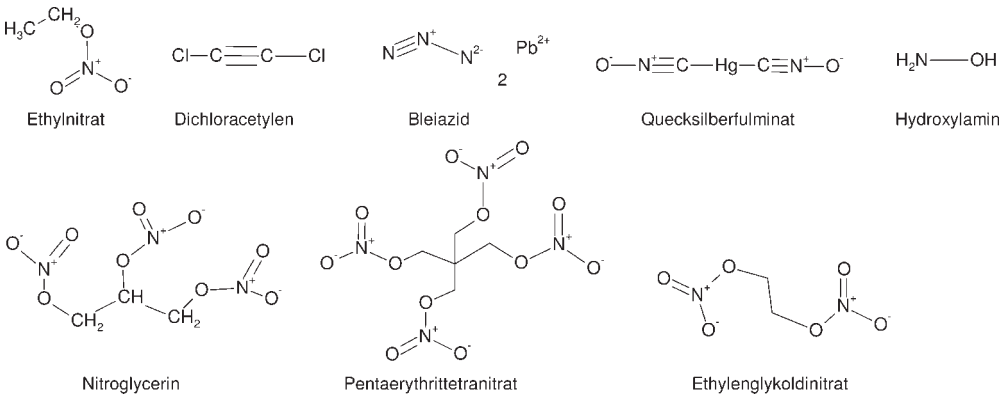


Abb. 2.3 Instabile explosive Stoffe, gekennzeichnet mit H200 gemäß CLP-Verordnung

2.2.1.2 Explosionsgefährlich nach EG-Richtlinie 67/548/EWG



Stoffe oder Zubereitungen, die gegen Schlag oder Reibung empfindlicher reagieren als *Dinitrobenzol* oder die mittels Zündquelle (Feuer) zur Explosion gebracht werden können, werden gemäß EG-Richtlinie 67/548/EWG als explosionsgefährlich eingestuft.

In Abhängigkeit des explosionsgefährlichen Potenzials werden Stoffe oder Zubereitungen entweder mit dem R-Satz R2 oder R3 gekennzeichnet.

- R2** Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen explosionsgefährlich
- R3** Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen besonders explosionsgefährlich

Zu den explosionsgefährlichen Stoffen (**R2**) zählen:

- Ethylnitrit,
- Ethylnitrat,
- Dibenzoylperoxid,
- Dichloracetylen,
- Glykoldinitrat,
- 3-Azidosulfonylbenzoesäure,
- Pikrinsäure (2,4,6-Trinitrophenol),
- Trinitrobenzol,
- 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT),
- Trinitrokresol,
- Trinitroxyl,
- Tetranitronaphthalin und
- 2,4,6-Trinitroresorcin.

Als besonders explosionsgefährliche Stoffe (**R3**) sind eingestuft:

- Bleiazid,
- Quecksilberfulminat (Knallquecksilber),
- Diethylenglykoldinitrat,
- Glycerintrinitrat (Nitroglycerin),
- Hydrazintrinitromethan,
- Pentaerythrittetrinitrat (Nitropenta),
- Nitrozellulose mit mehr als 12,66 % N,
- Mannithexanitrat sowie
- Pikrinsäure und ihre Salze.

R1 In trockenem Zustand explosionsgefährlich

Stoffe oder Zubereitungen, die nur in trockenem Zustand explosionsgefährlich reagieren; nicht jedoch in Lösung oder in feuchter Form, sind nicht als explosionsgefährlich eingestuft und werden mit dem R-Satz R1 gekennzeichnet. Hierzu zählen

- Jodylbenzol,
- Ammonium-bis(2,4,6-trinitrophenyl)amin,
- Ammoniumdichromat,
- 2-Amino-4,6-dinitrophenol,
- Jodylbenzoat und
- Tetranitrocarbazol.

2.2.2

Entzündbar bzw. entzündlich

Nach der CLP-Verordnung wird die Stoffeigenschaft „entzündbar“ in Abhängigkeit des Aggregatzustandes in 5 Gefahrenklassen und eine unterschiedliche Anzahl von Kategorien unterteilt:

- Gefahrenklasse entzündbare Gase:
2 Gefahrenkategorien
- Gefahrenklasse entzündbare Aerosole:
2 Gefahrenkategorien
- Gefahrenklasse entzündbare Feststoffe:
2 Gefahrenkategorien
- Gefahrenklasse entzündbare Flüssigkeiten:
3 Gefahrenkategorien
- Gefahrenklasse Stoffe oder Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase freisetzen
3 Gefahrenkategorien

Gemäß EG-Stoffrichtlinie werden Gase und Flüssigkeiten in die Gefährlichkeitsmerkmale

- hochentzündlich,
- leichtentzündlich und
- entzündlich

unterschieden, weitgehend unabhängig vom Aggregatzustand. Eine separate Einstufung von Aerosolen oder Feststoffen erfolgt nicht.

2.2.2.1 Entzündbare Gase gemäß CLP-Verordnung

Gemäß Anhang 1 der CLP-Verordnung sind Gase definiert als Stoffe, die

- bei 50 °C einen Dampfdruck von mehr als 300 kPa (absolut) haben oder
- bei 20 °C und einem Standarddruck von 101,3 kPa vollständig gasförmig sind.

Gase gelten als entzündbar, wenn sie bei 20 °C und bei Normaldruck (1013 hPa) mit Luft einen Brennbarkeitsbereich besitzen. Gase oder Gasgemische werden in die


- **Kategorie 1** eingestuft, wenn sie
 - in einer Konzentration unter 13 % in Luft entzündbar sind oder
 - in Luft einen Brennbarkeitsbereich von mindestens 12 Prozentpunkten besitzen, unabhängig von der unteren Entzündungsgrenze,
- **Kategorie 2** eingestuft, wenn sie
 - nicht in die Kategorie 1 fallen und mit Luft einen Brennbarkeitsbereich besitzen.

Zur Unterscheidung der Kategorie 1 und 2 werden die H-Sätze H220 und H221 verwendet, die weiteren Kennzeichnungselemente können Tabelle 2.2 entnommen werden.

Bisher wurde nur *Ammoniak* als entzündbares Gas der Kategorie 2 in Anhang VI Tabelle 3.1 der CLP-Verordnung eingestuft, eine Auswahl technisch wichtiger Gase der Kategorie 1 ist in Abbildung 2.4 aufgeführt.

H220 Extrem entzündbares Gas
H221 Entzündbares Gas

Tabelle 2.2 Kennzeichnung entzündbarer Gase.

Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2
Piktogramm		kein Piktogramm
Signalwort	Gefahr	Achtung
H-Satz	H220	H221

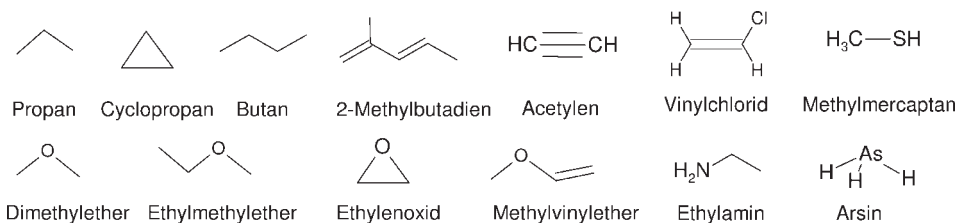


Abb. 2.4 Entzündbare Gase der Kategorie 1 nach Tabelle 3.1 CLP-Verordnung

2.2.2.2 Entzündbare Aerosole gemäß CLP-Verordnung

Aerosole werden in die Gefahrenklasse **entzündbare Aerosole** eingestuft, wenn sie



- eine entzündbare Flüssigkeit mit einem Flammpunkt unter 93 °C ,
- ein entzündbares Gas gemäß den vorgenannten Kriterien oder
- einen entzündbaren Feststoff gemäß den nachgenannten Kriterien enthalten.

Aerosole bzw. Aerosolpackungen sind definiert als alle nicht nachfüllbaren Behälter aus Metall, Glas oder Kunststoff, einschließlich des darin enthaltenen verdichteten, verflüssigten oder unter Druck gelösten Gases, mit oder ohne Flüssigkeit, Paste oder Pulver, die mit einer Entnahmevorrichtung versehen sind, die es ermöglicht, ihren Inhalt in Form von in Gas suspendierten festen oder flüssigen Partikeln als Schaum, Paste, Pulver oder in flüssigem oder gasförmigem Zustand austreten zu lassen.

Entzündbare Aerosole werden in 2 Gefahrenkategorien unterteilt und mit den H-Sätzen H222 und H223 unterschieden. Die weiteren Kennzeichnungselemente können Tabelle 2.3 entnommen werden. Bisher wurden in Anhang VI der CLP-Verordnung noch keine Stoffe entsprechend eingestuft.

H222 Extrem entzündbares Aerosol
H223 Entzündbares Aerosol

Tabelle 2.3 Kennzeichnung entzündbarer Aerosole.



Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2
Piktogramm		
Signalwort	Gefahr	Achtung
H-Satz	H222	H223

2.2.2.3 Entzündbare Feststoffe gemäß CLP-Verordnung

Feststoffe werden in die Gefahrenklasse **entzündbare Feststoffe** eingestuft und in die Kategorien 1 und 2 gemäß folgender Kriterien unterteilt:

- **Kategorie 1**
 - Abbrandtest bei nicht metallischen Verbindungen: befeuchtete Zone stoppt das Feuer nicht und die Abbrandzeit liegt unter 45 Sekunden oder die Abbrandgeschwindigkeit ist größer 2,2 mm/s
 - bei Metallpulver: Abbrandgeschwindigkeit kleiner 5 Minuten

Tabelle 2.4 Kennzeichnung entzündbarer Feststoffe.

Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2
Piktogramm		
Signalwort	Gefahr	Achtung
H-Satz	H228	H228

- **Kategorie 2**

- Abbrandtest bei nicht metallischen Verbindungen: a) befeuchtete Zone stoppt das Feuer wenigstens 4 Minuten und b) die Abbrandzeit liegt unter 45 Sekunden oder die Abbrandgeschwindigkeit ist größer 2,2 mm/s,
- bei Metallpulver: Abbrandgeschwindigkeit liegt zwischen 5 und 10 Minuten

Da beide Gefahrenkategorien mit dem gleichen H-Satz H228 gekennzeichnet werden, kann eine Unterscheidung ggf. nur mittels des Signalwortes erfolgen, siehe Tabelle 2.4.

H228 Entzündbarer Feststoff

Bekannte Beispiele entzündbarer Feststoffe sind:

- *Aluminium-, Magnesiumpulver,*
- *Roter Phosphor,*
- *Phosphorpentasulfid,*
- *Pentachlorbenzol,*
- *1,3,5-Trioxan* oder
- *Hexamethylentetramin.*

2.2.2.4 Entzündbare Flüssigkeiten gemäß CLP-Verordnung

Flüssigkeiten sind als Stoff oder Gemische definiert, die

- bei 50 °C einen Dampfdruck von weniger als 300 kPa haben,
- bei 20 °C und einem Standarddruck von 101,3 kPa nicht vollständig gasförmig sind und
- einen Schmelzpunkt oder Schmelzbeginn von 20 °C oder weniger bei einem Standarddruck von 101,3 kPa haben.

In die Gefahrenklasse entzündbarer Flüssigkeiten werden alle Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 60 °C eingestuft. In Abhängigkeit vom Flammpunkt wird sie in 3 Kategorien unterteilt:

Kategorie 1: Flammpunkt ≤ 23 °C, Siedebeginn kleiner oder gleich 35 °C

Kategorie 2: Flammpunkt ≤ 23 °C, Siedebeginn über 35 °C




Kategorie 3: Flammpunkt > 23 und kleiner gleich 60 °C

Die den jeweiligen Kategorien zugeteilten H-Sätze, Piktogramme und Signalwörter sind in Tabelle 2.5 zusammengestellt.

Typische Stoffbeispiele für extrem entzündbare, leicht entzündbare und entzündbare Flüssigkeiten sind in den Abbildungen 2.5 bis 2.7 dargestellt.

H224 Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar
H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar
H226 Flüssigkeit und Dampf entzündbar

Tabelle 2.5 Kennzeichnung entzündbarer Flüssigkeiten.

Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Piktogramm			
Signalwort	Gefahr	Gefahr	Achtung
H-Satz	H224	H225	H226

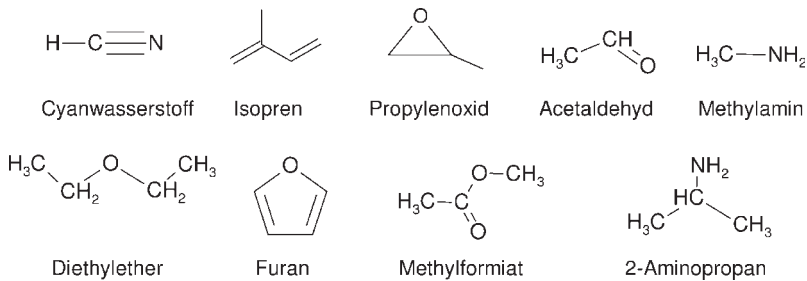


Abb. 2.5 Extrem entzündbare Flüssigkeiten, gekennzeichnet mit H224 nach Anhang VI CLP-Verordnung

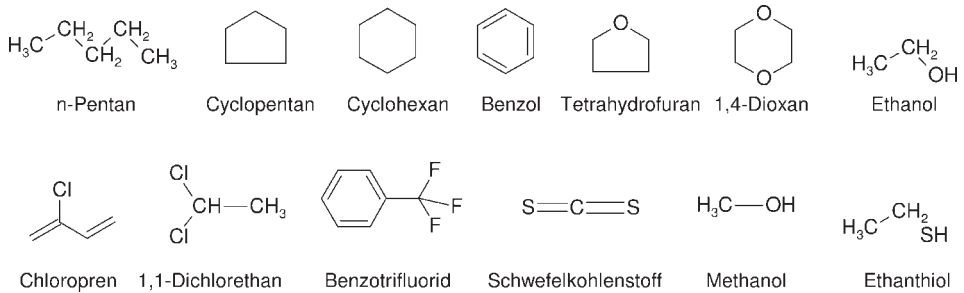


Abb. 2.6 Leicht entzündbare Flüssigkeiten, gekennzeichnet mit H225 nach Anhang VI CLP-Verordnung

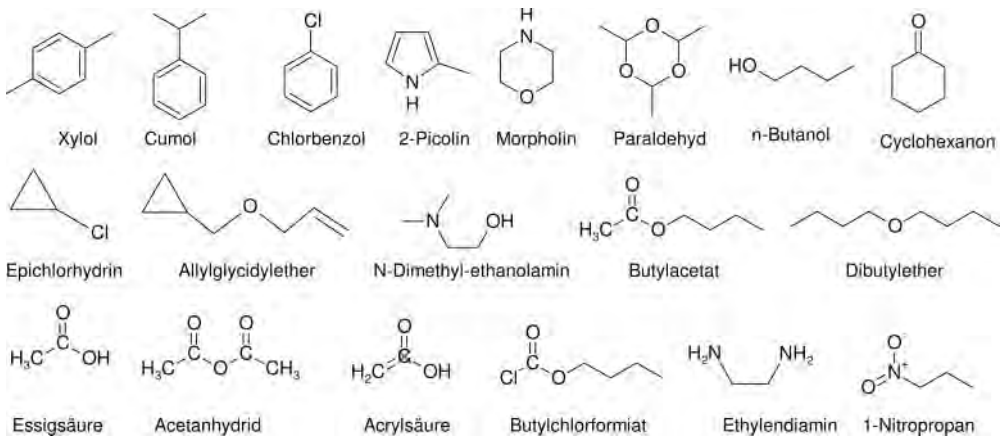


Abb. 2.7 Entzündbare Flüssigkeiten, gekennzeichnet mit H226 nach Anhang VI CLP-Verordnung




2.2.2.5 Stoffe oder Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln gemäß CLP-Verordnung

In diese Gefahrenklasse fallen Stoffe oder Gemische, die in Kontakt mit Wasser entzündbare Gase freisetzen. In Abhängigkeit der Selbstentzündungsneigung sowie der Menge der freigesetzten entzündbaren Gase erfolgt die Einstufung in Kategorie 1 bis 3. Kategorie 2 und 3 werden mit dem gleichen H-Satz gekennzeichnet, die Unterscheidung kann lediglich über das Signalwort erfolgen, siehe Tabelle 2.6.

In die Kategorie 1 sind nach Tabelle 3.1 der CLP-Verordnung eingestuft:

- Lithium, Natrium, Kalium,
- pyrophore Metallstäube, z. B. Magnesium, Zink,
- Metallhydride, wie z. B. Lithium-Aluminiumhydrid, Natriumhydrid oder Calciumhydrid,
- Metallphosphide beispielsweise Aluminium- oder Magnesiumphosphid,

Tabelle 2.6 Kennzeichnung von Stoffen/Gemischen, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln.

Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Piktogramm			
Signalwort	Gefahr	Gefahr	Achtung
H-Satz	H260	H261	H261

- metallorganische Verbindungen wie die Magnesium- und Aluminiumalkyle, Diethylzink, Hexyllithium.

In Kategorie 2 mit H261 wurden bisher nur *Calcium* und entsprechend aufbereitetes *Aluminium-* und *Magnesiumpulver* eingestuft.

H260	In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase, die sich spontan entzünden können
H261	In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase

2.2.2.6 Gefährlichkeitsmerkmale „hochentzündlich“, „leichtentzündlich“ und „entzündlich“ nach EG-RL 67/548/EWG



Stoffe werden als hochentzündlich eingestuft, wenn ihr Flammpunkt und Siedepunkt die Kriterien von Tabelle 2.7 erfüllen. Die Kennzeichnung erfolgt mit dem Gefahrensymbol F+, der Gefahrenbezeichnung „hochentzündlich“ sowie mit dem gleichlautenden R-Satz R12. Neben den brennbaren Gasen, wie z. B. *Methan*, *Propan*, *Butan*, *Wasserstoff*, *Butadien* und *Phosphin* fallen nur wenige Flüssigkeiten unter die Kriterien hochentzündlich, bekannte Beispiele sind *Diethylether*, *Propylenoxid*, *Acetaldehyd* oder *Pentan*.

R12	Hochentzündlich
------------	-----------------

Tabelle 2.7 Einstufung hochentzündlicher Gase oder Flüssigkeiten nach EG-RL 67/548/EWG.

Stoff	Kriterien
Flüssigkeiten	Flammpunkt $\leq 0\text{ °C}$
	Siedepunkt $\leq 35\text{ °C}$
Gase	reagieren bei gewöhnlichen Temperaturen und Drücken bei Luftkontakt entzündlich

Tabelle 2.8 Einstufung leichtentzündlicher Stoffe nach EG-RL 67/548/EWG.

Stoff	Bedingung	R-Satz
Flüssigkeit	Flammpunkt ≤ 21 °C	R 11
bildet mit Feuchtigkeit hochentzündliche Gase	Bildung mehr als 1 l Gas/kg Stoff	R 15
bei Normaltemperatur spontan an Luft entzündend	(selbstentzündlich)	R 17



Zur Einteilung als leichtentzündliche Flüssigkeit wird ebenfalls der Flammpunkt herangezogen. Die Kennzeichnung erfolgt mit dem Gefahrensymbol F und der Gefahrenbezeichnung „leichtentzündlich“. Stoffe oder Zubereitungen gelten als leichtentzündlich, wenn die Kriterien der Tabelle 2.8 zutreffen (falls die Kriterien für „hochentzündlich“ nicht erfüllt sind). Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21°C werden als leichtentzündlich eingestuft, zur Kennzeichnung wird R 11 benutzt.

R11 Leichtentzündlich

Die meisten Lösemittel sind leichtentzündliche Flüssigkeiten, bekannte Stoffbeispiele sind viele Alkohole (*Methanol bis Pentanol*), *Aceton*, *Toluol* oder *Ethylacetat*.

Zur groben Orientierung hat sich die folgende Faustformel zur Abschätzung des Flammpunktes bewährt, insbesondere stark polare Verbindungen (z. B. *Alkohole*) weichen hiervon allerdings stärker ab:

Faustformel: Stoffe mit einem Siedepunkt unter 140 °C fallen meistens unter die leichtentzündlichen Flüssigkeiten.

Stoffe und Zubereitungen, die mit Wasser oder feuchter Luft größere Mengen (mindestens 1 l Gas/kg Stoff pro Stunde) hochentzündliche Gase bilden, sind ebenfalls als leichtentzündlich einzustufen. Diese Eigenschaft ist nach der CLP-Verordnung eine eigene Gefahrenklasse, siehe Abschnitt 2.2.2.6. Neben den meisten metallorganischen Verbindungen, wie z. B. *Butyllithium* oder *Triethylaluminium*, erfüllen auch viele Metallhydride, z. B. *Lithiumalanat* oder *Natriumhydrid* dieses Kriterium. Weitere Beispiele sind *Aluminiumphosphid*, *Calcium*, *Calciumcarbid*, *-hydrid*, *-phosphid*, *Diethyl(ethylmethylsilanolato)aluminium*, *Kalium*, *Lithium*, *Lithiumaluminiumhydrid*, *Natrium*, *Natriumhydrid*, *Trizinkdiphosphid*, *Zinkpulver* und *Zirkonium*. Zur Unterscheidung von Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21 °C wird mit dem R-Satz 15 gekennzeichnet.

Stoffe, die sich bei Normaltemperatur spontan an der Luft entzünden, werden ebenfalls als leichtentzündlich eingestuft und zur Unterscheidung mit R 17

gekennzeichnet. Nach der CLP-Verordnung fallen diese Stoffe in die Gefahrenklasse pyrophore Flüssigkeiten oder Feststoffe, siehe Abschnitt 2.2.5.

Als Vertreter dieser Stoffklasse sind einige Metallcarbonyle, metallorganische Verbindungen sowie pyrophore Metallstäube, z. B. *Raney-Nickel* oder *reduziertes Eisen*, zu nennen.

R15 Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase
R17 Selbstentzündlich an der Luft

Eingestuft als leichtentzündlich und mit R17 zu kennzeichnen sind u. a. *Aluminium*, *Aluminiumalkyle*, *Diethyl- und Dimethylzink*, *Magnesium*, *Magnesiumalkyle*, *Tetraphosphor*, *Trialkylborane*, *Trichlorsilan*, *Zinkpulverstaub* und *Zirkonium*.

Flüssige Stoffe und Zubereitungen mit einem Flammpunkt

- größer 21 °C und kleiner gleich 55 °C

werden als „entzündlich“ eingestuft.

Zur Kennzeichnung wird lediglich der R-Satz R10, entzündlich, benutzt. Als einziges Gefährlichkeitsmerkmal hat „entzündlich“ kein Gefahrensymbol. Abbildung 2.8 zeigt einen Vergleich der Einstufung von Flüssigkeiten zwischen der EG-RL 67/548/EWG und der CLP-Verordnung.

R10 Entzündlich

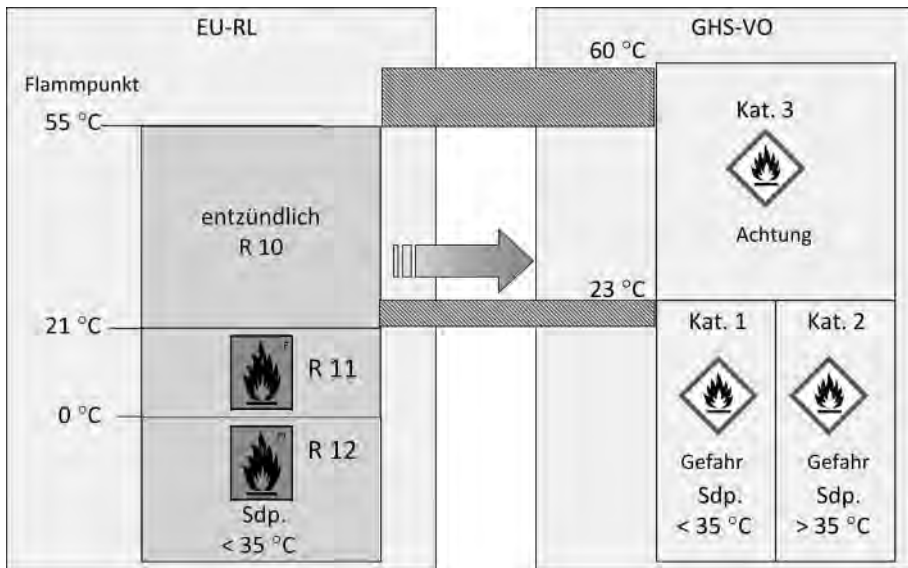


Abb. 2.8 Vergleich der Einstufung entzündbarer bzw. entzündlicher Flüssigkeiten

2.2.3

Oxidierend bzw. brandfördernd

In Abhängigkeit des Aggregatzustandes unterscheidet die CLP-Verordnung die

- Gefahrenklasse oxidierende Gase: 1 Gefahrenkategorie
- Gefahrenklasse oxidierende Flüssigkeiten: 3 Gefahrenkategorien
- Gefahrenklasse oxidierende Feststoffe: 3 Gefahrenkategorien

EG-RL 67/548/EWG hat nicht nach dem Aggregatzustand in Abhängigkeit des brandfördernden Potenzials unterschieden, es war lediglich eine Differenzierung durch die R-Sätze R8 und R9 vorhanden. Organische Peroxide sind nach Stoff-RL mit R7 zu kennzeichnen, nach CLP-Verordnung wurde eine eigene Gefahrenklasse definiert.

2.2.3.1 **Oxidierende Gase nach CLP-Verordnung**

Gase werden als oxidierend eingestuft, wenn sie mehr Sauerstoff zur Verbrennung anderer Verbindungen als Luft zur Verfügung stellen. Eine Unterteilung in Gefahrenkategorien erfolgt nicht, die Kennzeichnungselemente können Tabelle 2.9 entnommen werden.

H270 Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel

Als oxidierende Gase sind nach Anhang VI der CLP-Verordnung eingestuft:

- Chlor,
- Chlordioxid,
- Sauerstoff und
- Fluor.

Tabelle 2.9 Kennzeichnung oxidierender Gase.

Einstufung	Kategorie 1
Piktogramm	
Signalwort	Gefahr
H-Satz	H270

2.2.3.2 Oxidierende Flüssigkeiten nach CLP-Verordnung

Oxidierende Flüssigkeiten können durch Abgabe von Sauerstoff andere Stoffe in Brand versetzen oder diese unterstützen. Die Einstufung in die Kategorien 1 bis 3 erfolgt in Abhängigkeit des Oxidationspotenzials in Mischung mit Cellulose im Masseverhältnis 1:1. Ist das Oxidationspotenzial größer oder gleich einer

- 50 %igen *Perchlorsäure* erfolgt Einstufung in Kategorie 1,
- 40 %igen wässrigen *Natriumchloratlösung* erfolgt Einstufung in Kategorie 2 oder
- 65 %igen *Salpetersäure* erfolgt Einstufung in Kategorie 3.

Die Zuordnung der Piktogramme, H-Sätze und Signalwörter zu den jeweiligen Kategorien kann Tabelle 2.10 entnommen werden.

H271 Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel
H272 Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel

Bisher sind als oxidierende Flüssigkeiten der Kategorie 1 nach Anhang VI der CLP-Verordnung lediglich eingestuft:




- *Wasserstoffperoxid* über 70 % und
- *Perchlorsäure* über 50 %.

In Kategorie 2 sind

- *Wasserstoffperoxid* von 50 bis 70 % und
- *Perchlorsäure* unter 50 % eingestuft;

Salpetersäure über 65 % ist als einzige Flüssigkeit in Kategorie 3 eingestuft.

Tabelle 2.10 Kennzeichnung oxidierender Flüssigkeiten.

Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Piktogramm			
Signalwort	Gefahr	Gefahr	Achtung
H-Satz	H271	H272	H272

2.2.3.3 Oxidierende Feststoffe nach CLP-Verordnung

Oxidierende Feststoffe müssen analog den oxidierenden Flüssigkeiten selbst nicht notwendigerweise brennbar sein, können jedoch durch Abgabe von Sauerstoff andere Stoffe in Brand versetzen oder unterstützen. Zur Einstufung in die unterschiedlichen Kategorien wird die Brenndauer einer Mischung mit Cellulose (Masseverhältnis 4: 1 oder 1:1) im Vergleich zu einem Gemisch mit *Natriumbromat/Cellulose* herangezogen.

Ist die durchschnittliche Brenndauer kleiner als ein Gemisch mit einem Masseverhältnis von *Natriumbromat/Cellulose*

- von 3:2, erfolgt Einstufung in Kategorie 1,
- von 2:3, erfolgt Einstufung in Kategorie 2,
- von 3:7, erfolgt Einstufung in Kategorie 3.

Zur Kennzeichnung werden die gleichen Piktogramme, H-Sätze und Signalwörter benutzt wie bei oxidierenden Flüssigkeiten, siehe Tabelle 2.10. Als starke Oxidationsmittel, gekennzeichnet mit H271, sind nach Anhang VI der CLP-Verordnung eingestuft,

- *Natriumperoxid,*
- *Barium, Kalium-, Natriumchlorat,*
- *Barium-, Kalium-, Ammoniumperchlorat,*
- *Chromtrioxid, Chromylchlorid,*
- *Kaliumbromat* sowie
- *1,3-Dichlor-5-ethyl-5-methylimidazolidine-2,4-dion.*

Oxidationsmittel der Kategorie 2, gekennzeichnet mit H272, sind:

- *Calcium-, Kalium-, Ammonium-, Natriumdichromat,*
- *Kaliumpermanganat,*
- *Bariumperoxid,*
- *2-Hydroxyethylammoniumperbromid* sowie
- *Dichlorcyanursäure.*

In die Kategorie 3 wurden nach Anhang VI CLP-Verordnung eingestuft:

- *Natrium-, Kaliumnitrit* sowie
- *Ammonium-, Natrium-, Kaliumpersulfat.*

2.2.3.4 Gefährlichkeitsmerkmal „brandfördernd“ nach EG-RL 67/548/EWG



Stoffe oder Zubereitungen, die in Abwesenheit von Luft(sauerstoff) eine Verbrennung unterhalten, werden mit dem Gefahrensymbol O und der Gefahrenbezeichnung „brandfördernd“ gekennzeichnet. Chemisch handelt es sich bei diesen Verbindungen um Oxidationsmittel, die leicht Sauerstoff abspalten können. In Abhängigkeit des Oxidationspotenzials werden die nachstehenden R-Sätze verwendet; auf die Beschreibung der Einstufungskriterien wird aufgrund der reduzierten Bedeutung verzichtet.

Für organische Peroxide ist R7 zu verwenden:

R7 Kann Brand verursachen

Zur Kennzeichnung sonstiger brandfördernder Stoffe und Zubereitungen, einschließlich anorganischer Peroxide, die bei Berührung mit brennbaren Materialien diese entzünden können oder die Feuergefahr vergrößern, ist zu verwenden:

R8 Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen

Für Stoffe und Zubereitungen, die in Mischung mit brennbaren Materialien explosionsgefährliche Eigenschaften zeigen, ist R9 vorgeschrieben:

R9 Explosionsgefahr bei Mischung mit brennbaren Stoffen

2.2.4

Organische Peroxide und selbstzersetzliche Stoffe und Gemische

Organische Peroxide sind definiert als Verbindungen mit einer bivalenten –O-O– Einheit bzw. Gemische, die ein organisches Peroxid enthalten. Unter die Gefahrenklasse organische Peroxide fallen Stoffe oder Gemische, die

- thermisch instabil sind und
- einer exothermen selbstbeschleunigenden Zersetzung unterliegen können.

Darüber hinaus können sie

- zur explosiven Zersetzung neigen,
- schnell brennen,
- schlag- oder reibempfindlich sein oder
- mit anderen Stoffen gefährlich reagieren.

Im Gegensatz zur sonstigen Einteilung in Kategorien werden organische Peroxide in Abhängigkeit ihrer physikalisch-chemischen Eigenschaften in die Typen A bis F unterteilt.

- Typ A:** Organische Peroxide, die in der Verpackung detonieren oder schnell deflagrieren können.
- Typ B:** Organische Peroxide mit explosiven Eigenschaften, die in der Verpackung weder detonieren noch schnell deflagrieren, aber in der Verpackung zur thermischen Explosion neigen.
- Typ C:** Organische Peroxide mit explosiven Eigenschaften, die in der Verpackung weder detonieren, noch schnell deflagrieren oder eine thermische Explosion auslösen können.
- Typ D:** Organische Peroxide, die unter Laborbedingungen teilweise detonieren, aber nicht deflagrieren und keine starken Effekte beim Erhitzen zeigen; oder die unter Laborbedingungen unter keinen Umständen detonieren, langsam deflagrieren und keine starken Effekte beim Erhitzen zeigen; oder die unter keinen Umständen detonieren oder deflagrieren und einen mittleren Effekt beim Erhitzen unter Einschluss zeigen.
- Typ E:** Organische Peroxide, die unter Laborbedingungen unter keinen Umständen detonieren oder deflagrieren und kleine bis mittlere Effekte beim Erhitzen unter Einschluss zeigen.
- Typ F:** Organische Peroxide, die unter Laborbedingungen unter keinen Umständen detonieren.

In die Gefahrenklasse **selbstzersetzliche Stoffe oder Gemische** werden thermisch instabile flüssige oder feste Stoffe oder Gemische eingestuft, die sich auch ohne Beteiligung von (Luft)Sauerstoff stark exotherm zersetzen können. In diese Gefahrenklasse fallen alle Stoffe oder Gemische mit explosiven Eigenschaften, wenn die Formulierungen in Laborversuchen

- leicht detonieren,
- schnell deflagrieren oder
- bei Erhitzen unter Einschluss heftig reagieren.

Da die gleichen Kriterien auch für explosive Stoffe (siehe Abschnitt 2.2.2.1) sowie für organische Peroxide gelten, sind diese Stoffeigenschaften ausgenommen. Analog den organischen Peroxiden werden sie in die Typen A bis F gemäß folgenden Kriterien unterteilt:

- Typ A:** Detonationsfähige oder schnell deflagrierende selbstreaktive Stoffe oder Gemische.
- Typ B:** Selbstreaktive Stoffe oder Gemische, die explosive Eigenschaften besitzen, aber in der Form, wie sie verpackt sind, weder detonations- noch deflagrationsfähig sind, jedoch in der Verpackung zu einer thermischen Explosion führen können.

Typ C: Selbstreaktive Stoffe oder Gemische, die explosive Eigenschaften besitzen, aber in der Form, wie sie verpackt sind, weder detonations- noch deflagrationsfähig sind noch zu einer thermischen Explosion führen können.

Typ D: Selbstreaktive Stoffe oder Gemische, die unter Laborbedingungen entweder

- teilweise detonieren, nicht schnell deflagrieren und keinen starken Effekt beim Erhitzen unter Einschluss zeigen,
- unter keinen Umständen detonieren, langsam deflagrieren und keinen starken Effekt beim Erhitzen unter Einschluss zeigen,
- unter keinen Umständen detonieren oder deflagrieren und einen mittleren Effekt beim Erhitzen unter Einschluss zeigen.

Typ E: Selbstreaktive Stoffe oder Gemische, die unter Laborbedingungen unter keinen Umständen detonieren oder deflagrieren und einen schwachen oder keinen Effekt beim Erhitzen unter Einschluss zeigen.

Typ F: Stoffe oder Gemische, 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.

Organische Peroxide und selbstzersetzliche Stoffe und Gemische werden mit den gleichen Piktogrammen, H-Sätzen und Signalwörtern gekennzeichnet, siehe Tabelle 2.11.





Mit H240 sind bisher eingestuft

- Hydrazin-trinitromethan sowie
- ein Gemisch größer 91 % aus *1-Hydroperoxycyclohexyl 1-hydroxycyclohexylperoxide*, *1,1'-dioxibiscyclohexan-1-ol*, *Cyclohexylidene hydroperoxid* und *Cyclohexanon peroxid*.

Mit dem H241 sind nach Anhang VI zu kennzeichnen

- *3-Azidosulfonylbenzoesäure*
- Benzoylperoxid und
- *Bis(4-methylbenzoyl)peroxid*.

Tabelle 2.11 Kennzeichnung oxidierender Flüssigkeiten.

Einstufung	Typ A	Typ B	Typ C + D	Typ E + F
Piktogramm				
Signalwort	Gefahr	Gefahr	Gefahr	Achtung
H-Satz	H240	H241	H242	H242

H240 Erwärmung kann Explosion verursachen
 H241 Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen
 H242 Erwärmung kann Brand verursachen

2.2.5

Pyrophore Flüssigkeiten und Feststoffe

Stoffe, die bereits in kleinen Mengen dazu neigen, sich in Berührung mit Luft innerhalb von fünf Minuten zu entzünden, werden nach der CLP-Verordnung in Abhängigkeit des Aggregatzustandes in die Gefahrenklasse **pyrophore Flüssigkeiten** oder **pyrophore Feststoffe** eingestuft. Für beide Gefahrenklassen wird der H-Satz H250 verwendet, Piktogramm und Signalwort können Tabelle 2.12 entnommen werden.

Neben den Metallpulvern von

- *Magnesium, Aluminium, Zink, Zirkonium und Cadmium* sind noch
- *weißer Phosphor,*
- *Trichlorsilan,*
- *Dimethylzink,*
- *tert.-Butylarsin,*
- *Di-n-octylaluminium iodid* und
- *Diethyl(ethyl(dimethylsilanolato)aluminium*

entsprechend nach CLP-Verordnung eingestuft. Nach EG-Richtlinie 67/548/EWG wurden diese Stoffe mit dem Gefahrenhinweis R17 gekennzeichnet.

H250 Entzündet sich in Berührung mit Luft von selbst

Tabelle 2.12 Kennzeichnung pyrophorer Flüssigkeiten und Feststoffe.

Einstufung	Kategorie 1
Piktogramm	
Signalwort	Gefahr
H-Satz	H250

2.2.6

Gase unter Druck

Nach CLP-Verordnung sind Gase definiert als Stoffe,

- die bei 50 °C und einem Dampfdruck von über 300 kPa (absolut) oder
- bei 20 °C und einem Standarddruck von 101,3 kPa vollständig gasförmig sind.

Cyanwasserstoff mit einem Siedepunkt von 28 °C zählt daher nicht zu den Gasen, sondern zu den Flüssigkeiten. Unter die Gefahrenklasse Gase fallen:

Verdichtete Gase Gas, das in verpacktem Zustand unter Druck bei 50 °C vollständig gasförmig ist, einschließlich aller Gase mit einer kritischen Temperatur ≤ -50 °C.

Verflüssigte Gase Gas, das in verpacktem Zustand unter Druck bei Temperaturen über -50 °C teilweise flüssig ist. Es wird unterschieden zwischen:





- unter hohem Druck verflüssigtem Gas: ein Gas, dessen kritische Temperatur zwischen -50 °C und $+65$ °C liegt, und
- unter geringem Druck verflüssigtem Gas: ein Gas, dessen kritische Temperatur über $+65$ °C liegt.

Tiefgekühlt verflüssigte Gase Gas, das in verpacktem Zustand aufgrund seiner niedrigen Temperatur teilweise verflüssigt wird.

Gelöstes Gas Gas, das in verpacktem Zustand unter Druck in flüssigem Lösemittel gelöst wird.

Tabelle 2.13 zeigt die für die Kennzeichnung geltenden Gefahrenpiktogramme und H-Sätze.

Tabelle 2.13 Kennzeichnung Gase unter Druck.

Einstufung	verdichtetes Gas	verflüssigtes Gas	tiefgekühlt verflüssigtes Gas	gelöstes Gas
Piktogramm				
Signalwort	Achtung	Achtung	Achtung	Achtung
H-Satz	H280	H280	H281	H280

2.2.7

Metallkorrosiv

Stoffe oder Gemische werden als korrosiv gegenüber Metallen eingestuft, wenn die Korrosionsrate

- sowohl auf einer Stahl- als auch Aluminiumoberfläche
- bei einer Temperatur von 55 °C
- 6,25 mm pro Jahr übersteigt.

Zur Kennzeichnung wird der H-Satz H290 benutzt sowie das Piktogramm GHS05 „Ätzwirkung“, siehe Tabelle 2.14, das nach EG-Richtlinie bisher nur für eine Ätzwirkung an der Tierhaut benutzt wurde. Offiziell eingestuft wurden bisher nur *Hydroxylamin* und Hydroxylammoniumchlorid, obwohl viele Halogenide eindeutig metallkorrosive Eigenschaften haben, ebenso wie die Mineralsäuren. Die Kennzeichnungselemente sind in Tabelle 2.14 dargestellt.

H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv wirken

Tabelle 2.14 Kennzeichnung metallkorrosiver Stoffe oder Gemische.

Einstufung	Kategorie 1
Piktogramm	
Signalwort	Achtung
H-Satz	H290

2.2.8

Sonstige physikalisch-chemische Eigenschaften nach EG-RL 67/548/EWG

Stoffe oder Zubereitungen, die bereits aufgrund physikalisch-chemischer oder toxischer Eigenschaften eingestuft sind, sind mit den folgenden Gefahrenhinweisen zusätzlich zu kennzeichnen, wenn die nachfolgenden Kriterien erfüllt sind:

R1 In trockenem Zustand explosionsgefährlich

gilt für explosionsgefährliche Stoffe und Zubereitungen, die in Lösung oder in feuchter Form in den Verkehr gebracht werden. Beispiele: *Jodylbenzol*, *Ammonium-*

bis(2,4,6-trinitrophenyl)amin, Ammoniumdichromat, 2-Amino-4,6-dinitrophenol, Jodylbenzoat, Tetranitrocarbazol.

R4 Bildet hochempfindliche explosionsgefährliche Metallverbindungen

anzuwenden für Stoffe und Zubereitungen, die hochempfindliche explosionsgefährliche Metallverbindungen bilden können, z. B. Pikrinsäure, *Styphninsäure*.

R5 Beim Erwärmen explosionsfähig

gilt für wärmeinstabile Stoffe und Zubereitungen, die nicht als explosionsgefährlich eingestuft sind, z. B. *Perchlorsäure* > 50 %.

R6 Mit und ohne Luft explosionsfähig

gültig für Stoffe und Zubereitungen, die bei Umgebungstemperatur instabil sind, z. B. *Acetylen, Chlordioxid*.

R7 Kann Brand verursachen

ist anzuwenden für reaktive Stoffe und Zubereitungen. Beispiele: *Fluor, Natriumhydrosulfit, Natriumdithionit* oder *Dicumylperoxid*.

R14 Reagiert heftig mit Wasser

gilt für alle Stoffe und Zubereitungen, die heftig mit Wasser reagieren. Beispiele: Acetylchlorid, Alkalimetalle, Alkalialkoholate, Bortrihalogenide, Phosphorhalogenide, Schwefelchloride und Schwefeloxchloride, Titanetrachlorid und Trichlorsilan.

R16 Explosionsgefährlich in Mischung mit brandfördernden Stoffen

gilt für Stoffe mit besonders hohem oxidierendem Potenzial, wie z. B. roter *Phosphor*.

R18 Bei Gebrauch Bildung explosionsfähiger/leichtentzündlicher Dampf-Luft-Gemische möglich

Ist für Zubereitungen anzuwenden, die als solche nicht als entzündlich eingestuft sind, die jedoch flüchtige, in der Luft entzündliche Bestandteile enthalten.

R19 Kann explosionsfähige Peroxide bilden

trifft typischerweise auf viele Ether zu, wie z. B. Diethylether, Diisopropylether, 1,2-Dimethoxypropan, Dioxan oder Tetrahydrofuran.

R30 Kann bei Gebrauch leichtentzündlich werden

für Zubereitungen, die als solche nicht als entzündlich eingestuft sind, die jedoch durch den Verlust nicht entzündlicher flüchtiger Bestandteile leichtentzündlich werden können.

R44 Explosionsgefährlich bei Erhitzen unter Einschluss

anzuwenden auf Stoffe und Zubereitungen, die nicht als explosionsgefährlich eingestuft sind, in der Praxis aber dennoch explodieren können, wenn sie unter ausreichendem Einschluss erwärmt werden. Beispielsweise zersetzen sich bestimmte Stoffe beim Erhitzen in einer Stahlblechtrommel explosionsartig, nicht jedoch in schwächerer Verpackung.

2.3**Eigenschaften: Gesundheitsgefahren**

2.3.1

Akute Toxizität

Die Einstufung aufgrund der akuten Toxizität erfolgt grundsätzlich auf Basis der mittleren letalen Dosis bzw. der mittleren letalen Konzentration (siehe Abschnitt 1.1.3). Es sind hierbei die Wirkungen bei

- oraler,
- dermal oder
- inhalativer

Aufnahme heranzuziehen. Die Zuordnung zu einer Gefahrenkategorie bzw. nach dem jeweiligen Gefährlichkeitsmerkmal erfolgt gemäß dem Aufnahmepfad mit der schwerwiegendsten Gesundheitsgefahr.

2.3.1.1 Akut toxisch nach CLP-Verordnung

Die Gefahrenklasse akute Toxizität wird in 4 Kategorien unterteilt, die Einstufungsgrenzen unterscheiden sich in Abhängigkeit der Aufnahmewege sowie bei der inhalativen Toxizität zusätzlich durch den Aggregatzustand sehr deutlich. Folgende Expositionswege sind zu unterscheiden:

- oral,
- dermal,
- inhalativ Aerosol,
- inhalativ Dampf,
- inhalativ Gas.

Die Konzentrationsgrenzen werden durch die sogenannten ATE-Wert definiert, ATE steht für „acute toxicity estimate“, also Schätzwert für die akute Toxizität. Werden tierexperimentelle Untersuchungen durchgeführt, entspricht der ATE-Wert der mittleren letalen Dosis (LD₅₀ oral oder LD₅₀ dermal) bzw. der mittleren letalen Konzentration (LC₅₀ inhalativ). Tabelle 2.15 stellt die ATE-Werte in Abhängigkeit der Aufnahmewege zusammen.

In Abhängigkeit der Aufnahmewege und der Kategorie sind die in Tabelle 2.16 aufgeführten H-Sätze, Piktogramme und Signalwörter zu benutzen. Typische Stoffe der Kategorie 1 und 2 gemäß Einstufung in Anhang VI der CLP-Verordnung, Tabelle 3.1, sind in Abbildung 2.9 und 2.10 abgebildet. Während in Abbildung 2.10 Stoffe zusammengestellt sind, die im Wesentlichen nur eine inhalative Toxizität besitzen, sind die meisten Stoffe von Abbildung 2.9 auch oral, dermal oder inhalativ in Kategorie 1 oder 2 eingestuft. In Abbildung 2.11 sind bekannte Chemikalien der Kategorie 3 zusammengestellt, unabhängig ihres Aufnahmepfades.

Tabelle 2.15 Einstufungsgrenzen der akuten Toxizität in Abhängigkeit der mittleren letalen Toxizität.





Expositionsweg	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4
oral ¹⁾	ATE ≤ 5	5 < ATE ≤ 50	50 < ATE ≤ 300	300 < ATE ≤ 2.000
dermal ¹⁾	ATE ≤ 50	50 < ATE ≤ 200	200 < ATE ≤ 1.000	1.000 < ATE ≤ 2.000
inhalativ, Gas ²⁾	ATE ≤ 100	100 < ATE ≤ 500	500 < ATE ≤ 2.500	2.500 < ATE ≤ 20.000
inhalativ, Dampf ³⁾	ATE ≤ 0,5	0,5 < ATE ≤ 2,0	2,0 < ATE ≤ 10	10 < ATE ≤ 20
inhalativ, Aerosol ⁴⁾	ATE ≤ 0,05	0,05 < ATE ≤ 0,5	0,5 < ATE ≤ 1	1 < ATE ≤ 5

¹⁾ mg/kg KGW (mg des Stoffes pro kg Körpergewicht des Tieres)

²⁾ ml/l (ml des Stoffes pro l Atemvolumen)

³⁾ mg/l (mg des Stoffes pro l Atemvolumen)

Tabelle 2.16 Kennzeichnung akut toxischer Stoffe und Gemische.

Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4
Piktogramm				
Signalwort	Gefahr	Gefahr	Gefahr	Achtung
H-Satz, oral	H300	H300	H301	H302
H-Satz, dermal	H310	H310	H311	H312
H-Satz, inhalativ	H330	H330	H331	H332

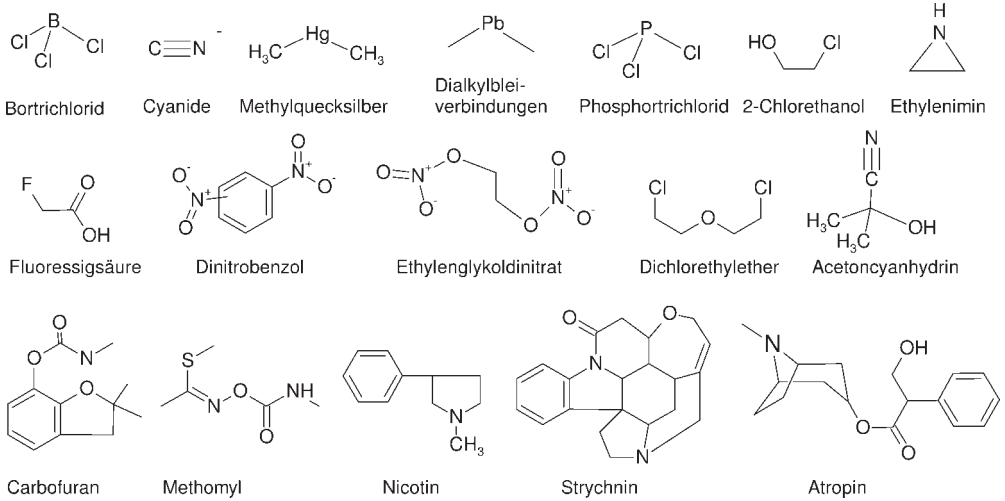


Abb. 2.9 Oral und dermal akut toxische Stoffe der Kategorie 1 und 2

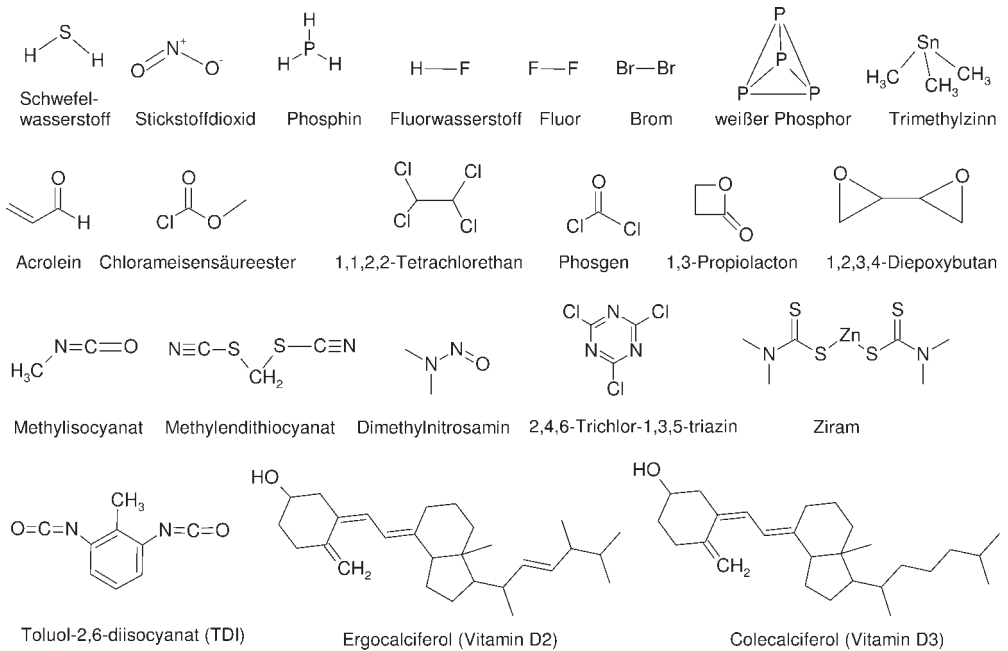


Abb. 2.10 Inhalativ akut toxische Stoffe der Kategorie 1 und 2

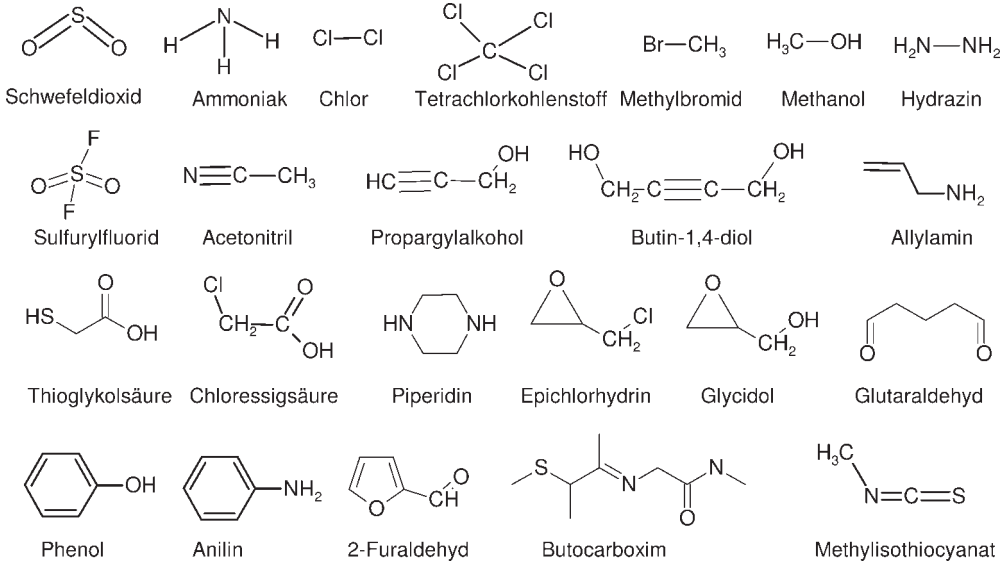


Abb. 2.11 Akut toxische Stoffe der Kategorie 3

- H300 Lebensgefahr bei Verschlucken
- H301 Giftig bei Verschlucken
- H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken
- H310 Lebensgefahr bei Hautkontakt
- H311 Giftig bei Hautkontakt
- H312 Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt
- H330 Lebensgefahr bei Einatmen
- H331 Giftig bei Einatmen
- H332 Gesundheitsschädlich bei Einatmen

2.3.1.2 **Sehr giftig, giftig, gesundheitsschädlich nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG**



Stoffe, die bereits in sehr geringen Mengen zum Tode oder zu einer schwerwiegenden Gesundheitsgefährdung führen können, werden als sehr giftig bezeichnet. Zur Kennzeichnung sehr giftiger Stoffe und Zubereitungen wird neben den zugehörigen R-Sätzen das Gefahrensymbol T+ mit der Gefahrenbezeichnung „sehr giftig“ verwendet. Die Einstufungskriterien sind in Tabelle 2.17 zusammengestellt. Zur Unterscheidung der Toxizität in Abhängigkeit vom Aufnahmeweg sind die folgenden R-Sätze zu verwenden:

- R26 Sehr giftig beim Einatmen
- R27 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut
- R28 Sehr giftig beim Verschlucken

Tabelle 2.17 Einstufungskriterien sehr giftiger, giftiger, gesundheitsschädlicher Stoffe nach EG-RL 67/548/EWG.

Expositionsweg	sehr giftig	giftig	gesundheitsschädlich
oral ¹⁾	$LD_{50} \leq 25$	$25 < LD_{50} \leq 200$	$200 < LD_{50} \leq 2.000$
dermal ¹⁾	$LD_{50} \leq 50$	$50 < LD_{50} \leq 400$	$400 < LD_{50} \leq 2.000$
inhalativ, Gas, Dampf ²⁾	$LC_{50} \leq 0,5$	$0,5 < LC_{50} \leq 2$	$2 < LC_{50} \leq 20$
inhalativ, Aerosol ²⁾	$LC_{50} \leq 0,25$	$0,25 < LC_{50} \leq 1$	$1 < LC_{50} \leq 5$

¹⁾ Einheit: mg/kg /KGW (Substanzmenge in Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht des Tieres)

²⁾ Einheit: mg/l/4h (Substanzmenge in Milligramm pro Liter Atemluft, vierstündige Exposition)



Stoffe, die bereits in geringen Mengen zum Tode oder zu schwerwiegenden Gesundheitsproblemen führen können, werden als giftig bezeichnet. Zur Kennzeichnung giftiger Stoffe und Zubereitungen wird neben den zugehörigen R-Sätzen das Gefahrensymbol T mit der Gefahrenbezeichnung „giftig“ verwendet. Die exakten Einstufungskriterien sind in Tabelle 2.17 dargestellt. Die zutreffenden Aufnahmewege werden durch die R-Sätze R23, R24 und R25 ausgedrückt:

- R23 Giftig beim Einatmen
 R24 Giftig bei Berührung mit der Haut
 R25 Giftig beim Verschlucken



Als gesundheitsschädlich werden Stoffe eingestuft, wenn größere Mengen der Stoffe zum Tode führen bzw. schwerwiegende Gesundheitsgefahren verursachen können. Zur Kennzeichnung gesundheitsschädlicher Stoffe und Zubereitungen wird das Gefahrensymbol Xn, das sogenannte „Andreaskreuz“ mit der Gefahrenbezeichnung „gesundheitsschädlich“ benutzt. Die Einstufungskriterien nach Anhang VI der Stoffrichtlinie 67/548/EWG können Tabelle 2.17 entnommen werden. Zur Unterscheidung der Aufnahmewege sind die folgenden R-Sätze zu verwenden:

- R20 Gesundheitsschädlich beim Einatmen
 R21 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut
 R22 Gesundheitsschädlich beim Verschlucken

2.3.1.3 Vergleich der akuten Toxizitäten

Beim direkten Vergleich der Einstufungskriterien nach CLP-Verordnung und der Stoffrichtlinie 67/548/EWG fallen neben den neuen Einstufungsgrenzwerten die

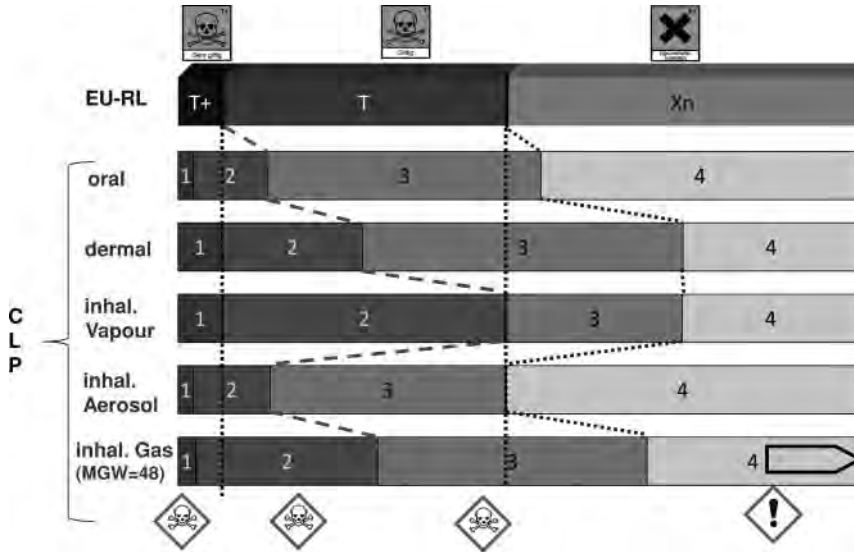


Abb. 2.12 Vergleich der Einstufungskriterien von EG-Richtlinie 67/548/EWG mit CLP-Verordnung

Differenzierung in vier gegenüber bisher drei Unterteilungen sowie die zusätzliche Aufspaltung der inhalativen Toxizitäten auf. Hierbei ist keine eindeutige Zuordnung zu den bisherigen Gefährlichkeitsmerkmalen möglich, die neuen Kategorien überschneiden die bisherigen Einstufungsgrenzen in weiten Bereichen, siehe Abbildung 2.12. Zusätzlich resultieren durch den Wechsel der Einheiten von mg/l/4 h (mg pro Liter Atemluft) bei der Stoffrichtlinie zu ml/l/4 h (ml pro Liter Atemluft) in den überwiegenden Fällen deutliche Verschärfungen der Einstufungskriterien.

Gleichwohl ist bereits durch den Wortlaut der H-Sätze erkennbar, wie auch in Anhang VII der CLP-Verordnung festgelegt, dass die folgende Zuordnung als Default heranzuziehen ist:

- Kategorie 1 oder 2: sehr giftig
- Kategorie 3: giftig
- Kategorie 4: gesundheitsschädlich



2.3.2

Ätz-, Reizwirkung

2.3.2.1 Ätz-, Reizwirkung auf die Haut nach CLP-Verordnung

Stoffe oder Gemische, die die Haut schädigen, werden in die Gefahrenklasse Ätz-, Reizwirkung auf die Haut eingestuft. In Abhängigkeit der Einwirkungsdauer, die zu einer Zerstörung des Hautgewebes führt, wird nach Anhang I der CLP-Verordnung die Ätzwirkung in die drei Unterkategorien 1A, 1B und 1C unterteilt. Im

Tabelle 2.18 Kennzeichnung hautätzender, -reizender Stoffe und Gemische.

Einstufung	Kategorie 1A, 1B, 1C	Kategorie 2
Piktogramm		
Signalwort	Gefahr	Achtung
H-Satz	H314	H315

Gegensatz hierzu kennt die EG-Stoffrichtlinie nur eine zweifache Differenzierung, siehe Abschnitt 2.3.2.3. Die Kennzeichnungselemente können Tabelle 2.18 entnommen werden.

Findet nach einer 4-stündigen Einwirkung keine Gewebeerstörung statt, wird jedoch eine Rötung oder Schorfbildung beobachtet, erfolgt eine Einstufung als reizend.

Kategorie 1A: Zerstörung der Haut bei einer Einwirkungszeit bis zu 3 Minuten

Kategorie 1B: Zerstörung der Haut bei einer Einwirkungszeit zwischen 3 Minuten und 1 Stunde

Kategorie 1C: Zerstörung der Haut bei einer Einwirkungszeit zwischen 1 Stunde und 4 Stunden

Kategorie 2: Reizwirkung der Haut bei einer Einwirkungszeit bis zu 4 Stunden

Da nach den bisherigen Prüfgrundsätzen der Stoffrichtlinie keine Differenzierung nach 1 Stunde vorgesehen war, können die bisher geprüften ätzenden Stoffe nicht in Kategorie 1B und 1C unterschieden werden; beide Unterkategorien entsprechen der Einstufung mit R34. Im Anhang VI der CLP-Verordnung sind daher keine Stoffe in Kategorie 1C eingestuft, eine Auswahl ist in Abbildung 2.13 dargestellt. Im Gegensatz hierzu korrespondiert die bisherige Einstufung mit R35 mit der Einstufung in Kategorie 1A; in Abbildung 2.14 sind typische Stoffbeispiele aufgelistet.

H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden
H315 Verursacht Hautreizungen

Grundsätzlich ist bei sogenannten extremen pH-Werten von einer ätzenden Wirkung auszugehen, falls durch tierexperimentelle Untersuchungen kein Nachweis geführt wurde, dass keine ätzende Wirkung vorliegt. Extreme pH-Wert sind definiert als

- $\text{pH} \leq 2$ und
- $\text{pH} \geq 11,5$.

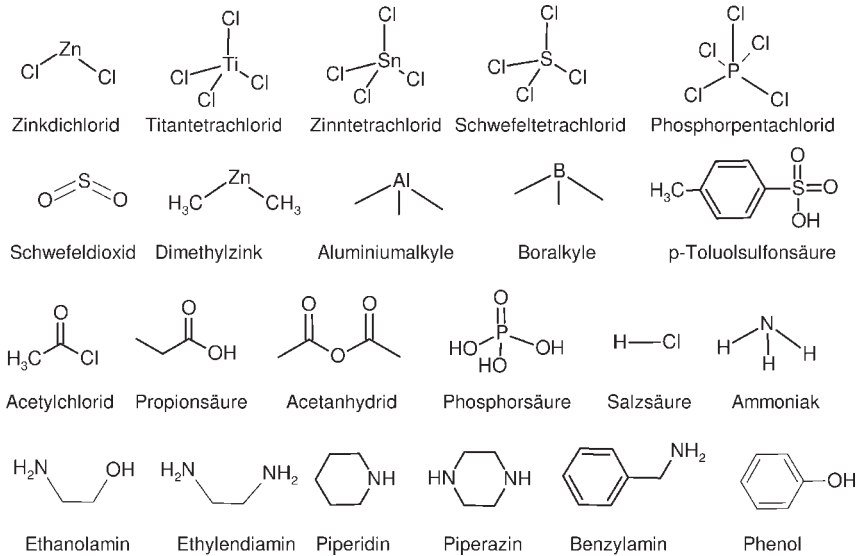


Abb. 2.13 Beispiele ätzender Stoffe der Kategorie 1B und 1C nach Anhang VI der CLP-Verordnung

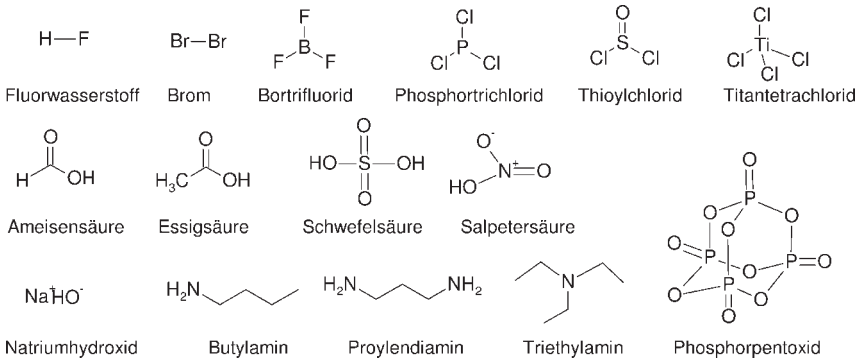


Abb. 2.14 Beispiele stark ätzender Stoffe der Kategorie 1A nach Anhang VI der CLP-Verordnung

Typische Vertreter stark ätzender Stoffe sind die anorganischen Säuren (*Schwefelsäure*, *Salpetersäure*) und Laugen (*Natronlauge*, *Kalilauge*). Während die wasserfreien Halogenwasserstoffe stark ätzend wirken, sind die entsprechenden Säuren in Wasser nur noch ätzend. Die meisten organischen Säuren, wie z. B. *Ameisensäure* oder *Essigsäure*, sind nur als hochkonzentrierte Säuren stark ätzend, in Konzentrationen unter 90 % sind sie deshalb üblicherweise als ätzend zu kennzeichnen. Durch Halogenaktivierung kann die ätzende Wirkung vieler organischer Säuren so stark erhöht werden, dass bereits ab 10 % eine stark ätzende Wirkung (*Trichloressigsäure*) resultiert.

Tabelle 2.19 Ätzende Wirkung in Abhängigkeit der Basen-/Säurestärke.

Ätzender Stoff	Kat. 1A, 1B (stark ätzend)	Kat. 1C (ätzend)	Kat. 2 (reizend)
Schwefelsäure	> 15 %	5–15 %	
Salzsäure		> 25 %	10–25 %
Essigsäure	> 90 %	25–90 %	10–25 %
Propionsäure		> 25 %	10–25 %
Natronlauge	> 5 %	2–5 %	0,5–2 %

Flusssäure und insbesondere flüssiger *Fluorwasserstoff* vermögen die Haut extrem stark zu zerstören; Verätzungen mit Fluorwasserstoff heilen äußerst langsam. Zusätzlich ist die sehr giftige Wirkung zu beachten. Viele *organische Amine* reagieren ebenfalls als reine Stoffe ätzend auf der Haut.

Beim Einatmen ätzender Stoffe zeigt sich in der Regel bereits am oberen Atemtrakt eine starke, konzentrationsabhängige Reiz- bis Ätzwirkung.

Zur Feststellung der dermalen Reizwirkung dient als „Versuchshaut“ die frisch rasierte Kaninchenhaut. Diese äußerst empfindliche Tierhaut führt bereits bei Stoffen zu einer Reizung, bei der die normal empfindliche menschliche Haut üblicherweise keine Reaktion zeigt.



Verdünnte Säuren und Laugen haben nur noch reizende Wirkung. Mit abnehmender Säure-/Basenstärke verschiebt sich der Bereich der reizenden Wirkung zu höheren Konzentrationen (siehe Tabelle 2.19).

Viele schwache organische Säuren und Säureanhydride haben nur noch reizende Eigenschaften. Weiterhin sind einige *Acrylate*, *Alkohole* und *Amine* zu nennen.

2.3.2.2 Schwere Augenschädigung / Augenreizung nach CLP-Verordnung

Stoffe oder Gemische, die keine ätzende Wirkung an der Haut besitzen, sind zusätzlich auf augenschädigende Wirkung zu prüfen. Im Gegensatz zur bisherigen Stoffrichtlinie werden nach CLP Stoffe, die schwere Augenschäden auslösen, ebenfalls mit dem Ätzsymbol, siehe Tabelle 2.20, gekennzeichnet. Die Gefahrenklasse Ätz-, Reizwirkung am Auge wird in 2 Kategorien unterteilt.

Tabelle 2.20 Kennzeichnung augenschädigender oder -reizender Stoffe und Gemische.

Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2
Piktogramm		
Signalwort	Gefahr	Achtung
H-Satz	H318	H319

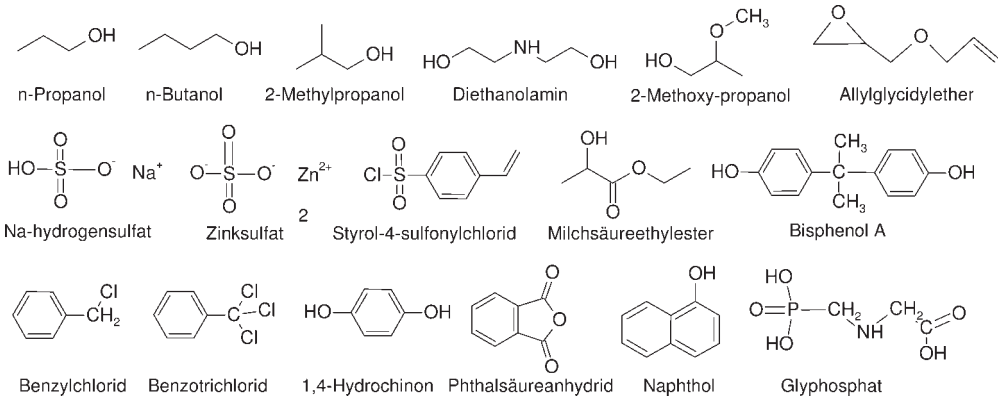


Abb. 2.15 Stoffbeispiele, die schwere Augenschäden auslösen und mit H318 zu kennzeichnen sind

Kriterien zur Einstufung in Kategorie 1 sind z. B. Schädigungen an der Horn-, Regenbogen- oder Bindehaut, die sich nicht innerhalb 21 Tagen wieder zurückbilden, oder schwerwiegendere Hornhauttrübungen oder Regenbogenhautentzündungen. Abbildung 2.15 gibt einige bekannte Stoffbeispiele mit stark augenschädigender Wirkung wieder.

H318 Verursacht schwere Augenschäden
H319 Verursacht schwere Augenreizungen

2.3.2.3 Gefährlichkeitsmerkmal „ätzend“ nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG



Die Vorgehensweise zur Prüfung auf Ätzwirkung nach Stoffrichtlinie unterscheidet sich nicht grundlegend von der CLP-Verordnung. Zur Differenzierung der Ätzipotenziale wird nach einer 3-minütigen und nach einer 4-stündigen Einwirkungszeit unterschieden, durch Wahl verschiedener R-Sätze wird das unterschiedliche Ätzipotenzial verbalisiert.

Trotz der sich deutlich unterscheidenden ätzenden Wirkung wird für ätzende und stark ätzende Stoffe das gleiche Gefahrensymbol verwendet.

- Hautzerstörung innerhalb von 3 Minuten Einwirkungszeit ⇒ R35
- Hautzerstörung zwischen 3 Minuten und 4 Stunden Einwirkungszeit ⇒ R34

R34 Verursacht Verätzungen
R35 Verursacht schwere Verätzungen

2.3.2.4 Gefährlichkeitsmerkmal „reizend“ nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG



Stoffe werden als „reizend“ eingestuft, wenn sie nach maximal vierstündiger Einwirkungsdauer auf die Haut eine deutliche Rötung der Haut hervorrufen, die mindestens 24 Stunden anhält. Die Hautrötung muss sich in der Nachbeobachtungszeit wieder zurückbilden, stellt somit eine reversible Körperreaktion dar. Im Gegensatz hierzu ist die ätzende Wirkung eine irreversible Schädigung, die zur Regeneration der Haut Heilungsprozesse benötigt. Analog der CLP-Verordnung wird die Reizwirkung sowohl an der Haut als auch am Auge geprüft, zur Unterscheidung werden die folgenden R-Sätze verwendet:

- R38 Reizt die Haut
- R37 Reizt die Atemwege
- R36 Reizt die Augen

Bewirken Stoffe oder Gemische, die keine hautätzende Eigenschaft besitzen, jedoch eine irreversible Schädigung des Auges, sind sie mit dem R-Satz R41 zu kennzeichnen und im Gegensatz zur CLP-Verordnung nicht mit dem Symbol „ätzend“, sondern mit Xi, reizend.

- R41 Gefahr ernster Augenschäden

2.3.3



Sensibilisierende Wirkung

2.3.3.1 Sensibilisierung nach CLP-Verordnung

Die Gefahrenklasse sensibilisierend unterscheidet zwischen Sensibilisierung der Haut und der Atemwege. Eine weitere Differenzierung in Gefahrenkategorien erfolgt nicht, obwohl sich die allergenen Potenziale unterschiedlicher Stoffe sehr stark unterscheiden und eine Unterteilung in Gefahrenkategorien sinnvoll und wünschenswert ist. Während die Einstufung von Inhalationsallergenen fast ausschließlich auf Erfahrungen beim Menschen beruht, stehen zur Ermittlung der hautallergenen Eigenschaft mehrere Tierversuche zur Verfügung.

Die Eigenschaft Sensibilisierung der Atemwege wird sehr viel gravierender als die Hautsensibilisierung bewertet, was sich sowohl am Gefahrenpiktogramm als auch am Signalwort widerspiegelt, siehe Tabelle 2.21. Neben den in Abbildung 2.16 gezeigten atemwegssensibilisierenden Stoffen sind insbesondere Enzyme und Metalle, wie z. B. Nickel und Kobalt, einschließlich ihrer Salze, zu nennen. Eine Auswahl hautsensibilisierender Stoffe zeigt Abbildung 2.17. Ausdrücklich sei noch

Tabelle 2.21 Kennzeichnung sensibilisierender Stoffe und Gemische.

Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2
Piktogramm		
Signalwort	Gefahr	Achtung
H-Satz	H334	H317

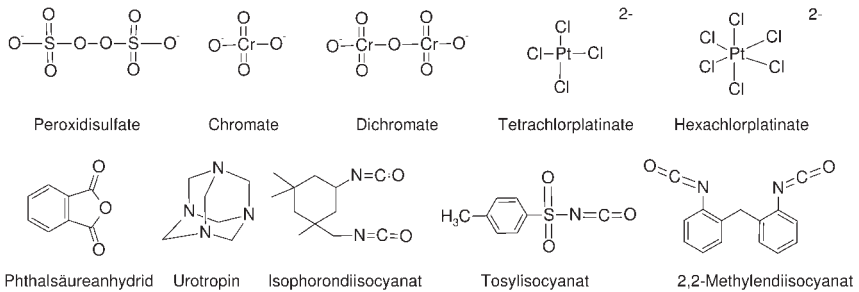


Abb. 2.16 Atemwegsensibilisierende Stoffe, gekennzeichnet mit H334

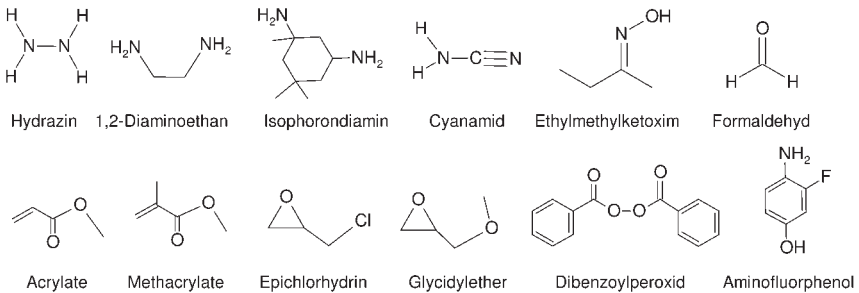


Abb. 2.17 Hautsensibilisierende Stoffe, gekennzeichnet mit H317

darauf hingewiesen, dass viele atemwegsensibilisierende Stoffe auch hautallergene Eigenschaften besitzen.

H334 Kann beim Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen

H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen

2.3.3.2 Sensibilisierung nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG

Analog der CLP-Verordnung unterscheidet auch die Stoffrichtlinie zwischen Atemwegsallergenen und Hautallergenen. Sie werden sowohl mit verschiedenen R-Sätzen als auch mit unterschiedlichen Gefahrensymbolen gekennzeichnet:



Atemwegsallergene werden mit dem R 42 und dem Gefahrensymbol Xn gekennzeichnet. Obwohl die Eigenschaften „gesundheitsschädlich“ und „sensibilisierend“ vollkommen unabhängig sind, muss für das Gefahrensymbol Xn die Gefahrenbezeichnung „gesundheitsschädlich“ benutzt werden.



Da die Auslösung einer Hautallergie als weniger gefährlich als die Atemwegssensibilisierung angesehen wird, werden Kontaktallergene mit dem R 43 und dem Gefahrensymbol Xi mit der Gefahrenbezeichnung „reizend“ gekennzeichnet.

R42 Sensibilisierung durch Einatmen möglich
R43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich

2.3.4

Keimzellmutagen, karzinogen, reproduktionstoxisch

Die Gefahrenklassen keimzellmutagen, karzinogen und reproduktionstoxisch werden nach CLP-Verordnung in die Gefahrenkategorien 1A, 1B und 2 unterteilt. Nach der bisherigen EG-Stoffrichtlinie wurden die Gefährlichkeitsmerkmale erbgutverändernd, krebserzeugend und fortpflanzungsgefährdend benutzt, jeweils unterteilt in die Kategorien 1, 2 und 3. Tabelle 2.22 stellt die Begriffspaare gegenüber.

Die Kriterien zur Einstufung in die Gefahrenkategorie 1A, 1B oder 2 nach CLP unterscheiden sich nicht von denen der Kategorie 1, 2 oder 3 nach der Stoffrichtlinie. Tabelle 2.23 stellt die Zuordnung der Kategorien gegenüber.

In Expertenkreisen werden diese Eigenschaften häufig als cmr zusammengefasst:

c:	kanzerogen	⇒	krebserzeugend
m:	mutagen	⇒	erbgutverändernd
r:	reproduktionstoxisch	⇒	fortpflanzungsgefährdend

Tabelle 2.22 Gegenüberstellung der Begrifflichkeiten für die cmr-Eigenschaften.

Gefahrenklasse nach CLP-VO	Gefährlichkeitsmerkmal nach EG-RL
keimzellmutagen	erbgutverändernd
karzinogen	krebserzeugend
reproduktionstoxisch	fortpflanzungsgefährdend

Tabelle 2.23 Gegenüberstellung der Kategorien nach CLP-VO und EG-RL für cmr-Stoffe.

Kategorie nach CLP-VO	Kategorie nach EG-Stoffrichtlinie
1A	1
1B	2
2	3

Die Unterscheidung in Kategorien 1A und 1B bzw. Kategorie 1 und 2 nach Stoffrichtlinie kann der Kennzeichnung nicht entnommen werden. Nach CLP-Verordnung werden beide mit dem Gefahrenpiktogramm GHS08 (Gesundheitsgefahr) und mit dem gleichen H-Satz gekennzeichnet, nach Stoffrichtlinie mit dem Gefahrensymbol T und dem gleichen R-Satz. Für die Kategorie 2 wird nach CLP-Verordnung ebenfalls das Gefahrenpiktogramm GHS08 verwendet, in Kombination mit dem Signalwort „Achtung“ im Gegensatz zu „Gefahr“ bei 1A bzw. 1B sowie einem abweichenden H-Satz. Nach Stoffrichtlinie ist für die Kategorie 3 das Gefahrensymbol Xn zu verwenden.

Kategorie 1A: Stoffe, die beim Menschen erfahrungsgemäß diese Eigenschaft haben

Die Erkenntnisse zur Einstufung in Kategorie 1A basieren in erster Linie auf epidemiologischen Untersuchungen und Erfahrungen am Arbeitsplatz. Aufgrund der heutigen besseren arbeitshygienischen Verhältnisse haben epidemiologische Erkenntnisse zunehmend an Bedeutung verloren. Ferner können bei kleinen Exponiertengruppen nur schwer Hinweise auf eindeutige Wirkungen am Menschen abgeleitet werden.

Kategorie 1B: Stoffe, die bislang nur im Tierversuch diese Eigenschaft gezeigt haben



Eine Übertragbarkeit auf den Menschen muss unterstellt werden. Voraussetzung zur Einstufung in Kategorie 1B sind valide tierexperimentelle Untersuchungen. Aufgrund der Expositionsverhältnisse im Tierversuch wird eine Übertragbarkeit auf den Menschen für wahrscheinlich angesehen. Entsprechende Effekte konnten beim Menschen bislang allerdings noch nicht nachgewiesen werden.

Kategorie 2: Stoffe, für die Verdachtsmomente für diese Eigenschaft vorliegen

Qualität und Ursache der Verdachtsmomente ist sehr unterschiedlich. Nach der bisherigen Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] existiert für krebserzeugende Stoffe eine Aufspaltung in zwei Untergruppen, um den vorliegenden Erkenntnissen besser gerecht zu werden.

Zur Kennzeichnung sowohl von Kategorie 1A, 1B als auch von 2 ist das Gefahrenpiktogramm GHS08 „Gesundheitsgefahren“ zu verwenden; die Unterscheidung zwischen Kategorie 1A und 1B von Kategorie 2 erfolgt durch die unterschiedlichen H-Sätze, siehe Tabelle 2.24.

Tabelle 2.24 Kennzeichnung keimzellmutagener, karzinogener, reproduktionstoxischer Stoffe.

Einstufung	Kategorie 1A und 1B	Kategorie 2
Piktogramm		
Signalwort	Gefahr	Achtung
H-Satz keimzellmutagen	H340	H341
H-Satz Karzinogenität	H350	H351
H-Satz Reproduktionstoxizität	H360	H361

2.3.4.1 Keimzellmutagen

Stoffe werden als keimzellmutagen eingestuft, wenn sie grundsätzlich in der Lage sind, das Erbgut von Mensch oder Tier zu schädigen. Die Mechanismen, die zu einer Schädigung der Erbanlagen führen, unterscheiden sich nicht prinzipiell von denen vieler krebserzeugender Stoffe. Wenn die genotoxischen krebserzeugenden Stoffe die Keimzellen-DNS erreichen, ist mit einer keimzellmutagenen Wirkung zu rechnen.

Kategorie 1A: Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen erbgutverändernd wirken

Zur Einstufung in die Kategorie 1A sind epidemiologische Untersuchungen über Mutationen beim Menschen erforderlich. Bislang konnte für keinen Stoff eine erbgutverändernde Wirkung beim Menschen nachgewiesen werden. Grundsätzlich ist der Nachweis erbgutverändernder Wirkung bei Menschen sehr schwierig. Da in der menschlichen Bevölkerung bereits eine große Anzahl von Erbkrankheiten mit höchst unterschiedlichen Ursachen auftreten, können durch Chemikalien ausgelöste erbgutverändernde Effekte nur schwer nachgewiesen werden. Aus Untersuchungen der Strahlenopfer von Hiroshima und Nagasaki in Japan ist bekannt, dass die Wahrscheinlichkeit für erbgutverändernde Effekte beim Menschen entweder sehr klein oder nur schwer nachweisbar ist [4]. Bedingt durch die Prüfmechanismen bei der Zellteilung der befruchteten Eizelle nisten sich stark geschädigte Eizellen mit gravierenden Mutationen normalerweise nicht in die Gebärmutter ein.

Kategorie 1B: Stoffe, die aufgrund von Tierversuchen als erbgutverändernd angesehen werden sollten

Zur Einstufung in Kategorie 1B werden aus Gründen des Tierschutzes und wegen experimenteller Schwierigkeiten keine vererbaren Effekte an den Nachkommen untersucht. Die benötigte Anzahl an Tieren würde hierfür jegliches vertretbare Maß sprengen. Stattdessen sind z. B. Veränderungen der Chromosomen oder die Bildung zusätzlicher, kleinerer Zellkerne der exponierten Tiere als Kriterien zur Einstufung in Kategorie 1B gewertet. Diese Untersuchungen sind somit nur indirekte Beweise und zielen auf Veränderungen ab, die einen genetischen Schaden bei den Nachkommen vermuten lassen. Abbildung 2.18 zeigt eine Auswahl bekannter Stoffen der Kategorie 1B. Reichen die vorliegenden Unter-

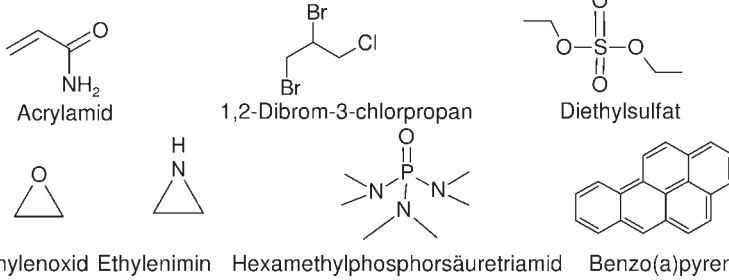


Abb. 2.18 Erbgutverändernde Stoffe der Kategorie 1B

suchungsergebnisse zur Einstufung in Kategorie 1B nicht aus, erfolgt in der Regel Einstufung in Kategorie 2.

Stoffe der Kategorie 1A und 1B werden gekennzeichnet mit dem

Piktogramm



Signalwort
H-Satz

Gefahr
H340

Die für den konkreten Stoff zutreffenden Kategorien können der Stoffliste gemäß Anhang VI der CLP-Verordnung entnommen werden, siehe Abschnitt 2.5.2.2.

H340 Kann genetische Defekte verursachen

Kategorie 2: Stoffe mit Verdacht auf erbgutverändernde Wirkung Zur Einstufung in Kategorie 2 werden Untersuchungen zur Mutagenität an Somazellen von Säugern herangezogen. Werden lediglich Untersuchungen in vitro durchgeführt (d. h. in aller Regel Bakterientests, siehe Abschnitt 1.1.8), sind Untersuchungen an mindestens zwei Bakterienstämmen notwendig. Abbildung 2.19 zeigt eine Auswahl von Chemikalien der Kategorie 2.

Die Kennzeichnung erfolgt mit

Piktogramm



Signalwort
H-Satz

Achtung
H341

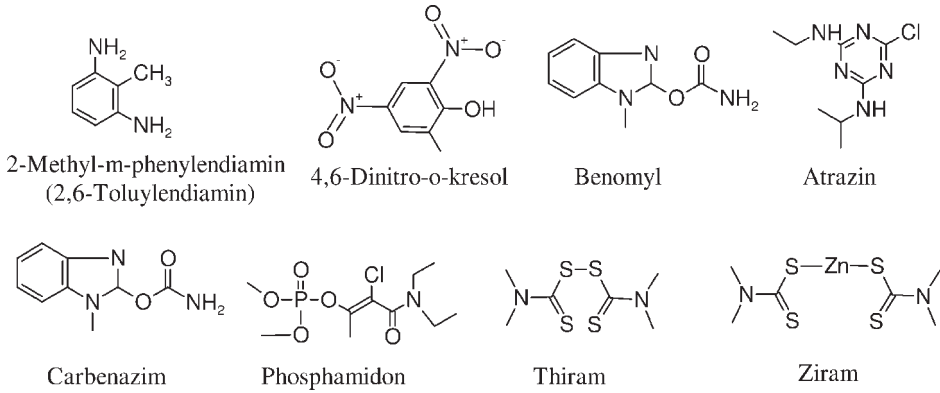


Abb. 2.19 Erbgutverändernde Stoffe der Kategorie 2

H341 Kann vermutlich genetische Defekte verursachen

2.3.4.2 Gefährlichkeitsmerkmal erbgutverändernd



Erbgutverändernde Stoffe der Kategorie 1 und 2 nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] werden mit dem Gefahrensymbol T, der Gefahrenbezeichnung „giftig“ und dem R-Satz R46 gekennzeichnet.

Die grundsätzlichen Kriterien zur Einstufung unterscheiden sich von denen nach der CLP-Verordnung.

R 46: Kann vererbare Schäden verursachen



Erbgutverändernde Stoffe der Kategorie werden zur Unterscheidung mit dem Gefahrensymbol Xn, der Gefahrenbezeichnung „gesundheitsschädlich“ sowie dem R-Satz R68 gekennzeichnet.

R 68: Irreversibler Schaden möglich

2.3.4.3 **Karzinogen nach CLP-Verordnung**

Stoffe, die beim Menschen oder in validen Tierversuchen Tumore auslösen können, werden als karzinogen eingestuft. Die Einteilung in die Kategorien 1A, 1B oder 2 erfolgt gemäß den in Abschnitt 2.3.4 aufgeführten Kriterien.

Kategorie 1A: Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen krebserzeugend wirken

Aufgrund vorliegender epidemiologischer Erfahrungen, primär von arbeitsmedizinischen Studien an Arbeitsplätzen, gibt es hinreichende Anhaltspunkte für einen Kausalzusammenhang zwischen der Exposition am Arbeitsplatz und der Entstehung von Tumoren. Herstellung und Inverkehrbringen vieler klassischer Humankarzerogene sind mittlerweile verboten. Sie dürfen nur noch in Spuren in Verkaufsprodukten enthalten sein, typische Beispiele sind *Benzidin*, *β-Naphthylamin* oder *Asbest*, oder sind in ihrer Verwendung starken Beschränkungen unterworfen, wie z. B. *Benzol* oder *Bis-chlormethylether*. Näheres zu Herstell- und Verwendungsbeschränkungen auf Basis der Gefahrstoffverordnung werden in Abschnitt 5.2.14, die Beschränkungen beim Inverkehrbringen aufgrund Anhang XVII REACH-Verordnung in Abschnitt 4.3 besprochen.

Chemische Kanzerogene können aufgrund ihrer Struktur in Stoffgruppen unterteilt werden. Wie in Abschnitt 1.1.8 ausgeführt, sind für krebserzeugende Stoffe eindeutige Zielorgane bekannt; Tabelle 2.25 listet die wichtigsten Stoffgruppen unter Angabe der jeweiligen Zielorgane auf.

In Abbildung 2.20 sind, bis auf wenige Ausnahmen, die Chemikalien der Kategorie 1A dargestellt, zur besseren Übersicht erfolgte die Einteilung gemäß Tabelle 2.25.

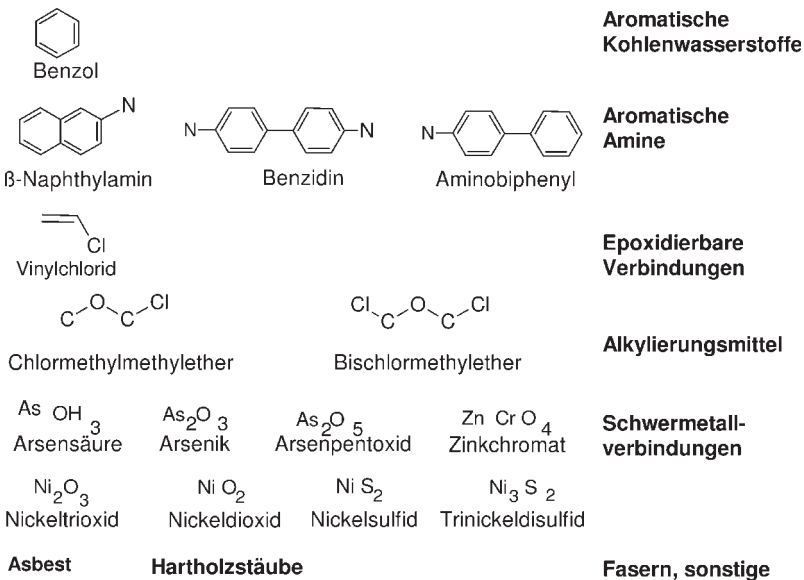


Abb. 2.20 Karzinogene Stoffe der Kategorie 1A

Stoffe, die ausschließlich durch Einatmen Tumore bilden, können zur Unterscheidung mit dem H350i gekennzeichnet werden. Diese Stoffe sind bei oraler oder dermaler Aufnahme nicht krebserzeugend. Bekannte Beispiele sind die Alkali-Chromate oder Nickeloxid, ebenso Asbest.

Kategorie 1B: Stoffe, die sich in Tierversuchen als krebserzeugend erwiesen haben

Stoffe der Kategorie 1B haben sich bislang nur im Tierversuch als krebserzeugend erwiesen, aus Gründen des vorsorgenden Arbeitsschutzes werden sie in den Schutzmaßnahmen den Humankanzerogenen gleichgestellt. Bei Einhaltung der heutigen arbeitshygienischen Verhältnisse dürften künftig keine durch den Arbeitsplatz bedingte Krebserkrankungen auftreten.

In Abbildung 2.21 sind wichtige Chemikalien aus Industrie und Gewerbe der Kategorie 1B zusammengestellt. Die Einteilung erfolgte zur besseren Übersichtlichkeit gemäß der Gliederung von Tabelle 2.25.

Stoffe der Kategorie 1A und 1B werden gleich gekennzeichnet mit dem

Piktogramm



Signalwort

Gefahr

H-Satz

H350

Zur Unterscheidung der Kategorien 1A oder 1B kann der Stoffliste gemäß Anhang VI der CLP-Verordnung entnommen werden, z. B.: Carc cat 1A: Einstufung in Kategorie 1A

H350 Kann Krebs verursachen
H350i Kann beim Einatmen Krebs erzeugen

Tabelle 2.25 Kanzerogene Verbindungsklassen und ihre Zielorgane.

Stoffklasse	Zielorgane
Aromatische Kohlenwasserstoffe	Blut, Haut
Aromatische Amine	Harnwege
Epoxide, Verbindungen, die Epoxide bilden	mehrere
Elektrophile	Lunge
Halogenkohlenwasserstoffe	Leber
Schwermetallverbindungen	Lunge
Mineralische Fasern	Lunge
Harthölzer	Nase

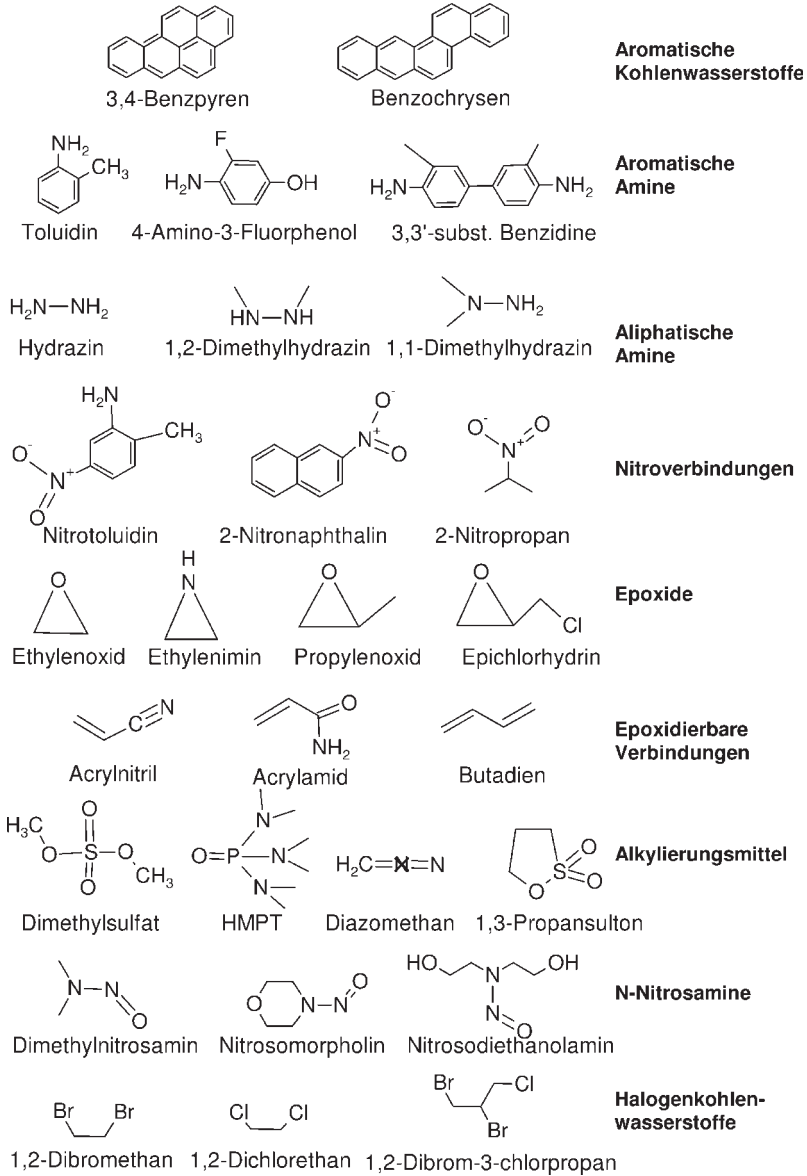


Abb. 2.21 Erbgutverändernde Stoffe der Kategorie 2

Kategorie 2: Stoffe mit Verdacht auf krebserzeugende Wirkung In Kategorie 2 werden Stoffe eingestuft, wenn entweder die krebserzeugende Wirkung erst in sehr hohen Dosen erfolgt, die unter Arbeitsplatzbedingungen als nicht relevant anzusehen sind, oder die in tierexperimentellen Studien keine eindeutigen bzw. widersprüchliche Ergebnisse gezeigt haben. So können grundsätzlich bei cytotoxischen Konzentrationen, die in der Regel deutlich höher sind, krebserzeugende Effekte erwartet werden. Eine Auswahl von Stoffen der Kategorie 2 ist in Abbildung 2.22 zusammengestellt.

Die Kennzeichnung von Stoffen der Kategorie 2 erfolgt mit dem

Piktogramm



Signalwort

Achtung

H-Satz

H351

H351 Kann vermutlich Krebs verursachen

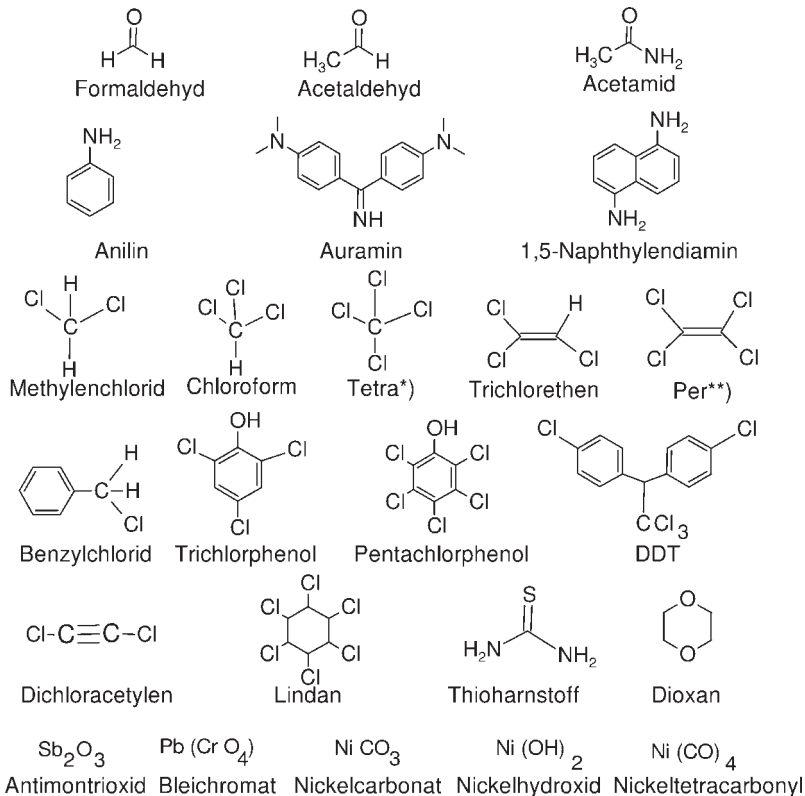


Abb. 2.22 Karzinogene der Kategorie 2

2.3.4.4 Gefährlichkeitsmerkmal „krebsauslösend“



Zubereitungen der **Kategorie 1** und **2** werden mit dem Gefahrensymbol T, der Gefahrenbezeichnung „giftig“ und dem R-Satz R45 gekennzeichnet. Besteht die krebserzeugende Wirkung ausschließlich bei inhalativer Exposition, so ist der R-Satz 49 zutreffend. Die Einstufungskriterien gemäß der Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] unterscheiden sich nicht von denen der CLP-Verordnung der Kategorien 1A bzw. 1B.

R45 Kann Krebs erzeugen

R49 Kann Krebs erzeugen beim Einatmen



Zubereitungen der **Kategorie 3** werden mit dem Gefahrensymbol Xn, der Gefahrenbezeichnung „gesundheitschädlich“ und zur Unterscheidung von den als akut gesundheitschädlichen Stoffen / Zubereitungen eingestuften Stoffen mit R 40 gekennzeichnet: Die Verdachtsstoffe werden gemäß der Stoffrichtlinie in zwei Untergruppen eingeteilt, die den unterschiedlichen Ursachen und der Datenlage Rechnung tragen.

R40 Verdacht auf krebserzeugende Wirkung

In die Untergruppe 3a werden Stoffe eingeteilt, die in validen Tierversuchen eine Wirkschwelle aufweisen, kein genotoxisches Wirkpotenzial zeigen, und bei denen die krebsauslösende Wirkung erst bei hohen Konzentrationen oberhalb ihrer deutlich wahrnehmbaren Warnwirkung einsetzt. Am Arbeitsplatz ist daher bei Einhaltung der vorgeschriebenen Schutzmaßnahmen keine krebsauslösende Wirkung zu befürchten. Als exemplarische Stoffe der Kategorie 3a können *Formaldehyd* oder *Vinylacetat* aufgeführt werden.

Bei Stoffen der Kategorie 3a kann ein toxikologisch begründeter gesundheitsbasierter Luftgrenzwert abgeleitet werden, bei dem weder ein akut toxisches noch ein kanzerogenes Potenzial befürchtet werden muss. Diese Stoffe werden häufig als Minimalkarzinogene bezeichnet.

Demgegenüber besteht bei Stoffen der Kategorie 3b noch erheblicher Klärungsbedarf. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse erlauben noch keine eindeutige Aussage; zur endgültigen Abklärung der krebserzeugenden Wirkung müssen noch tierexperimentelle Untersuchungen durchgeführt werden. Grundsätzlich ist sowohl eine Umstufung nach Kategorie 2 als auch eine Herausnahme aus einer Krebskategorie denkbar, falls in weiteren Untersuchungen der Anfangsverdacht vollständig entkräftet werden kann.

2.3.4.5 Einteilung krebserzeugender Stoffe nach der MAK-Kommission

Die deutsche MAK-Kommission [5] hat die Einteilung krebserzeugender Stoffe seit 1998 um zwei Kategorien erweitert. Während die Definition der Kategorien 1 bis 3 sich nicht von der EU-Stoffrichtlinie 67/548/EWG unterscheiden, werden in die Kategorien 4 und 5 Stoffe mit bekannter Wirkschwelle eingestuft; bei Einhaltung des MAK-Wertes muss keine krebserzeugende Gesundheitsgefahr befürchtet werden.

Mittlerweile teilt auch die europäische Grenzwertkommission SCOEL (Scientific Committee of Occupational Exposure Limits) krebserzeugende Stoffe bezüglich der Existenz einer Wirkschwelle ein, siehe 3.3.2. Bei Einhaltung der MAK-Werte besteht bei diesen Stoffen kein krebserzeugendes Potenzial. In Kategorie 4 werden nicht-genotoxische Stoffe mit bekannter Wirkschwelle eingeteilt. Das krebserzeugende Potenzial bei den genotoxisch wirkenden Stoffen der Kategorie 5 ist entweder vernachlässigbar klein oder aufgrund mechanistischer Befunde nicht relevant. In Abbildung 2.23 sind die Einteilungen der MAK-Kommission dargestellt.

In **Kategorie 4** wurden bislang eingestuft:

- Dioxan,
- Hexachlorbenzol,
- Lindan (γ -Hexachlorcyclohexan),
- Polyacrylsäure, vernetzt,
- Schwefelsäure,
- 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin,
- Tetrachlormethan,
- Tri-*n*-butylphosphat und
- Trichlormethan (Chloroform),

In **Kategorie 5** wurden bislang eingestuft:

- Ethanol,
- Acetaldehyd und

Kategorie 1:	analog
Kategorie 2:	EG - Einstufung
Kategorie 3:	
Kategorie 4:	Nicht genotoxische Kanzerogene mit geringer Wirkungsstärke mit vernachlässigbarem Krebsrisiko beim MAK-Wert
	Beispiele: Dioxan, Schwefelsäure, TCDD(Dioxin), Formaldehyd
Kategorie 5:	Genotoxische Kanzerogene mit geringer Wirkungsstärke mit vernachlässigbarem Krebsrisiko beim MAK-Wert
	Beispiele: Ethanol, Acetaldehyd, Styrol

Abb. 2.23 Einteilung krebserzeugender Stoffe durch die MAK-Kommission

- „Isopren“
- Styrol.

2.3.4.6 Einstufung nach TRGS 905

Basierend auf den Einteilungen der MAK-Kommission werden vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), nach Beratung durch den zuständigen Unterausschuss III, krebserzeugende, erbgutverändernde oder entwicklungsschädigende Stoffe in die Kategorien 1, 2 oder 3 eingeteilt, die noch nicht von der EG-Kommission endgültig eingestuft wurden.

Nach Verabschiedung durch den AGS werden diese Stoffeinteilungen in der TRGS 905 [6] veröffentlicht. Die Vorgaben der TRGS 905 sind bei Stoffen mit abweichender Legaleinstufung (siehe Abschnitt 2.4) nicht beim Inverkehrbringen heranzuziehen, sondern sind nur für die innerbetrieblichen Maßnahmen wie Festlegung der Schutzmaßnahmen, innerbetriebliche Kennzeichnung etc. anzuwenden. Gemäß Gefahrstoffverordnung [7] sind die Einstufungen nach TRGS 905 im Sicherheitsdatenblatt [siehe BekGS 220 [12]] in Abschnitt 15 aufzuführen. Tabelle 2.26 zeigt eine Auswahl von Stoffen aus TRGS 905.

2.3.4.7 Reproduktionstoxisch nach CLP-Verordnung

Die Gefahrenklasse „reproduktionstoxisch“ umfasst zwei vollkommen unabhängige Eigenschaften:

- Stoffe, die die Entwicklung des ungeborenen Lebens schädigen (Entwicklungsschädigung)
⇒ Symbol R_E
- Stoffe, die die Fruchtbarkeit beeinträchtigen
⇒ Symbol R_F

Stoffe werden als reproduktionstoxisch eingestuft, wenn sie in Mengen eine Entwicklungsschädigung hervorrufen, bei denen das Muttertier noch nicht geschädigt wird, d. h. wenn kein maternaltoxischer Effekt vorliegt. In Ausnahmefällen, wenn z.B. sehr schwerwiegende teratogene Effekte im Tierversuch beobachtet wurden, erfolgt auch bei maternaltoxischen Dosen eine Einstufung. Effekte oberhalb der

- Grenzkonzentration von 1000 mg/kg (oral)

führen gemäß den Guidance Documents in der Regel nicht zur Einstufung. Größere Mengen entsprechen nicht den vernünftigerweise zu unterstellenden Verhältnissen beim Menschen und sind daher irrelevant.

Die entwicklungsschädigende und die fruchtbarkeitsschädigende Wirkung sind toxikologisch unabhängige Eigenschaften, die nur zufällig beim gleichen Stoff auftreten. Die Schutzmaßnahmen beider Eigenschaften sind grundlegend verschieden; Erstere betreffen ausschließlich schwangere Frauen, Letztere dagegen wirken grundsätzlich auf beide Geschlechter. Zur weiteren Konkretisierung der reproduktionstoxischen Eigenschaft wird die Verwendung der differenzierenden

Tabelle 2.26 Auszug aus TRGS 905.

Bezeichnung	CAS-Nr.	K	M	R _F	R _E	Hinweise (Einstufung nach EG-Richtlinie)
1-Allyloxy-2,3-epoxypropan	106-92-3	2	-	3	-	a(K3,M3,R _F 3), b
Blei-Metall (bioverfügbar)	7439-92-1			3	1	
Bromethan	74-96-4	2				a(K3)
1,4-Butansulton	1633-83-6	3				
1-tert-Butoxy-2,3-epoxypropan	7665-72-7	-	3	-	-	H, b
Cadmium (bioverfügbar, in Form atembarer Stäube/Aerosole)	7440-43-9	2				
3-Chlor-2-methylpropen	563-47-3	3				a(C)
5-Chlor-o-toluidin	95-79-4	3				
α-Chlortoluol	100-44-7	2	3	-	3	a(K2), b
Cobalt(II)acetat-Tetrahydrat (bioverfügbar, in Form atembarer Stäube/Aerosole)	6147-53-1	2	3	2	-	b, g
Dibutylphthalat (DBP)	84-74-2	-	-	2	2	a(R _E 2,R _F 3), b
Dichloracetylen	7572-29-4	2				a(K3)
1,2-Dichlormethoxyethan	41683-62-9	-	3	-	-	b
Diglycidylether	2238-07-5	3				
N,N-Dimethylacetamid	127-19-5			3	2	a(R _E 2), b, H
1,2-Epoxybutan	106-88-7	2				a(K3), H
Ethen	74-85-1	-	3	-	-	a(F+), b
Ethylenthioharnstoff (ETU)	96-45-7	3	-			a(R _E 2)
4,4'-Methyldiphenyldiisocyanat (in Form atembarer Aerosole, A-Fraktion)	101-68-8	3	-	-	-	a(Xn), b
N-Methylolchloracetamid	2832-19-1	-	3	-	-	b
Nickel-Salze, löslich		1	-			
Ozon	10028-15-6	3	-	-	-	
Pentachlorphenol	87-86-5	2	3	-	2	a(K3), b, H
Polychlorierte Biphenyle	1336-36-3	3		2	2	H, a(Xn), b
Tetrachlorethylen	127-18-4	3	-	-	3	a(K3), b
Trichlormethan	67-66-3	2	3	-	3	a(K3), b
Vinylacetat	108-05-4	3				a(F)
4-Vinylcyclohexen	100-40-3	3	-	3	-	
2,4-Xylidin	95-68-1	3				a(T), H

^a Abweichung von der Legaleinstufung gemäß Anhang I der RL 67/548/EWG (Kennbuchstaben der Gefahrenbezeichnungen aus der Legaleinstufung)

^b Begründungen zur Bewertung dieser Stoffe wurden vom AGS erarbeitet und sind zugänglich als Bekanntmachungen des AGS

RE2 Kategorie entwicklungsschädigend

K2, 3: Kategorie 2, 3 krebserzeugend

M3: Kategorie erbgutverändernd

RF2, 3: Kategorie 2, 3 Fruchtbarkeitsgefährdend

C: ätzend

F+: hochentzündlich

F: leichtentzündlich

H: hautreserptiv

Xn: gesundheitsschädlich

H-Sätze H360D, H360F, H360DF bzw. H361d, H361f, H361df dringend empfohlen. Hierbei repräsentieren die Großbuchstaben F bzw. D jeweils eine Einstufung in die Kategorie 1A oder 1B, die Kleinbuchstaben in die Kategorie 2.

H360 Kann das Kind im Mutterleib schädigen oder die Fruchtbarkeit beeinträchtigen

Zur Unterscheidung der entwicklungsschädigenden (D: development) von der fruchtbarkeitsschädigenden Wirkung (F: fertility) können diese Buchstaben zusätzlich ergänzt und die deutlich aussagefähigeren H-Sätze benutzt werden. Leider wurde diese nicht nur wissenschaftlich wichtige Unterscheidung auf UN-Ebene nicht festgelegt, weshalb diese Unterscheidung zurzeit nur in der EU im Rahmen der CLP-Verordnung etabliert ist.

H360F Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen
H360D Kann das Kind im Mutterleib schädigen
H360FD Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen und das Kind im Mutterleib schädigen.

Kategorie 1A

- Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen entwicklungsschädigend sind
- Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen die Fruchtbarkeit beeinträchtigen können

Beim Menschen erwiesenermaßen fruchtbarkeitsschädigend wurde bisher nur *1,3-Dibrom-3-chlorpropan* und *2-Brompropan* eingestuft. Im Gegensatz hierzu sind bereits eine größere Anzahl von Stoffen in die Kategorie 1A (D), eindeutig entwicklungsschädigend beim Menschen, eingestuft. Hierzu zählen z. B. *Bleiverbindungen*, *Kohlenmonoxid* oder *Warfarin*, siehe Abbildung 2.24.

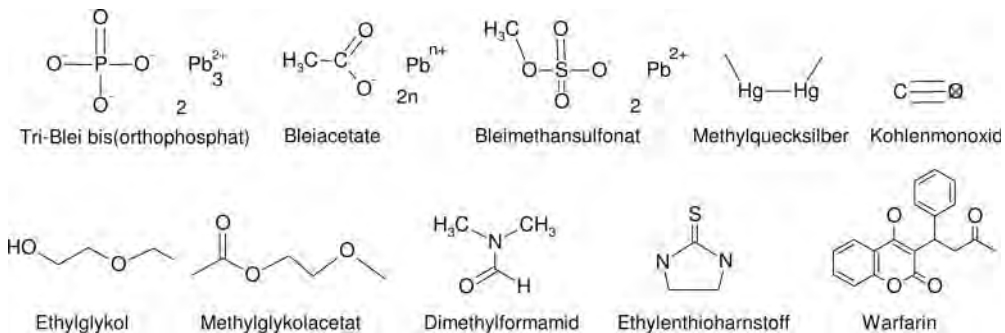


Abb. 2.24 Entwicklungsschädigende Stoffe der Kategorie 1A

Kategorie 1B

- Stoffe, die im Tierversuch entwicklungsschädigende Eigenschaft gezeigt haben
- Stoffe, die im Tierversuch die Fruchtbarkeit beeinträchtigt haben

Zahlreiche Industriechemikalien, wie z. B. *Glykolverbindungen*, *Dimethylformamid*, *Ethylenthioharnstoff*, *PCB*, *Benzo(a)pyren* oder *N-Methylpyrrolidon* sind entsprechend eingestuft, desgleichen mehrere Pflanzenschutzmittel oder Düngemittel, wie z. B. *Dinoterb* oder *Boroxide*. Abbildung 2.25 listet entwicklungsschädigend wichtige Chemikalien der Kategorie 1B auf.

Stoffe der Kategorie 1A und 1B werden gezeichnet mit dem

Piktogramm



Signalwort

Gefahr

H-Satz

H360

Kategorie 2

- Stoffe mit Verdacht auf entwicklungsschädigende Eigenschaft
- Stoffe mit Verdacht auf fruchtbarkeitsschädigende Wirkung

Bei methodischen Mängeln in der tierexperimentellen Versuchsdurchführung oder bei signifikanten Effekten bei maternaltoxischen Konzentrationen kann eine Einstufung in Kategorie 2 erwogen werden. Die H-Sätze der Kategorie 2 sind um das Wort „vermutlich“ zu dem Wortlaut der H-Sätze ergänzt; die entwicklungsschädigende bzw. fruchtbarkeitsschädigende Wirkung ist durch die Kleinbuch-

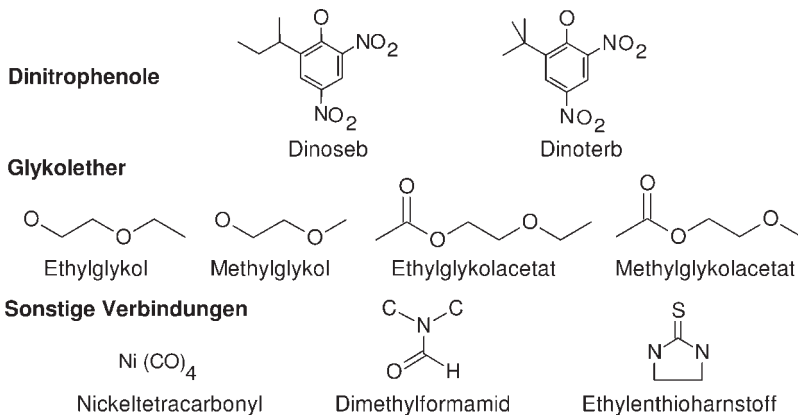


Abb. 2.25 Entwicklungsschädigende Stoffe der Kategorie 1B

staben „d“ bzw. „f“ auszudrücken. Abbildung 2.26 zeigt einige Stoffe der Kategorie 2. In Abhängigkeit der Einstufung sind folgende H-Sätze möglich:

Stoffe der Kategorie 2 sind zu zeichnen mit dem

Piktogramm



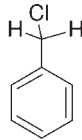
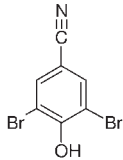
Signalwort

Achtung

H-Satz

H361

H361f	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen
H361d	Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H361fd	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen und vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H360Fd	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen und vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen
H360Df	Kann das Kind im Mutterleib schädigen und vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen



C.I. Direct Black 38
C.I. Direct Blue 6
C.I. Direct Red 28

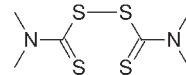
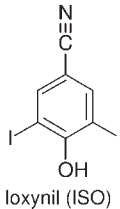
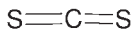
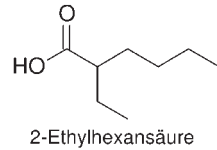
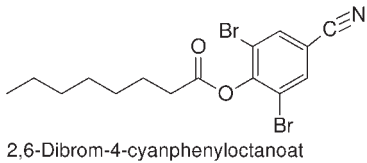


Abb. 2.26 Entwicklungsschädigende Stoffe der Kategorie 2

2.3.4.8 Gefährlichkeitsmerkmal „fruchtbarkeitsschädigend“

Im Gegensatz zur CLP-Verordnung hat das Gefährlichkeitsmerkmal „fortpflanzungsgefährdend“ zwischen der Eigenschaft „entwicklungsschädigend“ und „fruchtbarkeitsschädigend“ stets eindeutig unterschieden.



Gemäß der allgemeinen Vorgehensweise wurden Stoffe der Kategorie 1 und 2 mit gleichem Gefahrensymbol und R-Satz gekennzeichnet, die R-Sätze differenzierten jedoch eindeutig zwischen Entwicklungsschädigung und Fruchtbarkeitsschädigung.

Zubereitungen der Kategorie 1 und 2 sind mit dem Gefahrensymbol T, der Gefahrenzeichnung „giftig“ und den R-Sätzen R60 bzw. R61 zu kennzeichnen. Die Einstufungskriterien der Stoffrichtlinie und der CLP-Verordnung unterscheiden sich nicht, die Konzentrationsgrenzen bei Zubereitungen/Gemischen weichen jedoch ab.

R60 Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen

R61 Kann das Kind im Mutterleib schädigen



Die Kennzeichnung der Verdachtsstoffe erfolgt mit dem Andreas-kreuz Xn, der Gefahrenbezeichnung „gesundheitsschädlich“ und den R-Sätzen R62 oder R63. Stoffe, die über die Muttermilch das Kind schädigen können, sind mit dem R64 zu kennzeichnen.

R62 Kann die Fortpflanzungsfähigkeit möglicherweise beeinträchtigen

R63 Kann das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen

R64 Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen

2.3.4.9 Einstufung der MAK-Kommission

Analog den krebserzeugenden und erbgutverändernden Stoffen teilt die deutsche MAK-Kommission seit vielen Jahren Arbeitsstoffe bezüglich ihrer entwicklungsschädigenden Eigenschaft in Bezug zum MAK-Wert ein, und nicht gemäß den Kriterien der EU-Kommission bezüglich der Limitdosis von 1.000 mg/kg.

- **Schwangerschaftsgruppe A:** Stoffe mit nachgewiesener fruchtschädigender Wirkung beim Menschen, die auch bei Einhaltung des MAK- und BAT-Wertes zu erwarten ist.
- **Schwangerschaftsgruppe B:** Stoffe, bei denen eine fruchtschädigende Wirkung auch bei Einhaltung des MAK- und BAT-Wertes zu unterstellen ist.

- **Schwangerschaftsgruppe C:** Stoffe, bei denen bei Einhaltung des MAK- und BAT-Wertes eine entwicklungsschädigende Wirkung nicht befürchtet werden muss.
- **Schwangerschaftsgruppe D:** Die vorliegenden Daten reichen für eine Einteilung in die vorgenannten Schwangerschaftsgruppen nicht aus, den Begründungen können Trendaussagen entnommen werden.

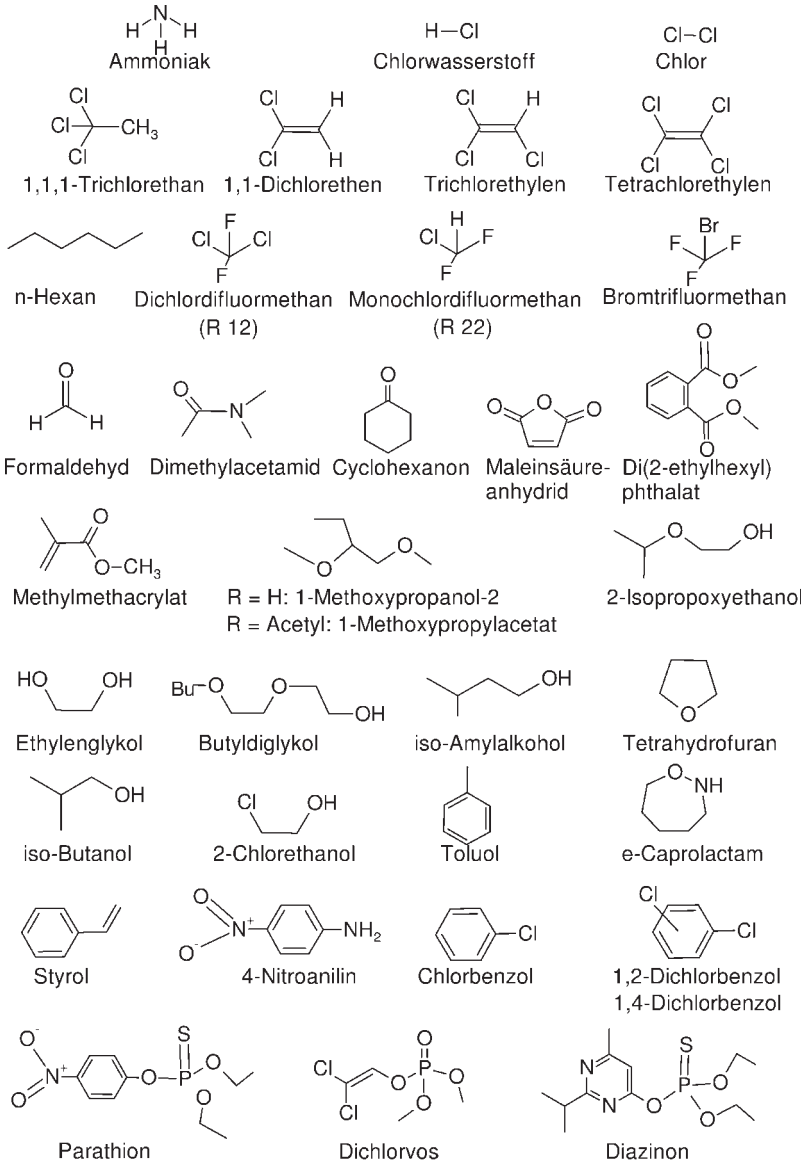


Abb. 2.27 Stoffe der Schwangerschaftsgruppe C

Für die Praxis stellt die Zuordnung zur Schwangerschaftsgruppe C eine wichtige Aussage dar, da bei Einhaltung der Luftgrenzwerte keine Gefährdung des ungeborenen Kindes befürchtet werden muss. Stoffe der Schwangerschaftsgruppe C werden in der TRGS 900 [8] in der Spalte „Bemerkungen“ mit „Y“ markiert. Abbildung 2.27 gibt eine Auswahl wichtigster Chemikalien der Schwangerschaftsgruppe C wieder.

Nach wie vor ist gemäß Mutterschutz-Richtlinienverordnung eine Exposition schwangerer Frauen gegenüber entwicklungsschädigenden Stoffen der Schwangerschaftsgruppe C nicht zulässig, im Gegensatz zu den eindeutigen wissenschaftlichen Erkenntnissen.

2.3.5

Spezifische Zielorgan-Toxizität und Aspirationsgefahr




2.3.5.1 Spezifische Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition

Mit der CLP-Verordnung wurde erstmalig die sogenannte spezifische Zielorgan-Toxizität, engl. STOT (specific target organ toxicity) als Gefahrenklasse eingeführt. Als spezifische Zielorgan-Toxizität gelten alle spezifische Organschäden, die zu eindeutigen Gesundheitsschäden führen. Die Unterteilung in Kategorie 1 und 2 erfolgt auf Basis der Dosiswerte, die den Gesundheitsschaden auslösen. In Kategorie 1 wird eingestuft, wenn die Dosis kleiner als die obere Einstufungsdosis von Kategorie 3 für die akut letale Wirkung ist; in Kategorie 2, wenn diese im Bereich der Kategorie 4 der akut letalen Wirkung liegt, siehe Tabelle 2.27.

Kategorie 3 beruht nicht auf tierexperimentellen Untersuchungen, sondern überwiegend auf Erfahrungen vom Menschen. Als Zielorgan wird entweder der Atemtrakt betrachtet, bei vorhandener Reizwirkung erfolgt auf Basis von Erfahrungswerten die Einstufung, oder das Nervensystem und Gehirn bei narkotisierender Wirkung, ein Gesundheitsschaden ist nicht Voraussetzung zur Einstufung.

Nach EG-Richtlinie 67/548/EWG wurden Stoffe der Kategorie 1 in Abhängigkeit des Aufnahmeweges mit den Kombinationssätzen R39/23/24/25 oder R39/26/27/28 und dem Gefahrensymbol T bzw. T+ gekennzeichnet. Die Stoffe der Kategorie 2 in Abhängigkeit des Aufnahmeweges mit dem Kombinationssatz R68/20/21/22 und dem Gefahrensymbol Xn. Stoffe der Kategorie 3, gekennzeichnet mit H335 wurden bisher mit dem R37 und dem Gefahrensymbol Xi gekennzeichnet, die

Tabelle 2.27 Kennzeichnung für spezifische Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition.

Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Piktogramm			
Signalwort	Gefahr	Achtung	Achtung
H-Satz	H370	H371	H335, H336

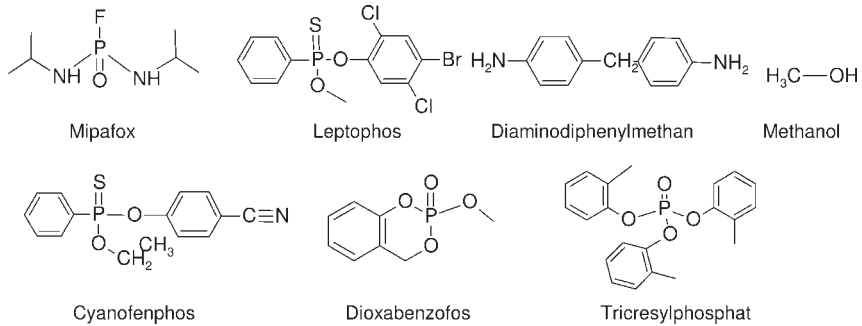


Abb. 2.28 Stoffe mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition Kategorie 1 (H370)

Einstufung mit H336 entsprach weitgehend dem bisherigen R67, der allein allerdings nicht zur Einstufung als gefährlicher Stoff bzw. Zubereitung führt. Abbildung 2.28 zeigt die bisher in Kategorie 1 eingestufteten Stoffe, abgesehen von einigen Reaktionsprodukten.

2.3.5.2 Spezifische Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition

Stoffe, die bei längerer Exposition zu einem nicht krebserzeugenden Gesundheitsschaden führen, wurden nach der EG-Richtlinie 67/548/EWG mit dem R48 gekennzeichnet, gefolgt mit dem R-Satz zur Angabe des Expositionsweges und der Schwere des Effektes nach dem Schrägstrich. Die Kriterien zur Vergabe von H372 und H373 sind sehr detailliert und schwer verständlich, auf die Wiedergabe wird im Rahmen dieses Lehrbuchs verzichtet. Die Vorgaben zur Kennzeichnung sind in Tabelle 2.28 festgehalten. Neben so bekannten chronisch wirkenden Stoffen wie den *Chromaten* bzw. *Dichromaten*, *Cadmium-*, *Beryllium-*, *Thallium-* oder *Quecksilberverbindungen* sind weitere typische Vertreter in Abbildung 2.29 aufgeführt.

- H370 Schädigt die Organe
- H371 Kann die Organe schädigen
- H335 Kann die Atemwege reizen
- H336 Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen

Tabelle 2.28 Kennzeichnung für spezifische Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition.

Einstufung	Kategorie 1	Kategorie 2
Piktogramm		
Signalwort	Gefahr	Achtung
H-Satz	H372	H373

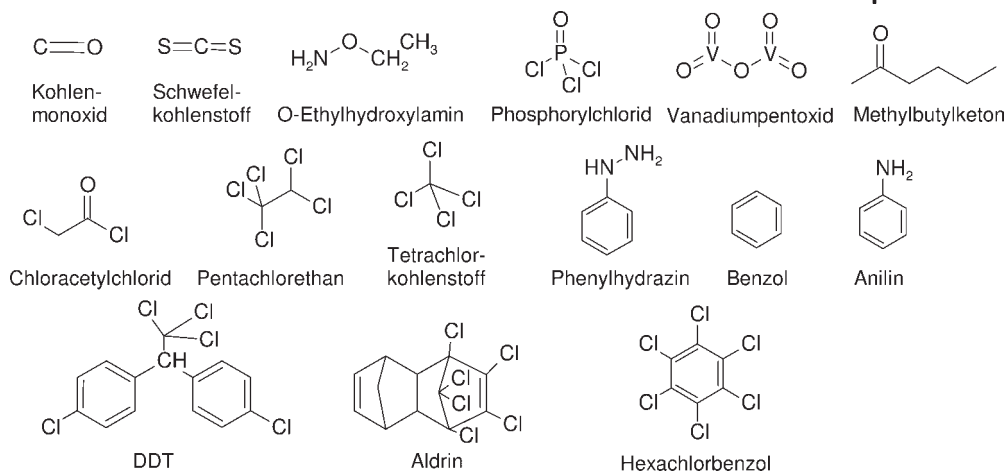


Abb. 2.29 Stoffe mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition Kategorie 1 (H372)

Flüssigkeiten oder Feststoffe, die über den Mund oder die Nasenhöhle aufgenommen, in die Luftröhre oder den unteren Atemtrakt gelangen können und dabei schwerwiegende Gesundheitsgefahren wie Pneumonie, Lungenschäden bis hin zum Tode auslösen können, werden als aspirationstoxisch bezeichnet. Die Aspirationsgefahr ist eine akut toxische Eigenschaft, da bereits bei einem einzigen Atemzug schwerwiegende Gesundheitsrisiken auftreten können. Gleichwohl werden sie mit dem Gefahrenpiktogramm Gesundheitsgefahren gekennzeichnet, siehe Tabelle 2.29, das eigentlich für die chronischen Gefahren benutzt werden sollte. Der Wortlaut des H304 wurde in Anlehnung an den bisherigen R65 nach der Stoffrichtlinie 67/548/EWG festgelegt, auch die Einstufungskriterien entsprechen weitgehend diesen Einstufungsgrundsätzen. Typische Vertreter aspirationstoxischer Stoffe sind die niederen Alkane von *Pentan* bis *Oktan*, weiterhin sind *Toluol* und *Cumol* entsprechend eingestuft.

H304 Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein

Tabelle 2.29 Kennzeichnung für Aspirationsgefahr.

Einstufung	Kategorie 1
Piktogramm	
Signalwort	Gefahr
H-Satz	H304

2.4

Gefährliche Eigenschaften: Umweltgefahren

2.4.1

Umweltgefahren nach CLP-Verordnung

Eine Einstufung als umweltgefährlich für Gewässer wird in akute und chronische Eigenschaft unterschieden und erfolgt aufgrund

- der akut aquatischen Toxizität,
- des Bioakkumulationspotenzials,
- der Degradation, sowohl biotisch als auch abiotisch, organischer Verbindungen und
- der chronischen aquatischen Toxizität.

Die Einstufung der akut aquatischen Eigenschaft erfolgt nur in Kategorie 1, die Langzeitwirkung wird in die Kategorien 1 bis 4 unterteilt, siehe Tabelle 2.30.

Tabelle 2.30 Einstufungskriterien der aquatischen Toxizität, Angaben in mg/l.

Testbedingungen	akut Kategorie 1	chronisch Kategorie 1	chronisch Kategorie 2	chronisch Kategorie 3
96 h LC ₅₀ Fisch	$C \leq 1$	$C \leq 1$	$1 < C \leq 10$	$10 < C \leq 100$
48 h EC ₅₀ Krebstier	$C \leq 1$	$C \leq 1$	$1 < C \leq 10$	$10 < C \leq 100$
96 h IC ₅₀ Alge	$C \leq 1$	$C \leq 1$	$1 < C \leq 10$	$10 < C \leq 100$

Die Einstufung in eine der chronischen Kategorien ist vorzunehmen bei Stoffen, die im Wasser nicht schnell abgebaut werden. Die Abbaubarkeit ist experimentell zu ermitteln, wenn der biologische Konzentrationsfaktor (BCF) größer oder gleich 500 ist, bzw. der Logarithmus des Verteilungskoeffizienten von n-Octanol in Wasser ($\log K_{OW}$) größer oder gleich 4 beträgt.

Erfüllt ein Stoff nicht die Kriterien von Tabelle 2.30, obwohl Hinweise auf eine aquatische Toxizität vorliegen, ist eine Einstufung in Kategorie 4 vorzunehmen, z.B. vorliegende Kriterien auf Bioakkumulationspotenzial. Die zugeordneten Gefahrenpiktogramme, Signalwörter sowie H-Sätze können Tabelle 2.31 entnommen werden.

Zahlreiche Pflanzenschutzmittel sind als sehr giftig für Wasserorganismen eingestuft, auf die Darstellung wird aus Platzgründen verzichtet. Ferner sind viele *Blei-, Cobalt-, Nickel-, Quecksilber-, Zink-, Zinnverbindungen* in Kategorie 1 akut und chronisch einzustufen. Die gleiche Einstufung ist ebenfalls bei den polykondensierten *aromatischen Kohlenwasserstoffen* (PAK) und vielen aliphatischen Alkanen vorhanden. Typische Chemikalien mit sehr giftiger Wirkung auf die Wasserorganismen können Abbildung 2.30 entnommen werden.

Tabelle 2.31 Kennzeichnungselemente aufgrund der aquatischen Toxizität.

Einstufung	akut Kategorie 1	chronisch Kategorie 1	chronisch Kategorie 2	chronisch Kategorie 3	chronisch Kategorie 4
Piktogramm					
Signalwort	Achtung	Achtung	-	-	-
H-Satz	H400	H410	H411	H412	H413

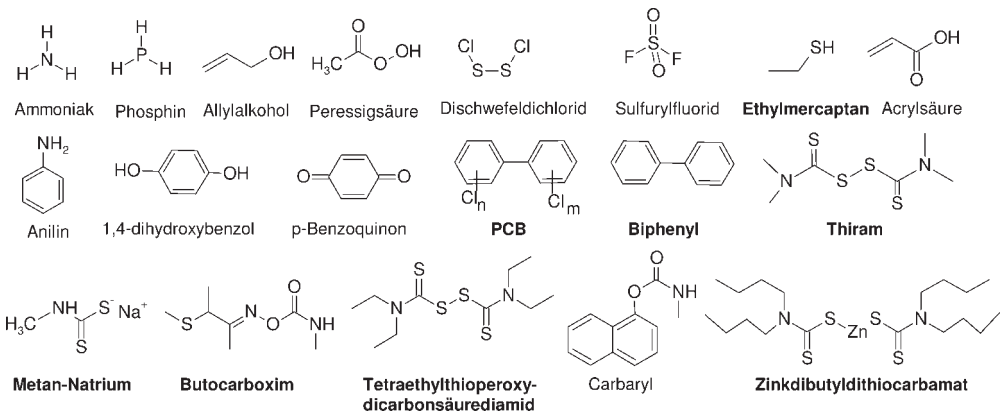


Abb. 2.30 Gewässerschädigende Stoffe der Kategorie 1, Stoffe mit akuter und chronischer Wirkung sind halbfett gedruckt

H400 Sehr giftig für Wasserorganismen
H410 Sehr giftig für Wasserorganismen, Langzeitwirkung
H410 Giftig für Wasserorganismen, Langzeitwirkung
H412 Schädlich für Wasserorganismen, Langzeitwirkung
H413 Kann für Wasserorganismen schädlich sein; Langzeitwirkung

Die Gefahrenklasse „Die Ozonschicht schädigend“ ist eine Eigenschaft, die erst mit der 2. Änderungsverordnung 286/2011 [9] zur CLP-Verordnung aufgenommen wurde. Zur Kennzeichnung wird das Gefahrenpiktogramm GHS07! mit dem Signalwort „Achtung“ verwendet. Eingestuft nach Anhang VI der CLP-Verordnung sind:

- Brommethan,
- 1,1-Dichlor-1-fluorethan,

- Tetrachlormethan,
- 1,1,1-Trichlorethan.

H420 Schädigt die öffentliche Gesundheit und die Umwelt durch Ozonabbau in der äußeren Atmosphäre

2.4.2

Umweltgefährliche Eigenschaften nach Stoffrichtlinie 67/54/EWG

Zur Prüfung der Wirkung auf aquatische Systeme werden die Toxizitäten auf Fische, Daphnien (Wasserfloh) oder Algen herangezogen. Zur Bewertung der akuten Toxizität auf Fische wird die letale Konzentration LC_{50} angewandt, bei der die Hälfte der Fische stirbt. Die Wirkung auf Daphnien erfolgt unter Angabe der Konzentration, bei der die Hälfte der Tiere einen spezifischen Effekt zeigt, z. B. Schwimmunfähigkeit oder Hemmung der Reproduktion (EC_{50}). Als Bewertungsgrundlage für Algen wird die Konzentration, bei der die Hälfte der Pflanzen einen Hemmeffekt zeigt (IC_{50}), benutzt. Tabelle 2.32 gibt die Konzentrationen für die Einstufung wieder. Die Dauer der Untersuchungen beträgt bei Fischen 96 Stunden, bei Daphnien 48 Stunden und bei Algen 72 Stunden. Für die vorgenannten akuten Eigenschaften werden die folgenden R-Sätze benutzt:

R50 Sehr giftig für Wasserorganismen
R51 Giftig für Wasserorganismen
R52 Schädlich für Wasserorganismen

Stoffe, die in Gewässern nur langsam abgebaut werden und ein toxisches Potenzial besitzen, werden mit R 53 gekennzeichnet. Exakte Definition und Ausführungen zum Abbauverhalten können den EU-Einstufungsrichtlinien entnommen werden.

Tabelle 2.32 Konzentrationsangaben für die akuten aquatischen Toxizitäten.

Einstufung	Fisch	Daphnie	Alge
sehr giftig	$LC_{50} \leq 1 \text{ mg/L}$	$EC_{50} \leq 1 \text{ mg/L}$	$IC_{50} \leq 1 \text{ mg/L}$
giftig	$1 \text{ mg/L} < LC_{50} \leq 10 \text{ mg/L}$	$1 \text{ mg/L} < EC_{50} \leq 10 \text{ mg/L}$	$1 \text{ mg/L} < IC_{50} \leq 10 \text{ mg/L}$
schädlich	$10 \text{ mg/L} < LC_{50} \leq 100 \text{ mg/L}$	$10 \text{ mg/L} < EC_{50} \leq 100 \text{ mg/L}$	$10 \text{ mg/L} < IC_{50} \leq 100 \text{ mg/L}$

LC_{50} : Letal concentration: Letale Konzentration, bei der die Hälfte der Fische stirbt.

EC_{50} : Effective concentration: Konzentration, bei der die Hälfte der Untersuchungsobjekte einen spezifischen Effekt zeigt, z. B. Schwimmunfähigkeit, Hemmung der Reproduktion.

IC_{50} : Inhibitory concentration: Konzentration, bei der die Hälfte der Pflanzen oder Tiere einen Hemmeffekt zeigt, z. B. Hemmung des Wachstums.

R53 Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben



Stoffe werden als umweltgefährlich eingestuft und mit dem Gefahrensymbol N gekennzeichnet, wenn sie entweder

- akut sehr giftig (R 50) für einen Wasserorganismus sind oder
- akut sehr giftig (R 50) und chronisch schädigend (R 53) wirken oder
- akut giftig (R 51) und chronisch schädigend (R 53) wirken.

2.5

Einstufung von Stoffen und Gemischen / Zubereitungen

2.5.1

Allgemeine Grundsätze

Seit dem 01.12.2010 dürfen Stoffe beim Inverkehrbringen nur noch nach der CLP-Verordnung 1272/2008 [2] eingestuft und gekennzeichnet werden. Stoffe, die vor diesem Termin in Verkehr gebracht wurden, durften noch bis zum 01.12.2012 nach der Stoffrichtlinie 67/5488/EWG [1] gekennzeichnet sein.

Zubereitungen können noch bis zum 01.06.2015 nach der Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG [3] eingestuft und gekennzeichnet werden; analog den Stoffen gilt für den Handel eine zweijährige Übergangsfrist. Vor dem 01.06.2015 in Verkehr gebrachte Zubereitungen brauchen bis zum 01.06.2017 nicht gemäß den Kriterien der CLP-Verordnung umgestuft und umetikettiert werden.

Die Einstufung von Stoffen, die aus mehreren Komponenten bestehen, z. B. Verunreinigungen, und von Gemischen, kann entweder

- auf Basis der experimentell ermittelten Prüfdaten gemäß dem Einstufungsleitfaden oder
- nach den Übertragungsgrundsätzen von Anhang I der CLP-VO

erfolgen. Experimentell ermittelte Prüfdaten haben grundsätzlich Vorrang vor der Einstufung nach den Übertragungsgrundsätzen. Nicht zulässig ist die experimentelle Prüfung zur Ermittlung der

- karzinogenen/krebserzeugenden
- keimzellmutagenen/erbgutverändernden
- reproduktionstoxischen/fortpflanzungsgefährdenden

Eigenschaft. Diese müssen nach den Übertragungsgrundsätzen eingestuft werden. Den Übertragungsgrundsätzen nach CLP-Verordnung ist vergleichbar die konventionelle Methode zur Einstufung von Zubereitungen nach der Zubereitungsrichtlinie, siehe Abschnitt 2.5.3.2.

Erfolgt die Einstufung auf Basis der Zusammensetzung des Stoffes bzw. des Gemisches / der Zubereitung auf Basis der Übertragungsgrundsätze / der konventionellen Methode, ist zwischen additiven und nicht-additiven Eigenschaften zu unterscheiden.

Additive Eigenschaften sind

- akute Toxizität aufgrund von Gesundheitsgefahren,
- Ätz-, Reizwirkung auf die Haut und am Auge,
- Reizwirkung am Atemtrakt (STOT akut, Kat. 3),
- Aspirationsgefahr und
- akute Toxizität aufgrund von Umweltgefahren.

Nicht-additive Eigenschaften sind

- Sensibilisierung,
- karzinogene/krebserzeugende,
- keimzellmutagene/erbgutverändernde,
- reproduktionstoxische/fortpflanzungsgefährdende,
- spezifische Zielorgantoxizität, akut und wiederholt, Kategorie 1 und 2.

Überschreitet ein Inhaltsstoff mit diesen Eigenschaften den Einstufungsgrenzwert, wird der Stoff bzw. das Gemisch / die Zubereitung eingestuft. Sind mehrere Komponenten mit der gleichen Eigenschaft unterhalb des Einstufungsgrenzwertes vorhanden, werden diese nicht aufaddiert und die Summe zur Einstufung herangezogen.

Inhaltsstoffe müssen bei Anwendung der Übertragungsgrundsätze nur berücksichtigt werden, wenn ihre Konzentration die Berücksichtigungsgrenzwerte von Tabelle 2.33, überschreitet.

Tabelle 2.33 Allgemeine Berücksichtigungsgrenzwerte nach Anhang I CLP-VO.

Gefahrenklassen	Allgemeine Berücksichtigungsgrenzwerte
akute Toxizität, Kategorie 1 bis 3	0,1 %
akute Toxizität, Kategorie 4	1 %
Ätz- / Reizwirkung auf die Haut	1 %
Ätz- / Reizwirkung auf das Auge	1 %
akut wassergefährdend Kategorie 1	0,1 %
chronisch wassergefährdend Kategorie 1	0,1 %
chronisch wassergefährdend Kategorie 2 bis 4	1 %

2.5.2

Einstufung von Stoffen**2.5.2.1 Einstufung nach dem Definitionsprinzip**

Alle Stoffe, die von der EG nicht eingestuft wurden und in Anhang VI der CLP-Verordnung [2] aufgeführt sind, hat der Hersteller oder Einführer eigenverantwortlich auf Basis der verfügbaren Stoffdaten einzustufen. Hierbei sind alle verfügbaren Informationen zu berücksichtigen, z. B.

- Informationen aufgrund praktischer Erfahrungen,
- Ergebnisse von eigenen Prüfungen oder von Dritten,
- gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse, z. B.
 - Informationen aus Altstoffprogrammen,
 - sonstige Veröffentlichungen und
- die in einem Zulassungsverfahren gewonnenen Erkenntnisse, z. B. nach Pflanzenschutzmittelgesetz.

Auf Basis der verfügbaren Prüfdaten und bekannten Eigenschaften ist die Einstufung in die

- Gefahrenklassen und Kategorien und

die Auswahl

- der H-Sätze sowie für die Kennzeichnung die zutreffenden P-Sätze,
- des Gefahrenpiktogramms bzw. der Gefahrenpiktogramme und
- des Signalworts

gemäß den Kriterien von Anhang I der CLP-Verordnung vorzunehmen, siehe Abschnitte. 2.2 bis 2.4.

Die Einstufung nach TRGS 905 [4] als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend ist bei Stoffen zu berücksichtigen, falls für diese keine Legaleinstufung (siehe Abschnitt 2.5.2.2) vorliegt.

Da es für die überwiegende Mehrheit der hergestellten und verwendeten Stoffe keine Einstufung gemäß Anhang VI der CLP-Verordnung gibt, spielt die eigenverantwortliche Einstufung der Inverkehrbringer, Importeure oder Hersteller die entscheidende Rolle. Im Rahmen von REACH [10] sind bei der Registrierung einvernehmliche Einstufungen zu erarbeiten. Diese werden von der europäischen Chemikalienagentur ECHA in ein zentrales Register eingestellt. Nach Abschluss des REACH-Verfahrens in 2018 liegen für den überwiegenden Anteil der hergestellten und verwendeten Stoffe einvernehmliche Einstufungen vor.

Wenn bei speziellen Einstufungen nach Anhang VI Tabelle 3.2, siehe Abschnitt 2.5.2.2, ein Eintrag vorhanden ist, handelt es sich um eine sogenannte „Mindesteinstufung“. In diesen Fällen erfolgte die Einstufung von den zuständigen EG-Gremien nicht auf Basis der tatsächlichen Stoffdaten, sondern lediglich in Anwen-

derung der Übersetzungstabelle von Anhang VII der CLP-Verordnung. Bei vorliegenden experimentellen Daten sind diese für die Einstufung heranzuziehen und nicht die MindestEinstufung. Zumindest bis zum Ende der Registrierungsfrist der REACH-Verordnung in 2018 ist in diesen Fällen eine nicht harmonisierte Einstufung gegeben.

2.5.2.2 Einstufung nach dem Listenprinzip

Anhang VI der CLP-Verordnung [2] enthält 2 Stofflisten:

- Tabelle 3.1 mit den CLP-Einstufungen nach dem sogenannten „Mindesteinstufungsprinzip“ und
- Tabelle 3.2, in der die Legaleinstufungen nach der bisherigen Stoffrichtlinie 67/548/EWG wiedergegeben sind.

Der bisherige Anhang I Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] wurde weitgehend inhaltsgleich in Anhang VI Tabelle 3.2 der CLP-Verordnung [2] überführt. Da Zubereitungen noch bis zum 01.06.2015 nach der Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG [3] eingestuft werden dürfen, wird die Einstufung von Stoffen nach der Stoffrichtlinie bis zu diesem Zeitpunkt benötigt. Abweichungen von dieser Einstufung sind grundsätzlich nicht zulässig.

Da sich die Einstufungsgrundsätze nach CLP-Verordnung und Stoffrichtlinie insbesondere bei der akuten Toxizität, der spezifischen Zielorgantoxizität und bei entzündbaren Flüssigkeiten teilweise signifikant unterscheiden, siehe Abschnitte 2.1 bis 2.4, wurden diese Eigenschaften in Tabelle 3.1 mit einem oder mehreren * markiert. Die Einstufungen dieser Eigenschaften erfolgt nicht auf Basis der tatsächlichen experimentellen Daten, sondern nach dem vereinfachten Prinzip der MindestEinstufung. Bei vorliegenden experimentellen Daten sind diese zu berücksichtigen und gegebenenfalls gemäß den tatsächlichen Stoffeigenschaften schärfer einzustufen.

Bei bestimmten Gefahrenklassen, z.B. STOT, krebserzeugend, reproduktionstoxisch, ist die Einstufung nach dem Expositionsweg zu differenzieren. Da die Daten für einen Ausschluss von Expositionswegen nicht vorlagen, wurden diese Eigenschaften mit ** gekennzeichnet.

Bei reproduktionstoxischen Stoffen ist zwischen Entwicklungsschädigung (H360D oder H361d) und Fertilitätsschädigung (H360F oder H361f) zu unter-

Tabelle 2.34 Bedeutung der „Stern-Einträge“ nach Anhang VI Tabelle 3.1 CLP-Verordnung [2].

Stern	Bedeutung
*	MindestEinstufung für akut toxische Einstufung
**	ein Ausschluss von Expositionswegen wurde nicht vorgenommen
***	Einstufung als Reproduktionstoxizität erfolgte nur auf Basis der bisherigen R-Sätze
****	korrekte Einstufung der physikalischen Eigenschaften war wegen fehlender Daten nicht möglich

scheiden. Erfolgte nach Anhang I der Stoffrichtlinie eine Einstufung nur mit R-Sätzen R60 bzw. R62 oder R61 bzw. R63, wurden diese Einstufungen mit *** versehen, da nicht bekannt war, ob die jeweils andere Eigenschaft geprüft und nicht vorhanden ist oder keine Einstufung erfolgte, da sie nicht geprüft wurde.

Bei einigen physikalischen Eigenschaften konnte die korrekte Einstufung wegen fehlender Daten nicht vorgenommen werden. Dies kann sowohl zu einer niedrigeren als auch höheren Kategorie, als auch zu einer anderen Gefahrenklasse führen. Diese Eigenschaften sind mit **** markiert. Tabelle 2.34 fasst die Bedeutung der unterschiedlichen „Stern-Einträge“ zusammen.

Nach den Kennzeichnungsprinzipien der CLP-Verordnung kann nicht bei allen Eigenschaften dem H-Satz die eindeutige Einstufung entnommen werden. Beispielsweise wird bei den cmr-Eigenschaften der gleiche H-Satz für Kategorie 1A und 1B verwendet, siehe Abschnitt 2.3. Die Differenzierung in Kategorie 1A und 1B kann Anhang VI Tabelle 3.1 der CLP-Verordnung entnommen werden, siehe Abbildung 2.26 bzw. 2.27.

Abbildung 2.31 zeigt exemplarisch eine Seite aus Anhang VI Tabelle 3.1, in Abbildung 2.32 ist die ähnliche Seite aus Tabelle 3.2 dargestellt.

Mit EG-Verordnung 790/2009 [1] vom 10.08.2009 wurde die 1. Änderungsverordnung der CLP-Verordnung veröffentlicht, die spätestens seit dem 01.12.2010 anzuwenden ist. Neben zahlreichen Neueinstufungen wurde die Einstufung vieler Stoffe geändert. Mit der 1. Änderungsverordnung wurden die sogenannte 30. und 31. ATP der bisherigen Stoffrichtlinie 67/548/EWG umgesetzt, mit der 2. Änderungsverordnung 286/2011 [9] wurde nur in Tabelle 3.1 die Einstufung von 4 Stoffen korrigiert die wesentlichen Änderungen betrafen die Kennzeichnung ozonschädigender Stoffe durch Einführung des neuen H-Satzes H420 und der Kennzeichnung mit dem Piktogramm GHS07 (Ausrufezeichen), siehe Abschnitt 2.4.1.

Zusätzlich enthält die Stoffliste von Anhang VI Tabelle 3.2 die stoffspezifischen Konzentrationsgrenzen zur Einstufung von Zubereitungen, die abweichend von den allgemeinen Konzentrationsgrenzwerten gelten.

Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fortpflanzungsgefährdenden Stoffen ist in Deutschland zusätzlich TRGS 905 [6] zu beachten. Diese enthält sowohl Einstufungen zu Stoffen zu den vorgenannten Gefährlichkeitsmerkmalen, die noch nicht legal von der EG eingestuft wurden, als auch abweichende Festlegungen. Letztere gelten nicht für die Einstufung und Kennzeichnung beim Inverkehrbringen, da die Einstufungen der EG abschließend und verbindlich sind. Diese Erkenntnisse sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung bei der innerbetrieblichen Verwendung zu beachten. Bei Stoffen ohne Legaleinstufung stellt die TRGS 905 gesicherte wissenschaftliche Erkenntnis dar und daher bei der Einstufung und Kennzeichnung auch beim Inverkehrbringen zu berücksichtigen.

Index-Nr.	Internationale chemische Bezeichnung	EG-Nummer	CAS-Nummer	Einstufung			Kennzeichnung			Spezifische Konzentrationsgrenzen, M-Faktoren	Anmerkungen
				Gefahrenklasse, Gefahrenkategorie und Gefahrenkodierung	Kodierung der Gefahrenhinweise	Piktogramm, Kodierung der Signalworte	Kodierung der Gefahrenhinweise	Kodierung der ergänzenden Gefahrenmerkmale			
024-004-00-7	sodium dichromate	234-190-3	10588-01-9	Ox. Sol. 2 Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 * Acute Tox. 3 * Acute Tox. 4 * STOT RE 1 Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H272 H350 H340 H360FD H330 H301 H312 H372** H314 H334 H317 H400 H410	GHS03 GHS06 GHS05 GHS08 GHS09 Dgr	H272 H350 H340 H360FD H330 H301 H312 H372** H314 H334 H317 H410		Resp. Sens. 1; H334: C ≥ 0,2 % Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,2 % STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %		
027-002-00-4	cobalt oxide	215-154-6	1307-96-6	Acute Tox. 4 * Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410		M=10		
027-003-00-X	cobalt sulfide	215-273-3	1317-42-6	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410		M=10		
027-004-00-5	cobalt dichloride	231-589-4	7646-79-9	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 1B Acute Tox. 4 * Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350i H341 H360F*** H302 H334 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350i H341 H360F*** H302 H334 H317 H410		Carc. 1B; H350i: C ≥ 0,01 % M=10	1	
027-005-00-0	cobalt sulfate	233-334-2	10124-43-3	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 1B Acute Tox. 4 * Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350i H341 H360F*** H302 H334 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350i H341 H360F*** H302 H334 H317 H410		Carc. 1B; H350i: C ≥ 0,01 % M=10	1	

Abb. 2.31 Auszug aus Tabelle 3.1, Anhang VI CLP-VO

Abb. 2.32 Auszug aus Tabelle 3.2, Anhang VI CLP-Vo

Index-Nr.	Internationale chemische Bezeichnung	EG-Nummer	CAS-Nummer	Einstufung	Kennzeichnung	Spezifische Konzentrationsgrenzen	Anmerkungen
017-012-00-7	calcium hypochlorite	231-908-7	7778-54-3	O; R8 C; R34 Xn; R22 R31 N; R50	O; C; N R: 8-22-31-34-50 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R37/38-41: 3 % ≤ C < 10 % Xi; R36: 0,5 % ≤ C < 3 % N; R50: C ≥ 2,5 %	
017-026-00-3	chlorine dioxide	233-162-8	10049-04-4	O; R8 R6 T+; R26 C; R34 N; R50	O; T+; N R: 6-8-26-34-50 S: (1/2-)23-26-28-36/37/39-38-45-61	N; R50: C ≥ 2,5 %	5
017-026-01-0	chlorine dioxide ... %	233-162-8	10049-04-4	T; R25 C; R34 N; R50	T; N R: 25-34-50 S: (1/2-)23-26-28-36/37/39-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R37/38: 3 % ≤ C < 10 % Xi; R36: 0,3 % ≤ C < 10 % N; R50: C ≥ 2,5 %	B
024-004-00-7	sodium dichromate	234-190-3	10588-01-9	O; R8 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23 Xn; R21 C; R34 R42/43 N; R50-53	O; T+; N R: 45-46-60-61-8-21-25-26-34-42/43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61	C; R34: C ≥ 25 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 % R42/43: C ≥ 0,2 %	E
027-002-00-4	cobalt oxide	215-154-6	1307-96-6	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
027-003-00-X	cobalt sulfide	215-273-3	1317-42-6	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	

2.5.3

Einstufung von Gemischen und Zubereitungen

Bis zum 01.06.2015 dürfen Zubereitungen noch nach der Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG [3] eingestuft werden, spätestens ab diesem Zeitpunkt sind die Prinzipien von Anhang I der CLP-Verordnung [2] verbindlich.

Sowohl nach CLP-Verordnung als auch nach der Zubereitungsrichtlinie können Gemische / Zubereitungen entweder

- experimentell geprüft oder
- nach generischen Grundsätzen

eingestuft werden.

Grundsätzlich kann der Einstufer zwischen beiden Prinzipien wählen, mit folgenden Ausnahmen:

- die physikalisch-chemischen Eigenschaften sind grundsätzlich zu prüfen
- karzinogene, keimzellmutagene und reproduktionstoxische Eigenschaften dürfen nicht geprüft werden.

2.5.3.1 Einstufungen von Gemischen nach Anhang I CLP-Verordnung

Werden die gefährlichen Eigenschaften von Gemischen experimentell geprüft, gelten die gleichen Einstufungskriterien wie für Stoffe, siehe hierzu insbesondere die Abschnitte 2.2 bis 2.4. Auf eine detaillierte Betrachtung wird daher verzichtet, die für einige Eigenschaften geltenden speziellen Regelungen sind Anhang I unmittelbar zu entnehmen.

Die Einstufungsgrundsätze für Gemische nach CLP-Verordnung und Zubereitungen Nach EG-RL 199/45/EG unterscheiden sich erheblich.

Zur Bestimmung der Einstufung von Gemischen, die nicht experimentell geprüft wurden, sind in Anhang I der CLP-VO sogenannte Übertragungsgrundsätze definiert. Dieses als „Bridging“ bezeichnete Konzept umfasst die Elemente

- Verdünnung,
- Chargenanalogie,
- Konzentrierung hochgefährlicher Gemische,
- Interpolation innerhalb einer Toxizitätskategorie,
- im Wesentlichen ähnliche Gemische und
- Aerosole.

Im Rahmen der **Verdünnung** wird unterstellt, dass ein Verdünnungsmittel zugesetzt wird, das eine vergleichbare oder niedrigere Einstufung als die am wenigsten gefährliche Komponente des Gemisches besitzt. Das Gemisch kann als Ergebnis entweder

- gleich wie das Ausgangsgemisch oder
- gemäß den Vorschriften der Gemisch-, Verdünnungsregeln

eingestuft werden. Gravierende Unterschiede in Bezug zu den Einstufungsgrundsätzen von Gemischen bestehen hierbei nicht.

Bei der **Chargenalogie** wird akzeptiert, dass unterschiedliche Chargen bei der Herstellung des gleichen Stoffes sich zwar rein analytisch unterscheiden, diese Unterschiede aber nicht zu einer differierenden Einstufung führen.

Bei den Übertragungsgrundsätzen wird die Einstufung von Gemischen auf Basis logischer Prinzipien beschrieben, auf die weiteren Grundsätze wird im Rahmen dieser Ausführungen nicht weiter eingegangen.

Im Gegensatz zur Zubereitungsrichtlinie kennt die CLP-Verordnung keine allgemeinen Einstufungsgrenzwerte; mit Ausnahme der Grenzwerte für die folgenden Gefahrenklassen:

- karzinogen,
- keimzellmutagen,
- reproduktionstoxisch,
- spezifische Zielorgantoxizität,
- sensibilisierend und
- ätzend oder reizend.

In Tabelle 2.35 und 2.36 sind die allgemeinen Konzentrationsgrenzwerte der genannten Gefahrenklassen aufgeführt. Sind in Anhang VI für spezielle Stoffe spezifische Konzentrationsgrenzwerte angegeben, haben diese Vorrang vor diesen allgemeinen Einstufungsgrenzwerten.

Bei einigen Stoffklassen, wie beispielsweise Tensiden, kann das Additivitätsverfahren zur Bestimmung einer ätzenden Wirkung nicht angewendet werden. Gemäß Tabelle 2.37 ist die Einstufung der Gemische in diesen Fällen in Abhängigkeit der Konzentration und dem pH-Wert der ätzenden Komponente vorzunehmen.

Die Einstufungsgrundsätze der akuten Toxizität von Gemischen nach CLP-Verordnung unterscheiden sich signifikant von denen der Zubereitungsrichtlinie. Das Additivitätsverfahren ist getrennt für jeden Aufnahmepfad, oral – dermal – inhalativ, durchzuführen. Allein hierdurch erhöht sich der rechnerische Aufwand zur Einstufung von Gemischen signifikant. Liegen bei den Gemischkomponenten unterschiedliche Prüfungsergebnisse für die verschiedenen Aufnahmepfade vor, können diese als formale Datenlücken gewertet und hierdurch zusätzliche Probleme ausgelöst werden.

Zur Berechnung der Einstufung wird der sogenannte „Schätzwert der akuten Toxizität“ verwendet, abgekürzt ATE (acute toxicity estimate). Bei vorliegenden experimentellen Daten ist dieser ATE identisch mit dem LD₅₀-Wert oral, dermal bzw. dem LC₅₀-Wert. Liegt für ein Gemisch nur die Einstufung, nicht jedoch die tatsächliche experimentell ermittelte akute Toxizität vor, ist der ATE gemäß der Gemischeinstufung nach Tabelle 2.38 festzulegen.

Tabelle 2.35 Allgemeine Konzentrationsgrenzwerte für cmr-, sensibilisierende und STOT Eigenschaften.

Eigenschaft	Kategorie	Einstufungs-konzentration	Kategorie	Einstufungs-konzentration
karzinogen	1A, 1B	0,1 %	2	1 %
keimzellmutagen	1A 1B	0,1 %	2	1 %
reproduktionstoxisch	1A, 1B	0,3 %	2	3 %
hautsensibilisierend	1	1 % ¹⁾		
atemwegssensibilisierend	1	1 % ¹⁾ 0,2 % ¹⁾	fest/flüssig gasförmig	
STOT, Kat. 1	1	10 %	2	1 %
STOT, Kat. 2	2	10 %		

¹⁾ ab 0,1 % ist ein Sicherheitsdatenblatt zur Verfügung zu stellen

Tabelle 2.36 Allgemeine Konzentrationsgrenzwerte für ätzende/reizende Eigenschaften.

Eigenschaft	hautätzend	hautreizend	schwere Augenschäden	augenreizend
hautätzend ¹⁾	H314 ≥ 5 %	H315 ≥ 1 % – 5 %	H318 ≥ 3 %	H319 ≥ 1 – 3%
hautreizend		≥ 10 %		
augenreizend				≥ 10 %

Tabelle 2.37 Einstufung von Gemischen auf Basis der pH-Werte bei Nicht-Additivität.

Bestandteil	Konzentration	Einstufung Gemisch
pH ≤ 2	1 %	Kat. 1 hautätzend
pH ≥ 11,5	1 %	Kat. 1 hautätzend
andere Kat. 1-Stoffe	1 %	Kat. 1 hautätzend
andere Kat. 2-Stoffe	3 %	Kat. 2 hautätzend

Wie Tabelle 2.38 direkt entnommen werden kann, liegt der Festlegung der ATE-Werte ein sehr konservativer Ansatz zugrunde; in vielen Fällen sind sie identisch mit der niedrigsten Einstufungskonzentration einer Kategorie (siehe Kategorie 2 oral und dermal oder Kategorie 2 und 3 Stäube), oder liegen nur geringfügig darüber.

Zur Bestimmung der Einstufung für Gemische auf Basis der vorliegenden akuten Toxizitäten der Einzelkomponenten ist für jede Komponente der Quotient aus Konzentration und dem LD₅₀ bzw. LC₅₀ zu bilden; ersatzweise kann auch der ATE-Wert benutzt werden. Die Quotienten sind aufzusummieren und der ATE des Gemisches zu berechnen. Enthält ein Gemisch weniger als 10 % Inhaltsstoffe mit unbekannter akuter Toxizität, erfolgt die Berechnung des ATE gemäß Abbildung 2.33.

Tabelle 2.38 Umrechnungswerte der akuten Toxizität gemäß Tabelle 3.1.2 Anhang I CLP-VO.

Expositionsweg		Einstufungskategorie oder im Versuch ermittelter Bereich der ATE	Umrechnungswert der akuten Toxizität
oral (mg/kg Körpergewicht)	0	< Kategorie 1 ≤ 5	0,5
	5	< Kategorie 2 ≤ 50	5
	50	< Kategorie 3 ≤ 300	100
	300	< Kategorie 4 ≤ 2.000	500
dermal (mg/kg Körpergewicht)	0	< Kategorie 1 ≤ 50	5
	50	< Kategorie 2 ≤ 200	50
	200	< Kategorie 3 ≤ 1.000	300
	1.000	< Kategorie 4 ≤ 2.000	1.100
Dämpfe (mg/l)	0	< Kategorie 1 ≤ 0,5	0,05
	0,5	< Kategorie 2 ≤ 2,0	0,5
	2,0	< Kategorie 3 ≤ 10,0	3
	10,0	< Kategorie 4 ≤ 20,0	11
Stäube / Nebel (mg/l)	0	< Kategorie 1 ≤ 0,05	0,005
	0,05	< Kategorie 2 ≤ 0,5	0,05
	0,5	< Kategorie 3 ≤ 1,0	0,5
	1,0	< Kategorie 4 ≤ 5,0	1,5
Gase (ppmV=ml/m ³)	0	< Kategorie 1 ≤ 100	10
	100	< Kategorie 2 ≤ 500	100
	500	< Kategorie 3 ≤ 2.500	700
	2.500	< Kategorie 4 ≤ 20.000	4.500

$$ATE_{\text{mix}} = \frac{100}{\sum_n \frac{C_i}{ATE_i}}$$

C_i: Konzentration von Bestandteil i in %
n: Anzahl der Bestandteile
ATE_i: akuter Schätzwert von Komponente i

Abb. 2.33 Formel zur Berechnung des ATE-Wertes bei weniger als 10 % unbekannte Inhaltsstoffe

$$ATE_{\text{mix}} = \frac{100 - \sum C_{\text{unbekannt}}}{\sum_n \frac{C_i}{ATE_i}}$$

C_i: Konzentration von Bestandteil i in %
n: Anzahl der Bestandteile
ATE_i: akuter Schätzwert von Komponente i

Abb. 2.34 Formel zur Berechnung des ATE-Wertes bei mehr als 10 % unbekannte Inhaltsstoffe

Sind mehr als 10 % Inhaltsstoffe bzw. deren akute Toxizitäten unbekannt, ist die Konzentration der unbekanntenen Komponenten zu subtrahieren und die Berechnung Abbildung 2.34 vorzunehmen.

2.5.3.2 Einstufungen von Zubereitungen nach der Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG

Die Einstufung von Zubereitungen ist nach den Vorschriften der EG-Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG [3] noch bis zum 01.06.2015 zulässig. Werden Zubereitungen experimentell geprüft, sind die Einstufungsgrundsätze von Anhang VI

der Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] heranzuziehen. Eine Beschreibung dieser Einstufungsgrundsätze ist in den Abschnitten 2.2 bis 2.4 beschrieben.

Die in der Praxis häufig benutzte konventionelle Methode stellt ein pragmatisches Verfahren zur Berechnung der Einstufung von Zubereitungen dar. Hierbei ist zwischen additiven und nicht additiven Eigenschaften zu unterscheiden.

Die **additiven** Eigenschaften werden in die folgenden Gruppen unterteilt:

- akut letale Wirkung (Kennzeichnung mit R20 bis R28),
- akut nicht letale Wirkungen nach einmaliger Exposition (R39 und R68),
- schwerwiegende Wirkungen nach wiederholter oder längerer Exposition (R48)
- ätzende oder reizende Wirkung (R34, R35, R36 bis R38 und R41) und
- umweltgefährlich (R50 bis R53).

Unter die **nicht additiven** Eigenschaften fallen die

- sensibilisierenden (R42 und R43),
- krebserzeugenden (R45, R49 und R40),
- erbgutverändernden (R46 und R68) und
- fortpflanzungsgefährdenden (R60 bis R63) Eigenschaften.

Bei der konventionellen Methode erfolgt die Bewertung der Gesundheits- oder Umweltgefahren unter Anwendung entweder der stoffspezifischen, gelistet in Anhang VI Tabelle 3.2 oder falls keine festgelegt, unter Anwendung der allgemeingültigen Konzentrationsgrenzwerte. Allgemeine Konzentrationsgrenzwerte sind in Anhang II der Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG für folgende toxische Eigenschaften festgelegt, jeweils getrennt für fest / flüssig und gasförmig:

- akut letal,
- irreversibel nicht letale Wirkung nach einmaliger Exposition (R39 bzw. R68),
- schwerwiegende Wirkungen nach wiederholter oder längerer Exposition (Stoffe mit R48),
- ätzend,
- reizend,
- krebserzeugend,
- erbgutverändernd,
- fortpflanzungsgefährdend und
- sensibilisierend.

Aufgrund der nur noch begrenzten Bedeutung werden diese nur für die akut letalen Eigenschaften, siehe Tabelle 2.39, und für die ätzenden, reizenden dargestellt, siehe Tabelle 2.40.

Die allgemeinen Einstufungsgrenzwerte für krebserzeugende und erbgutverändernde Eigenschaften unterscheiden sich nicht von Grenzwerten der CLP-Verordnung, siehe Tabelle 2.35. Abweichend von Tabelle 2.35 gelten für die

Tabelle 2.39 Allgemeine Einstufungsgrenzwerte fester Zubereitungen aufgrund akut letaler Wirkung.

Einstufung		Einstufung feste Zubereitung [c_G : Gew. %]	
Stoff	T+	T	Xn
T+	$c_G \geq 7 \%$	$1 \% \leq c_G < 7 \%$	$0,1 \% \leq c_G < 1 \%$
T		$c_G \geq 25 \%$	$3 \% \leq c_G < 25 \%$
Xn			$c_G \geq 25 \%$

Tabelle 2.40 Allgemeine Einstufungsgrenzwerte fester Zubereitungen aufgrund ätzender, reizender Wirkung.

Einstufung		Einstufung Zubereitung [c_G : Gew. %]		
Stoff	C, R 35	C, R 34	X, R 41	Xi, R 36-38
C, R 35	$c_G \geq 10 \%$	$5\% \leq c_G < 10 \%$	$c_G \geq 5 \%$	$1 \% \leq c_G < 5 \%$
C, R 34			$c_G \geq 10 \%$	$c_G \geq 10 \%$ $0,5 \% \leq c_G < 5 \%$
Xi, R 41			$c_G \geq 10 \%$	$c_G \geq 25 \%$
Xi, R 36-38				$c_G \geq 20 \%$

fortpflanzungsgefährdenden Eigenschaften allerdings 0,5 % anstelle 0,3 % für die Kategorie 1 oder 2 und 5 % anstelle 3 % für die Kategorie 3.

Beinhaltet eine Zubereitung mehrere gefährliche Stoffe mit additiven Eigenschaften, muss die Einstufung durch Anwendung eines Berechnungsverfahrens unter Berücksichtigung der stoffspezifischen oder der allgemeinen Einstufungsgrenzwerte berechnet werden. Die Einstufung von Zubereitungen mit mehreren gefährlichen Inhaltsstoffen erfolgt in mehreren Schritten:

- Für jeden Inhaltsstoff: Berechnung des Quotienten aus Prozentgehalt [P] des Stoffes in der Zubereitung und seinem (stoffspezifischen oder allgemein gültigen) Grenzwert [L].
- Diese Quotientenbildung ist für jede additive Eigenschaft getrennt durchzuführen.
- Für jede additive Eigenschaft sind die einzelnen Quotienten getrennt aufzuzusummieren.
- Die Zubereitung muss gemäß der betrachteten Eigenschaft eingestuft werden, wenn die Summe dieser Quotienten größer oder gleich eins ist.

Die Berechnungsformeln für die sehr giftigen oder die giftigen Eigenschaften können den Abbildungen 2.33 oder 2.34 entnommen werden. Die Berechnung der ätzenden, reizenden oder umweltgefährlichen Eigenschaft erfolgt grundsätzlich nach dem gleichen Prinzip und soll im Rahmen dieses Lehrbuchs nicht weiter ausgeführt werden. Bei der Anwendung dieser Berechnungsformeln haben selbstverständlich die stoffspezifischen Konzentrationsgrenzen gemäß Anhang VI Tabelle 3.2 [2] Vorrang vor den allgemeingültigen Konzentrationsgrenzen.

Eine Zubereitung ist als sehr giftig einzustufen, wenn die Summe der Quotienten aus Konzentration des Inhaltsstoffes und seiner Einstufungskonzentration als sehr giftig (entweder 7 % gemäß Tabelle 2.39 oder der stoffspezifische Wert nach EG-Richtlinie Anhang VI Tabelle 3.2) größer 1 ist.

$$\sum \left(\frac{P_{T+}}{L_{T+}} \right) \geq 1$$

P_{T+} : Gewichtsprozent jedes sehr giftigen Stoffes in der Zubereitung

L_{T+} : der für jeden sehr giftigen Stoff festgelegte Grenzwert [%]

Eine Zubereitung ist beispielsweise als giftig einzustufen, wenn die Einzelkonzentration aller sehr giftigen Inhaltsstoffe unter der Einstufungskonzentration für sehr giftig liegt und die Summe der Quotienten aus Konzentration des Inhaltsstoffes und der Einstufungskonzentration für giftig (bei sehr giftigen Stoffen beträgt diese 1 % nach Tabelle 3.39 für giftige Stoffe 25 %) größer 1 ist.

$$\sum \left(\frac{P_{T+}}{L_T} + \frac{P_T}{L_T} \right) \geq 1$$

P_{T+} : Gewichtsprozent jedes sehr giftigen Stoffes in der Zubereitung

P_T : Gewichtsprozent jedes giftigen Stoffes in der Zubereitung

L_T : der für jeden sehr giftigen oder giftigen Stoff festgelegte Grenzwert [%].

2.6

Kennzeichnung gefährlicher Stoffe und Gemische bzw. Zubereitungen

Gefährliche Stoffe müssen seit dem 01.12.2010 nach der CLP-Verordnung eingestuft und gekennzeichnet werden. Für Gemische bzw. Zubereitungen besteht für die Kennzeichnung analog den Einstufungsgrundsätzen eine Wahlfreiheit bezüglich der Anwendung der Vorschriften der CLP-Verordnung oder der Zubereitungsrichtlinie.

Die Kennzeichnung gefährlicher Stoffe oder Gemische soll die elementaren Informationen über die gefährlichen Eigenschaften und die notwendigen grundlegenden Schutzmaßnahmen vermitteln. Insbesondere dem Gefahrenpiktogramm bzw. Gefahrensymbol kommt hierbei die Funktion zu, durch Form und grafische Gestaltung eine Abstufung der Gefährlichkeit auszudrücken. Da den berufsmäßigen Verwender als wichtigste Informationsquelle das Sicherheitsdatenblatt zur Verfügung steht, richtet sich die Kennzeichnung ausdrücklich auch an die Allgemeinbevölkerung. Die Kennzeichnung soll daher alle potenziellen Gefahren, die bei der gebräuchlichen Handhabung und Verwendung auftreten können, berücksichtigen.

2.6.1

Kennzeichnung nach CLP-Verordnung

Artikel 17 der CLP-Verordnung legt fest, dass alle gefährlichen Stoffe oder Gemische ein Kennzeichnungsetikett mit folgenden Inhalten besitzen müssen:

- Name, Anschrift und Telefonnummer des Herstellers, Importeurs oder Lieferanten und
- Produktidentifikator.

In Abhängigkeit der Einstufung sind in Übereinstimmung mit den Vorschriften von Anhang I, siehe Abschnitte 2.2 bis 2.4, mit aufzuführen:

- Gefahrenpiktogramme,
- Signalwort,
- Gefahrenhinweise, einschließlich der EUH-Sätze, siehe Tabelle 2.41 und
- Sicherheitshinweise.

Sind gefährliche Stoffe oder Gemische für die breite Öffentlichkeit bestimmt, ist zusätzlich anzugeben, falls nicht auf der Verpackung anderweitig vermerkt,

- die Nennmenge des Stoffes oder Gemisches in den Verpackungen.

Der **Produktidentifikator** ist bei Listenstoffen nach Anhang VI der dort aufgeführte Stoffname, ansonsten ist der von CAS vergebene oder der IUPAC-Name zu verwenden. Bei Gemischen sind neben dem Handelsnamen die Namen der Inhaltsstoffe aufzuführen, die zu einer Einstufung aufgrund einer Gesundheitsgefahr geführt haben.

Als **Signalwort** ist entweder

- Gefahr oder
- Achtung

auszuwählen, in Abhängigkeit der unterschiedlichen Eigenschaften der Stoffe bzw. der Gemische ist jeweils das höherwertige Signalwort (Gefahr vor Achtung) festzulegen.

Die **Gefahrenhinweise** sind entsprechend den Einstufungskriterien auszuwählen. Die **Sicherheitshinweise** sind gemäß den Einstufungskriterien von Anhang I festzulegen. Sind mehr als sechs Sicherheitshinweise nach den Einstufungsgrundsätzen vorgesehen, sind die sechs wichtigsten auszuwählen.

Nach Artikel 24 sind Gemische, die nicht als gefährlich einzustufen sind, und

- Blei über 0,15 %,
- Cyanacrylat,
- Zement mit einem Gehalt von mehr als 0,0002 % lösliches Cr-VI,

Tabelle 2.41 Spezielle EUH-Sätze.

EUH	Bedeutung
EUH001	In trockenem Zustand explosionsgefährlich
EUH006	Mit und ohne Luft explosionsfähig
EUH014	Reagiert heftig mit Wasse
EUH018	Kann bei Verwendung explosionsfähig e/ entzündbare Dampf / Luft-Gemische bilden
EUH019	Kann explosionsfähige Peroxide bilden
EUH044	Explosionsgefahr bei Erhitzen unter Einschluss
EUH029	Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase
EUH031	Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase
EUH032	Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase
EUH066	Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen
EUH070	Giftig bei Berührung mit den Augen
EUH071	Wirkt ätzend auf die Atemwege
EUH201	Achtung! Enthält Blei. Nicht für den Anstrich von Gegenständen verwenden, die von Kindern gekaut oder gelutscht werden könnten
EU201A	Achtung! Enthält Blei (bis 125 ml)
EUH202	Cyanacrylat. Gefahr. Klebt innerhalb von Sekunden Haut und Augenlider zusammen. Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen
EUH203	Enthält Chrom (VI). Kann allergische Reaktionen hervorrufen
EUH204	Enthält Isocyanate. Kann allergische Reaktionen hervorrufen
EUH205	Enthält epoxidhaltige Verbindungen. Kann allergische Reaktionen hervorrufen
EUH206	Achtung! Nicht zusammen mit anderen Produkten verwenden, da gefährliche Gase (Chlor) freigesetzt werden können
EUH207	Achtung! Enthält Cadmium. Bei der Verwendung entstehen gefährliche Dämpfe. Hinweise des Herstellers beachten. Sicherheitsanweisungen einhalten
EUH208	Enthält Name des sensibilisierenden Stoffes. Kann allergische Reaktionen hervorrufen
EUH209	Kann bei Verwendung leicht entzündbar werden
EUH209A	Kann bei Verwendung entzündbar werden
EUH210	Sicherheitsdatenblatt auf Anfrage erhältlich
EUH401	Zur Vermeidung von Risiken für Mensch und Umwelt die Gebrauchsanleitung einhalten

- Isocyanate,
- Epoxyverbindungen mit einem Molekulargewicht unter 700 Dalton,
- mehr als 1 % aktives Chlor,
- Cadmiumlegierungen zum Weich- oder Hartlöten sowie
- sensibilisierende Inhaltsstoffe über 0,1 %

enthalten, mit einem speziellen Aufdruck zu kennzeichnen. Ergänzend muss der Produktidentifikator Name, Anschrift und Telefonnummer des Herstellers, Importeurs oder Lieferanten enthalten.

Bei Verpackungen mit einem Inhalt bis zu 125 ml brauchen keine Gefahren- und Sicherheitshinweise auf dem Kennzeichnungsschild angebracht zu werden, wenn der Stoff oder das Gemisch eingestuft ist als

- entzündbares Gas der Kategorie 2,
- entzündbare Flüssigkeit der Kategorien 2 oder 3,
- entzündbarer Feststoff der Kategorien 1 oder 2,
- Stoff, der bei Berührung mit Wasser entzündbare Gase abgibt, der Kategorien 2 oder 3,
- entzündend (oxidierend) wirkende Flüssigkeit der Kategorien 2 oder 3,
- entzündend (oxidierend) wirkender Feststoff der Kategorien 2 oder 3,
- akut toxisch der Kategorie 4, sofern keine Abgabe an die breite Öffentlichkeit erfolgt,
- hautreizend der Kategorie 2,
- augenreizend der Kategorie 2,
- akut gewässergefährdend der Kategorie 1 oder
- chronisch gewässergefährdend der Kategorien 1, 2, 3 und 4.

2.6.2

Kennzeichnung nach Zubereitungsrichtlinie

Für die Kennzeichnung sind die Inhalte gemäß EG-Zubereitungsrichtlinie in der jeweils gültigen Fassung heranzuziehen, Abbildung 2.35 gibt die wesentlichen Inhalte wieder:






Bezeichnung der Zubereitung	Die gefährlichen Inhaltsstoffe sind aufzuführen
Gefahrensymbol mit Gefahrenbezeichnung	Maximal 3 Symbole: → toxikologische Eigenschaften  → Physikalisch-chemische Eigenschaften  → umweltgefährlich Rangfolge: T+ > T > C > Xn > Xi E > F+ > F > O
R – Sätze	Gefahrenhinweise
S – Sätze	Sicherheitsratschläge
 Name,  Anschrift,  Telefonnummer	des Inverkehrbringers oder Importeurs
EG-Nummer	EINECS (Altstoffinventar) ELINCS (Neustoffinventar)
„EG-Kennzeichnung“	Bei Listenstoffen nach Anhang VI CLP-VO

Abb. 2.35 Inhalte der Kennzeichnung gemäß Zubereitungsrichtlinie

Neben der **Bezeichnung** der Zubereitung müssen die chemischen Bezeichnungen der gefährlichen Inhaltsstoffe angegeben werden. Die Bezeichnung legal eingestufter Stoffe muss nach Tabelle 3.2 Anhang VI CLP-Verordnung erfolgen. Sind in der Stoffliste mehrere Namen genannt, kann einer davon ausgewählt werden. Aufgeführte Stoffe sind nach einer international anerkannten Nomenklatur zu bezeichnen.

Die **Gefahrensymbole** und die **Gefahrenbezeichnungen** von Stoffen sind gemäß Anhang VI Tabelle 3.2 der CLP-Verordnung [2] zu übernehmen. Bei nicht gelisteten Stoffen erfolgt die Einstufung und Kennzeichnung gemäß den Kriterien, die in Abschnitt 2.5.3 beschrieben sind.

Hat eine Zubereitung mehrere gefährliche Eigenschaften, sind die Gefahrensymbole nach der folgenden Priorität auszuwählen:

T+	> T	> C	> Xn	> Xi
E	> F+	> F	> O	

Unter Berücksichtigung einer möglicherweise vorhandenen umweltgefährlichen Eigenschaft können somit maximal 3 Gefahrensymbole notwendig werden.

Während die Gefahrensymbole nur die Hauptgefahren wiedergeben, sollen die speziellen Gefahren durch die standardisierten R-Sätze erläutert werden. Die angesichts der gefährlichen Eigenschaften zu ergreifenden Vorsichtsmaßnahmen werden durch die ebenfalls standardisierten S-Sätze ausgedrückt. Hat ein Stoff oder eine Zubereitung mehrere gefährliche Eigenschaften, sind die R-Sätze nach folgenden Kriterien auszuwählen:

Durch die R- und S-Sätze müssen alle erforderlichen Informationen mitgeteilt werden. Zur besseren Übersicht sollen die notwendigen Informationen in möglichst wenigen Sätzen ausgedrückt werden.

Zur Kennzeichnung der Gesundheitsgefahren

- muss der R-Satz angegeben werden, der das Gefahrensymbol bestimmt hat,
- müssen Gesundheitsgefahren, die nicht durch ein Symbol ausgedrückt sind, mit aufgeführt werden.

Bei den physikalisch-chemischen Eigenschaften können die R-Sätze für

- hochentzündlich oder
- leichtentzündlich

entfallen, wenn die gefährliche Eigenschaft damit hinreichend bezeichnet ist.

Bei Zubereitungen sind in der Regel zur Beschreibung der besonderen Gefahren vier R-Sätze und vier S-Sätze ausreichend; alle wesentlichen Gefahren müssen jedoch abgedeckt sein. Die eventuell notwendigen R- und S-Sätze für Umweltgefahren sind noch zusätzlich anzugeben.

Zwei aufeinanderfolgende R-Sätze werden durch einen Bindestrich „-“ getrennt, während eine Kombination von R-Sätzen durch den Schrägstrich „/“ symbolisiert und nur als ein R-Satz gezählt wird.

Die S-Sätze sollen auf die wichtigsten Arbeitsschutzmaßnahmen hinweisen. Die nach der Stoffrichtlinie 67/548/EWG festgelegten obligatorischen S-Sätze können Tabelle 2.42 entnommen werden.

Tabelle 2.42 Obligatorische S-Sätze nach EG-Richtlinie.

Nr.	S-Satz	Anzuwenden bei
S1	Unter Verschluss aufbewahren (wenn für Öffentlichkeit bestimmt)	T+, T, C
S3	Kühl aufbewahren	organische Peroxide, Stoffe mit Sdp. < 40°C
S5	Unter ... aufbewahren (inertes Gas vom Hersteller anzugeben)	metallorganische Verbindungen
S7	Behälter dicht geschlossen halten (Stoffe, die Gase mit diesen Eigenschaften freisetzen können)	T+, T, Xn, F+
S13	Von Nahrungsmitteln, Getränken + Futtermitteln fernhalten	T+, T, Xn
S14	Von ... fernhalten	organische Peroxide, reaktive Stoffe
S15	Vor Hitze schützen	Monomere
S16	Von Zündquellen fernhalten – Nicht rauchen	F+, F
S22	Staub nicht einatmen	gesundheitsgefährdende Stäube
S24	Berührung mit der Haut vermeiden	gesundheitsgefährdende, haut-resorptive Stoffe
S25	Berührung mit den Augen vermeiden	C, Xi
S26	Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen	C, Xi, wenn R 41, R 6
S28	Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel (muss konkretisiert werden)	T+, T, C
S33	Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladung treffen	F+ F
S36	Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung tragen	T+, T, Xn, cmr
S37	Geeignete Schutzhandschuhe tragen	T+, T, Xn, cmr
S39	Schutzbrille / Gesichtsschutz tragen	T+, T
S45	Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt zuziehen (wenn möglich dieses Etikett vorzeigen)	T+, T, C
S46	Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen	alle außer T+, T, C, N
S53	Exposition vermeiden - vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen	cmr

c: krebserzeugende Stoffe der Kategorie 1 oder 2

m: erbgutverändernde Stoffe der Kategorie 1 oder 2,

r: fortpflanzungsgefährdende Stoffe der Kategorie 1 oder 2

Verharmlosende Angaben auf der Kennzeichnung, wie

- nicht giftig,
- nicht gesundheitsschädlich,
- nicht kennzeichnungspflichtig,
- nicht schädlich bei bestimmungsgemäßigem Gebrauch und
- nicht umweltgefährlich

sind nicht zulässig.

Die **Größe der Kennzeichnung** ist in der EG-Stoffrichtlinie [1] festgelegt:

- bis 3 L mindestens 52 × 74 mm
- von 3 bis 50 L mindestens 74 × 105 mm
- von 50 bis 500 L mindestens 105 × 148 mm
- über 500 L mindestens 148 × 210 mm.

Die Kennzeichnung für Kleinmengen unter 250 ml muss angemessen groß sein, bei größeren Gebinden sind die Mindestabmessungen je nach Verpackungsgröße festgelegt. Die Größe jedes Symbols muss mindestens 10 % der Kennzeichnungsfläche einnehmen, mindestens jedoch 1 cm². Befinden sich die gekennzeichneten Gebinde in einer Umverpackung, muss diese nur nach den Transportvorschriften gemäß gekennzeichnet werden.

Die Kennzeichnung ist so anzubringen, dass sie

- augenfällig und
- für den Verwender gut lesbar ist,

wenn die Verpackung in der vorgesehenen Weise abgestellt wird.

Bei Kennzeichnung von Zubereitungen nach der Richtlinie 1999/45/EG, muss auf der Verpackung zur Abgabe an den privaten Endverbraucher von Zubereitungen, die als sehr giftig (T+), giftig (T) oder ätzend (C) eingestuft sind, eine allgemein verständliche Gebrauchsanweisung angebracht werden. Ist dies technisch nicht möglich, muss die Gebrauchsanweisung der Verpackung beigelegt werden.

2.6.3

Spezielle Kennzeichnungsvorschriften

Für spezielle Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse sind in Anhang XVII der REACH-Verordnung [10] spezielle Kennzeichnungsvorschriften festgelegt, die unmittelbar zu beachten sind u.a. für:

- asbesthaltige Zubereitungen,
- cyanacrylathaltige Erzeugnisse,
- Erzeugnisse, die tri- oder höherchlorierte Biphenyle (PCB) oder
- polychlorierte Terphenyle (PCT)

Sonderkennzeichnungen sind im Wesentlichen in der in Anhang XVII der REACH-Verordnung festgelegt. Zubereitungen und Erzeugnisse mit den Stoffen

- *Chloroform, Tetrachlormethan, Trichlorethan, Tetrachlorethan, Pentachlorethan, Dichlorethen,*
- *Teeröle (Kreosot, Krosotöl, Destillate), Naphthalinöl, Anthracenöl, Teersäuren*

müssen zusätzlich mit der Aufschrift gekennzeichnet werden:

„Nur zur Verwendung in Industrieanlagen“

Nach Anhang XVII der REACH-Verordnung [10] müssen

- krebserzeugende und erbgutverändernde Stoffe und Zubereitungen der Kategorie 1 oder 2 und
- Stoffe und Zubereitungen, die *β-Naphthylamin, 4-Aminobiphenyl, Benzidin, 4-Nitrobiphenyl* oder deren Salze enthalten,

zusätzlich die folgende Aufschrift tragen:

„Nur für gewerbliche Verwender“

Weitere Sonderkennzeichnungen gelten für:

- *asbesthaltige* Zubereitungen und Erzeugnisse,
- *bleihaltige* Zubereitungen mit einem Massengehalt an *Blei* > 0,15 %,
- *cadmiumhaltige* Zubereitungen und Legierungen zum Löten,
- cyanacrylathaltige Zubereitungen,
- isocyanathaltige Zubereitungen,
- *Pentachlorphenol* und pentachlorphenolhaltige Zubereitungen,
- *zinnorganische* Verbindungen und deren Zubereitungen,
- Zubereitungen mit *epoxidhaltigen* Verbindungen mit Molekulargewicht ≤ 700 ,
- Erzeugnisse, die *Formaldehyd* freisetzen,
- Erzeugnisse, die trichlorierte oder höherchlorierte *Biphenyle (PCB)*, polychlorierte *Terphenyle (PCT)* oder deren Zubereitungen enthalten,
- Wasch-, Reinigungs- und Pflegemittel, die *Formaldehyd* enthalten und
- Zubereitungen, die mehr als 1 % Aktivchlor enthalten.

2.6.4

Ausnahmen von den Kennzeichnungsvorschriften

Gemäß Anhang I Nr. 1.5.2 der CLP-Verordnung müssen die Gefahren- und die Sicherheitshinweise bei folgenden Gefahrenkategorien nicht zwingend auf dem Etikett aufgeführt werden:

- oxidierende Gase, Kategorie 1
- Gase unter Druck
- entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 2 oder 3
- entzündbare Feststoffe, Kategorie 1 oder 2
- selbstzersetzliche Stoffe oder Gemische, Typen C bis F
- selbsterhitzungsfähige Stoffe oder Gemische, Kategorie 2
- Stoffe oder Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase der Kategorie 1, 2 oder 3 entwickeln
- oxidierende Flüssigkeiten, Kategorien 2 oder 3
- organische Peroxide, Typen C bis F
- akute Toxizität Kategorie 4, falls keine Abgabe an breite Öffentlichkeit
- hautreizend, Kategorie 3
- augenreizend, Kategorie 2
- spezifische Zielorgantoxizität Kategorie 2 und ggf. 3, falls keine Abgabe an breite Öffentlichkeit
- gewässergefährdend, akut, Kategorie 1
- gewässergefährdend, chronisch, Kategorie 1 oder 2.

Gemäß § 20 Gefahrstoffverordnung kann **auf Antrag bei der zuständigen Behörde** auf eine Kennzeichnung beim Inverkehrbringen ganz oder teilweise für Stoffe oder Zubereitungen mit den Eigenschaften

- brandfördernd,
- leichtentzündlich,
- entzündlich,
- gesundheitsschädlich
- reizend und
- umweltgefährlich

verzichtet werden, wenn aufgrund der geringen Menge eine Gefährdung nicht befürchtet werden muss.

3

Gefährdungsbeurteilung und Beurteilungsgrundlagen

3.1

Rechtliche Grundlagen

§ 5 Arbeitsschutzgesetz [1] verpflichtet den Arbeitgeber die mit der Arbeit verbundenen Gefährdungen zu ermitteln und die notwendigen Schutzmaßnahmen festzulegen. Abs. 2 konkretisiert, dass bei gleichartigen Tätigkeiten die Beurteilung eines Arbeitsplatzes ausreicht. Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung, die festgelegten Schutzmaßnahmen sowie deren Wirksamkeitsüberprüfung ist nach § 6 Arbeitsschutzgesetz zu dokumentieren.

In Konkretisierung der Forderung des Arbeitsschutzgesetzes nimmt die Ermittlung und Beurteilung der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen nach § 6 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [2] eine zentrale Rolle ein. Durch weitgehend wörtliche Übernahme der EG-Agenzienrichtlinie 98/24/EG [3] sind die folgenden Einflussparameter bei der Gefährdungsbeurteilung gemäß § 6 Abs. 1 GefStoffV zu berücksichtigen:

- 1) gefährliche Eigenschaften der Stoffe oder Zubereitungen,
- 2) Informationen des Herstellers oder Inverkehrbringers zum Gesundheitsschutz und zur Sicherheit, insbesondere im Sicherheitsdatenblatt nach § 5,
- 3) Ausmaß, Art und Dauer der Exposition unter Berücksichtigung aller Expositionswege; dabei sind die Ergebnisse nach § 7 Abs. 8 zu berücksichtigen,
- 4) physikalisch-chemische Wirkungen,
- 5) Möglichkeiten einer Substitution,
- 6) Arbeitsbedingungen und Verfahren, einschließlich der Arbeitsmittel und der Gefahrstoffmenge,
- 7) Arbeitsplatzgrenzwerte und biologische Grenzwerte,
- 8) Wirksamkeit der getroffenen oder zu treffenden Schutzmaßnahmen,
- 9) Schlussfolgerungen aus durchgeführten arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen.

Darüber hinaus ist festgelegt, dass Tätigkeiten mit Gefahrstoffen erst erfolgen dürfen, wenn die Gefährdungsbeurteilung durchgeführt und die notwendigen Schutzmaßnahmen umgesetzt wurden.

3.2

Durchführung der Gefährdungsbeurteilung

Die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung gliedert sich in mehrere Schritte:

- 1) Ermittlung der gefährlichen Eigenschaften,
- 2) Prüfung, ob weniger gefährliche Produkte verfügbar sind,
- 3) Ermittlung der Gefährdungen, einschließlich der inhalativen und dermalen Exposition,
- 4) Beurteilung der Gefährdung.

Zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung sind alle Gefahrstoffe zu ermitteln und in einem Gefahrstoffverzeichnis aufzulisten. Gemäß Definition umfasst der Begriff Gefahrstoff nicht nur gekennzeichnete Stoffe und Gemische/Zubereitungen, sondern auch Produkte, die bei der Verwendung gefährliche Produkte freisetzen, explosionsfähig sind, auf sonstige Art und Weise chronisch schädigen können oder einen Arbeitsplatzgrenzwert haben, siehe Abschnitt 5.2.1. Es wird daher empfohlen, alle gehandhabten Stoffe oder Gemische unabhängig ihrer Eigenschaften aufzulisten. Das **Gefahrstoffverzeichnis** muss nach § 6 Abs. 10 Gefahrstoffverordnung folgende Angaben beinhalten:

- Bezeichnung des Gefahrstoffs,
- Einstufung oder Angaben zu den gefährlichen Eigenschaften, bevorzugt durch Angabe der H- bzw. R-Sätze und Gefahrenpiktogramme bzw. Gefahrensymbole,
- Mengbereich und
- Arbeitsbereich/Betriebsteil.

Zur vereinfachten Identifikation ist die Aufnahme von betriebsinternen Produktnummern und die CAS-Nummer hilfreich, desgleichen haben sich in der Praxis weitere zusätzliche produktspezifische Angaben, wie z. B. die Wassergefährdungsklasse (siehe Abschnitt 5.8) bewährt. Zu den hergestellten oder verwendeten Mengen reicht die Angabe in logarithmischer Darstellung, z. B. 1 bis 10 t/a, 10 bis 100 t/a aus. Kleinmengen müssen nicht aufgeführt werden, falls von diesen nur eine „geringe Gefährdung“ ausgeht, siehe Abschnitt 5.2.3. Dies ist beispielsweise bei Arbeiten in Laboratorien bei Beachtung der Laborrichtlinie oder bei Verwendung von Haushaltschemikalien in haushaltsüblichen Mengen der Fall. In Gefahrstofflagern ist ein Gefahrstoffverzeichnis daher grundsätzlich zu führen.

In Umsetzung der Forderung der Agenzienrichtlinie [3] ist im Gefahrstoffverzeichnis auf die Sicherheitsdatenblätter zu verweisen, die den Beschäftigten zugänglich sein müssen. Dies kann z. B. durch Zugriff auf ein internes Datenbanksystem umgesetzt werden oder unter Nennung einer Zentralstelle, bei der alle Sicherheitsdatenblätter aufbewahrt und für die Mitarbeiter einsehbar sind.

Die Ermittlung der Eigenschaften der verwendeten Stoffe oder Gemische/Zubereitungen kann mit größerem Aufwand verbunden sein. Bei eingestuftem Stoffen und Gemischen/Zubereitungen stellen die Kennzeichnung und das Si-

cherheitsdatenblatt die wesentlichen Informationsquellen dar. Bei Zweifel an der Einstufung sowie bei selbst hergestellten oder nicht gekennzeichneten Produkten muss in den üblicherweise zugänglichen Informationsquellen recherchiert werden. Hierzu zählen die

- einschlägigen EU-Verordnungen, insbesondere Anhang VI der CLP-Verordnung [4], REACH-Verordnung [5], insbesondere Anhang XIV (Kandidaten- und Autorisierungsliste) und Anhang XVII (Beschränkungsliste),
- einschlägigen EU-Richtlinien, insbesondere bis zum Ablauf der Übergangsfrist am 01.06.2015 die Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG [6],
- Verordnungen der Berufsgenossenschaften (VBG),
- Informationen und Regeln der Berufsgenossenschaften (BGI und BGR),
- Merkblätter der Berufsgenossenschaften (M-Merkblätter) sowie die
- einschlägige Fachliteratur.

Zur Ermittlung der Stoffeigenschaften haben sich bewährt und werden empfohlen:

- Hommel, Handbuch der gefährlichen Güter [7],

sowie die über das Internet zugänglichen Datenbanken

- GisChem der BG-RCI [8] blank und
- GESTIS der DGUV [9].

Nur für Experten geeignet sind dagegen

- RTECS [10] und
- Tox-line [11],

da diese unbewertet alle Stoffdaten auflisten, unabhängig ihrer Validität.

Bei gekennzeichneten Stoffen oder Zubereitungen ist im Rahmen der Informationsermittlung zu prüfen, ob im Sicherheitsdatenblatt Anhaltspunkte vorliegen, die auf unvollständige oder fehlerhafte Angaben schließen lassen. Ist dies nicht der Fall kann davon ausgegangen werden, dass die Angaben auf der Kennzeichnung und im Sicherheitsdatenblatt zutreffen. Andernfalls ist beim Lieferanten nachzufragen oder selbst zu recherchieren, ob bei den oben bezeichneten Quellen weitergehende Informationen vorliegen.

Bei nicht gekennzeichneten Produkten ist die Ermittlung der Stoffeigenschaften schwieriger und komplizierter. Wenn vom Lieferanten kein Sicherheitsdatenblatt übermittelt wurde und auf der Verpackung die Aufschrift

- „Sicherheitsdatenblatt auf Anfrage erhältlich“

vorhanden ist, muss der Lieferant nach Artikel 31 Nr. 3 der REACH-Verordnung [5] auf Anfrage ein Sicherheitsdatenblatt übermitteln, das die Anforderungen von

Anhang 2 der REACH-Verordnung erfüllt. Nähere Hinweise zur Übermittlung von Sicherheitsdatenblättern sind in Abschnitt 4.2 ausführlich dargestellt.

Verbleiben Unklarheiten bezüglich möglicher Gefährdungen, hat der Inverkehrbringer die für den Arbeitsschutz notwendigen Informationen dem Verwender auf Anfrage auch für nicht gekennzeichnete Stoffe und Zubereitungen mitzuteilen.

Im nächsten Schritt ist zu prüfen, ob weniger gefährliche Produkte für den vorgesehenen Verwendungszweck verfügbar sind. Bei der Bewertung möglicher Ersatzstoffe sind neben den stoffintrinsic Eigenschaften insbesondere auch die unter den Verwendungsbedingungen vorhandenen Expositionsmöglichkeiten zu berücksichtigen. Zusätzlich zu den toxikologischen Eigenschaften sind die physikalisch-chemischen und umweltgefährlichen Eigenschaften zu berücksichtigen. Eine ausführliche Diskussion der Substitutionsproblematik findet sich in Abschnitt 3.2.3.

Auf Basis der Stoffeigenschaften und der Kenntnis der durchzuführenden Tätigkeiten sind die Gefährdungen zu ermitteln und zu beurteilen. Hierbei sind neben den Stoffeigenschaften zu berücksichtigen:

- Sicherheitsinformationen des Herstellers/Inverkehrbringers,
- Ausmaß, Art, Dauer der Exposition,
- physikalisch-chemische Wirkungen,
- Möglichkeit der Substitution,
- Arbeitsbedingungen, Verfahren, Arbeitsmittel und Stoffmenge,
- Arbeitsplatzgrenzwerte und biologische Grenzwerte,
- Wirksamkeit der getroffenen oder zu treffenden Schutzmaßnahmen und
- Schlussfolgerungen aus durchgeführten arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen.

In den folgenden Abschnitten wird die konkrete Vorgehensweise in Abhängigkeit der zugänglichen Produktinformationen beschrieben. Nach Ermittlung von

- Art der Exposition: inhalativ und/oder dermal,
- Höhe der Konzentration: im Atembereich sowie dermale Aufnahme,
- Dauer: kurzfristig, langfristig, einmalig oder wiederkehrend,
- physikalisch-chemischer Gefährdung

ist die Gefährdung zu beurteilen. Hierzu sind vorhandene Luftgrenzwerte, biologische Grenzwerte oder Explosionsgrenzen heranzuziehen.

Zusätzlich ist zu prüfen, ob eine Brand- oder Explosionsgefahr gegeben ist. In der Gefährdungsbeurteilung sind die

- inhalativen, aber auch
- dermalen und
- physikalisch-chemischen Gefährdungen

unabhängig voneinander zu beurteilen und zusammenfassend zu bewerten. Die Gefährdungsbeurteilung muss vor Aufnahme der Tätigkeiten durchgeführt werden und ist zu dokumentieren. In der Dokumentation sind die Gefährdungen zu beschreiben und die Maßnahmen darzulegen, die zum Schutz der Mitarbeiter zu ergreifen sind. Eine Aktualisierung ist bei maßgeblichen Änderungen oder aufgrund der Ergebnisse arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen vorzunehmen.

Das Arbeiten ohne vorliegende Gefährdungsbeurteilung ist nicht zulässig!

Die Gefahrstoffverordnung verfolgt formal einen Grenzwert unabhängigen Schutzstufenansatz. Die qualifizierte Ermittlung der Expositionssituation am Arbeitsplatz ist in der Praxis jedoch ohne quantitative oder zumindest halbquantitative Expositionsermittlung selten möglich. Zur Beurteilung der ermittelten Arbeitsplatzexpositionen sind akzeptierte Bewertungsmaßstäbe notwendig. Abschnitt 3.3 beschreibt die unterschiedlichen nationalen, europäischen und internationalen Arbeitsplatzgrenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz sowie die jeweiligen biologischen Grenzwerte.

Wegen ihrer zentralen Bedeutung muss die Gefährdungsbeurteilung von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Als Betreiberpflicht obliegt sie grundsätzlich dem Arbeitgeber. Besitzt dieser selbst nicht die notwendige Fachkunde, muss er sich fachkundig beraten lassen. Als Fachkundige werden exemplarisch die Sicherheitsfachkraft und der Betriebsarzt genannt. Führen andere Personen die Gefährdungsbeurteilung durch, müssen sie in Bezug auf die Gefährdungsbeurteilung über deren Kenntnisse verfügen. Ob die Kenntnisse von Sicherheitsfachkräften oder Arbeitsmedizinern chemiefremder Branchen für die Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Chemikalien, insbesondere in Bezug auf toxikologische und physikalisch-chemische Gefährdungen, tatsächlich ausreichen, kann nicht generell beantwortet werden. Gegebenenfalls kann eine zusätzliche Weiterqualifikation notwendig sein.

Die Konkretisierung der allgemeinen Vorgaben der Gefahrstoffverordnung wird in TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ [12] ausgeführt. In Abhängigkeit der vom Lieferanten übermittelten Informationen, z. B. durch Expositionsszenarien, Branchenleitfäden oder Empfehlungen der Berufsgenossenschaften, wird zwischen

- Gefährdungsbeurteilung bei vorgegebenen Maßnahmen – Standardisierte Arbeitsverfahren und
- Gefährdungsbeurteilung ohne vorgegebene Maßnahmen

unterschieden.

3.2.1

Gefährdungsbeurteilung bei vorgegebenen Maßnahmen

Die Gefährdungsbeurteilung kann bei vorgegebenen Maßnahmen, unabhängig ob diese vom Ordnungsgeber, den Berufsgenossenschaften, aus Branchenleitfäden oder vom Lieferanten stammen, wesentlich erleichtert werden.

Zu den standardisierten Arbeitsverfahren zählen

- verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK),
- stoffspezifische technische Regeln, z. B. für Blei und Nitrosamine,
- BG/BGIA-Empfehlungen,
- Branchenleitfäden und
- Expositionsszenarien der Lieferanten im erweiterten Sicherheitsdatenblatt.

Tätigkeits- und anwendungsbezogene verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) sind im Anhang von TRGS 420 [13] zusammengestellt. Folgende VSK wurden bisher veröffentlicht:

- 1) Weichlöten mit dem LötKolben an elektrischen und elektronischen Baugruppen oder deren Einzelkomponenten (Kolbenlöten),
- 2) Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) bei der Anwendung von Niedertemperatur-Dampf-Formaldehyd-(NTDF)-Verfahren zur Sterilisation im Gesundheitswesen,
- 3) „Umgang mit Lösemitteln im Siebdruck“ (LV24),
- 4) Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) „Augenoptikerhandwerk“,
- 5) Textilrecycling – Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und biologischen Arbeitsstoffen beim Recycling von Textilabfällen.

Die Anforderungen zum Erstellen von VSK sind im Hauptteil der TRGS 420 niedergelegt; aufgrund der sehr hohen Anforderungen an die Erstellung wurden bisher nur die fünf aufgeführten VSK verabschiedet.

Stoff- und tätigkeitsbezogene technische Regeln mit konkreter Festlegung der Schutzmaßnahmen können ebenfalls als vorgegebene Maßnahmen bei der Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden. Wie bei den VSK wurde bei diesen vom Ordnungsgeber, nach Beratung durch den Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), die Gefährdungsbeurteilung bereits durchgeführt. Bei Einhaltung der beschriebenen Arbeitsplatz- und Umgebungsbedingungen sowie bei gleichen Tätigkeiten kann gemäß Vermutungsprinzip der technischen Regeln die Gefährdungsbeurteilung übernommen werden. Zur Dokumentation, siehe Abschnitt 5.2, ist ein Verweis auf die TRGS ausreichend. Folgende stoffspezifischen technischen Regeln sind zurzeit publiziert:

TRGS 505 Blei [14]

TRGS 507 Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern [15]

TRGS 510 Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern [16]

- TRGS 511 Ammoniumnitrat [17]
- TRGS 512 Begasungen [18]
- TRGS 513 Begasungen mit Ethylenoxid und Formaldehyd in Sterilisations- und Desinfektionsanlagen [19]
- TRGS 517 Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Zubereitungen und Erzeugnissen [20]
- TRGS 519 Asbest: Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten [21]
- TRGS 520 Einrichtungen und Betrieb von Sammelstellen und zugehörigen Zwischenlagern für Kleinmengen gefährlicher Abfälle [22]
- TRGS 521 Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle [23]
- TRGS 522 Raumdesinfektion mit Formaldehyd [24]
- TRGS 523 Schädlingsbekämpfung mit sehr giftigen, giftigen und gesundheitsschädlichen Stoffen und Zubereitungen [25]
- TRGS 524 Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen [26]
- TRGS 525 Umgang mit Gefahrstoffen in Einrichtungen zur humanmedizinischen Versorgung [27]
- TRGS 526 Laboratorien [28]
- TRGS 528 Schweißtechnische Arbeiten [29]
- TRGS 530 Friseurhandwerk [30]
- TRGS 551 Teer und andere Pyrolyseprodukte aus organischem Material [31]
- TRGS 552 Nitrosamine [32]
- TRGS 553 Holzstaub [33]
- TRGS 554 Abgase von Dieselmotoremissionen [34]
- TRGS 555 Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten [35]
- TRGS 557 Dioxine [36]
- TRGS 558 Tätigkeiten mit Hochtemperaturwolle [37]
- TRGS 559 Mineralischer Staub [38]
- TRGS 560 Luftrückführung beim Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen [39]

Gemäß TRGS 526 [28] darf bei Einhaltung der Vorschriften davon ausgegangen werden, dass in Laboratorien die Luftgrenzwerte eingehalten sind und keine dermale Gefährdung besteht.

Eine umfassende Sammlung von empfohlenen Verfahren mit berufsgenossenschaftlich überprüften Gefährdungsbeurteilungen für spezielle Tätigkeiten können den **BG/BGIA-Empfehlungen**, neuerdings auch als „Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU)“ bezeichnet, entnommen werden. Die aktuelle Liste ist im Internet [40] verfügbar.

Bisher wurden die folgenden Empfehlungen publiziert:

- Abgasuntersuchung (AU) in Prüfstellen (Nr. 1024)
- Anästhesiearbeitsplätze: Aufwachräume (Nr. 1018)
- Anästhesiearbeitsplätze: Operationsräume (Nr. 1017)
- Desinfektion von Endoskopen und anderen Instrumenten (Nr. 1038)

- Einsatz von Bis-(N-Cyclohexyldiazoniumdioxy)-Kupfer-(CuHDO)-haltigen Holzschutzmitteln (Nr. 1023)
- Einsatz von Kaltschweißmitteln für PVC-Bodenbeläge (BGI/GUV-I-790-019)
- Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung (BIA-Report 4/2004)
- Einsatz von Straßenfräsen mit Absauganlage – Fräsen von Asphaltbelägen (BGI/GUV-I-790-020)
- Ethylenoxid-Sterilisation im medizinischen Bereich (Nr. 1011)
- Flächendesinfektion in Krankenhausstationen (Nr. 1039)
- Galvanotechnik und Eloxieren (BGI/GUV-I-790-016)
- Hartmetallarbeitsplätze (BGI/GUV-I-790-024)
- Hauptuntersuchungen und Sicherheitsprüfungen von Kfz in Prüfstellen amtlich anerkannter Überwachungsinstitutionen (Nr. 1036)
- Instandhaltungsarbeiten an Personenkraftwagen in Werkstätten (Nr. 1035)
- Kohlenmonoxid-Expositionen beim Einsatz von Flügelglättern (BGI/GUV-I-790-022)
- Manuelle Zerlegung von Bildschirmen- und anderen Elektrogeräten (Nr. 1037)
- Manuelles Kolbenlöten mit bleifreien Lotlegierungen in der Elektro- und Elektronikindustrie (BGI/GUV-I-790-25)
- Mehlstaub in Backbetrieben (Nr. 1025)
- Minimalmengenschmierung bei der Metallzerspanung (BGI/GUV-I-790-023)
- Spritzlackieren von Hand bei der Holzbe- und -verarbeitung (BGI/GUV-I-790-013)
- Tätigkeiten mit Toluol im Illustrationstiefdruck (BGI/GUV-I-790-017)
- Textilglasweberei (BGI/GUV-I-790-021)
- Verpackungstief- und Flexodruck mit Lösemittelfarben (BGI/GUV-I-790-018)
- Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen bei der Verarbeitung von Holz, Papier und Leder (BGI/GUV-I-790-015)
- Verwendung von Trichlorethylen bei der Prüfung von Asphalt – Siebturmverfahren (BGI/GUV-I-790-011)
- Verwendung von Trichlorethylen bei der Prüfung von Asphalt – Waschtrommelverfahren (BGI/GUV-I-790-010)
- Weichlöten mit dem LötKolben an elektrischen und elektronischen Baugruppen oder deren Einzelkomponenten (Kolbenlöten) (BGI/GUV-I-790-014)
- Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG-Schweißen) (BGI/GUV-I-790-012)

Die betrieblichen Verantwortlichen müssen sowohl bei Arbeiten nach den technischen Regeln als auch bei Anwendung der BG/BGIA-Empfehlungen prüfen, ob die eigenen betrieblichen Bedingungen und Schutzmaßnahmen mit den beschriebenen übereinstimmen. Trifft dies zu, kann davon ausgegangen werden, dass die jeweils formulierten Schutzziele erreicht sind.

Branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen können ebenfalls als standardisierte Arbeitsverfahren herangezogen werden. Hierzu zählen z. B. die Regeln und Informationen der Unfallversicherungsträger, Handlungsanleitungen zur guten Arbeitspraxis sowie Schutzleitfäden, Produkt- und Handlungsempfehlungen des Gefahrstoffinformationssystems der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft

Tabelle 3.1 Checkliste zur Überprüfung einer mitgelieferten Gefährdungsbeurteilung gemäß Anlage 2 TRGS 400.

Nr.	Inhalt	Bewertung
1	Werden Tätigkeiten entsprechend den vom Hersteller / Inverkehrbringer gemachten Angaben und Festlegungen durchgeführt?	Falls nein, muss eine eigenständige Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden.
2	Sind in der mitgelieferten Gefährdungsbeurteilung Angaben zu den folgenden Punkten enthalten:	Werden Angaben zur Einstufung und Kennzeichnung (R-/S-Sätze und Gefahrensymbol) des Produktes und der Inhaltsstoffe gemacht?
	a. gefährliche Eigenschaften der Stoffe oder Zubereitungen	Sind Hinweise enthalten, ob über die Kennzeichnung hinausgehende Gefährdungen zu erwarten sind? Sind bei fehlenden Prüfungen oder Bewertungen die gefährlichen Eigenschaften für die Empfehlung der Schutzmaßnahmen unterstellt worden?
	b. Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) und Biologische Grenzwerte (BGW)	Werden die Grenzwerte der TRGS 900 bzw. 903 genannt (Sicherheitsdatenblatt)? Für Gefahrstoffe ohne AGW oder BGW ist dieser Punkt nicht relevant.
	c. Informationen des Herstellers / Inverkehrbringers zum Gesundheitsschutz und zur Sicherheit	Liegt das Sicherheitsdatenblatt vor? Werden Angaben zu den Rahmenbedingungen für einen sicheren Einsatz des Produktes gemacht (z. B. konkrete Angaben zu persönlicher Schutzausrüstung, Lüftung)?
	d. Ausmaß, Art und Dauer der Exposition unter Berücksichtigung aller Expositionswege	Anmerkung: Werden bei Notwendigkeit des Einsatzes von Schutzhandschuhen keine Fabrikate genannt, müssen diese selbst ermittelt werden.
	e. physikalisch-chemische Wirkungen	Ist die inhalative Exposition am Arbeitsplatz und ggf. die Hautbelastung beschrieben?
	f. Arbeitsbedingungen und Verfahren, einschließlich der Arbeitsmittel und der Gefahrstoffmenge	Werden Angaben zu Flammpunkt und ggf. Explosionsgrenzen etc. gemacht?
	g. Möglichkeiten einer Substitution	Werden konkrete Angaben zu den Arbeitsbedingungen und zum Verfahren, in dem das Produkt eingesetzt wird, gemacht? Gegebenenfalls sind Informationen z. B. zur eingesetzten Produktmenge zu ergänzen.
	h. Wirksamkeit der getroffenen oder zu treffenden Schutzmaßnahmen	Werden Angaben gemacht, warum keine nicht oder weniger gefährlichen Produkte bzw. Verfahren eingesetzt werden können? Ist dies nicht der Fall, muss die Prüfung einer möglichen Substitution selbst vorgenommen werden.
	i. Wirksamkeit der getroffenen oder zu treffenden Schutzmaßnahmen	Werden Hilfestellungen zur Überprüfung der Wirksamkeit der beschriebenen Schutzmaßnahmen unter den in der mitgelieferten Gefährdungsbeurteilung gemachten Angaben und Festlegungen gegeben (z. B. Einhaltung der Grenzwerte)? Die Wirksamkeit der betrieblich eingesetzten Schutzmaßnahmen ist zu prüfen.
	i. Schlussfolgerungen aus durchgeführten arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen	In der Regel sind diese Informationen nicht Inhalt der mitgelieferten Gefährdungsbeurteilung, sondern müssen eigenständig ermittelt werden

(GISBAU), das Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (GisChem).

Insbesondere durch die erweiterten Sicherheitsdatenblätter nach Anhang II der REACH-Verordnung müssen für registrierte Stoffe in Mengen über 10 t pro Jahr Expositionsszenarien mitgeliefert werden. Nähere Einzelheiten zum Sicherheitsdatenblatt nach REACH sind in Abschnitt 4.2 dargestellt. Aufgrund des sehr unterschiedlichen Konkretisierungsgrades und der Qualität der beschriebenen Schutzmaßnahmen muss insbesondere bei den Expositionsszenarien geprüft werden, ob diese die Anforderungen an mitgelieferte Gefährdungsbeurteilungen erfüllen. Expositionsszenarien, die die Kriterien der Checkliste von Anlage 2 der TRGS 400, siehe Tabelle 3.1, erfüllen, können als mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung gewertet werden. Die Durchführung einer eigenen Gefährdungsbeurteilung kann in diesem Fall entfallen. Fehlen nur einige Elemente, können diese ergänzt und ansonsten auf die mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung verwiesen werden.

Da die dermale Exposition wesentlich für die innere Belastung ist, muss zusätzlich zur inhalativen Exposition die dermale Stoffaufnahme ermittelt und bewertet werden. Bei Stoffen ohne hautresorptive Eigenschaft ist der Hinweis hierauf ausreichend. Andernfalls kann dies durch Beschreibung der eingesetzten technischen Maßnahmen, die einen Hautkontakt ausschließen, oder durch Beschreibung der wirksamen Schutzkleidung erfolgen.

Im Rahmen der Expositionsszenarien finden sich auch quantitative Angaben zur Größe einer Hautbenetzung. Stimmen diese Angaben mit der eigenen Arbeitsplatzsituation überein, kann auf diese ebenfalls referenziert werden.

Zur Beurteilung der physikalisch-chemischen Gefährdungen sind Angaben z. B. von möglichen explosionsfähigen Atmosphären sowie deren Vermeidung notwendig. Entsprechende Angaben finden sich in Abschnitt 11 des Sicherheitsdatenblattes sowie zusätzlich in den Expositionsszenarien.

3.2.2

Gefährdungsbeurteilung ohne vorgegebene Maßnahmen

Sind keine standardisierten Arbeitsverfahren verfügbar, muss die Gefährdungsbeurteilung eigenverantwortlich durchgeführt werden. Gemäß den allgemeinen Vorgaben der Gefahrstoffverordnung sind sowohl die

- inhalativen,
- dermalen als auch
- physikalisch-chemischen

Gefährdungen zu ermitteln und zu bewerten.

Wird als Ergebnis der durchgeführten Gefährdungsbeurteilung eine „geringe Gefährdung“ festgestellt, müssen zahlreiche Vorgaben der Gefahrstoffverordnung nach § 6 Abs. 11 nicht umgesetzt werden, siehe Abschnitt 5.2.3. Eine Hilfestellung zur Ermittlung des Tatbestandes „geringe Gefährdung“ findet sich in TRGS 400 [12].

Eine weitere Möglichkeit zur Bewertung der Gefährdung kann mittels der technischen Dichtheit der Anlage gemäß TRGS 500 Anlage 2 [41] erfolgen. Wenn alle Funktionselemente einer Anlage, einschließlich aller Teilanlagen, oder das Arbeitsverfahren den **Verfahrensindex 0,25** besitzen, kann davon ausgegangen werden, dass weder eine relevante inhalative noch dermale Gefährdung vorhanden ist. Bei Stoffen mit Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) oder vergleichbarem Bewertungsmaßstab kann davon ausgegangen werden, dass keine relevante Exposition vorhanden ist und die Grenzwerte sicher eingehalten sind. Auf die Ermittlung der Exposition kann verzichtet werden. Im Rahmen der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung ist die Ableitung des Verfahrensindex nachvollziehbar zu begründen.

Erfüllen zumindest einzelne Funktionselemente, Teilanlagen oder Prozessschritte nicht die vorgenannten Kriterien, ist eine Ermittlung der inhalativen Exposition notwendig. Methoden zur Ermittlung der inhalativen Exposition sowie deren Beurteilung werden in TRGS 402 [42] beschrieben.

Zur Ermittlung der Exposition stehen folgende Verfahren zur Verfügung:

- Messung der Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz,
- Vergleich mit bekannten Expositionen ähnlicher Arbeitsplätze und
- Berechnung.

Bei unbekanntem oder komplexen Konzentrationssituationen stellt die **messtechnische Ermittlung** der Gefahrstoffexposition die wichtigste Methode zur Gefährdungsermittlung dar. Die korrekte Messstrategie ist entscheidend für Güte und Qualität der ermittelten Messergebnisse. Vom Leiter einer Messstelle wird daher eine spezielle Fachkunde gefordert, unabhängig, ob es sich um eine inner- oder außerbetriebliche Messstelle handelt, siehe hierzu TRGS 402 [42]. Eine ausführliche Beschreibung der unterschiedlichen Verfahren ist in Abschnitt 3.4 zu finden.

Wurde die Exposition an repräsentativen Arbeitsplätzen ermittelt, können die Ergebnisse auf gleichartige Arbeitsplätze übertragen werden. In der betrieblichen Praxis spielt der **Vergleich** mit ähnlichen Arbeitsplätzen eine wichtige Rolle. Beispielsweise muss beim Betrieb mehrerer gleichartiger Anlagen nur eine messtechnisch überprüft werden; die Ermittlungsergebnisse können unmittelbar auf die anderen übertragen werden.

Der **Berechnung** der Exposition sind enge Grenzen gesetzt. Auch wenn bei bekannter Stoffmenge mittels bekannter Freisetzungsrates die Luftkonzentration im Gleichgewichtszustand berechnet werden kann, sind die vorausgesetzten idealen Lüftungsverhältnisse in der Praxis oft nicht gegeben. Gleichwohl kann mit geeigneten Rechenmethoden in vielen Fällen die Größenordnung der Exposition mit guter Näherung abgeschätzt werden, womit wertvolle Informationen für die weitere Messstrategie gewonnen werden.

Unabhängig zur inhalativen ist die **dermale Exposition** zu ermitteln und zu beurteilen. Die grundsätzliche Vorgehensweise zur Ermittlung der dermalen Gefährdung wird in der TRGS 401 [43] „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“ beschrieben. Die unterschiedlichen Wirkungen

und Gefährdungen durch lokale Ätz- oder Reizwirkung im Gegensatz zur Gefährdung von resorptiv wirkenden Stoffen werden beschrieben. Ausführlich werden die unterschiedlichen Methoden zur Auswahl der geeigneten Chemikalien-Schutzhandschuhe dargestellt. Ein eigenes Kapitel ist den Hautschutzmitteln gewidmet. Hautschutzmittel stellen in der Regel keinen Ersatz für Schutzhandschuhe dar und bieten, von Ausnahmen abgesehen, z. B. Metallbearbeitung an drehenden Apparaten, keinen adäquaten Hautschutz. Durch eine verstärkte Resorption kann sogar die Aufnahme von Stoffen über die Haut deutlich verbessert werden. Die Auswahl erfordert Spezialkenntnisse, fachkundiger Rat ist unbedingt notwendig. Da bislang für die Beurteilung der dermalen Gefährdung geeignete Beurteilungsmaßstäbe fehlen, ist auch in der TRGS hierzu keine aussagefähige Strategie zu finden.

Die **Dokumentation** der Gefährdungsbeurteilung ist eine wichtige unternehmerische Aufgabe. In Ergänzung zur allgemeinen Dokumentationspflicht nach § 6 Arbeitsschutzgesetzes fordert § 6 Abs. 8 Gefahrstoffverordnung eine detaillierte Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung mit folgenden Angaben:

- 1) die Gefährdungen am Arbeitsplatz,
- 2) das Ergebnis der Prüfung auf Möglichkeiten einer Substitution nach Abs. 1 Satz 2 Nummer 4,
- 3) eine Begründung für einen Verzicht auf eine technisch mögliche Substitution, sofern Schutzmaßnahmen nach § 9 oder § 10 zu ergreifen sind,
- 4) die durchzuführenden Schutzmaßnahmen, einschließlich der zusätzlich bei Überschreitung eines Arbeitsplatzgrenzwerts ergriffenen Schutzmaßnahmen sowie geplanter weiterer Schutzmaßnahmen, die zukünftig zur Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwerts ergriffen werden sollen,
- 5) eine Begründung, wenn von den nach § 20 Abs. 4 bekannt gegebenen Regeln und Erkenntnissen abgewichen wird, und
- 6) die Ermittlungsergebnisse, die belegen, dass der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten wird oder – bei Stoffen ohne Arbeitsplatzgrenzwert – die ergriffenen technischen Schutzmaßnahmen wirksam sind.

Ergänzend hierzu werden in der TRGS 400 [12] aufgeführt:

- 1) Zeitpunkt und Personen, die die Gefährdungsbeurteilung durchgeführt haben oder daran beteiligt waren,
- 2) Arbeitsbereich und Tätigkeiten mit Gefahrstoffen,
- 3) die am Arbeitsplatz auftretenden inhalativen, dermalen oder physikalisch-chemischen Gefährdungen,
- 4) Häufigkeit der Tätigkeiten, Dauer der Exposition sowie zusätzliche Belastungsfaktoren, die relevant für eine erhöhte Aufnahme von Gefahrstoffen in den Körper sind (schwere körperliche Arbeit, hohe Temperatur),

- 5) die zur Beseitigung oder Verringerung erforderlichen technischen, organisatorischen und personenbezogenen Maßnahmen und die Wirksamkeitsprüfung der technischen Maßnahmen,
- 6) zusätzlich ergriffene Maßnahmen bei Überschreitung eines Arbeitsplatzgrenzwertes, sowie geplante weitere Maßnahmen, die zukünftig die Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes garantieren sollen,
- 7) Abweichungen von den nach § 20 GefStoffV bekannt gegebenen Regeln und Erkenntnissen,
- 8) Ermittlungsergebnisse, die belegen, dass der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten wird oder – bei Tätigkeiten ohne Arbeitsplatzgrenzwert – die ergriffenen technischen Schutzmaßnahmen wirksam sind,
- 9) das Ergebnis der Substitutionsprüfung nach TRGS 600,
- 10) Begründung für den Verzicht auf technisch mögliche Substitution bei Tätigkeiten mit Stoffen, für die ergänzende Schutzmaßnahmen nach §§ 9 und 10 GefStoffV ergriffen werden müssen.

Die vorgenannten Angaben müssen nicht zwingend in einem einzigen Dokument dargestellt werden. Ein wesentliches Element der Dokumentation sind die schriftlichen Betriebsanweisungen nach § 14 Gefahrstoffverordnung, in denen die Stoffeigenschaften sowie die technischen und persönlichen Schutzmaßnahmen aufzuführen sind. Desgleichen werden Expositionsergebnisse und Messbericht häufig separat in entsprechenden Datenbanken gespeichert. Beinhalten die Sicherheitsdatenblätter zusätzliche, wichtige Informationen, können diese zur Dokumentation der Stoffeigenschaften und Maßnahmen ebenfalls genutzt werden. Insbesondere können die Expositionsszenarien der erweiterten Sicherheitsdatenblätter als Dokumentation genutzt werden. Gemäß Artikel 36 der REACH-Verordnung [5] sind die Sicherheitsdatenblätter mindestens 10 Jahre nach der letzten Verwendung aufzubewahren.

Auf die detaillierte Dokumentation kann gemäß Abschnitt 3.2.1 verzichtet werden, wenn standardisierte Arbeitsverfahren verwendet werden.

3.2.3

Substitutionsprüfung

Eine zentrale Forderung der Gefahrstoffvorschriften stellt der Ersatz von Gefahrstoffen durch weniger gefährliche Stoffe dar. Die Ersatzstoffprüfung und die Substitution werden sowohl von der nationalen Gefahrstoffverordnung [2] als auch von den einschlägigen europäischen Vorschriften, z. B. Agenzienrichtlinie 98/24/EG [3], Krebsrichtlinie 2004/37/EG [44] und REACH-Verordnung [5] gefordert.

Zur Umsetzung der Substitutionsverpflichtung werden Kriterien benötigt, unter welchen Bedingungen Gefahrstoffe als weniger gefährlich anzusehen sind. Die ausschließliche Berücksichtigung der toxikologischen Eigenschaften ist hierfür

eindeutig nicht ausreichend. Neben den weiteren intrinsischen Stoffeigenschaften sind Höhe und Art der Exposition unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen entscheidend. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, ob Einsatzstoff bzw. Ersatzstoff lokale oder hautresorptive Eigenschaften besitzen. Die endgültige Entscheidung, ob ein Ersatz durch weniger gefährliche Stoffe möglich ist, muss durch Prüfung der Produkteigenschaften und Qualitätsanforderungen unter Anwendungsbedingungen erfolgen.

Der Ersatz von Gefahrstoffen durch weniger gefährliche Stoffe gliedert sich in mehrere unabhängige Schritte:

- 1) Ermittlung, ob alternative Gefahrstoffe existieren
- 2) Ermittlung der Stoffeigenschaften
- 3) Bewertung der gefährlichen Eigenschaften
- 4) Ermittlung der Verwendungsbedingungen, unter besonderer Berücksichtigung von Höhe, Dauer und Häufigkeit der Exposition (inhalativ und dermal)
- 5) Bewertung der Expositionsmöglichkeiten
- 6) Bewertung der technischen Eignung
- 7) Gesamtbewertung

Werden in Schritt 1 Stoffe ermittelt, die grundsätzlich als Ersatzstoffe in Frage kommen, sind in Schritt 2 deren intrinsische Eigenschaften zu ermitteln:

- toxikologische Eigenschaften,
- physikalische und physikalisch-chemische Eigenschaften,
- Freisetzungspotenzial und
- Umweltgefährdung.

Zur Bewertung der intrinsischen Eigenschaften verschiedener Stoffe müssen jeweils die gleichen Eigenschaften bewertbar sein. So kann ein Stoff, bei dem nicht die fortpflanzungsgefährdende Eigenschaft geprüft wurde bzw. nicht bewertbar ist, nicht als Ersatzstoff für einen Stoff mit möglicherweise fruchtbarkeits-schädigendem Potenzial gelten. Grundsätzlich ist auch hier der Arbeitsschutzgrundsatz heranzuziehen, dass nicht bewertbare Stoffeigenschaften als vorhanden unterstellt werden müssen.

Für die Bewertung der toxikologischen Eigenschaften von Stoffen ist im Anhang von TRGS 600 [45] ein komplexes **Wirkfaktorenmodell** beschrieben. Die Anwendung erfordert ausgeprägtes Expertenwissen und sollte nur von erfahrenen Fachleuten genutzt werden. Im Wirkfaktorenmodell werden den einzelnen toxikologischen Eigenschaften Wirkfaktoren zugeordnet; mit zunehmender Gefährdung steigen diese logarithmisch an. Beispiel: Wirkfaktor für gesundheitsschädliche Eigenschaft: 10, für giftig: 100, für sehr giftig: 1.000, für krebserzeugend, fortpflanzungsgefährdend Kategorie 1 oder 2: 50.000. Die Existenz von Wirkschwellen bei den reproduktionstoxischen sowie bei zahlreichen krebserzeugenden Stoffen wird hierbei vollkommen ignoriert. Im Vergleich zu den Faktoren für das Freiset-

zungspotenzial ist die logarithmische Skalierung fragwürdig, insbesondere bei der Korrelation zwischen sehr giftig und cmr-Eigenschaften!

Die umweltgefährlichen Eigenschaften spielen bei der Ersatzstoffdiskussion ebenfalls eine nicht zu vernachlässigende Rolle; nicht nur weil gewässergefährdende Eigenschaften aufwändige technische Maßnahmen zur Folge haben. Inwieweit eine hohe Gewässergefährdung wichtiger als toxikologische Eigenschaften zu bewerten ist, wurde bisher noch nicht diskutiert. Zweifelsohne dürfte ein stark gewässergefährdender Stoff, z. B. mit einem M-Faktor größer 10, schwerlich als Ersatzstoff für gesundheitsschädliche, nicht gewässergefährdende Stoffe infrage kommen, bei ansonsten vergleichbaren Eigenschaften. Desgleichen scheidet PBT- und vPvB-Stoffe als Ersatzstoffe aus.

Neben den toxikologischen Eigenschaften sind die physikalisch-chemischen und das Freisetzungspotenzial zu bewerten. Zu den relevanten physikalisch-chemischen Eigenschaften zählt die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre. Bei Flüssigkeiten spielt daher der Flammpunkt eine wichtige Rolle. Der Ersatz eines Stoffes mit Flammpunkt größer 55 °C durch einen leicht entzündbaren oder entzündbaren Stoff kann mit einer deutlichen Risikoerhöhung einhergehen.

Als weiteres wichtiges Kriterium ist das sogenannte Freisetzungspotenzial zu betrachten. Bei Flüssigkeiten wird es durch den Dampfdruck unter Verarbeitungsbedingungen bestimmt, bei Stäuben durch das Verstaubungsverhalten. Je feinteiliger ein Stoff ist, desto größer ist sein Freisetzungspotenzial; durch eine pastöse Applikationsform oder ggf. durch Einbinden in eine Matrix kann das Freisetzungspotenzial entscheidend erniedrigt werden. Zweifelsohne stellt festes, sehr giftiges Kaliumcyanid eine geringere Gesundheitsgefährdung am Arbeitsplatz dar als der giftige, aber gasförmige Ammoniak. Eine zahlenmäßige Gewichtung dieser Parameter analog den Wirkfaktoren ist nicht sinnvoll möglich und kann nur im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung erfolgen.

Neben den vorgenannten stoffintrinsic Eigenschaften sind die Verfahrensbedingungen zu berücksichtigen. Die Expositionsmöglichkeit geschlossener Anlagen ist signifikant niedriger als die offener Apparaturen. Daher kann die Verwendung toxischer Stoffe in vollkommen geschlossenen Anlagen eine Gesundheitsgefährdung ausschließen, der Ersatz durch weniger toxische Stoffe ist aus Sicht des Arbeitsschutzes nicht notwendig.

Die tatsächliche Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Stoffen / Produkten ergibt sich durch die Bewertung der stoffintrinsic Gefährdungspotenziale, kombiniert mit den Expositionsmöglichkeiten, üblicherweise als Verfahrensparameter bezeichnet. Werden Einsatzstoff und Ersatzstoff unter den gleichen Verfahrensbedingungen verwendet, spielt dieser keine Rolle. Gelegentlich erfordert der Einsatz alternativer Stoffe den Einsatz höherer Temperaturen, höherer Drücke zur Erzielung der notwendigen Eigenschaft. Naturgemäß wird die Expositionsmöglichkeit hierdurch wesentlich beeinflusst; das Gesamtrisiko kann sich deutlich auf die Seite des vermeintlich weniger gefährlichen Stoffes verschieben.

Für eine vergleichende Bewertung ist daher für den Einsatz- und Ersatzstoff jeweils das tatsächliche Risiko zu ermitteln und vergleichend zu bewerten. Die Ermittlung der Gefährdung, die von einem Stoff ausgeht, ist ein komplexer

Prozess und kann als Funktion der Risiken der einzelnen Parameter dargestellt werden.

Risiko = Funktion (tox. Eigenschaften, Umweltgefährdung, p-c-Eigenschaften, Freisetzungspotenzial, Verfahren)

Abbildung 3.1 stellt die relevanten Schritte anschaulich dar.

Im Gegensatz zum Wirkfaktorenmodell berücksichtigt das **Spaltenmodell** alle Einwirkungsparameter, neben den toxikologischen Eigenschaften zusätzlich die Umweltgefährdung, die physikalisch-chemischen Eigenschaften, das Freisetzungverhalten und die Verfahren im Sinne eines qualitativen Bewertungsverfahrens. Werden sowohl für den Ersatzstoff als auch für den zu ersetzenden Stoff die jeweiligen Eigenschaften in der Tabelle eingetragen und miteinander verbunden, können beide Stoffe anschaulich verglichen werden. Die Frage der Gewichtung der einzelnen Parameter zur Gesamtbewertung muss der Anwender eigenverantwortlich durchführen. Hilfestellungen zur Anwendung sind auf der Homepage des IFA [46] zu finden. Abbildung 3.2 zeigt das Spaltenmodell mit Anwendung nach der CLP-Einstufung.

Werden unterschiedliche Gemische bewertet ist darauf zu achten, dass nicht die toxikologischen Eigenschaften von Komponente 1 mit den physikalisch-chemischen Eigenschaften von Komponente 2 kombiniert werden. Der messbare Dampfdruck, Siedepunkt eines Gemisches resultiert nicht zwangsläufig aus dem toxikologisch

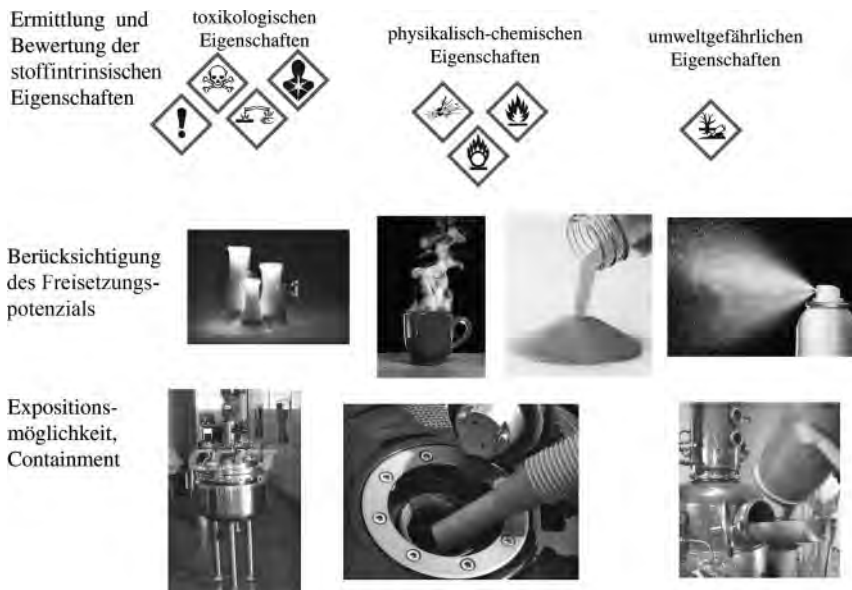


Abb. 3.1 Relevante Schritte zur Bewertung der Substitutionsmöglichkeit

1 Gefahr	2a Akute Gesundheitsgefahren (einmalige Einwirkung)	2b Chronische Gesundheitsgefahren (wiederholte Einwirkung)	3 Umweltgefahren ¹⁾
Sehr hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Akut toxische Stoffe/Gemische, Kategorien 1 und 2 (H300, H310, H330) • Stoffe/Gemische, die bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase bilden können (EUH032) 	<ul style="list-style-type: none"> • Karzinogene Stoffe/Gemische, Kategorien 1A oder 1B (AGS: K1, K2, H350, H350I) • Krebs erzeugende Tätigkeiten oder Verfahren nach TRGS 906 • Keimzellmutagene Stoffe/Gemische, Kategorien 1A oder 1B (AGS: M1, M2, H340) 	<ul style="list-style-type: none"> • Akut gewässergefährdende Stoffe/Gemische, Kategorie 1 (H400) • Stoffe/Gemische der Wassergefährdungsklasse WGK 3
Hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Akut toxische Stoffe/Gemische, Kategorie 3 (H301, H311, H331) • Stoffe/Gemische, die bei Kontakt mit den Augen giftig sind (EUH070) • Stoffe/Gemische, die bei Berührung mit Wasser oder Säure giftige Gase bilden können (EUH029, EUH031) • Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition, Kategorie 1: Organschädigung (H370) • Hautsensibilisierende Stoffe/Gemische (H317, Sh) • Atemwegsensibilisierende Stoffe/Gemische (H334, Sa) • Augenschädigende Stoffe/Gemische (H318) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reproduktionstoxische Stoffe/Gemische, Kategorien 1A oder 1B (AGS: R₁, R₁, R₂, R₂, H360, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df) • Karzinogene Stoffe/Gemische, Kategorie 2 (AGS: K3, H351) • Keimzellmutagene Stoffe/Gemische, Kategorie 2 (AGS: M3, H341) • Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition, Kategorie 1: Organschädigung (H372) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chronisch gewässergefährdende Stoffe/Gemische, Kategorie 1 (H410) • Chronisch gewässergefährdende Stoffe/Gemische, Kategorie 2 (H411) • Stoffe, die die Ozonschicht schädigen (H420)
Mittel	<ul style="list-style-type: none"> • Akut toxische Stoffe/Gemische, Kategorie 4 (H302, H312, H332) • Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition, Kategorie 2: Mögliche Organschädigung (H371) • Hautätzende Stoffe/Gemische (H314, pH ≥ 11,5, pH ≤ 2) • Stoffe/Gemische, die ätzend auf die Atemwege wirken (EUH071) • Nichttoxische Gase, die durch Luftverdrängung zu Erstickung führen können (z. B. Stickstoff) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reproduktionstoxische Stoffe/Gemische, Kategorie 2 (AGS: R₃, R₃, H361f, H361d, H361fd) • Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition, Kategorie 2: Mögliche Organschädigung (H373) • Stoffe/Gemische, die Säuglinge über die Muttermilch schädigen können (H362) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chronisch gewässergefährdende Stoffe/Gemische, Kategorie 3 (H412) • Stoffe/Gemische der Wassergefährdungsklasse WGK 2
Gering	<ul style="list-style-type: none"> • Hautreizende Stoffe/Gemische (H315) • Augenreizende Stoffe/Gemische (H319) • Hautschädigung bei Feuchtarbeit • Stoffe/Gemische mit Aspirationsgefahr (H304) • Hautschädigende Stoffe/Gemische (EUH066) • Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition, Kategorie 3: Atemwegsreizung (H335) • Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition, Kategorie 3: Schläfrigkeit, Benommenheit (H336) 	<ul style="list-style-type: none"> • Auf sonstige Weise chronisch schädigende Stoffe (kein H-Satz, aber trotzdem Gefahrstoff!) 	<ul style="list-style-type: none"> • Chronisch gewässergefährdende Stoffe/Gemische, Kategorie 4 (H413) • Stoffe/Gemische der Wassergefährdungsklasse WGK 1
Vernachlässigbar	<ul style="list-style-type: none"> • Erfahrungsgemäß unbedenkliche Stoffe (z. B. Wasser, Zucker, Paraffin u. Ä.) 		<ul style="list-style-type: none"> • Nicht wassergefährdende Stoffe/Gemische (NWG, früher WGK 0)

¹⁾ Die Wassergefährdungsklasse wird nur bei den Stoffen/Gemischen als Bewertungskriterium herangezogen, die (noch) nicht bezüglich der umweltgefährdenden Eigenschaften eingestuft sind.

4 Physikalisch-chemische Gefahren (Brand, Explosion, Korrosion u.a.) ²⁾ Blau dargestellte H-Sätze kommen mehrfach vor.	5 Freisetzungsverhalten	6 Verfahren
<ul style="list-style-type: none"> • Instabile explosive Stoffe/Gemische (H200) • Explosive Stoffe/Gemische/Erzeugnisse, Unterklassen 1.1 (H201), 1.2 (H202), 1.3 (H203), 1.4 (H204), 1.5 (H205) und 1.6 (ohne H-Satz) • Entzündbare Gase, Kategorie 1 (H220) und Kategorie 2 (H221) • Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 1 (H224) • Selbstzersetzliche Stoffe/Gemische, Typen A (H240) und B (H241) • Organische Peroxide, Typen A (H240) und B (H241) • Pyrophore Flüssigkeiten oder Feststoffe, Kategorie 1 (H250) • Stoffe/Gemische, die mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, Kategorie 1 (H260) • Oxidierende Flüssigkeiten oder Feststoffe, Kategorie 1 (H271) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gase • Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck > 250 hPa (mbar) (z. B. Dichlormethan) • Staubende Feststoffe • Aerosole 	<ul style="list-style-type: none"> • Offene Verarbeitung • Möglichkeit des direkten Hautkontaktes • Großflächige Anwendung • Verfahrensindex 4 nach TRGS 500 (offene Bauart bzw. teilweise offene Bauart, natürliche Lüftung)
<ul style="list-style-type: none"> • Entzündbare Aerosole, Kategorie 1 (H222) • Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 2 (H225) • Entzündbare Feststoffe, Kategorie 1 (H228) • Selbstzersetzliche Stoffe/Gemische, Typen C und D (H242) • Organische Peroxide Typen C und D (H242) • Selbsterhitzungsfähige Stoffe/Gemische Kategorie 1 (H251) • Stoffe/Gemische, die mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, Kategorie 2 (H261) • Oxidierende Gase, Kategorie 1 (H270) • Oxidierende Flüssigkeiten oder Feststoffe, Kategorie 2 (H272) • Stoffe/Gemische mit bestimmten Eigenschaften (EUH001, EUH006, EUH014, EUH018, EUH019, EUH044) 	<ul style="list-style-type: none"> • Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck 50 ... 250 hPa (mbar) (z. B. Methanol) 	<ul style="list-style-type: none"> • Verfahrensindex 2 nach TRGS 500 (teilweise offene Bauart, bestimmungsgemäßes Öffnen mit einfacher Absaugung, offen mit einfacher Absaugung)
<ul style="list-style-type: none"> • Entzündbare Aerosole, Kategorie 2 (H223) • Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 3 (H226) • Entzündbare Feststoffe, Kategorie 2 (H228) • Selbstzersetzliche Stoffe/Gemische, Typen E und F (H242) • Organische Peroxide, Typen E und F (H242) • Selbsterhitzungsfähige Stoffe/Gemische, Kategorie 2 (H252) • Stoffe/Gemische, die mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, Kategorie 3 (H261) • Oxidierende Flüssigkeiten oder Feststoffe, Kategorie 3 (H272) • Gase unter Druck (H280, H281) • Stoffe/Gemische, die gegenüber Metallen korrosiv sind (H290) 	<ul style="list-style-type: none"> • Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck 10 ... 50 hPa (mbar), mit Ausnahme von Wasser (z. B. Toluol) 	<ul style="list-style-type: none"> • Geschlossene Verarbeitung mit Expositionsmöglichkeiten z. B. beim Abfüllen, bei der Probenahme oder bei der Reinigung • Verfahrensindex 1 nach TRGS 500 (geschlossene Bauart, Dichtheit nicht gewährleistet, teilweise offene Bauart mit wirksamer Absaugung)
<ul style="list-style-type: none"> • Schwer entzündbare Stoffe/Gemische (Flammpunkt > 60 ... 100 °C, kein H-Satz) • Selbstzersetzliche Stoffe/Gemische, Typ G (kein H-Satz) • Organische Peroxide, Typ G (kein H-Satz) 	<ul style="list-style-type: none"> • Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck 2 ... 10 hPa (mbar) (z. B. Xylol) 	<ul style="list-style-type: none"> • Verfahrensindex 0,5 nach TRGS 500 (geschlossene Bauart, Dichtheit gewährleistet, teilweise geschlossene Bauart mit integrierter Absaugung, teilweise offene Bauart mit hochwirksamer Absaugung)
<ul style="list-style-type: none"> • Unbrennbare oder nur sehr schwer entzündliche Stoffe/Gemische (bei Flüssigkeiten Flammpunkt > 100 °C, kein H-Satz) 	<ul style="list-style-type: none"> • Flüssigkeiten mit Dampfdruck < 2 hPa (mbar) (z. B. Glykol) • Nichtstaubende Feststoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Verfahrensindex 0,25 nach TRGS 500

²⁾ Explosionsfähige Stäube sind aufgrund ihrer spezifischen Problematik im Einzelfall fachkundig zu prüfen und daher keiner u. a. Gefährdungsstufe zugeordnet.

Abb. 3.2 Spaltenmodell mit CLP-Einstufung

kritischsten Inhaltsstoff. Auch im Sicherheitsdatenblatt werden nicht die physikalisch-chemischen Eigenschaften der einzelnen Inhaltsstoffe aufgeführt. Eine fachkundige Bewertung unterschiedlicher Gemische ist dadurch in der Praxis nur mit erhöhtem Aufwand möglich.

Erweist sich nach eingehender, vergleichender Bewertung der Ersatzstoff als weniger gefährlich, ist eine anwendungstechnische und soziökonomische Betrachtung anzuschließen. Sind die Kosten für den Ersatzstoff, unter Berücksichtigung ggf. von Einsparungen durch geringere Schutzmaßnahmen, signifikant höher, und wird so die Wettbewerbsfähigkeit negativ beeinflusst, ist ein Ersatz nicht zumutbar. Kann der Ersatzstoff nur nach umfangreichen, teuren Änderungen an bestehenden Anlagen benutzt werden, kann dies ebenfalls zum Ergebnis führen, dass die Substitution nicht zumutbar ist.

Selbstverständlich hat im Grundsatz der Ersatz eines Stoffes durch einen weniger gefährlichen Priorität, gleichwohl dürfen die vorgennannten Faktoren nicht ignoriert werden.

Bei Komponenten in technischen Systemen kann die Eignung von Ersatzstoffen erst in umfangreichen Anwendungsprüfungen ermittelt werden. Auch wenn der Ersatzstoff in ansonsten allen Punkten günstiger abschneidet, aber nicht die geforderten Materialeigenschaften und Eigenschaftsprofile erreicht, z. B. Alterungsbeständigkeit, Druckfestigkeit, E-Modul, kann er nicht als Ersatzstoff eingesetzt werden. Den Substitutionsmöglichkeiten von Einsatzstoffen in chemischen Synthesen sind ebenfalls enge Grenzen gesetzt. Sichere Reaktionsführung, möglichst hohe Ausbeute (Ressourcenschonung), Nebenproduktespektrum, Reaktionszeiten, um nur einige zu nennen, bestimmen die Auswahl der Reaktanten mehr als ihr toxikologisches Profil. Da bei Verwendung weniger gefährlicher Einsatzstoffe die notwendigen Schutzmaßnahmen weniger aufwändig sind, sind diese in der Praxis schon aus Kostengründen bevorzugt.

Da die letztgenannten Anwendungs- und Verfahrensparameter bei der gewerblichen und noch mehr handwerklichen Anwendung i.d.R. eine untergeordnete Rolle spielen, können in diesen Bereichen weniger gefährliche Ersatzstoffe verstärkt eingesetzt werden.

Gemäß § 6 Abs. 8 der Gefahrstoffverordnung ist das Ergebnis der Substitutionsprüfung zu dokumentieren. Bei chemischen Synthesen kann z. B. im Gefahrstoffverzeichnis in einer separaten Spalte aufgeführt werden, dass die Ersatzstoffprüfung durchgeführt wurde und keine Stoffe mit geringerer Gefährdung eingesetzt werden können. Erfüllen geprüfte Ersatzstoffe nicht die geforderten technischen Eigenschaften in Anwendungsprüfungen, ist dies unter Angabe der geprüften Ersatzstoffe und den Ergebnissen der Prüfung zu dokumentieren. Grundsätzlich sind in der Dokumentation die geprüften Ersatzstoffe aufzuführen, unter Angabe der Ergebnisse der stofflichen Bewertung (toxikologische, physikalisch-chemische, umweltgefährliche Eigenschaften), der Bewertung der Verfahren einschließlich vorhandener Exposition und dem Ergebnis der Eignungsprüfung. Ob ein Ersatz durch einen weniger gefährlichen Stoff, der auch technisch geeignet ist, auch dann gefordert werden kann, wenn keine Gesundheitsgefährdung, weder

inhalativ noch dermal, vorhanden ist, ist häufig Streitpunkt mit Behörden. Zumindest muss bei dieser Betrachtung das Zumutbarkeitsprinzip beachtet werden.

3.3

Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz

Zur Beurteilung der inhalativen Exposition am Arbeitsplatz sind Luftgrenzwerte der wesentliche Bewertungsmaßstab. Hierfür stehen von unterschiedlichen Gremien festgesetzte Grenzwerte mit unterschiedlicher Qualität zur Verfügung.

Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz werden überwiegend als **Schichtmittelwerte** festgesetzt, die die durchschnittliche Exposition über einen Arbeitstag von acht Stunden repräsentieren. Die tatsächlichen Konzentrationen unterliegen erfahrungsgemäß im Laufe eines Arbeitstages starken Schwankungen; zur Vermeidung von Gesundheitsgefahren müssen die Expositionsspitzen begrenzt werden.

Grenzwerte werden fast ausschließlich für Einzelstoffe aufgestellt. Einerseits kann die Wirkung mehrerer Stoffe auf den Organismus experimentell nicht mit vertretbarem Aufwand ermittelt werden, andererseits ist unterhalb der Wirkungsschwelle normalerweise nicht mit einer Kombinationswirkung zu rechnen.

Gleichwohl fordert § 6 Abs. 6 Gefahrstoffverordnung:

„Treten bei einer Tätigkeit mehrere Gefahrstoffe gleichzeitig auf, sind Wechsel- oder Kombinationswirkungen der Gefahrstoffe, die Einfluss auf die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten haben, bei der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen, soweit solche Wirkungen bekannt sind.“

In der TRGS 402 [42] wird hierfür ein pragmatischer Ansatz beschrieben, der sich in der Praxis einigermaßen bewährt hat. Gemäß diesem Grundprinzip sind die Arbeitsplatzgrenzwerte gewichtet zu addieren: Addition der Quotienten aus ermittelter Exposition und dazugehörigem Arbeitsplatzgrenzwert, siehe Abbildung 3.3. Eine Überschreitung der **Summenwertbedingung** liegt vor, wenn die Summe der Brüche größer eins ist. Hierbei wird ein additiver Wirkmechanismus unterstellt, als Kompromiss zwischen fehlender Wechselwirkung und überadditiver Wirkung. Bei Unterschreitung der Luftgrenzwerte kann bei der Mehrzahl der Stoffe davon ausgegangen werden, dass keine verstärkende Stoffwirkung der Mischung gegenüber den Einzelstoffen gegeben ist. Eine eindeutig überadditive Wirkung ist z. B. bei Einwirkung von Stäuben oder Faserstäuben und Rauchen nachgewiesen. Sind die Zielorgane unterschiedlicher Stoffe verschieden, müssen diese nicht in der Summenwertbetrachtung berücksichtigt werden. Desgleichen sind andere Beurteilungsmaßstäbe, wie z. B. die DNEL oder die Risikogrenzwerte, nicht in diese Betrachtung mit einzubeziehen.

$$BI_{AGW} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{AGW_i} + \frac{C_2}{AGW_2} + \dots + \frac{C_n}{AGW_n}$$

Abb. 3.3 Summenwertbedingung nach TRGS 403

Die Konzentration (C) eines Stoffes in der Luft kann entweder als Masse pro Volumeneinheit, bzw. bei Gasen und Dämpfen auch als Volumen pro Volumeneinheit angegeben werden. In der Regel werden die Angaben auf 1 Kubikmeter Atemluft bezogen, somit resultieren als Einheiten mg/m^3 oder $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als Massenkonzentration und ml/m^3 oder $\mu\text{l}/\text{m}^3$ als Volumenkonzentration. Die Umrechnung erfolgt gemäß der Formel

$$C (\text{mL}/\text{M}^3) = \frac{\text{Molvolumen in Liter}}{\text{Molmasse in g}} C (\text{mg}/\text{m}^3),$$

wobei C die Konzentration des Stoffes in der Atemluft ist. Unter Normbedingungen, 20 °C und 101,3 hPa, kann für das Molvolumen in Liter 22,41 eingesetzt werden.

Für die Einheit ml/m^3 wird häufig die Abkürzung **ppm** (**p**arts **p**er **m**illion, ein Millionstel) benutzt; auch wenn sie keine offizielle Einheit ist.

Die Konzentration 1 ppm entspricht in etwa der von einem Stück Würfelzucker in einem Schwimmbecken eines Hallenbades oder einem Menschen in der Millionenstadt München („Preuße pro München“). Abbildung 3.4 verdeutlicht die Größenordnung der unterschiedlichen Konzentrationen. Die Konzentration von Fasern wird im Gegensatz hierzu in der Einheit Fasern pro m^3 angegeben.

Üblicherweise werden die Luftgrenzwerte als maximal erlaubte Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz bei einer kontinuierlichen achtstündigen Belastung festgelegt. Da dies der üblichen Schichtlänge entspricht, wird sie häufig als Schichtmittelwert bezeichnet. Zur Festlegung der Expositionsspitzen verfolgen die unterschiedlichen Grenzwertkommissionen leicht differierende Ansätze. Allen Systemen

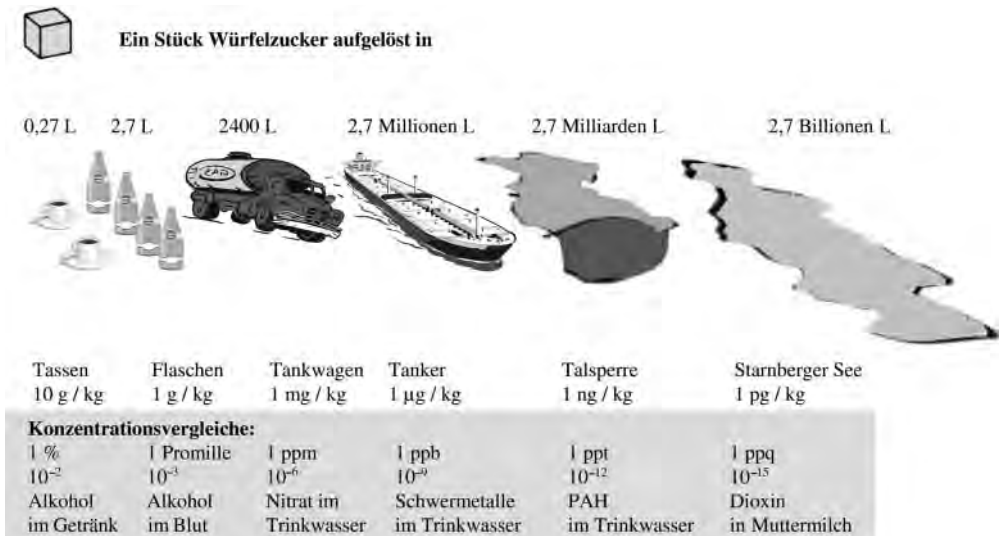


Abb. 3.4 Vergleich unterschiedlicher Konzentrationen

ist jedoch gemeinsam, dass die Dauer der Festlegung für die erhöhte Exposition 15 Minuten und die Anzahl pro Schicht maximal vier beträgt.

3.3.1

Arbeitsplatzgrenzwerte

Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) wird in § 3 Abs. 6 Gefahrstoffverordnung [2] definiert als:

„Der Arbeitsplatzgrenzwert ist der Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz in Bezug auf einen gegebenen Referenzzeitraum. Er gibt an, bei welcher Konzentration eines Stoffes akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen nicht zu erwarten sind.“

Eine Konkretisierung der Definition findet sich in TRGS 900 [47]. Demgemäß sind Arbeitsplatzgrenzwerte

- Schichtmittelwerte bei in der Regel täglich achtstündiger Exposition an
- 5 Tagen pro Woche
- während der Lebensarbeitszeit.

Arbeitsplatzgrenzwerte werden vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) durch Aufnahme in die TRGS 900 verabschiedet, nach Beratung durch den Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS), nach Empfehlung durch den zuständigen Unterausschuss III „Stoffbewertung“. Grundlagen für die Verabschiedung von AGWs sind primär die von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (kurz: MAK-Kommission) festgelegten MAK-Werte sowie die von der EG-Kommission in den unterschiedlichen Grenzwertrichtlinien festgelegten IOELV, siehe Abschnitt 3.3.2. Von Ausnahmen abgesehen, werden deren Grenzwertvorschläge übernommen. Beispiele, bei denen höhere AGWs als die zugrunde liegenden MAK-Werte nach intensiver wissenschaftlicher Diskussion festgelegt wurden, sind Schwefeldioxid (AGW: 1 ppm, MAK: 0,5 ppm) oder Schwefelkohlenstoff (AGW: 10 ppm, MAK: 5 ppm).

Daneben können auch von Dritten Grenzwertvorschläge eingebracht werden, neben den in den 1990er Jahren von der Industrie erarbeiteten Arbeitsplatzrichtwerten (ARW) können künftig auch DNEL, siehe Abschnitt 3.3.4, als Grundlage dienen.

Die von der EU festgelegten indikativen Arbeitsplatzgrenzwerte (IOELV), siehe Abschnitt 3.3.2, sind gemäß Agenzienrichtlinie 98/24/EG [3] bei den national festzulegenden Grenzwerten zu berücksichtigen. Im Gegensatz hierzu werden die bindenden EU-Grenzwerte (BOELV), mit Ausnahme von Blei, nicht in der TRGS 900 aufgelistet. Bedingt durch den gleitenden Verweis in der Gefahrstoffverordnung sind bindende EU-Grenzwerte in Anhang II der Krebsrichtlinie 2004/37/EG [44], siehe Tabelle 3.2, unmittelbar gültig.

Tabelle 3.2 Bindende EG-Grenzwerte nach EG-RL 2004/37/EG.

CAS-Nr	Stoff	mg/m ³	ppm	Bemerkung
71-43-2	Benzol	3,25	1	Haut
75-01-1	Vinylchlorid	7,77	3	-
	Hartholzstäube	5	-	-

Zur Begrenzung von Expositionsspitzen werden Überschreitungsfaktoren festgelegt. Diese geben an, um das Wievielfache der Arbeitsplatzgrenzwert in 15 Minuten überschritten werden darf, ohne dass eine Gesundheitsgefährdung befürchtet werden muss. Hierbei sind zwei unterschiedliche Arten von Überschreitungsfaktoren zu unterscheiden:

- n in einem Messzeitraum von 15 Minuten darf der AGW bis zum n-Fachen überschritten werden.
- =m= der Schichtmittelwert darf zu keinem Zeitpunkt das m-Fache überschreiten.

Die Werte von n und m variieren typischerweise von 1 – keine Überschreitung – bis zu 8 bei chronisch wirkenden Stoffen.

Die sogenannten „**Allgemeinen Staubgrenzwerte**“ besitzen für die gesamte gewerbliche Wirtschaft eine große Bedeutung, da sie die maximal zulässige Luftkonzentration für schwerlösliche Stäube wiedergeben. Gemäß Definition gelten sie für un- oder schwerlösliche Stäube

- ohne jegliche akut- oder chronisch toxische Eigenschaft,
- ohne allergisierende und
- ohne fibrogene Eigenschaft.

Im üblichen Betriebsjargon werden sie oft als „inerte“ Stäube bezeichnet. Unter Berücksichtigung der vorgenannten Festlegungen gelten zurzeit die folgenden AGW:

- einatembare Staubfraktion: E = 10 mg/m³,
- alveolare Staubfraktion: A = 3 mg/m³.

Wie alle AGWs sind auch die allgemeinen Staubgrenzwerte als Schichtmittelwerte festgelegt, aufgrund der ausschließlich chronischen Wirkung gilt ein Überschreitungsfaktor von 8. In der Begründung der wissenschaftlichen Ableitung der zugrunde liegenden MAK-Werte ist dargelegt, dass diese Werte für Stäube mit einer Dichte von 2,5 g/cm³ gelten. Eine Definition der Löslichkeit ist weder von der MAK-Kommission noch von staatlichen Gremien erfolgt.

Nach der Neufestsetzung des MAK-Wertes für die alveolare Staubfraktion durch den Grenzwert für „granuläre biobeständige Stäube“ (**GBS**), hat eine intensive Diskussion zur Überführung dieses Wertes in die TRGS 900 als AGW eingesetzt.

Da die Festlegung auf Basis einer Lebensarbeitszeitdosis von Stäuben erfolgte, mit einer Dichte von 1,0 g/ml, ist eine unmittelbare Übernahme als Schichtmittelwert nicht möglich.

Für krebserzeugende und erbgutverändernde Stoffe wurde 2008 ein neues **Risikokzept** eingeführt, das die bisherigen TRK-Werte abgelöst hat. Dieses Risikokzept ist bisher nur in der Bekanntmachung 910 [48] verankert und soll nach dem Fahrplan des BMAS in der Neufassung der Gefahrstoffverordnung 2015 übernommen werden. Gemäß Risikokzept wurden allgemeingültige Risikozahlen festgelegt; das

- Toleranzrisiko von 4 : 1.000 und das
- Akzeptanzrisiko von 4 : 10.000, spätestens bis 2018 wird eine Absenkung geprüft auf 4 : 100.000.

Die Ableitung der Risikozahlen basiert auf einer 40-jährigen gleichförmigen Exposition von jährlich 220 Arbeitstagen, 5 Tage pro Woche bei täglich 8 Stunden. Diese Risikozahlen sind nicht als reale Wahrscheinlichkeiten zu interpretieren, unter den vorgenannten Expositionsszenarien mit den angegebenen Wahrscheinlichkeiten an Krebs zu erkranken. Sie dienen vielmehr zum Vergleich der Risiken unterschiedlicher Stoffe. Wie bereits in Kapitel 1 ausgeführt, kann tierexperimentell nur eine Tumorzinzidenz von 4 % ermittelt werden. Gemäß dem Leitfadens zur Ableitung der Risikozahlen wird vom POD, siehe Abschnitt 1.1.8, in der Regel linear zum Nullpunkt im Konzentrations-Inzidenz-Diagramm extrapoliert. Bei vorliegenden Daten, die einen nicht-linearen Kurvenverlauf begründen, wird von dieser Default-Annahme abgewichen, wie beim *Trichlorethen* geschehen. Eine Liste der bisher festgelegten Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen gemäß BekGS 910 [48] ist in Tabelle 3.3 aufgeführt.

Tabelle 3.3 Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen nach BekGS 910.

Stoff	1 : 250	1 : 2.500
Asbest	100.000 F/m ³	10.000 F/m ³
Acrylamid	(0,15 mg/m ³)	0,07 mg/m ³
Acrylnitril	1,2 ppm	0,12 ppm
1,3-Butadien	2 ppm	0,2 ppm
Trichlorethen	11 ppm	6 ppm
Aluminiumsilikatfasern	~100. – 200.000 F/m ³	10. – 20.000 F/m ³
4,4'- Methylendianilin	0,7 mg/m ³	0,07 mg/m ³
Ethylenoxid	1 ppm	0,1 ppm
Benzo(a)pyren	700 ng/m ³	70 ng/m ³
Benzol	0,6 ppm	0,06 ppm
Epichlorhydrin	2 ppm (6 ppm)	0,6 ppm
Hydrazin	17 ppb	1,7 ppb
Nitrosodimethylamin	0,7 µg/m ³	0,07 µg/m ³
Trichlorethylen	11 ppm	6 ppm

Neben der toxikologisch, epidemiologischen Ableitung werden weitere Parameter bei der Festlegung der stoffabhängigen Toleranz- und Akzeptanzkonzentration berücksichtigt:

- Hintergrundkonzentration: Eine Absenkung unter die vom Betrieb nicht beeinflusste Hintergrundkonzentration findet nicht statt.
- Endogene Bildung: Die Akzeptanz- und die Toleranzkonzentration werden nicht unterhalb der endogenen Bildungsrate festgesetzt.
- Expositionsspitzen: Die Akzeptanzkonzentration wird grundsätzlich ausschließlich als Langzeitwert über mindestens 8 Stunden festgelegt, eine Überprüfung von Expositionsspitzen ist nicht notwendig. Der Überschreitungsfaktor der Toleranzkonzentration wird standardmäßig auf 8 festgesetzt; es sind auch kleinere Faktoren möglich.
- Berücksichtigungsgrenze: die messtechnische Berücksichtigungsgrenze muss die Überprüfung der Toleranzkonzentration ermöglichen. Eine Absenkung der Akzeptanzkonzentration unterhalb der Berücksichtigungsgrenze ist nicht beachtlich.

3.3.2

EG-Grenzwerte

Nach Artikel 3 Agenzienrichtlinie 98/24/EG [3] stellt die Europäische Union **Occupational Exposure Limits** (OEL)-Grenzwerte zum Schutz vor berufsbedingten Erkrankungen auf. Gemäß Artikel 3 der Agenzienrichtlinie ist zu unterscheiden in

- Arbeitsplatz-Richtgrenzwerte, **Indicative Occupational Exposure Limit Values** (abgekürzt IOELV), nach Abs. 2 und in
- verbindliche Arbeitsplatzgrenzwerte, **Binding Occupational Exposure Limit Values** (abgekürzt BOELV), nach Abs. 4.

Die indikativen Arbeitsplatz-Richtgrenzwerte IOELV folgen im Grundsatz den gleichen Prinzipien wie die Arbeitsplatzgrenzwerte: Bei Einhaltung müssen weder Gesundheitsgefahren noch unangemessene Belästigungen der Beschäftigten befürchtet werden. Auch sie werden als Schichtmittelwerte festgelegt, die Expositionsspitzen werden durch STEL-Werte (Short Time Exposure Limits), gültig für einen Zeitraum von 15 Minuten, begrenzt. Neben diesen gesundheitsbasierten Ableitungskriterien müssen die IOELVs messtechnisch überwacht werden können; eine Änderung des gesundheitsbasierten Wertes ist bisher noch nicht erfolgt. Unter der Agenzienrichtlinie wurden bisher die

- 1. Grenzwertrichtlinie 2000/39/EG [49],
- 2. Grenzwertrichtlinie 2006/15/EG [50] und
- 3. Grenzwertrichtlinie 2009/161/EG [51]

erlassen.

Im Gegensatz zu den IOELVs sind bei der Festlegung der BOELVs sozio-ökonomische Faktoren von Bedeutung. Neben den gesundheitsschädlichen Wirkungen sind der Stand der Technik in den unterschiedlichen Industrie- und Gewerbebereichen sowie Kosten und Möglichkeiten zur Reduzierung vorhandener Expositionen zu berücksichtigen. BOELVs werden primär für krebserzeugende und erbgutverändernde Stoffe festgelegt. Als einziger nicht krebserzeugender verbindlicher Arbeitsplatzgrenzwert wurde bislang nur ein Wert für anorganische Bleiverbindungen festgesetzt. Dieser ist, wie die drei BOELVs für Kanzerogene, im Anhang der Krebsrichtlinie [44] festgelegt, siehe Tabelle 3.2. Die Definition der BOELVs entspricht somit weitgehend den früheren deutschen TRK-Werten.

Die Vorgehensweise der EU-Kommission zur Festlegung der Arbeitsplatzgrenzwerte ist komplex und unterscheidet sich deutlich zwischen beiden Grenzwerttypen. Gemeinsam ist beiden Verfahren, dass der Grenzwertvorschlag von der wissenschaftlichen Expertengruppe SCOEL (Scientific Committee for Occupational Exposure Limits) erarbeitet wird. SCOEL ist eine multinationale Expertenkommission von Wissenschaftlern aus Behörden und Hochschulen verschiedener EU-Länder als Beratungsgremium des „Beratenden Ausschusses für Sicherheit, Arbeitshygiene und Gesundheitsschutz“ (ACSH, Advisory Committee for Safety and Health) der Generaldirektion Beschäftigung und entspricht in etwa der deutschen MAK-Kommission.

Die Grenzwertvorschläge von SCOEL werden in sogenannten SUM-Documents nach Beratung in der Working Party Chemicals (WPC) des ACSH für eine wissenschaftliche Kommentierung für sechs Monate veröffentlicht. Über die entsprechenden Industrieverbände, beispielsweise VCI und BDI, können die SUM-Documents bezogen werden. Eingehende Einsprüche und Änderungsvorschläge werden von SCOEL beraten und anschließend das final SUM-Dokument erstellt.

Nach Beratung im WPC wird der Entwurf der Grenzwertrichtlinie erarbeitet und an den Beratenden Ausschuss weitergeleitet. Nach dessen Zustimmung übergibt die Kommission den Entwurf der Grenzwertrichtlinie an den „Technischen Anpassungsausschuss“ (TPC), besetzt durch die zuständigen Fachexperten der Mitgliedsstaaten. Nach Verabschiedung durch den TPC wird die Grenzwertrichtlinie von der Kommission verabschiedet. Innerhalb der in der Richtlinie festgelegten Frist, üblicherweise 18 Monate, sind für die in der Richtlinie aufgeführten Stoffe nationale Grenzwerte festzulegen. IOELVs müssen bei der nationalen Festsetzung von Grenzwerten berücksichtigt, aber nicht zwingend übernommen werden. Abweichungen sind in beide Richtungen zulässig.

Zur Festlegung der Expositionsspitzen legt die EU typischerweise die maximal zulässige Konzentration fest, die für einen Zeitraum von 15 Minuten erreicht werden darf.

Durch Einsprüche der WPC befinden sich zurzeit mehrere Stoffe, z. B. Stickstoffmonoxid, Stickstoffdioxid und Formaldehyd, weiterhin in der wissenschaftlichen Beratung.

Im Gegensatz zu den IOELVs werden BOELVs nicht vom Technischen Anpassungsausschuss verabschiedet, sondern im Europäischen Parlament beraten. Nicht

zuletzt ist es auf diese sehr aufwändige Vorgehensweise zurückzuführen, dass bislang lediglich vier verbindliche Arbeitsplatzgrenzwerte festgelegt wurden.

BOELVs dürfen bei der Übernahme in nationale Grenzwerte, im Gegensatz zu den IOELVs, nicht erhöht werden; die Festlegung niedrigerer Grenzwerte ist dagegen zulässig. So gilt in Deutschland für Holzstäube ein Wert von 2 mg/m^3 im Gegensatz zu 5 mg/m^3 gemäß Anhang Krebsrichtlinie [44], desgleichen wurde für Benzol gemäß BekGS 910 eine Akzeptanzkonzentration von 0,06 ppm festgelegt, siehe Tabelle 3.3.

Die europäische Grenzwertkommission SCOEL teilt in Anlehnung an die deutsche MAK-Kommission Stoffe zur Ableitung von Arbeitsplatzgrenzwerten danach ein, ob eine Wirkschwelle die Ableitung eines gesundheitsbasierten Grenzwertes erlaubt.

- In Gruppe A werden genotoxische Stoffe eingestuft, für die kein gesundheitsbasierter Arbeitsplatzgrenzwert abgeleitet werden kann.
- Gruppe B umfasst genotoxische Stoffe, für die aufgrund der Datenlage ein Arbeitsplatzgrenzwert abgeleitet werden kann.
- Stoffe der Gruppe C besitzen eine Wirkschwelle, die Ableitung eines gesundheitsbasierten Grenzwertes ist möglich.
- Für Stoffe der Gruppe D ist die Ableitung eines IOELV grundsätzlich möglich, die Datenlage erlaubt jedoch noch keine wissenschaftlich fundierte Festlegung.

3.3.3

Grenzwerte der MAK-Kommission

Die „Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe in der deutschen Forschungsgemeinschaft“ kurz MAK-Kommission genannt, hat zurzeit (48. Mitteilung aus dem Jahre 2012 [52]) für ca. 300 Einzelstoffe MAK-Werte verabschiedet.

Die MAK-Werte stellen bislang die wesentliche Grundlage zur Festlegung von AGWs dar. Bis zur Aufnahme in TRGS 900 dauert es erfahrungsgemäß ein bis zwei Jahre; manche MAK-Werte wurden bisher aus unterschiedlichen Gründen nicht in die TRGS 900 übernommen. Für Stoffe ohne AGW jedoch mit MAK-Wert sind Letztere im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung als wesentliche Wissensbasis heranzuziehen.

Für krebserzeugende Stoffe werden definitionsgemäß keine MAK-Werte aufgestellt, wenn keine Wirkschwelle vorhanden ist. Wird in neueren wissenschaftlichen Untersuchungen ein genotoxisches Potenzial ermittelt, wird der MAK-Wert infolgedessen ausgesetzt. In Abhängigkeit der Datenlage werden bei Stoffen der Kategorie 3 (Stoffe mit Verdacht auf krebserzeugendes Potenzial) die MAK-Werte beibehalten oder ausgesetzt.

Die MAK-Werte der MAK-Kommission sind wie folgt definiert:

„Der MAK-Wert (maximale Arbeitsplatz-Konzentration) ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei wiederholter und langfristiger, in der Regel 8-stündiger Exposition, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden im Allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt (z. B. durch ekelerregenden Geruch). In der Regel wird der MAK-Wert als Durchschnittswert über Zeiträume bis zu einem Arbeitstag oder einer Arbeitsschicht angegeben. Bei Aufstellung von MAK-Werten sind in erster Linie die Wirkungscharakteristika der Stoffe berücksichtigt, daneben aber auch – soweit möglich – praktische Gegebenheiten der Arbeitsprozesse bzw. der durch diese bestimmten Expositionsmuster. Maßgebend sind dabei wissenschaftlich fundierte Kriterien des Gesundheitsschutzes, nicht die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten der Realisation in der Praxis.“

Gemäß den Kriterien der MAK-Kommission ist bei Einhaltung der MAK-Werte die Gesundheit der Beschäftigten bei Exposition während des ganzen Erwerbslebens (d. h. vom 15. bis zum 65. Lebensjahr) bei arbeitstäglich 8-stündiger Exposition nicht beeinträchtigt. Der MAK-Wert liegt daher unter der in Abschnitt 1.1.4 diskutierten Wirkschwelle, dem NOAEL. In Abhängigkeit der Datenlage, (inhalative oder orale Daten, subakute oder chronische Untersuchungen) oder der Schwere der Effekte beim „Lowest Observable Effect Level“ (LOEL = niedrigste Dosis, bei der eine toxische Wirkung festgestellt wurde) werden vom NOAEL unterschiedliche Sicherheitsfaktoren zur Festlegung des MAK-Wertes zur Wirkschwelle angewendet. Abbildung 3.5 gibt die wichtigsten Kriterien zur Festlegung von MAK-Werten wieder, Abbildung 3.6 fasst die Definition der MAK-Werte kurz zusammen.

Für die Übertragbarkeit des MAK-Wertes auf andere Bereiche, z. B. Innenräume, muss berücksichtigt werden, dass er für

- gesunde Menschen
- im erwerbsfähigen Alter
- bei täglich achtstündiger Exposition

festgelegt wurde.

Wirken Stoffe bereits deutlich unterhalb der Wirkschwelle in hohem Maße reizend auf die Schleimhäute, wird der MAK-Wert auf die Reizschwelle und nicht an der toxikologisch höheren Wirkschwelle festgelegt. Typische Vertreter dieser Reizstoffe sind *Ammoniak*, *Chlor* oder *Aldehyde*.

Eine Korrelation zwischen **Geruchsschwelle** und MAK-Wert ist grundsätzlich nicht gegeben. Manche Stoffe sind bei der Konzentration des MAK-Wertes deutlich wahrnehmbar und besitzen z. T. einen markanten Geruch. Viele Lösemittel

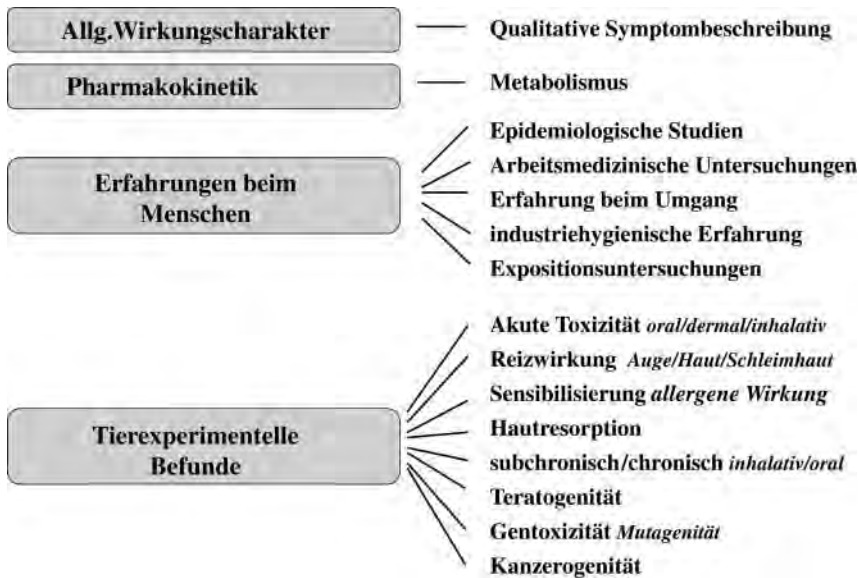


Abb. 3.5 Kriterien zur Ableitung von MAK-Werten

Die Maximale – Arbeitsplatz-Konzentration

ist die Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz, bei der

- ⇒ keine Gesundheitsbeeinträchtigung,
- ⇒ keine unangemessene Belästigung für
 - ⇒ gesunde Arbeitnehmer
 - ⇒ im erwerbsfähigen Alter
- bei täglich maximal 8-stündiger und
- wöchentlich 40-stündiger Exposition
- als Durchschnittskonzentration über einen Tag (*Schichtmittelwert*),
- ↻ (im Allgemeinen) befürchtet werden muss.

Grundlagen:

- ⇒ **toxikologische Untersuchungen und**
- ⇒ **arbeitsmedizinische Erfahrungen**

Abb. 3.6 Definition der MAK-Werte

(z. B. *Ethylacetat*, *Butylacetat*, *Aceton*) und organische Verbindungen mit speziellen funktionellen Gruppen (z. B. *Mercaptane*, *Amine*), aber auch die Reizgase *Ammoniak*, *Chlor* und *Formaldehyd* besitzen eine Geruchsschwelle, die weit unter dem MAK-Wert liegt. Auch wenn diese Konzentrationen in Einzelfällen als unangenehm empfunden werden, ist eine „unangemessene Belästigung“ im Sinne der Kriterien zur Ableitung der MAK-Werte damit nicht zwingend verbunden. Im

Gegensatz hierzu liegt die Geruchsschwelle bei einigen akut toxischen Stoffen bereits im Bereich der letalen Konzentration oder sie können geruchlich nicht wahrgenommen werden. Viele Menschen können beispielsweise *Blausäure* (MAK = 2 ppm) selbst bei hohen Konzentrationen nur sehr unzulänglich wahrnehmen, bereits bei einer leichten Erkältung kann die Geruchswahrnehmung gänzlich versagen. Weitere Beispiele sind *Phosgen* (MAK = 0,1 ppm), das vollkommen geruchlose *Kohlenmonoxid* (MAK = 30 ppm) und *Schwefelwasserstoff* (MAK = 10 ppm). Bei Letzterem ist von besonderer Bedeutung, dass Konzentrationen deutlich unterhalb des MAK-Wertes gut wahrgenommen werden können. Durch die sehr schnelle Gewöhnung (Adaption) an den Geruch, werden bei kontinuierlich steigender Konzentration selbst letale Konzentrationen nicht mehr erkannt. Bei hohen Konzentrationen (> 300 ppm) versagt der Geruchssinn vollkommen.

Während früher viele arbeitsmedizinische und industriehygienische Erfahrungen zur Aufstellung von MAK-Werten herangezogen werden konnten (d. h. durch Krankheitssymptome am Arbeitsplatz), stützen sich neuere Festlegungen größtenteils auf toxikologische Untersuchungen. Der Grundsatz, dass Erfahrungen am Menschen Vorrang vor Tierversuchen haben, ist heute nur noch selten anwendbar.

Die Begründungen zu den Festlegungen der MAK-Kommission erscheinen seit 1972 regelmäßig. In diesen „Toxikologisch-arbeitsmedizinischen Begründungen von MAK-Werten“ [52] können die zur Festlegung der MAK-Werte herangezogenen Untersuchungsergebnisse nachgelesen werden. Zum eingehenden Studium über die Eigenschaften eines Stoffes sind diese Dokumentationen sehr zu empfehlen.

Die MAK-Kommission ergänzt bereits seit vielen Jahren die Einstufung krebserzeugender und erbgutverändernder Stoffe um die Kategorien 4 und 5. In Kategorie 4 werden nicht-genotoxische Kanzerogene mit eindeutiger Wirkschwelle eingestuft, in Kategorie 5 genotoxische Kanzerogene ohne relevantes kanzerogenes Potenzial beim MAK-Wert. In Kategorie 4 sind sowohl Stoffe mit eindeutig kanzerogener Wirkung beim Menschen (Kategorie 1A nach CLP-Verordnung), im Tierversuch (Kategorie 1B nach CLP-Verordnung) oder auch Krebsverdachtsstoffe (Kategorie 2 nach CLP-Verordnung), zu finden.

Bei Einhaltung der MAK-Werte besteht bei diesen Stoffen kein krebserzeugendes Potenzial, bei höheren Konzentrationen kann dies nicht ausgeschlossen werden. Der Tabelle 3.4 können die MAK-Werte sowie die Einstufung in die zusätzlichen Kategorien entnommen werden. Auch wenn die EU-Kommission bei der Einstufung nicht die Kategorien 4 und 5 aufgenommen hat, folgt die europäische Grenzwertkommission SCOEL einem ähnlichen Ansatz: Wenn eine Wirkschwelle wissenschaftlich nachgewiesen wurde, werden für diese Stoffe ebenfalls gesundheitsbasierte IOELVs festgelegt.

MAK-Werte werden ausschließlich auf Basis wissenschaftlicher Grundlagen abgeleitet, die eine Gesundheitsgefährdung bei Einhaltung ausschließen; messtechnische Überprüfungsverfahren müssen daher nicht zwingend verfügbar sein.

Die MAK-Kommission setzt sich aus anerkannten Fachleuten aus den Gebieten Arbeitsmedizin, Toxikologie und Chemie zusammen. Mandat und Arbeitsweise der Senatskommission sowie die Mitglieder werden jährlich mit der Stoffliste

Tabelle 3.4 MAK-Werte der Kategorie 4 und 5, krebserzeugend.

Stoff	mg/m ³	ppm	Kategorie
Allgemeiner Staubgrenzwert (GBS)	0,3 (A)		C4
Amitrol	0,2 (E)		C4
Anilin	7,7	2	C4
2-Butoxyethanol + 2-Butoxyethylacetat	49	10	C4
Butylhydroxytoluol	10 (E)		C4
n-Butylzinnverbindungen	0,02	0,004	C4
Chlorierte Biphenyle (≥ 4 Cl)	0,003		C4
Di-n-Butylphthalat	0,58	0,05	C4
Di-(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	10		C4
Dioxan	3,25	1	C 4
Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat	0,05 (E)		C4
1,2-Epoxypropan	4,8	2	C4
Ethylbenzol	88	20	C4
Formaldehyd	0,37	0,3	C4
Glutardialdehyd	0,21	0,05	C4
Heptachlor	0,05		C4
Hexachlorbenzol	7,77	3	C 4
α-Hexachlorcyclohexan	0,5 (E)		C4
β-Hexachlorcyclohexan	0,1 (E)		C4
Lindan	0,1 (E)		C 4
n-Octylzinnverbindungen	0,0098	0,002	C4
Perfluoroctansäure und ihre anorg. Salze	0,005 (E)		C4
Phenylzinnverbindungen	0,002	0,000.4	C4
Polyacrylsäure, vernetzt	0,05 (A)		C 4
Schwefelsäure	0,1 (E)		C 4
2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin	10-8 (E)		C 4
Tetrachlormethan	3,2	0,5	C 4
Tetrahydrofuran	150	50	C4
Tri-n-butylphosphat	11	1	C 4
Trichlormethan	2,5	0,5	C 4
Wasserstoffperoxid	0,71	0,5	C4
Acetaldehyd	91	50	C 5
Ethanol	960	500	C 5
Isopren	8,5	3	C5
Styrol	86	20	C 5

veröffentlicht. Die MAK-Liste wird jährlich zur Jahresmitte fortgeschrieben. Die Begründungen der MAK-Werte sowie die Einstufungen als krebserzeugend, erbgutverändernd oder entwicklungsschädigend stehen nach Neufestsetzung sechs Monate nach Veröffentlichung zur Diskussion und Kommentierung bereit. Der Entwurf der Begründung kann über die Geschäftsstelle der Senatskommission bezogen werden. Eingegangene Stellungnahmen werden anschließend ausgewertet und die finalisierten Festlegungen und Begründungen anschließend veröffentlicht [53].

MAK-Werte sind ebenfalls als Durchschnittskonzentrationen über einen Arbeitstag definiert. Zur Bewertung der Kurzzeitexpositionen werden die Stoffe auf Basis ihres spezifischen Wirkungscharakters in zwei Spitzenwertkategorien eingeteilt.

Bei Stoffen der **Spitzenwertkategorie I** erfolgt die Festlegung des MAK-Wertes primär auf Basis der reizenden Wirkung am oberen Atemtrakt. Erhöhte Expositionen wirken stark irritierend auf die Schleimhäute, weshalb der Schichtmittelwert nur geringfügig auch für kurze Expositionsdauern überschritten werden darf. Die in Klammern an die Spitzenbegrenzungskategorie angefügte Zahl gibt den Faktor an, um den der MAK-Wert innerhalb eines Referenzzeitraums von 15 Minuten überschritten werden darf; in der Regel beträgt dieser 2, d. h. eine Überschreitung ist nur bis zum doppelten MAK-Wert zulässig. Bei sehr stark reizenden Stoffen wird der Überschreitungsfaktor 1 festgelegt, d.h. die Durchschnittskonzentration innerhalb 15 Minuten darf den MAK-Wert nicht überschreiten. Stoffe der Spitzenwertkategorie I werden beim MAK-Wert bereits sehr gut geruchlich wahrgenommen. Bekannte Vertreter dieser Kategorie sind

Ammoniak, Brom, Chlor, Jod, Chlorwasserstoff, Schwefeldioxid, Ozon, Schwefelsäure, Salpetersäure, Essigsäure, Ameisensäure, Ätznatron, Formaldehyd, Acetaldehyd, Phenol, Formiate, Isocyanate, Aceton und Ethylacetat.

In die **Spitzenwertkategorie II** werden Stoffe mit systemischer Wirkung eingeteilt, der MAK-Wert darf innerhalb des Referenzzeitraums von 15 Minuten um den Faktor 2 bis 8 überschritten werden. Pro Schicht (acht Stunden pro Arbeitstag) sind vier Phasen mit erhöhter Exposition über jeweils 15 Minuten zulässig.

Stoffe, bei denen die Aufnahme über die Haut einen wesentlichen Beitrag zur Stoffaufnahme beitragen kann, werden in der MAK-Liste mit **H** markiert. Bei diesen gut hautresorptiven Stoffen kann die Penetration durch die Haut die inhalative Stoffaufnahme deutlich übersteigen. Die Bedeutung der Hautresorption zur Stoffaufnahme wurde in Abschnitt 1.1.1.2 bereits ausführlich behandelt. Wegen der großen Bedeutung sei nochmals darauf hingewiesen, dass bei diesen Stoffen die Aufnahme über die Haut sehr effektiv ist; die Einhaltung des MAK-Wertes allein gewährleistet keine ausreichende Sicherheit am Arbeitsplatz. Der weitgehende Ausschluss von Hautkontakt hat absolute Priorität! Eine Gefährdung durch Hautkontakt kommt einer Überschreitung der Arbeitsplatzgrenzwerte nach § 9 Abs. 5 Gefahrstoffverordnung [2] gleich.

Stoffe mit atemwegsallergisierender Wirkung werden in der MAK-Liste [52] mit einem **Sa** gekennzeichnet, Hautallergene mit **Sh**. Stoffe, die sowohl eine Sensibilisierung der Atemwege als auch der Haut auslösen können, werden mit **Sah** markiert; findet eine Allergisierung durch einen Stoff erst nach zuvor erfolgter Photoreaktion mit Licht statt, mit **SP**. Bei Einhaltung der MAK-Werte ist die Gefahr der Induktion einer atemwegsallergischen Reaktion (Bronchitis, Asthma, Alveolitis, Rhinitis) normalerweise niedrig, aufgrund der sehr großen individuellen Unterschiede aber nicht vollständig ausgeschlossen. Demgegenüber können bereits sensibilisierte Personen schon deutlich unterhalb des MAK-Werts allergisch reagieren. Für weitere Information sei auf Abschnitt 1.1.5 verwiesen.

Die durch Stoffe ausgelösten Befindlichkeitsstörungen sind erfahrungsgemäß schwierig zu bewerten, umso mehr der Ausschluss einer unangemessenen Belästigung. Erschwerend ist zu berücksichtigen, dass Gewöhnungseffekte eine nicht unwesentliche Rolle spielen und unterschiedliche Individuen sehr differenziert auf Gerüche reagieren. Auch wenn in der aktuellen Literatur über neue Ansätze zur Objektivierung berichtet wird, bleibt dies ein wissenschaftlich nur schwer zugänglicher Einflussfaktor.

Zur Vermeidung von Fehlgebrauch sei ausdrücklich darauf hingewiesen, siehe Abbildung 3.7, dass MAK-Werte nicht herangezogen werden dürfen zur Beurteilung der Exposition

- von Schadstoffen im häuslichen Bereich mit möglicher 24-stündiger Exposition,
- in der Umwelt,
- bei Kindern oder älteren Menschen,
- bei Kranken sowie
- bei relevanter dermaler Aufnahme von Stoffen.

Für die Bewertung der inhalativen Exposition in Innenräumen können die Richtwerte der „Innenraumlufthygiene-Kommission“ (IRK)

- <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm>

Bei der Anwendung der MAK-Werte sind zusätzlich zu berücksichtigen:



→	Zusätzliche Stoffaufnahme bei Hautresorption	
→	allergene Reaktionen bei Atemwegsallergenen bei bereits sensibilisierten Menschen möglich	
→	Einhaltung der Expositionsspitzen: Der Überschreitungsfaktor gibt an, um wie viel der MAK-Wert für 15 Minuten, 4-mal pro Schicht, überschritten werden darf!	
→	Stoffgemische sind nach den Vorgaben der TRGS 403 zu bewerten	
	Schutz des ungeborenen Kindes nur bei Stoffen der Schwangerschaftsgruppe C (TRGS 900: "Y" in Spalte 'Bemerkungen')	

Abb. 3.7 Grenzen von MAK-Werten

oder die umfassenden NIK-Werte des „Ausschusses für gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten“

- <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/richtwert-erluft.htm>

herangezogen werden.

3.3.4

DNEL, PNEC und DMEL

Im Rahmen von REACH [5], siehe Abschnitt 4.1, müssen bei der Registrierung von Stoffen, die in Mengen über 10 Tonnen pro Jahr hergestellt oder importiert werden, Grenzwertempfehlungen ausgearbeitet werden. Für Stoffe mit gesundheitsbasierter Wirkschwelle muss ein

- Derived No Effect Level (DNEL)

abgeleitet werden, zur Bewertung einer Gewässergefährdung zusätzlich die

- Predicted No Effect Concentration (PNEC).

Nicht in der REACH-Verordnung, jedoch im Technical Guidance Document (TGD) R8 [55] wird für Stoffe ohne gesundheitsbasierte Wirkschwelle, d. h. für genotoxische Kanzerogene oder Mutagene, die Ableitung des

- Derived Maximum Exposure Levels (DMEL)

beschrieben.

Der DNEL ist sowohl für eine kontinuierliche Exposition analog dem AGW oder MAK-Wert für eine achtstündige Exposition abzuleiten als auch für kurzzeitige Expositionen.

Zur Festlegung der DNELs ist die ECHA-Guideline R8 [54] heranzuziehen. Die folgende Vorgehensweise wird darin beschrieben:

- 1) Auswertung der verfügbaren wissenschaftlichen Studien
- 2) Auswahl der relevanten Studien
- 3) Festlegung der „key-studies“ als Startpunkt für die Ableitung als POD (point of departure)
- 4) Anwendung der Assessment-Faktoren (Unsicherheitsfaktoren) zur Extrapolation der tierexperimentellen Daten auf den Menschen
- 5) Festlegung des DNEL

Voraussetzung zur Ableitung eines DNEL ist eine tierexperimentelle Studie mit wiederholter Applikation von mindestens 28 Tagen, die sogenannte subakute

Studie, die gemäß den OECD-Guidelines durchzuführen ist. Da die 28-Tage Studie erst ab einer Produktionsmenge von 10 t/a gemäß REACH-Verordnung (siehe Abschnitt 4.1.3) gefordert ist, muss für hergestellte oder importierte Stoffe in Mengen unter 10 t/a, kein DNEL abgeleitet werden.

In Schritt 1 sind alle verfügbaren wissenschaftlichen Studien zu ermitteln. Im folgenden Schritt sind diese zu bewerten; zur Ableitung des DNEL sind primär Studien mit wiederholter Applikation heranzuziehen. Liegen mehrere Langzeitstudien vor, sind die Studien mit der höchsten Relevanz für die Bedingungen am Arbeitsplatz auszuwählen. Hierbei sind u. a. Tierart, Expositionsweg (oral, dermal, inhalativ), Expositionsdauer (subakut, subchronisch, chronisch), Expositionsmuster (6, 8 oder 24 Stunden pro Tag), zu berücksichtigen. Anschließend ist die Studie auszuwählen, die als Startpunkt für die weiteren Berechnungen zur Übertragung auf die Arbeitsplatzsituation bzw. auf den Endverbraucher herangezogen wird. Ausgehend von dieser Startstudie (POD = point of departure) sind in Abhängigkeit von

- Zufuhrweg: oral, dermal, inhalativ,
- Expositionsdauer: subakut, subchronisch, chronisch,
- empfindlichsten Gesundheitseffekten: lokale, systemische,
- Qualität der Studien und
- Resorptionsrate

die jeweiligen Unsicherheitsfaktoren (Assessmentfaktoren) anzuwenden. Liegen zusätzlich Kenntnisse über Art und Umfang der Metabolisierung beim Menschen vor, können diese zur Modifizierung der Default-Assessmentfaktoren gemäß den Vorgaben des TGD benutzt werden. Bei Vorliegen aussagekräftiger epidemiologischer Studien kann ggf. auf die Anwendung der Assessmentfaktoren teilweise oder vollständig verzichtet werden. Tabelle 3.5 fasst die Standard-Assessmentfak-

Tabelle 3.5 Standard-Assessmentfaktoren nach TGD R8 [54].

	Expositionskriterien	AF systemisch	AF lokal
Zeitextrapolation	subakut nach subchronisch	3	3
	subchronisch nach chronisch	2	2
	subakut nach chronisch	6	6
Interspecies Extrapolation bei oralen Studien (Allometriefaktor)	Maus zum Menschen	7	7
	Ratte zum Menschen	4	4
	Hund zum Menschen		
Interspecies Extrapolation bei inhalativen Studien	Tier nach Mensch	1	1
Intraspecies Extrapolation	Arbeiter	5	5
	Allgemeinbevölkerung	10	10–100
Verbleibende Unsicherheiten		2,5	2,5
Gesamt-AF	subakut, oral Ratte zu Arbeiter	300	
	subakut, oral Ratte zu Allgemeinbevölkerung	600	

Tabelle 3.6 Atemvolumen und Körpergewicht unterschiedlicher Spezies.

Spezies	Körpergewicht [kg]	Atemvolumen [l/min]	Spezif. Atemvolumen [l/min/kg]
Ratte	0,258	0,2	0,8
Mensch	75	14	0,2

toren zusammen. Der Gesamt-Assessmentfaktor ist im Vergleich mit dem bisherigen AGS-Konzept unter Berücksichtigung der vorliegenden Studiendaten in der Praxis häufig um den Faktor fünf höher, woraus ein deutlich niedrigerer DNEL resultiert.

Die Extrapolationsfaktoren basieren, mit Ausnahme des Allometriefaktors, ausschließlich auf Erfahrung, eine streng wissenschaftliche Begründung ist nicht vorhanden. Die Ableitung des DNEL kann daher als „wissenschaftlich basierte Schätzung“ bezeichnet werden.

Der Allometriefaktor vom Tier auf den Mensch trägt der Tatsache Rechnung, dass in Abhängigkeit des Verhältnisses von Volumen zu Oberfläche ein größerer Teil der aufgenommenen Nahrung zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur benutzt werden muss. Der Allometriefaktor errechnet sich aus dem Verhältnis der unterschiedlichen Atemvolumina pro Kilogramm Körpergewicht der unterschiedlichen Tierarten zum Menschen, siehe Tabelle 3.6. Da bei inhalativen Studien keine Umrechnung vom Körpergewicht auf das Atemvolumen erfolgt, muss kein Allometriefaktor angewendet werden.

Konnte in subakuten oder subchronischen Studien keine Wirkschwelle (NOEL) ermittelt werden, kann unter Umständen auch von der niedrigsten Dosis mit Wirkung (LOEL: lowest adverse effect level) der DNEL unter Anwendung eines zusätzlichen Sicherheitsfaktors abgeleitet werden, falls nur marginale Effekte gefunden werden.

In Abbildung 3.8 ist die grundsätzliche Vorgehensweise zur Ableitung von DNELs schematisch dargestellt.

Gemäß REACH sind auch für den Endverbraucher DNELs abzuleiten, falls eine Exposition entweder über Endverbraucherprodukte (z. B. Farben, Kleber, Reinigungsmittel) oder über die Umwelt (z. B. Luftemission, Wasser) möglich ist. Da sich Expositionsmuster, Dauer und Häufigkeit sowie exponierte Personengruppen (Kleinkinder, Kranke, ältere Personen) signifikant unterscheiden, sind zur Ableitung der DNELs unterschiedliche Assessmentfaktoren anzuwenden.

Bis zum 01.06.2013 werden ca. 4.000 Stoffe im Rahmen der 1. und 2. Registrierungsphase registriert werden; in etwa gleich viele DNELs stehen zur Expositionsbeurteilung zur Verfügung. Als stoffbezogene Verordnung fordert REACH pro Stoff, von Ausnahmen abgesehen, nur eine Registrierung; und daher sollte auch nur ein DNEL pro Stoff existieren. Die Praxis hat jedoch gezeigt, dass für mehrere Stoffe abweichende DNELs festgelegt wurden, eine Harmonisierung ist dringend notwendig. Der von einigen Institutionen verfolgte Ansatz, stets dem niedrigsten DNEL den Vorzug zu geben, ist fachlich nicht begründbar.

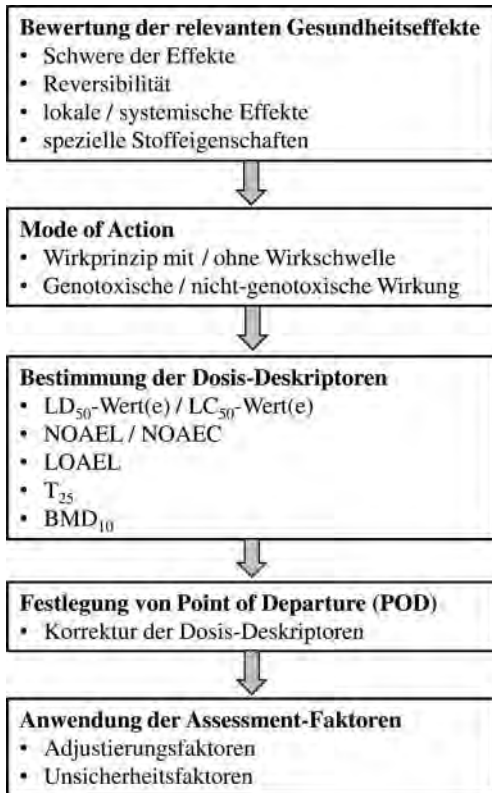


Abb. 3.8 Schematische Vorgehensweise zur Ableitung von DNEL

Liegt für einen Stoff sowohl ein DNEL nach REACH als auch ein AGW nach TRGS 900 vor, sind Letztere vorrangig zu beachten, unabhängig welcher Wert höher oder niedriger ist, siehe hierzu die Antworten in der Bekanntmachung 409 [55]. Liegen anstelle von AGWs Empfehlungen von wissenschaftlichen Gremien vor, wie z. B. MAK-Werte oder IOELV-Werte, können diese ebenfalls anstelle der DNELs herangezogen werden.

Insbesondere bei schlechter Datenlage, was bei Stoffen in der 3. Registrierungsphase der Regelfall sein dürfte, können sehr niedrige DNELs resultieren. Nur durch toxikologischen Sachverstand, gepaart mit praktischer Erfahrung und dem nötigen Pragmatismus, können nicht praxismgerechte DNELs verhindert werden.

DNELs können nur für Stoffe mit gesundheitsbasierter Wirkschwelle abgeleitet werden. Für genotoxische Kanzerogene und Mutagene sind gemäß dem TGD R8 [54] DMELs, Derived Maximum Exposure Levels, anstelle der DNELs abzuleiten. Nach einem risikobasierten Ansatz sind die Konzentrationen festzulegen, die zur Minimierung der Arbeitsplatzrisiken unterschritten werden sollten. Im Gegensatz zum deutschen Konzept der Toleranz- und Akzeptanzkonzentrationen, existieren

bei den DMELs keine festgelegten Risikogrenzen, die mit den festgelegten Konzentrationen korrespondieren. Desgleichen fehlen nachvollziehbare Kriterien zur Ableitung der Werte als auch Maßnahmen, die bei Über- bzw. auch bei Unterschreitung zu ergreifen sind. Da DMELs nicht in REACH verankert sind, kann die Ableitung und Aufnahme in die Sicherheitsdatenblätter nicht verpflichtend gefordert werden. Für Stoffe, für die Toleranz- und Akzeptanzkonzentrationen in BekGS 910 [48] festgelegt wurden, wird empfohlen, diese anstelle der DMELs zu benutzen.

3.3.5

Internationale Grenzwerte

Neben den bereits in Abschnitt 3.3.1 aufgeführten nationalen Grenzwerten existiert eine Vielzahl weiterer Expositionsgrenzwerte, die von unterschiedlichen Grenzwertkommissionen weltweit abgeleitet werden. Als Bewertungsmaßstab für die Gefährdungsbeurteilung stellen diese eine wertvolle Grundlage dar. Weltweit existieren für ca. 1.000 Stoffe oder Stoffgruppen valide Grenzwerte, die zur Bewertung der Arbeitsplatzsituation als auch zur Evaluierung von DNELs benutzt werden können. In den Sicherheitsdatenblättern des jeweiligen Bestimmungslandes müssen diese i. d. R. aufgeführt werden.

Eine umfassende Datenbank mit Grenzwerten der

- Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA), Österreich
- ENI Corporate, Italien
- EurofinsDanmark A/S, Dänemark
- Health and Safety Laboratory (HSL), Großbritannien
- Hungarian Institute of Occupational Health, Chemical Laboratory (HIOH), Ungarn
- Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), Frankreich
- Institut de recherche Robert Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Kanada
- Institute for Applied Environmental Research, Air Pollution Laboratory (ITM), Schweden
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), Spanien
- Japan International Center for Occupational Safety and Health (JICOOSH), Japan
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH); USA
- Royal Haskoning, Niederland
- Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva), Schweiz

kann der Datenbank des berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz [56] entnommen werden.

Ergänzend sind die nationalen Grenzwerte folgender Länder aufgeführt:

- Argentinien (spanisch)
- Australien (englisch)

- Belgien (flämisch, französisch)
- Brasilien (portugiesisch)
- Estland (estnisch)
- Finnland (finnisch und schwedisch)
- Indien (englisch, Homepage des Anbieters)
- Kanada
- Alberta (englisch)
- British Columbia (englisch)
- Ontario (englisch)
- Lettland (lettisch)
- Litauen (litauisch)
- Neuseeland (englisch)
- Norwegen (norwegisch)
- Polen (polnisch)
- Slowakei (slowakisch)
- Südafrika (englisch)
- Tschechische Republik (tschechisch)

3.3.6

Biologische Grenzwerte

Zur Bewertung der Gesundheitsgefährdung von hautresorptiven Stoffen können die Luftgrenzwerte nur begrenzt herangezogen werden. Für eine sachgerechte Bewertung ist die dermal aufgenommene Stoffmenge mittels geeigneter Bestimmungsverfahren, wie z. B. „Biological Monitoring“, zu ermitteln und mit vorhandenen biologischen Grenzwerten zu bewerten.

3.3.6.1 **Der biologische Grenzwert**

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 Gefahrstoffverordnung ist als Beurteilungsmaßstab neben den Arbeitsplatzgrenzwerten der biologische Grenzwert heranzuziehen. Die Gefahrstoffverordnung [2] definiert den „biologischen Grenzwert“, abgekürzt BGW, in § 2 Abs. 8 wie folgt:

Der „biologische Grenzwert“ ist der Grenzwert für die toxikologisch-arbeitsmedizinisch abgeleitete Konzentration eines Stoffes, seines Metaboliten oder eines Beanspruchungsindikators im entsprechenden biologischen Material. Er gibt an, bis zu welcher Konzentration die Gesundheit von Beschäftigten im Allgemeinen nicht beeinträchtigt wird.

Analog dem Arbeitsplatzgrenzwert ist bei Unterschreitung des biologischen Grenzwertes eine

- Gesundheitsgefahr nach heutigem Stand der Wissenschaft nicht zu befürchten.

Die Ableitung erfolgt wie bei den AGW- und MAK-Werten auf Basis arbeitsmedizinisch-toxikologischer Kriterien. Die BGWs werden in Deutschland vom Ausschuss für Gefahrstoff (AGS) nach Beratung durch die zuständigen Unterausschüsse festgelegt und vom Ministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) verabschiedet und im Rahmen der TRGS 903 [57] veröffentlicht. Zurzeit sind alle BGWs nach TRGS 903 identisch mit den BAT-Werten der MAK-Kommission [52].

Zur Festlegung des BGWs wurde die gleiche Expositionsdauer wie beim AGW zugrunde gelegt:

- täglich acht Stunden und
- wöchentlich 40 Stunden.

Analog dem AGW gilt der BGW nur für gesunde Menschen im erwerbsfähigen Alter. Da insbesondere bei organischen Stoffen im Organismus eine schnelle Metabolisierung erfolgt, dienen als Untersuchungsparameter vieler Stoffe nicht die aufgenommenen Gefahrstoffe, sondern deren Metabolite oder Addukte.

Als Untersuchungsmedium dient in der überwiegenden Anzahl der festgelegten BGWs Urin und nur in wenigen Fällen Blut. Voraussetzung für die Festlegung von BGWs ist die Kenntnis der Metaboliten sowie deren Toxikokinetik. Typischerweise wird nach Schichtende der Urin exponierter Mitarbeiter gesammelt und die Untersuchungsparameter in Speziallabors bestimmt. Bei Stoffen mit langsamer Ausscheidungsrate, wie z. B. Quecksilber, ist eine Ermittlung nach mehreren vorangegangenen Schichten notwendig, siehe Tabelle 3.7.

Tabelle 3.7 BGW typischer Stoffe nach TRGS 903.

Arbeitsstoff	Untersuchungsparameter	BGW	Untersuchungsmaterial	Probenahme
Anilin	Anilin (ungebunden)	1 mg/L	Urin	b), c)
	Anilin (Hämoglobin-Konjugat)	100 µg/L	Vollblut	b), c)
Blei	Blei	400 µg/L	Blut	a)
		300 µg/L ^{d)}	Blut	a)
Cyclohexan	Gesamt-1,2-Cyclohexandiol	170 mg Kreatinin	Urin	c), b)
N,N-Dimethylacetamid	N-Methylacetamid	30 mg/g Kreatinin	Urin	c), b)
2-Ethoxyethylacetat	Ethoxyessigsäure	50 mg/L	Urin	c), b)
Kohlenmonoxid	CO-Hämoglobin	5 %	Vollblut	b)

a) keine Beschränkung

b) Expositionsende bzw. Schichtende

c) bei Langzeitexposition: nach mehreren vorangegangenen Schichten

d) dieser Wert gilt nur für Frauen unter 45 Jahren

Bei hautresorptiven Stoffen mit nicht vernachlässigbarem Dampfdruck muss zur Bewertung der Expositionssituation sowohl die biologische Konzentration als auch die Luftkonzentration bestimmt werden. Die tatsächliche Gesundheitsgefährdung ergibt sich durch gewichtete Addition der biologischen und inhalativen Stoffmengen. Keine Gefährdung ist zu befürchten, wenn die Summe von biologischer Konzentration geteilt durch den BGW und inhalativer Konzentration geteilt durch den AGW kleiner oder gleich eins ist.

$$\frac{\text{biologische Konzentration}}{\text{BGW}} + \frac{\text{inhalative Konzentration}}{\text{AGW}} = \leq 1$$

Die gemäß Gefahrstoffverordnung einzuhaltenden BGWs werden in der TRGS 903 [57] vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales nach Beratung durch den AGS, analog den AGWs, veröffentlicht. Basis der derzeit festgelegten BGWs waren ausschließlich die biologischen Arbeitsplatztoleranzwerte der MAK-Kommission.

3.3.6.2 Der Biologische Arbeitsplatztoleranzwert

Analog den MAK-Werten legt die MAK-Kommission auch Grenzwerte im biologischen Material, die sogenannten Biologischen Arbeitsplatztoleranzwerte, abgekürzt BAT, fest. Definition des BAT-Wertes kann Abbildung 3.9 entnommen werden.

Der biologische Arbeitsplatztoleranzwert (BAT)

ist die Konzentration	
⇒	von Stoffen
⇒	oder ihrer Umwandlungsprodukte im Körper,
⇒	die die Gesundheit nicht beeinträchtigt,
⇒	bei gesunden Arbeitnehmern im erwerbsfähigen Alter
→ bei täglich max. 8-stündiger und wöchentlich 40-stündiger Exposition als Schichtmittelwert.	
Untersuchte Körperflüssigkeiten:	
➤	Urin (überwiegend)
➤	Blut
Kriterien:	⇒ toxiskologische Erkenntnisse und
	⇒ arbeitsmedizinische Erfahrungen

Abb. 3.9 Definition des BAT-Wertes

3.3.6.3 EKA-Werte

Analog den MAK-Werten werden auch für genotoxische krebserzeugende Stoffe keine BAT-Werte festgelegt, da eine Dosis ohne gesundheitsschädigende Wirkung nicht abgeleitet werden kann. Die MAK-Kommission berechnet für diese auf Basis der Resorptionsrate bei rein inhalativer Exposition die hierbei im Organismus resultierende innere Dosis. Diese wird als Expositionsäquivalent für krebserzeugende Arbeitsstoffe bezeichnet, abgekürzt als EKA-Werte. Die EKA-Werte geben an, welche Luftkonzentration bei rein inhalativer Aufnahme der ermittelten biologischen Exposition entspricht.

Insbesondere für gut hautresorptive Kanzerogene, beispielsweise aromatische Amine oder Nitroverbindungen, kann die tatsächliche Exposition sehr viel exakter mittels des biologischen Monitoring (BM) als über die Messung der Luftkonzentration bestimmt werden. Tabelle 3.8 zeigt für Benzol exemplarisch die Gegenüberstellung von inhalativer Konzentration und biologischer Exposition auf.

Tabelle 3.8 EKA-Werte für Benzol

Luft Benzol		Vollblut Benzol	Urin	
ml/m ³	mg/m ³	µg/l	S-Phenyl- merkaptursäure (mg/g Kreatinin)	Trans, trans- Muconsäure
0,3	1,0	0,9	0,010	–
0,6	2,0	2,4	0,025	1,6
0,9	3,0	4,4	0,040	–
1,0	3,3	5	0,045	2
2	6,5	14	0,090	3
4	13	38	0,180	5
6	19,5	–	0,270	7

3.4

Methoden der Expositionsermittlung

Die Durchführung von Gefahrstoffmessungen setzt die notwendige Fachkunde und Einrichtungen voraus. In TRGS 402 [42] sind die personellen Anforderungen an eine Messstelle festgelegt. Der Leiter einer Messstelle, unabhängig ob innerbetrieblich oder als akkreditierte Messstelle, muss:

- 1) ein naturwissenschaftliches oder technisches Hochschulstudium erfolgreich abgeschlossen oder eine gleichwertige Qualifikation durch entsprechende Ausbildung und Erfahrung erworben haben,
- 2) eine mindestens zweijährige Tätigkeit ausgeübt haben, die Kenntnisse und praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der Ermittlung, Messung und Beurteilung von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz vermittelt hat und

- 3) während dieser Zeit wiederholt selbst Gefahrstoffmessungen am Arbeitsplatz und deren Bewertung nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe vorgenommen haben.

Darüber hinaus sind Kenntnisse der physikalisch-chemischen Eigenschaften, der Gesundheitsgefahren bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen sowie über die im Gefahrstoffrecht zu beachtenden Gesetze, Verordnungen, Unfallverhütungsvorschriften, Technischen Regeln, Normen und die allgemeinen Regeln der Verfahrens- und Sicherheitstechnik erforderlich.

Die Mitarbeiter einer Messstelle müssen über eine naturwissenschaftlich oder technische Ausbildung verfügen und Erfahrungen in der Probenahme und Analytik der Stoffgruppen besitzen, für die sie verantwortlich sind.

Die Messstelle muss ein geeignetes Qualitätssicherungskonzept besitzen, sinnvollerweise sollte die mit der Qualitätssicherung beauftragte Person nicht an der Durchführung der Aufgaben beteiligt sein, die sie überprüft.

Die gerätetechnische Ausstattung muss dem Stand der Technik und den einschlägigen Normen, z. B. EN 482 [58], entsprechen, für die jeweilige Messaufgabe geeignet sein und regelmäßig gemäß den Anforderungen von DIN EN ISO/EC 17025 [59] gewartet werden.

Als Mindestausstattung der Messstelle gelten:

- zwei an der Person tragbare Probenahmepumpen (Personal Air Sampler), ggf. ex-geschützt,
- Einrichtungen zu Probenaufbewahrung und -transport,
- Stative, Halterungen, Tragegurte,
- Kalibriereinrichtungen zur VolumenstromEinstellung der Probenahmepumpen,
- Zeitmessgeräte,
- Geräte für Klimamessungen (in der Regel Thermometer, Barometer und Hygrometer),
- Geräte zur Bestimmung von Luftströmungen (Rauchröhrchen und Anemometer),
- EDV-System zur Datenverarbeitung und -speicherung,
- die für die messende Stoffgruppe bzw. Teilbereiche davon notwendigen Sammelvorrichtungen, einschließlich Probenträger mit Halterungen sowie
- für Stoffgruppe 1 eine Analysenwaage, Ablesegenauigkeit mindestens 0,01 mg.

Die korrekte Messstrategie hat einen wesentlichen Einfluss auf das Messergebnis und ist sorgfältig zu planen. Die mittels stationärer Probenahmesysteme ermittelten Arbeitsplatzkonzentrationen unterscheiden sich häufig deutlich von den durch personenbezogene Probenahmesysteme ermittelten Expositionswerte, die üblicherweise die tatsächliche Gefahrstoffbelastung korrekter wiedergeben und daher eindeutig bevorzugt sind.

3.4.1

Direktanzeigende Messgeräte**3.4.1.1 Probenahmeröhrchen**

Direktanzeigende Probenahmeröhrchen sind ein häufig eingesetztes Probenahmeverfahren; einfach in der Anwendung und preiswert. Abbildung 3.10 zeigt eine Auswahl aus dem reichhaltigen Sortiment unterschiedlicher Probenahmeröhrchen.

Mittels einer Pumpe, Abbildungen 3.11 zeigt ein Beispiel, wird eine definierte Luftmenge über ein Nachweisreagenz gesaugt. Der zu identifizierende Stoff reagiert mit dem Nachweisreagens in einer möglichst spezifischen Farbreaktion. Die Länge der Verfärbungszone ist proportional zur Konzentration des Stoffes in

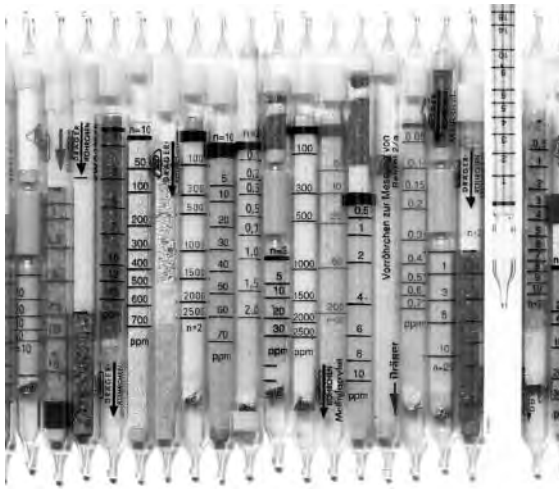


Abb. 3.10 Beispiele direktanzeigender Probenahmeröhrchen



Abb. 3.11 Probenahmpumpe für direktanzeigende Probenahmeröhrchen

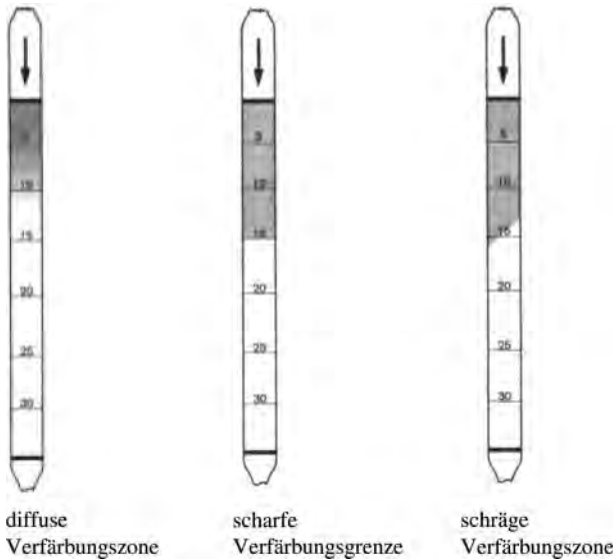


Abb. 3.12 Unterschiedliche Verfärbungszonen von Probenahmröhrchen

der Luft. Durch die auf den Röhrchen aufgebrachte Skalierung kann die Konzentration in Abhängigkeit des durchgesaugten Luftvolumens unmittelbar abgelesen werden. Nicht immer verläuft der Farbverlauf senkrecht zur Längsachse des Röhrchens (siehe Abbildung 3.12). Grundsätzlich werden die Röhrchen nach folgenden Prinzipien kalibriert:

- Bei senkrecht zur Längsachse verlaufender scharfer Farbgränze kann die Konzentration unmittelbar abgelesen werden, siehe Abbildung 3.12, linkes Bild.
- Verläuft der Farbverlauf schräg, stellt der Mittelwert des Farbverlaufs die Schadstoffkonzentration dar, wie in Abbildung 3.12, mittleres Bild, erkennbar.
- Bei nicht einheitlich verlaufender Verfärbungszone wird die Konzentration dort abgelesen, wo eine noch schwache Verfärbung gerade sichtbar ist, siehe Abbildung 3.12, rechtes Bild.

Zur möglichst selektiven Bestimmung unterschiedlicher Stoffe steht eine Vielzahl von Spezialröhrchen zur Verfügung. Für spezielle Anwendungsbereiche wurden Röhrchen mit Vorzonen sowie mit zusammengesetzten Reaktionszonen entwickelt. Bei Letzteren wird der zu bestimmende Stoff im ersten Teilröhrchen oxidiert, reduziert oder derivatisiert. In der nachgeschalteten Anzeigezone erfolgt die spezifische Farbreaktion des Reaktionsprodukts mit dem Nachweisreagenz. Dieser Teil trägt die Kalibrierung zum Ablesen der Konzentration (siehe Abbildung 3.13). Spezialfälle der zusammengesetzten Röhrchen stellen die Systeme mit Reagenzampulle dar. Bei diesen befindet sich in einer vorgeschalteten Ampulle eine

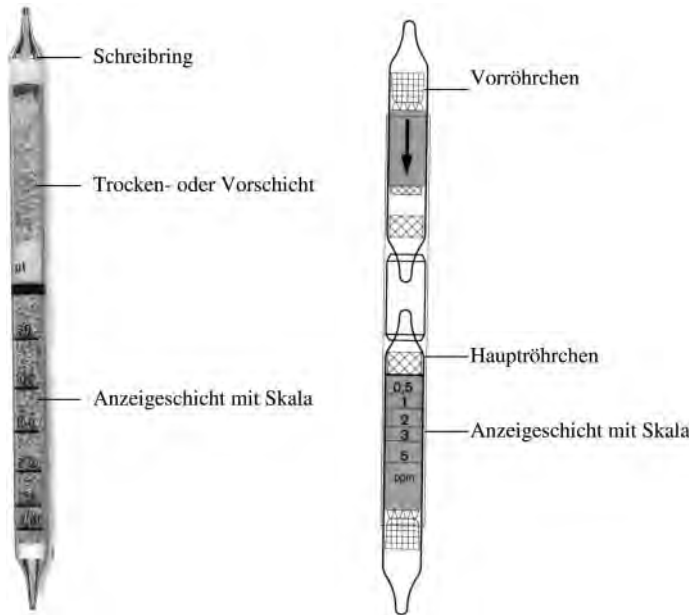


Abb. 3.13 Spezielle Anzeigeröhrchen

Reagenzlösung, die unmittelbar vor der Probenahme mit dem Hauptagens durch Brechen der Ampulle reagiert und das eigentliche Nachweisreagenz bildet.

Voraussetzung für die direktanzeigenden Probenahmesysteme ist die Existenz einer möglichst spezifischen Farbreaktion des Schadstoffes mit einem Adsorbens. Als spezifische Nachweisreaktionen werden benutzt:

- **Farbreaktion**

- Manche funktionellen Gruppen gehen mit dem auf dem Trägermaterial befindlichen Agens eine Farbreaktion ein.
- Beispiel: Bildung von *Hydrazonen* oder *Semicarbazonen* aus *Carbonylverbindung* und *Amin*.

- **Redoxreaktion**

- Oxidation oder Reduktion einer funktionellen Gruppe unter
 - Bildung eines farbigen Chromophors oder
 - Bildung einer modifizierten funktionellen Gruppe, die ihrerseits eine Farbreaktion mit einem zweiten Agens eingeht. Ein Beispiel für eine Redoxreaktion stellt die Oxidation der Methylgruppe von *Toluol* mit *Selendioxid* in schwefelsaurer Umgebung zu einem braunvioletten Reaktionsprodukt dar.

Die ausführlichen Unterlagen und Handbücher der Prüfröhrchenhersteller beschreiben zum Teil ausführlich und detailliert die unterschiedlichen Reaktionsmechanismen.

Tabelle 3.9 Querempfindlichkeiten bekannter Prüfröhrchen.

Röhrchen	querempfindlich mit	keine Querempfindlichkeit gegenüber
Aceton	Ketonen und Aldehyden	Estern
Toluol	Xylole, Benzol	Methanol, Ethanol, Aceton, Ethylacetat
Ethylacetat	Alkoholen, Aromaten, Estern	
Chlor	Brom, Stickstoffdioxid, Chlordioxid	
Methanol	anderen Alkoholen, Estern, Aromaten	
Nitrosegase	Chlor, Ozon	
Salzsäure	Mineralsäuren	Schwefelwasserstoff, Schwefeldioxid

Aufgrund der chemischen Nachweisverfahren ist in der Regel nur eine begrenzte Selektivität möglich. Querempfindlichkeiten gegenüber Stoffen mit ähnlichem Reaktionsverhalten führen in der Regel zu falsch positiven Ergebnissen, d.h. die tatsächliche Konzentration ist niedriger als die angezeigte. Bei manchen Stoffen sind allerdings auch falsch negative Werte möglich. Die Querempfindlichkeiten sind in der Praxis nicht immer leicht vorhersehbar. Die Verwendung von Prüfröhrchen ist aus diesem Grund bei unbekannter Stoffzusammensetzung nur beschränkt empfehlenswert. Die Röhrchenhersteller weisen in den Gebrauchsanweisungen auf bekannte Störstoffe hin, die in der Praxis unbedingt beachtet werden müssen. Tabelle 3.9 gibt für häufig benutzte Chemikalien die Querempfindlichkeiten wieder.

Direktanzeigenden Probenahmeverfahren werden häufig zur Messung von Konzentrationsspitzen eingesetzt. Zur Bestimmung des Schichtmittelwertes sind eine Vielzahl von Einzelmessungen durchzuführen.

3.4.1.2 Indikatorpapiere

Das Grundprinzip der Reaktionspapiere ist den Probenahmeröhrchen ähnlich: Auf einem Träger ist ein Agens aufgetragen, das mit der zu analysierenden Verbindung eine Farbreaktion eingeht. Die Intensität der Farbreaktion ist ein Maß für die Konzentration des Gefahrstoffes in der Luft. Die Auswertung kann durch visuellen Vergleich mit einer geeichten Farbskala erfolgen, siehe Abbildung 3.14.

Indikatorpapiere stehen nur für eine kleine Anzahl von Gefahrstoffen zur Verfügung, für spezielle Anwendungsfälle haben sie sich in der betrieblichen Praxis bestens bewährt, z. B. zur Expositionsermittlung von *Phosgen* in der chemischen Industrie, zur personenbezogenen Dosisermittlung von *Formaldehyd* oder von *Ethylenoxid* im klinischen Bereich.

Werden solche Reagenzpapiere auf einer motorgetriebenen Endlosrolle eingesetzt und mit einer photometrischen Auswertung samt Datenschreiber gekoppelt, sind kontinuierliche Arbeitsplatzmessungen möglich, siehe Abbildung 3.15. Dieses Messverfahren hat sich zur Dauerüberwachung von industriell wichtigen Diisocyanaten bewährt, wie z. B. *Toluidendiisocyanat* (TDI), *Methylendiisocyanat*



Abb. 3.14 Indikatorpapiere



Abb. 3.15 Direkt anzeigendes photometrisches Anzeigegerät

(MDI), *Isophorondiisocyanat* (IPDI), *Naphthylendiisocyanat* (NDI) und *Hexamethylenendiisocyanat* (HMDI).

Aufgrund spezifischer Farbreaktionen stehen für die Dauerüberwachung von *Ammoniak*, *Brom*, *Chlor*, *Blausäure*, *Fluorwasserstoff*, *Ozon*, *Phosgen*, *Schwefeldioxid* und *Schwefelwasserstoff* ebenfalls Indikatorpapiere mit photometrischer Auswertung zur Verfügung. Durch die teilweise sehr farbintensiven Anzeigen können mit diesem Messprinzip Nachweisgrenzen bis in den unteren ppb-Bereich erzielt werden. Tabelle 3.10 gibt einen Überblick über Bestimmungsbereich und Nachweisgrenzen. Zur Vermeidung von Messfehlern ist beim Einsatz dieser photometrisch arbeitenden Analysengeräte in jedem Einzelfall zu prüfen, ob vorhandene Gase durch Oxidation, Reduktion oder Bildung einer andersfarbigen Reaktionskomponente die Anzeige stören.

Tabelle 3.10 Nachweisgrenze ausgewählter Stoffe von Indikatorpapieren.

Stoffe	Anzeigebereich [ppm]	
Ammoniak	3	75
Dimethylamin	0,4	6
n-Butylamin	0,4	12
Methylendianilin	0,003	0,06
p-Phenylendiamin	0,002	0,06
Toluoldiamin	0,004	0,06
Trimethylamin	1,1	30
Brom	0,01	0,3
Chlor	0,05	1,5
Cyanwasserstoff	1,1	30
Schwefelwasserstoff	1,1	30
Chlorwasserstoff	0,5	15
Phosgen	0,01	0,3
Schwefeldioxid	0,2	10
Diisocyanate (z. B. TDI, MDI)	0,002	0,06

3.4.1.3 Elektrochemische Sensoren

Elektrochemische Gassensoren haben sich in der täglichen Betriebspraxis vielfach bewährt. Diese kompakten Geräte können direkt am Körper getragen werden und eignen sich zur personenbezogenen Konzentrationsüberwachung, siehe Abbildung 3.16. Mittels eines akustischen Signalgebers wird der Träger bei Grenzwertüberschreitung alarmiert. Moderne Geräte verfügen darüber hinaus über einen eingebauten Datenspeicher, der eine spätere Auswertung der Expositionsdaten am Computer erlaubt.

**Abb. 3.16** Photoionisationsdetektoren

Tabelle 3.11 Redoxreaktionen elektrochemischer Gasdetektoren.

Gas	Anode	Kathode	Anodenreaktion	Kathodenreaktion
O ₂	Pb	Au	$4\text{OH}^- + 2\text{Pb} \rightarrow 2\text{PbO} + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$
CO	Pt	C	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
H ₂ S	Ag	Ag	$\text{H}_2\text{S} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}^+$ $2\text{Ag}^0 \rightarrow 2\text{Ag}^+ + 2\text{e}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
SO ₂	Au	Pt	$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
NO ₂	C	Au	$\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	$\text{NO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
Cl ₂	Pt	Au	$\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$ $\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{Br}^-$	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
HCN	Ag	Ag	$2\text{HCN} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow 2\text{AgCN} + 2\text{H}^+$ $2\text{Ag}^0 \rightarrow 2\text{Ag}^+ + 2\text{e}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
COCl ₂	Ag	Ag	$\text{COCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{HCl}$ $2\text{HCl} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow 2\text{AgCl} + 2\text{H}^+$ $2\text{Ag}^0 \rightarrow 2\text{Ag}^+ + 2\text{e}^-$	$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Das Messprinzip der Sensoren beruht auf einer elektrochemischen Reaktion des zu bestimmenden Gases mit einem Elektrolyten, Tabelle 3.11 zeigt einige Beispiele. Das sich hierbei bildende elektrische Potenzial ist gasspezifisch und nach den Gesetzen der Elektrochemie der Konzentration proportional. Für die notwendige gaselektive Anzeige ist eine spezifische Elektrodenreaktion des Gases Voraussetzung. Aufgrund der nur begrenzten spezifischen Nachweisreaktionen stehen entsprechende Geräte nur für eine begrenzte Anzahl von Gasen zur Verfügung. Analoge Geräte werden zur Ermittlung der Sauerstoffkonzentration oder der explosionsfähigen Atmosphäre verwendet.

Auch bei elektrochemischen Reaktionen müssen Querempfindlichkeiten berücksichtigt werden. Salzsäuredämpfe erzeugen z. B. an einem Phosgendetektor ebenfalls ein positives Messsignal. Durch die elektrochemische Reaktion werden Anode und Kathode erschöpft; die Haltbarkeit der Messzelle ist normalerweise auf ein halbes bis ein Jahr begrenzt. Zur exakten Konzentrationsmessung müssen die Geräte in regelmäßigen Zeitabständen mit Prüfgasen kalibriert werden.

3.4.1.4 Photoionisationsdetektor

Photoionisationsdetektoren (PID) werden zur Bestimmung der Summe organischer Verbindungen eingesetzt. Eine Entladeröhre spaltet alle Moleküle mit einem Ionisationspotenzial unter 10,6 eV in Ionen. Der hierdurch resultierende Ionenstrom wird zwischen zwei Elektroden gemessen. Da der Ionenstrom proportional zur Stoffkonzentration ist, kann mit diesem Messprinzip die Konzentration bestimmt werden. Neben der Stoffkonzentration hängt der Ionenstrom von der chemischen Struktur der Moleküle ab. Wird das Messsignal mittels Eichgas kalibriert, kann die Konzentration bei bekanntem Stoff direkt abgelesen werden. Stoffgemische können somit nicht bestimmt werden.

Aufgrund der sehr handlichen und einfachen Bedienung sowie der kurzen Ansprechzeit von nur ca. drei Sekunden eignen sich Photoionisationsdetektoren

besonders für die Lecksuche oder die direkte Konzentrationsbestimmung eines Gefahrstoffes in der Luft an Arbeitsplätzen. Abbildung 3.16 zeigt typische Photoionisationsdetektoren. Alle Moleküle mit einem Ionisationspotenzial über 10,6 eV werden nicht detektiert. Neben den permanenten Gasen *Stickstoff*, *Sauerstoff* oder Wasserdampf können die niedermolekularen Chlorkohlenwasserstoffe, wie z. B. *Chloroform* oder *Methylchlorid*, nicht gemessen werden. Die einfachen Kohlenwasserstoffe *Methan*, *Ethan*, *Propan* sowie *Acrylnitril* und *Formaldehyd* besitzen ebenfalls wie einige FCKWs Ionisationspotenziale über 10,6 eV, stören die Bestimmung anderer Moleküle nicht und können infolgedessen selbst nicht gemessen werden. Photoionisationsdetektoren erlauben Konzentrationsmessungen, in Abhängigkeit der Gefahrstoffe, im Bereich von ca. 1 ppb bis 100 ppm.

3.4.2

Personal Air Sampling für Gase und Dämpfe

PAS-Methoden (Personal Air Sampling) sind indirekte Bestimmungsverfahren, bei denen die zu analysierende Luft mittels Probenahmepumpe über ein Sammelsystem gesaugt wird. Je nach Messaufgabe ist zwischen fester und flüssiger Sammelfase zu unterscheiden. Für spezielle Anwendungszwecke kann die zu analysierende Luft auch direkt in einen Behälter ohne Sammelfase eingesaugt werden (Laborjargon: Gasmaus); eine Anreicherung des Stoffes findet hierbei nicht statt.

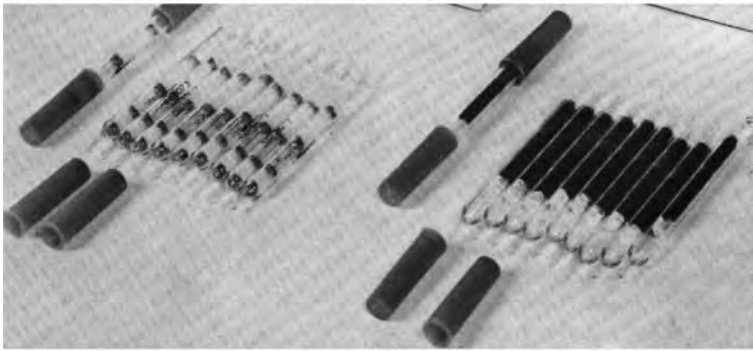
Zum Nachweis einer breiten Stoffpalette stehen verschiedene Sammelfasen mit unterschiedlichen Adsorbenzien zur Verfügung. Für organische Gase und Dämpfe werden meist feste Sammelfasen verwendet; Tabelle 3.12 gibt die wichtigsten wieder. Am häufigsten werden Röhrchen mit 150 oder 600 mg Adsorptionsmaterial eingesetzt, gemäß der Spezifikation des amerikanischen Instituts NIOSH. Abbildung 3.17 zeigt eine Auswahl häufig eingesetzter Adsorptionsröhrchen.

Gase und Dämpfe von Säuren und Laugen werden meist mit Flüssigphasen in Waschflaschen, auch Impinger genannt, gesammelt. Abbildung 3.17b zeigt den Flüssigabsorber B 70. Als Flüssigkeit kann z. B. normale Säuren- oder Basenlösung eingesetzt werden. Desgleichen können mit einem modifizierten Absorber Flüssig- als auch Feststoffaerosole gesammelt werden, wenn die Geometrie der Ansaugöffnung den Bedingungen der Probenahme für die einatembare Staubfraktion, Ansaugeschwindigkeit 2,1 m/s, entspricht.

Tabelle 3.12 Einsatzspektrum fester Sammelfasen.

Sammelphase	Stoffe
Aktivkohle	aliphatische und einfache aromatische Verbindungen, aliphatische Amine, Ester, Methylenchlorid, Chloroform, Alkylenoxid, Glykole
Silicagel	Alkohole, aromatische Amine, Dimethylsulfat, Phenole
XAD-Röhrchen	Diazomethan, Formaldehyd, Acrolein

(a)



(b)



Abb. 3.17 Sammelsystem für PAS

Als häufigste Sammelphase wird Aktivkohle eingesetzt. Aufgrund ihrer großen inneren Oberfläche und ihres unpolaren Charakters kann sie zur Absorption der meisten organischen Substanzen eingesetzt werden. Für polare Verbindungen, z. B. Alkohole, Amine, Aldehyde, stehen eine Vielzahl polarer Sammelphasen zur Verfügung, z. B. Aluminiumoxid oder Kieselgel. Zum Nachweis reaktiver Verbindungen können speziell imprägnierte Adsorbentien verwendet werden. Die Konzentrationsmessung mittels persönlicher Probenahme stellt die beste Methode zur individuellen Expositionsermittlung dar. Tabelle 3.12 können die Einsatzbereiche wichtiger Sammelphasen entnommen werden.

Für die aktive Probenahme können aus einem reichhaltigen Angebot standardisierte PAS-Pumpen ausgewählt werden, die auch für den Einsatz in EX-Zone 1 oder 2 geeignet sind. Mittels eines Schlauches werden die Röhrchenhalter mit den Pumpen verbunden.

Die Probenahmevolumen variieren typischerweise zwischen 10 und 60 l/h bzw. 150 und 1.000 ml/min. Pumpen zur Staub- und Fasermessung unterscheiden sich von den Pumpen für Gase und Dämpfe durch ein deutlich höheres Saugvolumen. Während Letztere die Größe eines Rasierapparates haben und inklusive Akku nur ca. 300 bis 400 g wiegen, sind die Staumpumpen deutlich größer und belasten den Träger mit einem Gewicht von ca. 1.000 g stärker.

Die Sauggeschwindigkeit der Probenahmepumpen kann zur Erzielung einer niedrigeren Nachweisgrenze nicht beliebig erhöht werden; bei zu hohen Saugvolumina findet nur noch teilweise Adsorption auf den Sammelröhrchen statt (Fachjargon: die



Abb. 3.18 Probenahmepumpen für PAS

Stoffe „schlagen durch“). Abbildung 3.18 zeigt eine Auswahl häufig verwendeter Probenahmepumpen für die Analyse von Gasen und Dämpfen.

Zur Ermittlung der Durchflussrate und der Wiedergewinnungsrate sind die PAS-Verfahren mittels Prüfgasatmosphäre zu validieren. Nach der Probenahme werden die belegten Röhrchen im Analysenlabor mit einer geeigneten Flüssigkeit desorbiert bzw. eluiert. Nach der Desorption wird das Eluat entweder weiter aufgearbeitet, z. B. derivatisiert, oder direkt analysiert. Als häufigstes Analysenverfahren wird die Gaschromatografie (GC-Analyse) oder die Hochdruckflüssigkeitschromatografie (HPLC) für polare Verbindungen eingesetzt. Als Chromatografiesäulen stehen eine große Auswahl von Glas- und Kapillarsäulen zur Verfügung. Zur Vermeidung von Fehlinterpretationen sollte die Doppelkapillartechnik verwendet werden. Bei dieser wird das zu analysierende Eluat sowohl über eine polare als auch eine unpolare Säule chromatografiert. Eine Verbindung gilt als identifiziert, wenn beide Säulentypen die Verbindung nachweisen. Die zufällige Überlagerung mehrerer Verbindungen auf einem Säulentyp kann hierdurch weitestgehend ausgeschlossen werden.

Spezielle Derivatisierungsverfahren sind u. a. für die Analyse reaktiver Verbindungen notwendig. Durch Überführung in stabile Derivate ist eine chromatografische Bestimmung möglich, ebenso von thermolabilen und chemisch instabilen

Stoffen. Zum Nachweis der chromatografisch getrennten Einzelkomponenten muss der geeignete Detektor ausgewählt werden. Die meisten Analysenverfahren benutzen einen Flammenionisationsdetektor (FID), ferner stehen Leitfähigkeitsdetektoren, Photoionisationsdetektoren und elementspezifische Detektoren zur Verfügung. Abbildung 3.19 zeigt schematisch die Arbeitsschritte bei der personenbezogenen Gefahrstoffanalyse von Gasen und Dämpfen.

Eine weitere Steigerung der analytischen Nachweisgrenzen kann mittels der Thermodesorption erreicht werden. Hierbei entfällt die Desorption mittels Lösemittel. Thermisch stabile Verbindungen werden direkt durch Verdampfung vom Sammelröhrchen auf die Chromatografiesäule überführt.

Die wichtigsten Analysenverfahren und Probenahmeverfahren sind zusammengefasst in:

- den DFG-Analysenverfahren [60] und
- im BGIA-Handbuch [61].

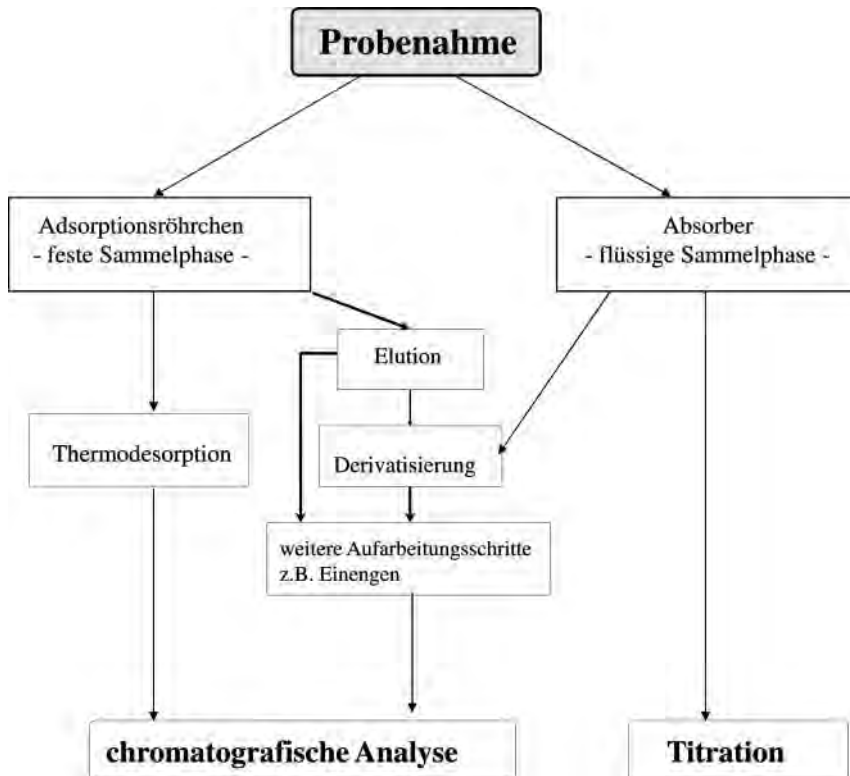


Abb. 3.19 Arbeitsschritte bei PAS-Verfahren

Als preiswerte Alternative zur aktiven Probenahme mittels Pumpen stehen Diffusionssammler zur Verfügung. Das Grundprinzip der Diffusionssammler unterscheidet sich nur geringfügig von den im vorigen Abschnitt besprochenen PAS-Verfahren: Auf einem Adsorbens werden die in der Luft befindlichen Schadstoffe abgeschieden und in einem nachgeschalteten Arbeitsschritt analysiert. Im Gegensatz zu den aktiven Probenahmeverfahren wird die zu analysierende Luft nicht mit einer Pumpe über das Adsorbens gesaugt; die Luftbestandteile diffundieren aufgrund des Konzentrationsgefälles auf die Sammelfase.

Die physikalischen Vorgänge zur Abscheidung auf der Sammelfase gehorchen den Diffusionsgesetzen. Neben der Konzentration der Stoffe in der Luft sind als weitere Parameter Lufttemperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit von Bedeutung.

Da die Diffusion ein langsamer Reaktionsschritt ist, können schnelle Konzentrationsänderungen nicht vollständig erfasst werden.

Während unter Laborbedingungen eine gute Übereinstimmung zwischen aktiven und passiven Probenahmesystemen beobachtet wurde, sind unter realen Betriebsbedingungen oft erhebliche Unterschiede feststellbar. Insbesondere bei großen Konzentrationsänderungen, starken Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen erreichen Diffusionssammler ihre Leistungsgrenzen.

Als Vorteil passiver Probenahmesysteme ist neben dem Verzicht auf Probenahmepumpen die einfache Handhabung zu nennen. Müssen zur Ermittlung der Schadstoffkonzentration mehrere Probenahmesysteme eingesetzt werden, können problemlos vom gleichen Probanden mehrere Diffusionsröhrchen gleichzeitig getragen werden, was aufgrund der Probenahmepumpe bei aktiven Systemen nur selten möglich ist.

Die Form der Diffusionsröhrchen (siehe Abbildung 3.20) unterscheidet sich deutlich von den Sammelröhrchen für die aktive Probenahme. Die weitere Aufarbeitung der Probenahme dagegen unterscheidet sich nicht grundlegend von der aktiver Probenahmesysteme.



Abb. 3.20 Diffusionsröhrchen

3.4.3

Bestimmung fester Partikel

Fein- und Gesamtstaub müssen aufgrund ihrer unterschiedlichen Wirkung getrennt bestimmt und beurteilt werden. An vielen Arbeitsplätzen mit Staubbelastung können daher sowohl Fein- als auch Gesamtstaubmessungen notwendig sein, auch wenn in der Regel die Ermittlung einer Staubart ausreichend ist. Zur Definition von Fein- und Gesamtstaub sowie zur toxikologischen Wirkung von Stäuben (siehe Abschnitt 1.1.10). Die Belastung der Atemluft mit vorhandenen biobeständigen lungengängigen Fasern muss getrennt gemessen und beurteilt werden.

3.4.3.1 Gesamtstaubmessungen

Gemäß der Gesamtstaubdefinition gelten alle festen Partikel als Gesamtstaub, die bei einer Ansauggeschwindigkeit von 2,1 m/s erfasst werden. Die vom berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit (BGIA) empfohlenen Gesamtstaubköpfe erfüllen diese Forderung bei Einhaltung der vorgeschriebenen Saugleistung der Staubpumpen. Für die persönliche Probenahme werden Staubpumpen mit einer Saugleistung bis zu 10 l/min eingesetzt, bei achtstündiger Probenahme errechnet sich somit ein Saugvolumen bis zu 5 m³. Aufgrund der höheren Saugleistung sind Staubpumpen größer und schwerer als die PAS-Pumpen für die Bestimmung von Gasen und Dämpfen, siehe Abbildung 3.18a.

Die verschiedenen Staubköpfe müssen zur Ermittlung der Gesamtstaubkonzentration mit unterschiedlichen Filtern bestückt werden. Für den BIA-Gesamtstaubkopf werden Filter mit einem Durchmesser von 22,5 mm eingesetzt. In Abhängigkeit der nachgeschalteten Aufbereitungsschritte und Analyseverfahren werden Papier- oder Acetatfilter verwendet. Soll der Gesamtstaub nur gravimetrisch unspezifisch bestimmt werden, können einfache Papierfilter verwendet werden.

Bei allen gravimetrischen Bestimmungen spielt die Konditionierung der Filter eine entscheidende Rolle. Werden die Filter vor und nach der Probenahme nicht gleich behandelt, sind größere Messfehler unvermeidlich. Hierzu gehören im Wesentlichen die Tara- und Bruttowägung unter gleichen Luftfeuchtigkeitsbedingungen. Mehrstündiges Temperieren im Autoklaven ist unbedingt empfehlenswert, die exakte Konditionierung der beprobten und unbeprobten Filter ist wesentlicher Bestandteil der Probenahmeverfahren.

Für Feststoffe mit relevantem Dampfdruck muss zur Vermeidung von Fehlmessungen sowohl der gasförmige- als auch der Feststoffanteil bestimmt werden. Hierfür steht der GGP-Messkopf zur Verfügung, siehe Abbildung 3.21b. Hierbei wird dem Gesamtstaubfilter eine Filterpatrone mit geeignetem Adsorbens nachgeschaltet.

Ist zur stoffspezifischen Bestimmung eine chromatografische Analyse notwendig, muss das Filtermaterial in Abhängigkeit des zu bestimmenden Stoffes ausgewählt werden. Mit einem geeigneten Lösemittel wird der auf dem Filter niedergeschlagene Staub heruntergelöst und, nach eventuell notwendigen Aufarbeitungsschritten, chromatografisch analysiert. Die Anforderungen an diese Analyseverfahren unter-

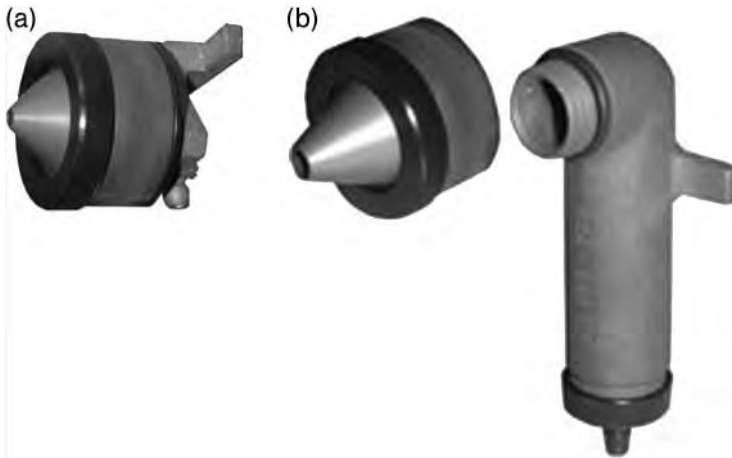


Abb. 3.21 Gesamtstaubsammelköpfe nach BGIA



Abb. 3.22 Gravikon VC 25 mit Gesamtstaubsammelkopf

scheiden sich nicht wesentlich von den PAS-Verfahren für Gase und Dämpfe. Reichen die mittels dem Gesamtstaubkopf nach BIA gesammelten Staubmengen für eine nachgeschaltete Spurenanalytik nicht aus, ist die Verwendung des Gravikon VC 25 (siehe Abbildung 3.22) mit einem Saugvolumen von $22,5 \text{ m}^3$ pro Stunde empfehlenswert. Aufgrund der Geräteabmessungen kann dieses nur für stationäre Messungen eingesetzt werden. Der Filterdurchmesser beträgt $12,5 \text{ cm}$.

3.4.3.2 Feinstaubmessungen

Zur personenbezogenen Feinstaubsammlung (A-Staubfraktion) werden überwiegend Zykclone eingesetzt. Die Abtrennung des Feinstaubes vom Gesamtstaub erfolgt nach dem Prinzip der Zentrifugalabscheidung. Bei einer Wägegrenze von 0,01 mg absolut beträgt die Nachweisgrenze von Zyklonen bei achtstündiger Probenahme $0,01 \text{ mg/m}^3$. Niedrigere Feinstaubmessungen erfordern modifizierte Verfahren bzw. andere Messprinzipien. Aufgrund des Zentrifugalabscheideprinzips stören starke Körperbewegungen die Zentrifugalabscheidung. Stoffe mit ausgeprägten Adhäsionseigenschaften können nur eingeschränkt mit dem Zyklon bestimmt werden. Abbildung 3.23 zeigt den Feinstaubsammelkopf nach BIA.

Für eine stoffspezifische Analyse muss meist auf stationäre Analysenverfahren zurückgegriffen werden. Hierfür steht das Gravikon VC 25 mit Feinstaubaufsatz zur Verfügung, siehe Abbildung 3.24. Wie alle Geräte zur Feinstaubbestimmung erfüllt dieses stationäre Gerät die Forderungen von DIN/EN 482. Zur Trennung der Feinstaubfraktion von den größeren Partikeln muss nach der Probenahme mithilfe eines Filterschneidgerätes die Feinstaubzone ausgeschnitten werden. Nähere Einzelheiten sind der Anleitung des VC 25 zu entnehmen.

Für spezielle Anwendungszwecke stehen noch mehrere stationäre Staubmessgeräte mit den unterschiedlichsten Abscheideverfahren zur Verfügung. So bilden die Elutriatoren als auch die Impaktoren das Abscheideverhalten im Atemtrakt deutlich besser ab als die vorgenannten Sammelsysteme und erlauben darüber hinaus die simultane Bestimmung mehrerer Staubfraktionen. Auf die Behandlung dieser speziellen Geräte wird aus Platzgründen verzichtet.



Abb. 3.23 Feinstaubsammelkopf nach BGIA



Abb. 3.24 VC 25 mit Feinststaubsammelkopf

3.4.3.3 Fasermessungen

Zur Bestimmung von lungengängigen Fasern existieren mehrere Bestimmungsverfahren. Für die Messung von Asbestfasern können sowohl unspezifische lichtmikroskopische Methoden nach BGI 505.31 [62] als auch hochempfindliche röntgenspektroskopische Verfahren eingesetzt werden. Eine Unterscheidung von inerten Fasern, z. B. von Gipsfasern, ist nur bei Letzteren möglich. Im Gegensatz zu den spezifischen Verfahren sind lichtmikroskopische Analysen preiswerter. Zur Bestimmung der Summe aller lungengängigen Fasern eignen sich diese Verfahren insbesondere z. B. zur Konzentrationsbestimmung künstlicher Mineralfasern.

Für eine aussagekräftige Beurteilung verschiedener Faserarten müssen spezielle Analysengeräte eingesetzt werden. Zur Charakterisierung von Asbestfasern wird üblicherweise die Rasterelektronenmikroskopie (REM) eingesetzt. Unter Verwendung der energiedispersiven Röntgenmikroanalyse (EDX) können Asbestfasern bis in den unteren Konzentrationsbereich gemessen werden. Diese in der BGI 505.46 [62] bzw. in der VDI 3492 [63] festgeschriebene Methode erfordert einen sehr hohen und teuren apparativen Aufwand und kann ausschließlich von spezialisierten erfahrenen Analysenstellen durchgeführt werden. Abbildung 3.25 zeigt zwei häufig bei personenbezogenen Probenahmen eingesetzte Fasersammelköpfe.

Zur Durchführung einer rasterelektronenmikroskopischen Analyse müssen spezielle Monitore eingesetzt werden. Die üblicherweise verwendeten goldbedampften Kernporenfilter können sowohl für eine personenbezogene Probenahme als auch für stationäre Messung verwendet werden. Bei stationärer Probenahme können mit Spezialpumpen mit Faserkonzentrationen unter 200 Fasern pro m^3 , das entspricht ca. $0,000\,000\,1\text{ mg}/\text{m}^3$ oder $0,000\,1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $0,1\text{ ng}/\text{m}^3$, erreicht werden. Die Notwendigkeit, diese Nachweisgrenze weiter zu senken, dürfte durch die Angabe der Gewichtskonzentration deutlich werden! Abbildung 3.26 zeigt einen goldbedampften Kernporenfilter mit Asbestfasern.



Abb. 3.25 Fasersammelköpfe

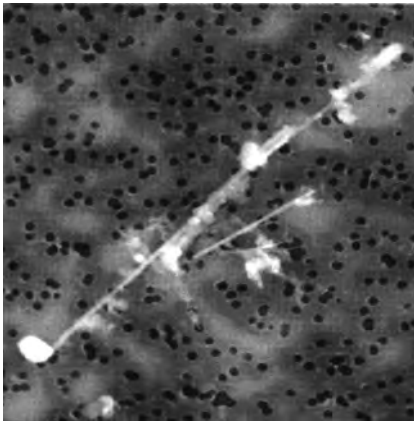


Abb. 3.26 Asbestfasern auf Kernporenfilter

4

Europäische Regelungen

4.1

REACH

Neue Stoffe mussten gemäß EU Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] vor dem Inverkehrbringen von 1981 bis 2006 bei der zuständigen Stelle angemeldet werden. Ausgenommen hiervon waren Altstoffe, die im Altstoffinventar EINECS [2] gelistet waren, sowie alle Zwischenprodukte, die nur innerhalb einer Firma hergestellt und verwendet wurden. In Abhängigkeit der Herstellmengen waren für die Anmeldung mengenabhängig physikalisch-chemische, toxikologische und umweltschädigende Eigenschaften zu ermitteln. Die angemeldeten Neustoffe wurden im Neustoffinventar ELINCS [3] aufgeführt. Für die gelisteten Altstoffe waren im Gegensatz hierzu keine generellen Prüfpflichten vorgeschrieben. Die ca. 100.000 Altstoffe setzten sich wie folgt zusammen:

- ca. 70.000 Stoffe hatten keine oder nur sehr begrenzte Bedeutung, die in Verkehr gebrachte Menge wurde kleiner als 1 Tonne pro Jahr (Jato) angenommen,
- ca. 30.000 Stoffe wurden in Mengen größer 1 Tonne pro Jahr in Verkehr gebracht, hiervon
 - ca. 1.000 Großstoffe mit Jahresmengen über 1.000 Jato und
 - ca. 1.000 Stoffe zwischen 100 und 1.000 Jato.

Mit der EU-Altstoffverordnung 793/93/EWG [4] hat die EU-Kommission 1993 die systematische Bewertung der Altstoffe begonnen. Für die ca. 100 ausgewählten Altstoffe mussten von der Industrie die vorhandenen Stoffdaten an die zuständigen Behörden übermittelt werden. Die Bewertung der Stoffdaten einschließlich der Identifizierung von Datenlücken sowie die Nachforderung von tierexperimentellen Daten oblag den Behörden. Auch nach über 10 Jahren konnten noch nicht einmal 100 Großstoffe abschließend bewertet werden; eine Bewertung aller Altstoffe war somit in vertretbarem Zeitrahmen ausgeschlossen. 2006 wurde mit der REACH-Verordnung [5] nach langen zähen Verhandlungen ein Paradigmenwechsel vollzogen: Stoffprüfung und Bewertung wurden nach vorgegebenen Kriterien auf die Industrie übertragen. Am 18.12.2006 wurde die REACH-Verordnung im

(Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals)

R – Registrierung aller Stoffe über 1 t/a in einer zentralen Datenbank (ca. 30.000 Stoffe)
 ⇒ Keine Vermarktung ohne Registrierung



E – Bewertung (Evaluierung) aller Stoffe ab 10 t/a
 ⇒ Risikobewertung
 ⇒ Festlegung weiterer Prüfanforderungen und Maßnahmen



A – Einführung eines behördlichen Zulassungsverfahrens (Autorisierung) für besonders besorgniserregende Stoffe

Ch – Chemicals

Abb. 4.1 Die Kernelemente von REACH

EU-Amtsblatt veröffentlicht, Abbildung 4.1 fasst die Kernelemente von REACH zusammen.

Die Abkürzung REACH steht für:

R Registration (Registrierung)
 E Evaluation (Bewertung)
 A Authorisation (Zulassung)
 CH Chemicals (Chemikalien)

In der Vergangenheit wirkten bei der Vermarktung von Neustoffen die hohen Prüfkosten bei der Anmeldung, die ab 100 kg pro Jahr gefordert waren, für die europäische Industrie vielfach als Innovationshemmnis und Wettbewerbsnachteil. Durch die Anhebung der Mengenschwelle auf 1 Tonne wurden diese Nachteile beseitigt.

Bis zum Ablauf der Übergangsfristen von REACH in 2018 ist zu unterscheiden zwischen

- vorregistrierten und nicht vorregistrierten Stoffen,
- registrierten Stoffen,
- Phase-in-Stoffen sowie
- Nicht-Phase-in-Stoffen.

Bis zum 01.12.2008 konnten alle Stoffe kostenlos bei der europäischen Chemikalienagentur (European Chemical Agency, ECHA) in Helsinki vorregistriert werden, die vor diesem Datum in einem der EU-Mitgliedsländer hergestellt oder importiert wurden. Da nach der Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] nur die in Verkehr gebrachten Stoffe anzumelden waren, mussten deutlich mehr Stoffe vorregistriert werden als in der Altstoffliste EINECS gelistet waren. Eine Verpflichtung zur späteren Registrierung war mit der Vorregistrierung nicht verbunden. Durch die

Vorregistrierung haben die Stoffe den Phase-in-Status erhalten. Dadurch ist, in Abhängigkeit der hergestellten oder importierten Menge, eine Herstellung und Vermarktung bis spätestens Dezember 2018 gewährleistet. Alle in ELINCS gelisteten Stoffe gelten automatisch als vorregistriert.

Nicht vorregistrierte Stoffe dürfen als Nicht-Phase-in-Stoffe erst nach Registrierung hergestellt, importiert oder in Verkehr gebracht werden.

Mit der REACH-Verordnung wurde weiterhin eine Zulassungspflicht für die sogenannten besonders besorgniserregenden Stoffe, abgekürzt SVHC (substances of very high concern) eingeführt. Als besonders besorgniserregend gelten:

- karzinogene Stoffe der Kategorie 1A und 1B,
- keimzellmutagene Stoffe der Kategorie 1A und 1B,
- reproduktionstoxische Stoffe der Kategorie 1A und 1B,
- persistente und bioakkumulierbare toxische Stoffe (PBT),
- sehr persistente und sehr bioakkumulierbare Stoffe (vPvB) und
- Stoffe mit vergleichbaren gefährlichen Eigenschaften.

Die zahlreichen mittlerweile publizierten „Technical Guidance Documents“ (TGD) bieten Ausführungs- und Interpretationshilfen der REACH-Verordnung. Da sie zum untergesetzlichen Regelwerk zählen, sind Abweichungen grundsätzlich zulässig, sofern die Vorschriften der REACH-Verordnung korrekt umgesetzt werden. Auch wenn ECHA in mehreren Stellungnahmen gegenteilige Publikationen veröffentlicht hat, kann die allgemeine Gesetzeshierarchie auch von europäischen Behörden nicht verändert werden!

Die TGDs sind, genauso wie die FAQs, über die Homepage der ECHA [6] in der jeweils aktuellen Fassung öffentlich zugänglich. Zu beachten ist, dass die ECHA anfänglich fast überwiegend alle TGDs und FAQs in Englisch publiziert, mittlerweile werden sie jedoch vermehrt in weiteren EU-Amtssprachen veröffentlicht. Auf den nationalen Helpdesks der Industrieverbände [7] als auch von der BAuA [8] wurden zwischenzeitlich zahlreiche TGDs übersetzt. Die unterschiedlichen nationalen Industrieverbände haben bei der Umsetzung der hoch komplexen REACH-Verordnung eine ausgesprochen wichtige und hilfreiche Rolle übernommen!

4.1.1

Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich von REACH ist weit gefasst. Grundsätzlich unterliegen alle Stoffe der Verordnung, unabhängig ob sie als

- Stoff als solchem oder
- in Gemischen / Zubereitungen

hergestellt, importiert oder verwendet werden.

Stoffe in Erzeugnissen werden ebenfalls von der REACH-Verordnung erfasst, wenn sie bestimmungsgemäß freigesetzt werden sollen.

Ausdrücklich ausgenommen sind gemäß Artikel 2

- radioaktive Stoffe, sofern sie unter den Geltungsbereich der Richtlinie 96/29/Euratom fallen,
- Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse, die der zollamtlichen Überwachung unterliegen und nicht in irgendeiner Weise verwendet oder bearbeitet werden,
- nicht-isolierte Zwischenprodukte und
- Abfälle, soweit sie unter den Geltungsbereich der Richtlinie 2006/12/EG fallen.

Desgleichen sind die Regelungen von REACH nicht auf die Beförderung gefährlicher Stoffe oder Zubereitungen anzuwenden.

Von der Registrierpflicht, den Pflichten für die nachgeschalteten Verwender in der Lieferkette, der Bewertung durch die Agentur und dem Zulassungsverfahren befreit sind

- Human- und Tierarzneimittel und
- Lebens- und Futtermittel.

Von der Verpflichtung zur Übermittlung eines Sicherheitsdatenblattes befreit sind für den Endverbraucher bestimmte Zubereitungen in Form von Fertigerzeugnissen von

- Human- oder Tierarzneimitteln,
- kosmetischen Mitteln und
- Lebens- und Futtermitteln.

Die Registrieranforderungen der REACH-Verordnung sind abhängig von Mengenschwellen. Keiner Mengenschwelle unterliegen die Vorschriften zur Übermittlung von Sicherheitsdatenblättern sowie die Beschränkungen und Verbote bei der Herstellung, Verwendung und beim Inverkehrbringen, die gemäß Anhang XVII ab den dort aufgeführten Konzentrationen, unabhängig einer Mengenschwelle, gelten.

REACH ist im Grundsatz eine stoffbezogene Verordnung. Gemische / Zubereitungen fallen unter den Anwendungsbereich von REACH, wenn sie registrierungspflichtige Stoffe oberhalb der Einstufungsgrenze enthalten. Artikel / Erzeugnisse fallen nur dann unter den Anwendungsbereich, wenn sie bei bestimmungsgemäßen oder unter vernünftigerweise vorhersehbaren Verwendungsbedingungen registrierungspflichtige Stoffe freisetzen.

Die folgenden Richtlinien zum Arbeits- und Umweltschutz behalten auch weiterhin ihre Gültigkeit und sind zusätzlich ohne Einschränkung zu beachten:

- Rahmenrichtlinie 89/391/EWG [9] zum Arbeits- und Umweltschutz, einschließlich der erlassenen Einzelrichtlinien, z. B. der PSA-Benutzungsrichtlinie,
- Agentenrichtlinie 98/24/EG [10], einschließlich der geltenden Grenzwertrichtlinien,

- Krebsrichtlinie 2004/37/EG [11] sowie die
- Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG [12].

In zahlreichen Regelungsbereichen gelten widersprüchliche Vorschriften, die von den rechtsunterworfenen Unternehmen pragmatisch und sachdienlich umzusetzen sind. Konfliktpotenziale mit Behörden und anderen Interessenvertretern sind damit vorprogrammiert. Ob dies im Interesse der oft zitierten Klein- und Mittelständischen Unternehmen (KMU) ist, darf bezweifelt werden.

4.1.2

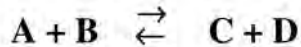
Begriffsbestimmungen

Zum Verständnis der REACH-Verordnung ist die exakte Beachtung der korrekten Definitionen wesentlicher Begriffe notwendig. Die wichtigsten Begriffsbestimmungen gemäß Artikel 3 sind im Folgenden wörtlich wiedergegeben, für die nicht aufgeführten Begriffsdefinitionen wird auf Artikel 3 verwiesen.

Phase-in-Stoff:	Stoff, der mindestens einem der folgenden Kriterien entspricht: a) der Stoff ist im Europäischen Verzeichnis der auf dem Markt vorhandenen chemischen Stoffe (EINECS) aufgeführt; b) der Stoff wurde in der Gemeinschaft oder in den am 1. Januar 1995 oder am 1. Mai 2004 der Europäischen Union beigetretenen Ländern hergestellt, vom Hersteller oder Importeur jedoch in den 15 Jahren vor Inkrafttreten dieser Verordnung nicht mindestens einmal in Verkehr gebracht, vorausgesetzt, der Hersteller oder Importeur kann dies durch Unterlagen nachweisen; c) der Stoff wurde in der EG oder in den am 01.01.1995 oder am 01.05.2004 der Europäischen Union beigetretenen Ländern vor dem Inkrafttreten dieser Verordnung vom Hersteller oder Importeur in Verkehr gebracht und galt als angemeldet im Sinne des Artikels 8 Abs. 1 erster Gedankenstrich der Richtlinie 67/548/EWG, entspricht jedoch nicht der Definition eines Polymers nach der vorliegenden Verordnung, vorausgesetzt, der Hersteller oder Importeur kann dies durch Unterlagen nachweisen;
Nicht-Phase-In-Stoff:	alle Stoffe, die nicht die Kriterien der Phase-In-Stoffe erfüllen.
angemeldeter Stoff:	Stoff, der gemäß der Richtlinie 67/548/EWG angemeldet wurde und in Verkehr gebracht werden durfte.
Registrant:	Hersteller oder Importeur eines Stoffes oder Produzent oder Importeur eines Erzeugnisses, der ein Registrierungsdossier für einen Stoff einreicht.

Nachgeschalteter Anwender:	natürliche oder juristische Person mit Sitz in der Gemeinschaft, die im Rahmen ihrer industriellen oder gewerblichen Tätigkeit einen Stoff als solchen oder in einer Zubereitung verwendet, mit Ausnahme des Herstellers oder Importeurs. Händler oder Verbraucher sind keine nachgeschalteten Anwender. Ein aufgrund des Artikels 2 Abs. 7 Buchstabe c ausgenommener Reimporteur gilt als nachgeschalteter Anwender.
Identifizierte Verwendung:	Verwendung eines Stoffes als solchem oder in einer Zubereitung oder Verwendung einer Zubereitung, die ein Akteur der Lieferkette, auch zur eigenen Verwendung, beabsichtigt oder die ihm schriftlich von einem unmittelbar nachgeschalteten Anwender mitgeteilt wird.
Expositionsszenario:	Zusammenstellung von Bedingungen einschließlich der Verwendungsbedingungen und Risikomanagementmaßnahmen, mit denen dargestellt wird, wie der Stoff hergestellt oder während seines Lebenszyklus verwendet wird und wie der Hersteller oder Importeur die Exposition von Mensch und Umwelt beherrscht oder den nachgeschalteten Anwendern zu beherrschen empfiehlt. Diese Expositionsszenarien können ein spezifisches Verfahren oder eine spezifische Verwendung oder gegebenenfalls verschiedene Verfahren oder Verwendungen abdecken.
Verwendungs- und Expositionskategorie:	Expositionsszenario, das ein breites Spektrum von Verfahren oder Verwendungen abdeckt, wobei die Verfahren oder Verwendungen zumindest in Form der kurzen, allgemeinen Angaben zur Verwendung bekannt gegeben werden.
Artikel / Erzeugnis:	(Begriff nach GHS-Verordnung): Gegenstand, der bei der Herstellung eine spezifische Form, Oberfläche oder Gestalt enthält, die in größerem Maße als die chemische Zusammensetzung seine Funktion bestimmt
Gemisch / Zubereitung:	(Begriff nach der CLP-Verordnung [13]): Gemenge, Gemisch oder Lösung, die aus zwei oder mehr Stoffen besteht.
pro Jahr:	pro Kalenderjahr, sofern nicht anders angegeben; für Phase-in-Stoffe, die in mindestens drei aufeinander folgenden Jahren eingeführt oder hergestellt wurden, werden die Mengen pro Jahr auf der Grundlage des Durchschnitts der Produktions- bzw. Importmengen in den drei unmittelbar vorhergehenden Kalenderjahren berechnet.

Chemische Reaktion von 2 Stoffen



Reaktionsprodukt: Stoff oder Zubereitung?

Stoff: In einem Herstellungsverfahren gewonnen, einschließlich der durch das Verfahren bedingten Verunreinigungen!

Zubereitung: Gemisch von Stoffen

Beispiele:

Dichlorierung von Benzol liefert das Isomerengemisch Dichlorbenzol mit folgender Zusammensetzung:

ca. 40% 1,2-, ca. 5% 1,3- und ca. 55% 1,4-Dichlorbenzol

Nitrierung von Toluol liefert die Zubereitung Nitrotoluol roh folgender Zusammensetzung:

ca. 60% 1,2-, ca. 5% 1,3- und ca. 35% 1,4-Nitrotoluol

Abb. 4.2 Reaktionsprodukt: Stoff oder Gemisch

Die Abgrenzung zwischen **Stoff** und **Gemisch / Zubereitung** wird seit Langem kontrovers diskutiert. Führt eine chemische Reaktion nicht zu einer einheitlichen Substanz, sondern zu einem Gemisch verschiedener Substanzen, siehe Abbildung 4.2, so kann dies entweder

- a) als Stoff, hergestellt in einer chemischen Reaktion mit Verunreinigungen betrachtet werden, oder aber auch
- b) als Gemisch aus zwei oder mehr Stoffen bestehend.

Während beim Stoff nur eine Registrierung des Reaktionsproduktes notwendig ist, müssen bei Gemischen / Zubereitungen alle Reaktionskomponenten einzeln registriert werden. Sowohl im Rahmen der bisherigen Neustoffanmeldung als auch im Altstoffverzeichnis EINECS finden sich zahlreiche Beispiele derartiger „Mischungen“ von Stoffen. Da darüber hinaus bei Betrachtung als Gemisch / Zubereitung die Einzelstoffe registriert werden müssen, diese jedoch nicht notwendigerweise in EINECS oder ELINCS gelistet sind, können diese den Status als Phasein-Stoffe verlieren und müssten dann sofort registriert werden, ohne dass die Übergangsfristen gemäß dem Tonnageband genutzt werden könnten. Die Nachteile, die bei Betrachtung als Zubereitung von Reaktionsgemischen wirksam werden, sind in Abbildung 4.3 zusammengefasst.

- Umbenennung einer Vielzahl von Stoffen gegenüber den Bezeichnungen in EINECS oder ELINCS
- viele Stoffe sind in der neuen Klassifizierung und Benennung nicht länger EINECS gelistet, da „Mischung aus...“ nicht EINECS gelistet wurde
- Verlust des „Phase-in-Status“
- als „Nicht-Phase-in-Stoffe“ keine Vorregistrierung möglich
- durch Verlust des „Phase-in-Status“ werden sie zu nicht EINECS oder ELINCS gelisteten Neustoffen, die unverzüglich zum 01.06.2008 der Verpflichtung zur Vollregistrierung unterliegen!

Abb. 4.3 Konsequenzen bei Betrachtung von Reaktionsprodukten als Gemisch

In Anlehnung an die bisherige Praxis bei der Neustoffanmeldung wurden „well-defined substances“ definiert, die aus einer Hauptkomponente bestehen. Hierbei wird unterschieden zwischen

- Mono-constituent substance mit einer Hauptkomponente mit einem Gehalt von über 80 % und
- Multi-constituent substance, die aus mehreren Hauptkomponenten besteht, deren Gehalt zwischen 10 und 80 % beträgt.

Um den Bedürfnissen der Praxis und den tatsächlichen Gegebenheiten gerecht werden zu können, wurden sogenannte UVCB-Stoffe (Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials) definiert. Die Zusammensetzung von UVCB-Stoffen ist nicht eindeutig definierbar und variiert, die Anzahl der Inhaltsstoffe kann sehr hoch sein und ist oft unbekannt, Abbildung 4.4 fasst die Definitionen kurz zusammen. Da gemäß den Zielsetzungen

- **Well defined substances:** 100% der Zusammensetzung definiert
 - ⇒ **Mono-constituent substance:** eine Hauptkomponente $\geq 80\%$
 - ⇒ **Multi-constituent substance:** zwei oder mehr Hauptkomponenten zwischen 10 und 80%
- **UVCB-Stoffe:**

Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials

 - ⇒ kaum definierte Stoffe oder Stoffe mit wechselnder Zusammensetzung
 - die Anzahl der Komponenten ist relativ hoch und/oder
 - die Zusammensetzung ist weitgehend unbekannt, sehr variabel und kaum vorhersehbar

Abb. 4.4 Unterschiedliche Stoffdefinitionen unter REACH

von REACH die Verantwortung für Einstufung, Kennzeichnung und Informationen in der Lieferkette auf Hersteller, Importeur und Verwender übertragen wurde, müssen diese im Rahmen ihrer gesetzlichen Pflichten selbst festlegen, ob die hergestellten oder in Verkehr gebrachten Produkte als Stoffe oder Gemische / Zubereitungen zu betrachten sind. Die vorgenannten Ausführungen sind Empfehlungen und nicht bindend, da die REACH-Verordnung keine entsprechenden Festlegungen getroffen hat.

Artikel / Erzeugnisse werden nur begrenzt den Regelungen von REACH unterworfen, insbesondere der Registrierpflicht, siehe Abschnitt 4.1.3. Die Abgrenzung zu Stoff, Gemisch und Artikel ist daher bedeutsam. In den TGDs wurde der Begriff Artikel äußerst eng und häufig im Widerspruch mit der langjährigen Praxis, ausgelegt. Bisher klassisch als Artikel definierte Produkte wurden mit der neuen Begriffsschöpfung „Stoffe in Container“ belegt, die den Vorschriften für Stoffe vollkommen unterliegen. Ferner haben einige nationale Behörden, insbesondere das Bundesumweltministerium die Auffassung vertreten, dass bei der 1 %-Regelung, unter denen ein Stoff in einem Artikel der Registrierpflicht unterliegt, nicht das Gewicht des Gesamtartikels für die Berechnung der Konzentration, sondern das Gewicht des Teilproduktes zu betrachten ist, in dem der Stoff primär verwendet wird. So ist z. B. eine Scheibenwaschflüssigkeit für einen PKW bei erster Betrachtung registrierpflichtig, nicht jedoch bei Heranziehung auf den ganzen PKW. In einer kürzlich publizierten Stellungnahme [14] der ECHA hat diese eindeutig festgelegt, dass die Auffassung des BMU in Widerspruch zur REACH-Verordnung ist und eine einheitliche Auslegung gefordert!

4.1.3

Die Registrierung

Ein zentraler Teil von REACH stellt die Verpflichtung dar, alle Stoffe und Gemische / Zubereitungen, die registrierpflichtige Stoffe enthalten, bei der europäischen Agentur ECHA für chemische Stoffe in Helsinki zu registrieren. Dies gilt grundsätzlich ausnahmslos für alle Stoffe, somit wird ein einheitliches System für Alt- und Neustoffe geschaffen, d. h. in der Terminologie von REACH bestehen gleiche Anforderungen für Phase-in-Stoffe und Nicht-Phase-in-Stoffe.

Grundsätzlich müssen alle Stoffe, die in Mengen größer einer Tonne pro Jahr und Hersteller oder Importeur hergestellt, importiert oder verwendet werden, bei der ECHA registriert werden. Desgleichen müssen Stoffe in Gemischen / Zubereitungen ebenso registriert werden, wenn die Menge des Stoffes im Gemisch / Zubereitung eine Tonne pro Jahr pro Hersteller oder Importeur übersteigt. Stoffe in Artikeln / Erzeugnissen unterliegen der Registrierpflicht, wenn der Stoff unter normalen oder vernünftigerweise vorhersehbaren Verwendungsbedingungen freigesetzt wird.

Mit Inkrafttreten von REACH dürfen Stoffe, Gemische bzw. Artikel die registrierpflichtige Stoffe enthalten, nach Ablauf der mengenabhängigen Übergangsfrist nicht mehr vermarktet werden.

Die bei der Registrierung vorzulegenden Daten und Angaben sind mengenabhängig festgelegt. Für Phase-in-Stoffe müssen diese Angaben spätestens nach Ablauf der mengenabhängigen Übergangsfristen eingereicht werden:

- bis 01.06.2013 Registrierung der Stoffe von 100 bis 1.000 t/a
- bis 01.06.2018 Registrierung der Stoffe von 1 bis 100 t/a

Die Registrierungspflicht für die 1.000 t/a Stoffe sowie die besonders besorgniserregenden Stoffe (cmr, PBT, vPvB) ist am 01.12.2010 bereits abgelaufen.

Eine übersichtliche Darstellung der Fristen unter REACH ist in Abbildung 4.5 dargestellt, Abbildung 4.6 fasst die wesentlichen Grundprinzipien der Registrierung zusammen.

Alle Stoffe, die nicht vor dem 01.12.2008 vorregistriert wurden, gelten als Nicht-Phase-in-Stoffe und müssen vor weiterer Herstellung, Import oder Verwendung registriert werden.

Alle potenziellen Registranten und nachgeschalteten Anwender, die Informationen im Rahmen der Vorregistrierung übermittelt haben, müssen am Forum zum Austausch von Stoffinformationen (SIEF: Substance Information Exchange Forum) teilnehmen. Ziel des SIEF ist der Austausch von Informationen zur Vermeidung experimenteller Studien sowie eine einheitliche Einstufung und Kennzeichnung der Stoffe.

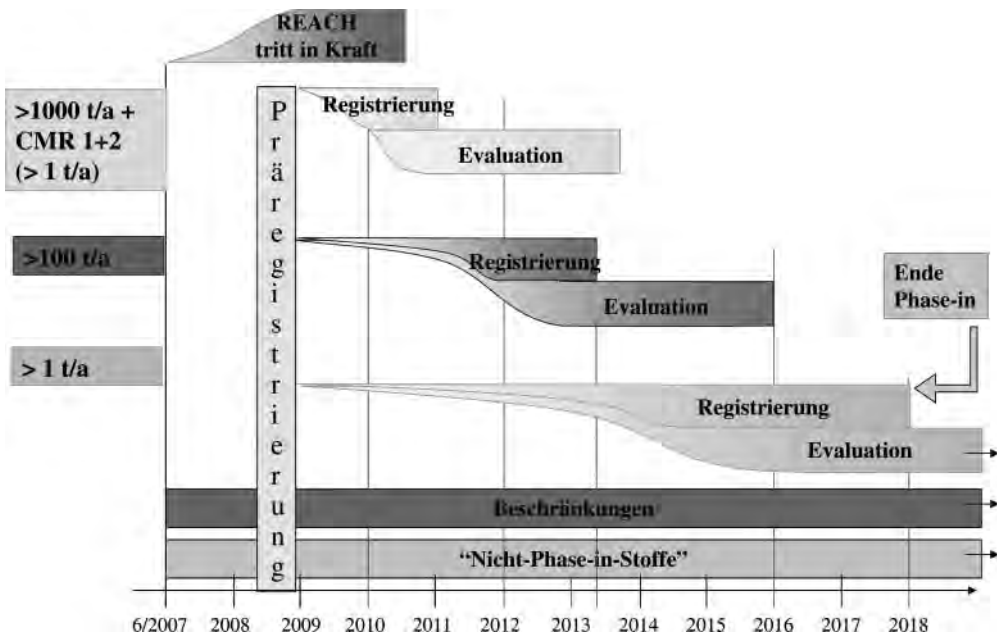


Abb. 4.5 Fristen unter REACH

Alle	Erzeugnisse
→ Stoffe	unterliegen nur dann REACH,
→ Stoffe in Zubereitungen oder	⇒ wenn die Stoffe bestimmungsgemäß
→ in Erzeugnissen	unter normalen und vernünftigerweise
in Mengen > 1 t/a	vorhersehbaren Bedingungen freigesetzt
⇒ hergestellt in der Europäischen Union	werden
⇒ in Verkehr gebracht oder importiert	
müssen unter REACH registriert werden	

Ohne Daten, keine Registrierung!
Ohne Registrierung, keine Vermarktung!

Abb. 4.6 Grundprinzip der Registrierpflichten

Sind gemäß den Registrieranforderungen zusätzliche experimentelle Untersuchungen durchzuführen, ist von den SIEF-Teilnehmern zu prüfen, ob geeignete Studien zur Verfügung stehen. Sind diese vorhanden, ist bei Versuchen mit Wirbeltieren grundsätzlich die Durchführung erneuter Tests verboten; die Nutzung der Studienergebnisse unter angemessener Kostenbeteiligung ist vorzusehen. Der Grundsatz von REACH zur Vermeidung zusätzlicher (Wirbeltier)versuche „one substance, one registration“ (OSOR) hat Vorrang vor neuen Untersuchungen.

Im Rahmen des SIEF ist anzustreben, dass Firmen, die den gleichen Stoff vorregistriert haben, sich zu einem Konsortium zusammenschließen und das Registrierdossier von einem federführenden Registranten im Namen aller Mitglieder einreichen.

Gemäß Artikel 5 der REACH-Verordnung wird als Voraussetzung zur Vermarktung von Stoffen die Registrierung festgelegt. Die Vermarktung von registrierpflichtigen Stoffen und Gemischen / Zubereitungen, die registrierpflichtige Stoffe enthalten, ohne die geforderte Registrierung, ist ein Straftatbestand.

4.1.3.1 Allgemeine Registrieranforderungen

Phase-in-Stoffe dürfen nach Ablauf der mengenabhängigen Übergangsfristen nur noch hergestellt oder in Verkehr gebracht werden, wenn sie gemäß den Anforderungen von Artikel 6 für Stoffe und Gemische / Zubereitungen sowie von Artikel 7 für Stoffe in Artikeln / Erzeugnissen registriert wurden. Diese Registrierpflicht gilt für alle Stoffe, die in Mengen über eine Tonne pro Jahr (t/a) und Hersteller / Importeur hergestellt oder eingeführt werden. Die gleiche Mengenschwelle gilt für Stoffe in Gemischen / Zubereitungen oder in Artikeln / Erzeugnissen.

Für die Registrierung ist ein Registrierdossier einzureichen; Umfang und Inhalte sind in Artikel 10 beschrieben, die mengenabhängigen Informationsanforderungen sind in Artikel 12 festgelegt, die konkreten Details stehen in den Anhängen VII bis X. Unabhängig vom Mengenband sind die folgenden Informationen im Registrierdossier einzureichen:

- Registrant: Name, Anschrift, Telefonnummer, Kontaktperson, bei Registrierung als „Lead Registrant“ sind die gleichen Angaben für die übrigen Mit-Registranten anzugeben,
- zu registrierender Stoff: Stoffnamen, Identifizierungsnummern, Zusammensetzung, Spektraldaten, Analysenmethoden,
- Informationen zu Herstellung und Verwendung,
- Einstufung und Kennzeichnung,
- Leitlinien für die sichere Verwendung: diese Angaben müssen mit Abschnitt 6 bis 8 und 13 des Sicherheitsdatenblattes übereinstimmen,
- Studienzusammenfassungen: Angabe der vorhandenen experimentellen Studien,
- Versuchsvorschläge, falls Datenlücken gemäß den mengenabhängigen Informationsanforderungen vorhanden sind und
- ab 10 t/a ein Stoffsicherheitsbericht (CSR: Chemical Safety Report).

Da die vorgenannten Informationen, mit Ausnahme der Nennung des Registranten, der Versuchsvorschläge und des Stoffsicherheitsberichtes, von der Agentur im Internet kostenlos der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden, ist begründet darzulegen, falls einzelne Angaben der Vertraulichkeit unterliegen.

In Anlehnung an die bisherigen Forderungen bei der Neustoffanmeldung nach der Stoffrichtlinie [1] sind mengenabhängige experimentelle Daten vorzulegen. Mit Ausnahme des Tonnagebandes von ein bis zehn t/a sind diese Registrieranforderungen für Nicht-Phase-in-Stoffe und Phase-in-Stoffe identisch.

Grundsätzlich sollen gemäß den Zielsetzungen von REACH Versuche an Wirbeltieren erst nach Ausschöpfen aller alternativen Methoden eingesetzt werden. Hierzu zählen

- in-vitro-Untersuchungen (stehen nach derzeitigem Stand der Wissenschaft nicht oder nur sehr begrenzt zur Verfügung),
- historische Humandaten (Voraussetzung: exakte Beschreibung der zu den beschriebenen Effekten zugehörigen Expositionen; Anmerkung: sind leider nur in Ausnahmefällen vorhanden),
- validierte Struktur-Wirkungsbeziehungen (QSAR: Qualified Structure-Activity-Relationship) und
- Daten strukturell verwandter Stoffe (Analogiekonzept).

Die im Folgenden aufgeführten Prüfanforderungen stellen die für den jeweiligen Mengenbereich geforderten Basisinformationen dar. Abweichungen sind unter den im jeweiligen Anhang in Spalte 2 aufgeführten Bedingungen in Abhängigkeit

der Expositionssituation möglich. Abweichungen von den Basisanforderungen müssen im Stoffsicherheitsbericht begründet werden.

4.1.3.2 Mengenabhängige Registrieranforderungen

Für alle Stoffe, die im Mengbereich **zwischen 1 und 10 t/a** pro Registrant hergestellt oder importiert werden, sind gemäß Anhang VII die bekannten

- physikalisch-chemischen und
- toxikologischen und ökotoxikologischen Informationen

im technischen Dossier für die Registrierung mitzuteilen. Zusätzliche Untersuchungen sind derzeit nicht notwendig. Bei Nicht-Phase-in-Stoffen ist folgender Basisset gefordert (fehlende Daten sind mittels geeigneter Methoden zu ermitteln):

- akute Toxizität,
- Ätz-, Reizwirkung, ermittelt durch in-vitro-Test,
- Hautsensibilisierung, bevorzugt ermittelt im LLNA (local lymph node assay) an Mäusen,
- Mutagenitätstest, in-vitro,
- akute aquatische Toxizität, geprüft an Daphnien oder Algenwachstumshemmung,
- leichte biologische Abbaubarkeit,
- Stoffkenndaten wie Siede-, Schmelzpunkt, Dichte, Dampfdruck, Wasserlöslichkeit, Verteilungskoeffizient n-Oktanol / Wasser sowie die
- relevanten sicherheitstechnischen Kenndaten Flammpunkt, Selbstentzündungstemperatur, Entzündbarkeit, Explosionsfähigkeit, oxidierende Eigenschaft sowie Granulometrie bei Feststoffen.

Bei Überschreitung der Mengschwelle **von 10 bis 100 t/a** sind gemäß Anhang VIII zusätzlich folgende Informationen vorzulegen:

- akute Toxizität, zusätzlich inhalativ oder dermal,
- Ätz-, Reizwirkung, (in vitro),
- Hautsensibilisierung durch LLNA (local lymph node assay) an Mäusen,
- Mutagenitätstest (in-vitro-Zytogenitätsuntersuchungen),
- sub-akute Untersuchung (28 d-Test),
- Reproduktions- und Entwicklungstoxizität, ermittelt in Screeningtests,
- akute aquatische Toxizität am Fisch,
- Hemmung des Belebtschlammes und die
- biologische Abbaubarkeit.

Fehlende Stoffdaten sind mittels geeigneter experimenteller Studien gemäß den GLP-Grundsätzen zu ermitteln. Im Gegensatz hierzu müssen ab 100 t/a bei fehlenden Untersuchungen an Wirbeltieren Versuchsvorschläge eingereicht werden.

Ergänzend sind nach Anhang IX bei Herstellung / Import von Stoffen in Mengen über **100 bis 1.000 t/a** Informationen zu ermitteln über

- subchronische Eigenschaft (90 Tage-Test),
- Reproduktionstoxizität, pränatale Entwicklungstoxizität und Zweigenerationsstudie an einer Tierart,
- aquatische Langzeittoxizität an Daphnien und Fischen,
- Entwicklungsstörung von Fischen,
- biologische Abbaubarkeit im Boden und in Sedimenten sowie
- Verbleib und Verhalten in der Umwelt.

Liegt die hergestellte oder importierte Stoffmenge **über 1.000 t/a**, sind nach Anhang X folgende Eigenschaften zusätzlich zu prüfen:

- Kanzerogenität,
- Reproduktionstoxizität, Zweigenerationsstudie an männlichen und weiblichen Tieren einer Art,
- Mutagenitätsuntersuchung (in vivo),
- biologische Abbaubarkeit,
- ergänzende Untersuchungen zum Verhalten und Verbleib in der Umwelt,
- Wirkung auf terrestrische Organismen sowie
- Langzeittoxizität für im Sediment lebende Organismen und Vögel.

4.1.3.3 Stoffsicherheitsbericht

Für alle registrierpflichtigen Stoffe ist ab 10 t/a hergestellte oder importierte Menge pro Registrant eine Stoffsicherheitsbeurteilung (engl. CSA: chemical safety assessment) zu erstellen. In den folgenden Abschnitten werden die Anforderungen an die Erstellung beschrieben, im Rahmen des erweiterten Sicherheitsdatenblatts in Abschnitt 4.3 finden Sie die Konsequenzen, die für den Verwender hieraus resultieren. Unter Umständen kann eine Änderung des Stoffsicherheitsberichtes resultieren.

Für Stoffe in Gemischen / Zubereitungen ist eine Stoffsicherheitsbeurteilung vorgeschrieben, wenn die Konzentration des Stoffes eine der nachfolgend aufgeführten Konzentrationen übersteigt:

- die Einstufungsgrenzen der CLP-Verordnung, Anhang VI Tabelle 3.1 oder 3.2 [13],
- die allgemeinen Berücksichtigungsgrenzen der Zubereitungsrichtlinie [26], siehe Tabelle 2.28 ff in Kap. 2.5.3.2,
- Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis gemäß Artikel 40 CLP-VO [13] oder
- 0,1 % bei Stoffen mit PBT- oder vPvB-Eigenschaften.

Im Stoffsicherheitsbericht (engl. CSR: chemical safety report) sind die Risiken bei Herstellung und Verwendung des Stoffes in Gemischen / Zubereitungen oder in Artikeln / Erzeugnissen zu beurteilen und bei gefährlichen Stoffen (definiert durch die Kriterien der CLP-Verordnung [13]) Schutzmaßnahmen zu empfehlen. Anhang I der Verordnung beinhaltet ausführliche Angaben zum Inhalt und zur Vorgehensweise zur Erstellung des Stoffsicherheitsberichtes, einschließlich des vorgegebenen Formats und der Gliederung. Im Stoffsicherheitsbericht müssen die schädlichen Wirkungen auf die Gesundheit von Menschen, die physikalisch-chemischen Eigenschaften sowie mögliche schädliche Wirkungen auf die Umwelt, einschließlich möglicher PBT- oder vPvB-Eigenschaften, dargelegt werden.

Bei gefährlichen Stoffen ist eine Beurteilung der Expositionen bei allen möglichen Aufnahmepfaden (oral, dermal, inhalativ) von exponierten Personen, bei Herstellung und allen identifizierten Verwendungen sowie über die Umwelt vorzunehmen; desgleichen eine analoge Beurteilung möglicher Umweltrisiken. Als Ergebnis der Risikobeurteilung sind Expositionsszenarien oder gegebenenfalls Verwendungs- und Expositions-kategorien abzuleiten. Aufgrund der zentralen Bedeutung der Stoffsicherheitsberichte müssen diese nach Anhang I von sachkundigen Personen erstellt werden, die über entsprechende Erfahrungen verfügen, geschult und mittels Auffrischkursen weitergebildet werden. Abbildung 4.7 fasst die wichtigsten Inhalte des Stoffsicherheitsberichtes zusammen.

Die Expositionsbeurteilung aller möglicher Expositionen von Herstellung, Verwendung und Umwelt ist sehr aufwändig und erfordert detaillierte Kenntnisse. Das von der EG-Kommission im Rahmen der Neustoffbewertung entwickelte EASE-Modell führt erfahrungsgemäß zu sehr konservativen Ergebnissen bei der Expositionsabschätzung bei industrieller und gewerblicher Herstellung und Verwendung. Valide Expositionsmessungen sind zur Vermeidung negativer Auswir-

➔ **Notwendige Qualifikation für CSA + CSR:**

- ⇒ Fachkundige Personen mit
- ⇒ angemessener Erfahrung und
- ⇒ ausreichender Ausbildung, einschließlich Auffrischungstraining

➔ **Inhalt des CSA**

1. Bewertung der toxikologischen Risiken ⇒ **DNEL**
2. Bewertung der physikalisch-chemischen Risiken
3. Bewertung der Umweltgefahren ⇒ **PNEC**
4. PBT and vPvB Bewertung
5. Expositionsbeurteilung
 - 5.1. Ableitung von Expositionsszenarien, Expositions-kategorien
 - 5.2. Abschätzung der Exposition
6. Risikocharakterisierung

Abb. 4.7 Die wichtigsten Inhalte des Stoffsicherheitsberichtes

kungen in der Praxis oft unvermeidlich. Im Stoffsicherheitsbericht sind folgende Angaben darzustellen und zu bewerten:

- Expositionsniveau aller Menschen (Beschäftigte, Verbraucher),
- angemessene Bestimmung, repräsentative Expositionsdaten,
- Dauer und Häufigkeit der Expositionen,
- Tätigkeiten der Beschäftigten; Exposition: Dauer und Häufigkeit,
- Tätigkeiten der Endverbraucher; Exposition: Dauer und Häufigkeit,
- Stoffemissionen in die unterschiedlichen Umweltkompartimente,
- wahrscheinliche Expositionspfade und die Höhe der Stoffaufnahme beim Menschen.

Die bei der Expositionsbewertung relevanten Einflussgrößen sind in Abbildung 4.8 zusammengefasst. Im Stoffsicherheitsbericht sind darüber hinaus für alle identifizierten Verwendungen (Verwendungen, die vom Hersteller unterstützt werden und als sicher gelten)

- Expositionsbeurteilungen durchzuführen,
- Expositionsszenarien bzw. Verwendungs- und Expositions-kategorien zu erarbeiten und
- eine Risikobeschreibung

durchzuführen.

In den Expositionsszenarien bzw. Verwendungs- und Expositions-kategorien (VEK) für den nachgeschalteten Verwender sind Maßnahmen zur sicheren Verwendung zu empfehlen. In den technischen Leitfäden der ECHA sind Angaben über Inhalte, Detaillierungsgrad und Format der Expositionsszenarien anzugeben. Da die Expositionsszenarien bzw. VEKs den Sicherheitsdatenblättern als Anhang beizufügen sind, ist eine standardisierte, mit minimalem Aufwand in alle Amtssprachen übersetzbare Vorgehensweise unerlässlich. Es werden daher branchenübergreifende VEKs ange-

- ⇒ Expositionsniveau aller Menschen (Beschäftigte, Verbraucher)
- ⇒ angemessene Bestimmung, repräsentative Expositionsdaten,
- ⇒ Dauer und Häufigkeit der Expositionen,
- ⇒ Tätigkeiten der Beschäftigten; Exposition: Dauer + Häufigkeit,
- ⇒ Tätigkeiten der Endverbraucher; Exposition: Dauer + Häufigkeit
- ⇒ Stoffemissionen in die unterschiedlichen Umweltkompartimente
- ⇒ wahrscheinliche Expositionspfade und die Höhe der Stoffaufnahme beim Menschen

Abb. 4.8 Die relevanten Einflussgrößen der Risikobewertung

strebt, die sich an den relevanten stoffintrinsic Eigenschaften orientieren, wie z.B. akute Toxizität, Dampfdruck etc. Weiterhin wird die Verwendung von standardisierten Risikomanagementmaßnahmen (RMM: risk management measures) empfohlen. Der in Abbildung 4.9 abgebildete Workflow wurde dem VCI-Leitfaden entnommen, auf dessen Basis der EG-Leitfaden erarbeitet wird.

Die folgende Matrix für das Erstellen der VEKs wird empfohlen:

- Verwendungskategorie
 - industriell
 - gewerblich
 - privat
- Expositionspfad
 - Mensch: inhalativ, dermal, oral
 - Umwelt: Luft, Wasser, Boden
- Expositionsdauer
 - Mensch: Kurz- und Langzeit
 - Umwelt: einmalig, kontinuierlich

Gemäß dieser Matrix können dann in einem zweiten Schritt die empfohlenen Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit der stoffintrinsic Eigenschaften den Ma-

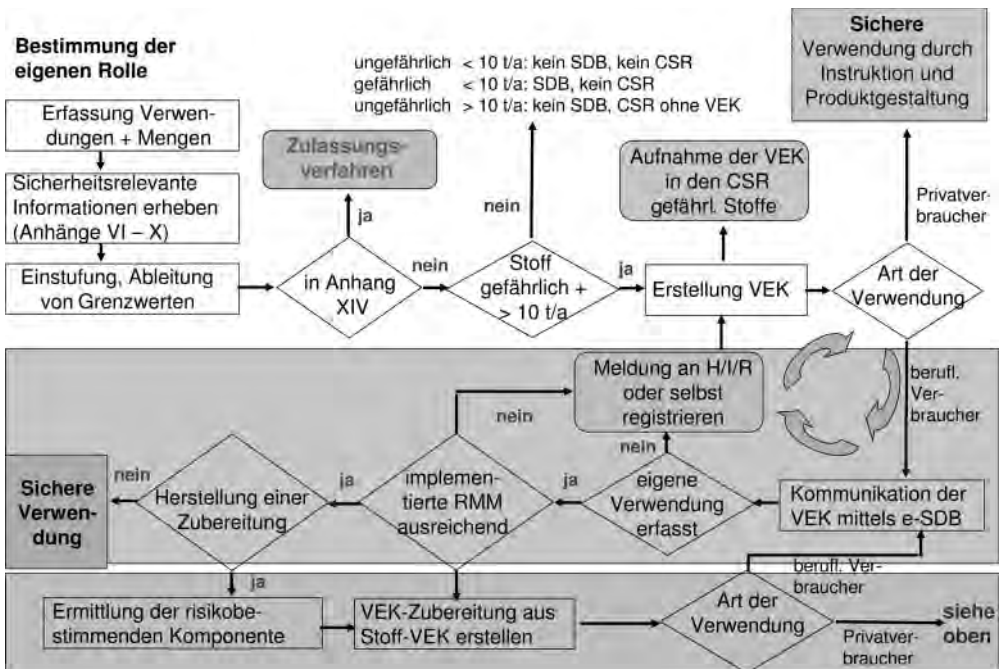


Abb. 4.9 Workflow zur Festlegung der Sicherheitsmaßnahmen

trixelementen zugeordnet werden. Abbildung 4.10 zeigt exemplarisch die Vorgehensweise für einen Stoff, der als Industriechemikalie nur für wenige Anwendungsfälle den gewerblichen Benutzer erreicht, nicht jedoch den Endverbraucher.

Gemäß Anhang I sind die Inhalte und das Format des Stoffsicherheitsberichtes vorgegeben:

- Teil A
 - 1) Überblick über die Risikomanagementmaßnahmen
 - 2) Erklärung, dass die Risikomanagementmaßnahmen durchgeführt wurden
 - 3) Erklärung, dass die Risikomanagementmaßnahmen mitgeteilt werden
- Teil B
 - 1) Identität und physikalisch-chemische Eigenschaften des Stoffes
 - 2) Herstellung und Verwendung
 - 3) Einstufung und Kennzeichnung
 - 4) Verbleib und Verhalten des Stoffes in der Umwelt
 - 5) Ermittlung schädlicher Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen
 - 6) Ermittlung schädlicher Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen durch physikalisch-chemische Eigenschaften
 - 7) Ermittlung schädlicher Wirkungen auf die Umwelt
 - 8) Ermittlung der PBT- und vPvB-Eigenschaften
 - 9) Ermittlung der Exposition
 - 10) Risikobeschreibung

	Industriell	Gewerblich	Privat
Human, Oral, Kurzzeit	keine	keine	nicht zutreffend
Human, Oral, Langzeit	keine	keine	nicht zutreffend
Human, Dermal, Kurzzeit	PVC-Schutzhandschuhe, 0,2 mm	PVC-Schutzhandschuhe, 0,2 mm	nicht zutreffend
Human, Dermal, Langzeit	Nitril-Schutzhandschuhe, 0,5 mm	Nitril-Schutzhandschuhe, 0,5 mm	nicht zutreffend
Human, Inhalativ, Kurzzeit	Quellenabsaugung (RMM-II)	Quellenabsaugung (RMM-II)	nicht zutreffend
Human, Inhalativ, Langzeit	geschlossene Anlage	nicht zutreffend	nicht zutreffend

Abb. 4.10 Sicherheitsmaßnahmen für eine Industriechemikalie

4.1.3.4 **Forschung und Entwicklung**

Unter REACH existieren unterschiedliche Regelungen für

- die wissenschaftliche Forschung und Entwicklung sowie
- die produkt- und verfahrensorientierte Forschung und Entwicklung, abgekürzt als PPORD: product and process oriented research and development.

In Artikel 3 Nr. 22 der REACH-VO [5] wird PPORD definiert als

„produkt- und verfahrensorientierte Forschung und Entwicklung: mit der Produktentwicklung oder der Weiterentwicklung eines Stoffes als solchem, in Zubereitungen oder Erzeugnissen zusammenhängende wissenschaftliche Entwicklung, bei der zur Entwicklung des Produktionsprozesses und / oder zur Erprobung der Anwendungsmöglichkeiten des Stoffes Versuche in Pilot- oder Produktionsanlagen durchgeführt werden“

sowie nach Nr. 23

„Wissenschaftliche Forschung und Entwicklung: unter kontrollierten Bedingungen durchgeführte wissenschaftliche Versuche, Analysen oder Forschungsarbeiten mit chemischen Stoffen in Mengen unter 1 Tonne pro Jahr“.

REACH bietet im Vergleich zu den bisherigen Ausnahmetatbeständen für Forschung und Entwicklung nach der Stoffrichtlinie deutliche Vorteile. Während bei der Neustoffanmeldung beim Inverkehrbringen bisher Ausnahmen von den Anmeldepflichten für die wissenschaftliche Forschung und Entwicklung nur für ein Jahr, begrenzt auf einer Tonne, möglich waren, sowie für die verfahrens- und produktspezifische Entwicklung ohne Mengenbegrenzung für ebenfalls nur ein Jahr, auf Antrag verlängerbar um ein weiteres Jahr, wurden in REACH deutlich längere, praxismäßigere Fristen festgelegt. Im Gegensatz zu den bisherigen Regelungen gelten die neuen Vorgaben allerdings nicht nur beim Inverkehrbringen, sondern auch bereits bei der Herstellung und der innerbetrieblichen Verwendung.

Für die produkt- und verfahrensorientierte Forschung und Entwicklung gelten nach Artikel 9 für einen Zeitraum von fünf Jahren Ausnahmen von den allgemeinen Registrierpflichten, insbesondere von den geforderten physikalisch-chemischen, toxikologischen und ökotoxikologischen Untersuchungen gemäß den Registrieranforderungen.

Die produkt- und verfahrensorientierte Forschung und Entwicklung ist für die Herstellung und Verwendung auch bei Mengen über einer t/a für fünf Jahre von den Registrierpflichten ausgenommen. Um diese Vorteile nutzen zu können, ist eine Mitteilung an die Agentur mit folgenden Inhalten notwendig:

- Angabe der Hersteller / des Importeurs sowie des hergestellten / importierten Stoffes,
- Einstufung und Kennzeichnung,
- Mengenbereich und
- Verzeichnis der Kunden mit Namen und Anschriften.

Nach Prüfung durch die Agentur können zusätzliche Auflagen erlassen werden, insbesondere zu den festgelegten Schutzmaßnahmen („angemessen kontrollierte Bedingungen“). Desgleichen ist davon auszugehen, dass diese Stoffe in der Regel nicht der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden dürfen und dass nach Ablauf der Ausnahmefrist verbleibende Mengen sachgerecht gesammelt und entsorgt werden müssen. Zwei Wochen nach Eingang des Ausnahmeantrags darf mit der Herstellung oder dem Import begonnen werden, falls keine gegenteilige Benachrichtigung erfolgt.

4.1.3.5 Zwischenprodukte

In den Begriffsbestimmungen von Artikel 3 Nr. 15 wird unterschieden zwischen

- nicht-isolierten Zwischenprodukten,
- standortinternen isolierten Zwischenprodukten und
- transportierten isolierten Zwischenprodukten.

Zwischenprodukte sind in der REACH-Verordnung definiert als Stoffe, die für die chemische Weiterverarbeitung hergestellt und hierbei verbraucht oder verwendet werden, um in einen anderen Stoff umgewandelt zu werden (hierfür wird der Begriff „Synthese“ verwendet):

nicht-isoliertes Zwischenprodukt: Zwischenprodukt, das während der Synthese nicht vorsätzlich aus dem Gerät, in dem die Synthese stattfindet, entfernt wird (außer für Stichprobenzwecke). Derartiges Gerät umfasst Reaktionsbehälter und die dazugehörige Ausrüstung sowie jegliches Gerät, das der Stoff/die Stoffe in einem kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Prozess durchläuft/durchlaufen, sowie Rohrleitungen zum Verbringen von einem Behälter in einen anderen für den nächsten Reaktionsschritt; nicht dazu gehören Tanks oder andere Behälter, in denen der Stoff/die Stoffe nach der Herstellung gelagert wird/werden.

standortinternes isoliertes Zwischenprodukt: Zwischenprodukt, das die Kriterien eines nicht-isolierten Zwischenprodukts nicht erfüllt, dessen Herstellung und die Synthese eines anderen Stoffes/anderer Stoffe aus ihm am selben, von einer oder mehreren Rechtspersonen betriebenen Standort durchgeführt wird.

transportiertes isoliertes Zwischenprodukt: Zwischenprodukt, das die Kriterien eines nicht-isolierten Zwischenprodukts nicht erfüllt und an andere Standorte geliefert oder zwischen diesen transportiert wird.

Der Standort wird definiert als ein Ort, in dem ein oder auch mehrere Hersteller bestimmte Teile der Infrastruktur und der Anlagen gemeinsam nutzen. Daher dürfen auch Chemieparcs von dieser Regelung Gebrauch machen.

Während nicht-isolierte Zwischenprodukte nicht unter den Geltungsbereich von REACH fallen und daher nicht registriert werden müssen, können für isolierte Zwischenprodukte deutlich reduzierte Informationsanforderungen in Anspruch genommen werden. Das Registrierungsdossier für isolierte Zwischenprodukte muss Folgendes enthalten:

- Angaben zum Hersteller / Importeur,
- Angaben zum Zwischenprodukt,
- Einstufung,
- vorhandene Informationen zu den physikalisch-chemischen, toxischen und umwelttoxischen Eigenschaften,
- Beschreibung der Verwendungen und
- detaillierte Angaben zu den Risikomanagementmaßnahmen.

Zusätzliche experimentelle Untersuchungen gemäß den ansonsten geforderten Informationen in Abhängigkeit der produzierten / importierten Menge sind nicht gefordert.

Voraussetzung nur Nutzung dieser Erleichterungen ist bei den standortinternen isolierten Zwischenprodukten, dass der Stoff unter „**streng kontrollierten Bedingungen**“ (strictly controlled conditions) hergestellt und verwendet wird. Weiterhin wird nach Artikel 17 gefordert, dass der Stoff während seines gesamten Lebenszyklus durch technische Mittel strikt eingeschlossen wird. Da für viele Zwischenprodukte bereits aussagefähige Stoffbewertungen vorliegen, ist eine Risikobewertung bei vorhandener Exposition möglich, z. B. durch Ableitung eines DNELs.

Die Anforderungen für transportierte isolierte Zwischenprodukte zur Nutzung der Ausnahmen von den Registrierungsanforderungen, sind gemäß Artikel 18, dass

- der Stoff während seines gesamten Lebenszyklus durch technische Mittel strikt eingeschlossen ist,
- die verwendeten Verfahrens- und Überwachungstechnologien zur Minimierung der Emissionen und Expositionen führen,
- die Verwendung des Stoffes streng kontrolliert erfolgt,
- der Stoff nur von ordnungsgemäß ausgebildetem Personal gehandhabt wird und
- die Handhabung des Stoffes sorgfältig dokumentiert und vom Standortbetreiber streng überwacht wird.

Bei transportierten isolierten Zwischenprodukten in Mengen über 1.000 t/a sind zumindest die Informationen nach Anhang VII entsprechend den Forderungen für Stoffe in einer Menge von 1 bis 10 t/a zu ermitteln.

4.1.3.6 Expositionsbedingter Verzicht auf Untersuchungen

Nach der REACH-Verordnung kann auf experimentelle Untersuchungen verzichtet werden, wenn aufgrund nachgewiesener Expositionssituationen ein Risiko für Gesundheit und Umwelt ausgeschlossen werden kann. Dieses als „**Exposure Based Waiving**“ (EBW) bezeichnete Konzept wird in Spalte 2 der Anhänge VIII bis X konkretisiert. Soll auf die Ermittlung anderer Eigenschaften als die in Spalte 2 der vorgenannten Anhänge aufgeführten Tatbestände aufgrund der Expositionsverhältnisse verzichtet werden, müssen die Voraussetzungen der Ausnahmetatbestände von Anhang XI erfüllt sein.

Es wurde versucht die Kriterien zur Anwendung von expositionsbezogenem Verzicht im Rahmen der RIP-Prozesse festzulegen, bisher ist leider keine entsprechende Leitlinien erstellt worden. Die vorliegenden Entwürfe für EBW erlauben keine eindeutige Entscheidung, letztendlich müssen die Registranten den Bezug auf die Anhänge eigenverantwortlich darlegen und im Registrierungsossier darzulegen.

Im Stoffsicherheitsbericht ist jeweils nachvollziehbar zu begründen, dass eine relevante Exposition ausgeschlossen ist; sowohl für die Herstellung als auch für die vollständige Lieferkette. Desgleichen sind in Anhang VII bis X Spalte 2 spezifische Voraussetzungen aufgeführt, die aufgrund der bekannten Stoffeigenschaften erfüllt sein müssen. Abbildung 4.11 fasst die wichtigsten Untersuchungen zusammen, auf die expositionsabhängig verzichtet werden kann.

Bis zur Festlegung detaillierter Richtlinien sind die allgemeinen Kriterien von Anhang XI Nr. 3 heran zu ziehen.

- ⇒ Mengenbereich 10 – 100 t/a (nach Anhang VIII)
 - ⇒ die subakute Untersuchung (Nr. 8.6.1)
 - ⇒ Screeningtest auf Reproduktions- /Entwicklungstoxizität (Nr. 8.7.1)

- ⇒ Mengenbereich 100 – 1.000 t/a (nach Anhang IX)
 - ⇒ die subchronische Untersuchung (Nr. 8.6.2)
Voraussetzung: vorliegende subakute Prüfung
 - ⇒ Reproduktionstoxizität
 - pränatale Entwicklungstoxizität (Nr. 8.7.2)
 - Zweigenerationsstudie an einer Tierart (Nr. 8.7.3)*Voraussetzung: nur geringe toxische Aktivität*

- ⇒ Mengenbereich > 1.000 t/a (nach Anhang X)
 - ⇒ Reproduktionstoxizität
 - Entwicklungstoxizität (Nr. 8.7.2)
 - Zweigenerationsstudie an männlichen und weiblichen Tierart (Nr. 8.7.3)*Voraussetzung: nur geringe toxische Aktivität*

Abb. 4.11 Kriterien zum expositionsbedingten Verzicht auf tierexperimentelle Untersuchungen

4.1.3.7 Ausnahmen von der Registrierpflicht

Gemäß dem allgemeinen Anwendungsbereich von REACH unterliegen alle Stoffe, die in Mengen unter einer Tonne pro Jahr hergestellt oder importiert werden, nicht der Verordnung und müssen daher nicht registriert werden.

Wirkstoffe und Formulierungshilfsstoffe, die ausschließlich zur Verwendung in Pflanzenschutzmitteln hergestellt oder eingeführt werden, gelten automatisch als registriert und müssen nicht nochmals gemäß den Artikeln 6 und 7 registriert werden, wenn sie

- im Anhang I der Richtlinie 91/414/EWG [15],
- in Verordnung 3600/92/EWG [16], 703/2001/EG [17], 1490/2002/EG [18] oder
- in Entscheidung 2003/565/EG [19]

aufgeführt sind.

Analog müssen Wirkstoffe, die ausschließlich in Biozid-Produkten eingesetzt werden und im Anhang I, IA oder IB der RL 98/8/EG [20] aufgeführt sind, nicht registriert werden.

Gemäß Artikel 2 unterliegen für die folgenden Einsatzzwecke vorgesehene Stoffe nicht der Registrierpflicht:

- Human- und Tierarzneimittel und
- Lebensmittel oder Futtermittel, Lebensmittelzusatzstoffe, Aromastoffe, Zusatzstoffe für Tierernährung.

Desgleichen müssen gemäß Artikel 2 Nr. 7a die in Anhang IV aufgeführten Stoffe nicht registriert werden, da davon ausgegangen wird, dass ausreichende Informationen für die Bewertung vorliegen und von ihnen nur ein minimales Risiko ausgeht. Bei diesen Stoffen handelt es sich primär um Naturstoffe oder aus diesen hergestellte Stoffe und nicht um Chemikalien im eigentlichen Sinne. Tabelle 4.1 gibt den derzeitigen Stand von Anhang IV wieder.

Weiterhin sind Stoffe von der Registrierpflicht ausgenommen, die unter die in Anhang V genannten Kriterien fallen. Dabei handelt es sich weitestgehend um Stoffe, die in unbeabsichtigter Weise entstehen und nicht gezielt hergestellt werden. Ebenso sind Polymere gemäß Definition in Artikel 3 Nummer 5 von der Registrierpflicht ausgenommen, wenn die Monomere registriert sind, aus denen sie synthetisiert wurden.

Stoffe, die nach der Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] als Neustoffe bereits angemeldet wurden, müssen nicht noch einmal registriert werden. Sollten jedoch zwischenzeitlich die importierten oder hergestellten Mengen die nächste Mengenschwelle überschritten haben, sind die zusätzlichen Registrieranforderungen der ECHA unaufgefordert zu übermitteln.

Tabelle 4.1 Anhang IV REACH-Verordnung.

Stoff Summenformel	CAS-Nr.
D-Glucitol C6H14O6	50-70-4
Ascorbinsäure C6H8O6	50-81-7
Glucose C6H12O6	50-99-7
Fructose C6H12O6	57-48-7
L-Lysin C6H14N2O2	56-87-1
Saccharose, rein C12H22O11	57-50-1
α -Tocopherylacetat C31H52O3	58-95-7
Galactose C6H12O6	59-23-4
DL-Methionin C5H11NO2S	59-51-8
Lactose C12H22O11	63-42-3
D-Mannitol C6H14O6	69-65-8
L-Sorbose C6H12O6	87-79-6
Glycerinstearat, rein C21H42O4	123-94-4
Kohlendioxid CO2	124-38-9
Calciumpantothenat, D-Form C9H17NO5.1/2Ca	137-08-6
DL-Phenylalanin C9H11NO2	150-30-1
Natriumgluconat C6H12O7.Na	527-07-1
Sorbitanoleat C24H44O6	1338-43-8
Krypton Kr	7439-90-9
Neon Ne	7440-01-9
Argon Ar	7440-37-1
Helium He	7440-59-7
Xenon Xe	7440-63-3
Stickstoff N2	7727-37-9
Wasser, destilliert, Leitfähigkeitswasser oder Wasser von ähnlicher Reinheit H ₂ O	7732-18-5
Lecithine	8002-43-5
Komplexe Kombination von Fettsäure-Diglyceriden, gebunden an Phosphorsäurecholinester	
Sirupe, hydrolysierte Stärke	8029-43-4
Komplexe Kombination, die durch saure oder enzymatische Hydrolyse von Maisstärke gewonnen wird; besteht hauptsächlich aus D-Glucose, Maltose und Maltodextrinen	
Talg, gehärtet	04.12.8030
Dextrin	9004-53-9
Stärke	9005-25-8
Hochpolymere Kohlenstoffsubstanz, die gewöhnlich aus Getreidekörnern wie z. B. Mais, Weizen und Hirse sowie aus Wurzeln und Knollen wie z. B. Kartoffeln und Maniok gewonnen wird; umfasst auch Stärke, die durch Erhitzen in Anwesenheit von Wasser verkleistert wurde	
Maltodextrin	9050-36-6
Natrium-D-gluconat C6H12O7.xNa	14906-97-9
D-Glucitol-monostearat C24H48O7	26836-47-5
Fettsäuren, Kokos-, Methyl ester	61788-59-8
Zellstoff	65996-61-4
Glyceride, C16-18 und C18-ungesättigt	67701-30-8

Tabelle 4.1 (Fortsetzung)

Stoff Summenformel	CAS-Nr.
Diese Substanz wird identifiziert durch SDA Substance Name: <i>C16-C18 and C18 unsaturated trialkyl glyceride</i> und durch SDA Reporting Number: 11-001-00	
Sirupe, Mais, entwässert	68131-37-3
Glyceride, Talg-Mono-, -Di- und -Tri-, gehärtet	68308-54-3
Glyceride, C16-18 und C18-ungesättigte Mono- und Di-	68424-61-3
Diese Substanz wird identifiziert durch SDA Substance Name: <i>C16-C18 and C18 unsaturated alkyl and C16-C18 and C18 unsaturated dialkyl glyceride</i> und durch SDA Reporting Number: 11-002-00	
Glyceride, C10-18	85665-33-4

Gemäß Anhang V sind folgende Stoffe von der Registrierungspflicht ausgenommen:

- 1) Stoffe, die durch eine chemische Reaktion entstanden sind, zu der es bei der Exposition eines anderen Stoffes oder Erzeugnisses gegenüber Umwelteinflüssen wie Luft, Feuchtigkeit, Mikroorganismen oder Sonnenlicht gekommen ist;
- 2) Stoffe, die durch eine chemische Reaktion entstanden sind, zu der es bei der Lagerung anderer Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse gekommen ist;
- 3) Stoffe, die durch eine chemische Reaktion entstanden sind, zu der es bei der Endnutzung anderer Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse gekommen ist, und die nicht als solche hergestellt, eingeführt oder in Verkehr gebracht werden;
- 4) Stoffe, die nicht als solche hergestellt, eingeführt oder in Verkehr gebracht werden und die durch eine chemische Reaktion entstanden sind, zu der es in folgenden Fällen gekommen ist:
 - a) Ein Stabilisator, Farbstoff, Aromastoff, Antioxidans, Füllstoff, Lösungsmittel, Trägerstoff, oberflächenaktives Mittel, Weichmacher, Korrosionshemmer, Antischaummittel, Dispergiermittel, Fällungshemmer, Trockenmittel, Bindemittel, Emulgator, Demulgator, Entwässerungsmittel, Agglomerierungsmittel, Haftvermittler, Fließhilfsmittel, pH-Neutralisierungsmittel, Maskierungsmittel, Gerinnungsmittel, Flockungsmittel, Flammenschutzmittel, Schmiermittel, Chelatbildner oder Prüfreagens erfüllt seine vorgesehene Funktion.
 - b) Ein Stoff, der ausschließlich zur Erzielung einer bestimmten physikalisch-chemischen Eigenschaft dient, erfüllt seine vorgesehene Funktion;
- 5) Nebenprodukte, soweit sie nicht selbst eingeführt oder in Verkehr gebracht werden;

- 6) hydratisierte Stoffe oder Ionen, die durch den Kontakt eines Stoffes mit Wasser entstanden sind, sofern dieser Stoff vom Hersteller oder Importeur, der diese Ausnahmeregelung in Anspruch nimmt, registriert wurde;
- 7) die folgenden Naturstoffe, soweit sie nicht chemisch verändert wurden: Mineralien, Erze, Erzkonzentrate, Erdgas, roh und verarbeitet, Rohöl und Kohle;
- 8) andere Naturstoffe als die in Abschnitt 7 genannten, soweit sie nicht chemisch verändert wurden, es sei denn, sie erfüllen die Kriterien für die Einstufung als gefährlich nach der Richtlinie 67/548/EWG oder sie sind persistent, bioakkumulierbar und toxisch oder sehr persistent und sehr bioakkumulierbar gemäß den Kriterien des Anhangs XIII oder sie sind gemäß Artikel 59 Abs. 1 seit mindestens zwei Jahren als Stoffe ermittelt, die ebenso besorgniserregend sind wie in Artikel 57 Buchstabe f aufgeführt;
- 9) die folgenden aus natürlichen Rohstoffen gewonnenen Stoffe, soweit sie nicht chemisch verändert wurden, es sei denn, sie erfüllen die Kriterien für die Einstufung als gefährlich gemäß der Richtlinie 67/548/EWG, mit Ausnahme der Stoffe, die nur als entzündlich [R 10], hautreizend [R 38] oder augenreizend [R 36] eingestuft sind, oder sie sind persistent, bioakkumulierbar und toxisch oder sehr persistent und sehr bioakkumulierbar gemäß den Kriterien des Anhangs XIII oder sie sind gemäß Artikel 59 Abs. 1 seit mindestens zwei Jahren als Stoffe ermittelt, die ebenso besorgniserregend sind wie in Artikel 57 Buchstabe f aufgeführt: pflanzliche Fette, pflanzliche Öle, pflanzliche Wachse; tierische Fette, tierische Öle, tierische Wachse; Fettsäuren von C6 bis C24 und ihre Kalium-, Natrium- Calcium- und Magnesiumsalze, Glycerin;
- 10) die folgenden Stoffe, sofern sie nicht chemisch verändert wurden: Flüssiggas, Erdgaskondensat, Prozessgase und deren Bestandteile, Koks, Zementklinker und Magnesia;
- 11) die folgenden Stoffe, es sei denn, sie erfüllen die Kriterien für die Einstufung als gefährlich gemäß der Richtlinie 67/548/EWG und vorausgesetzt, sie enthalten keine Bestandteile, die die Kriterien für die Einstufung als gefährlich gemäß der Richtlinie 67/548/EWG erfüllen, und in Konzentrationen über den niedrigsten geltenden Konzentrationsgrenzen gemäß der Richtlinie 1999/45/EG oder der Konzentrationsgrenze gemäß Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG vorliegen, sofern nicht anhand schlüssiger wissenschaftlicher Versuchsdaten nachgewiesen wird, dass diese Bestandteile über den gesamten Lebenszyklus des Stoffes nicht verfügbar sind und diese Daten auf ihre Eignung und Zuverlässigkeit geprüft wurden: Glas, keramische Fritten;
- 12) Kompost und Biogas;
- 13) Wasserstoff und Sauerstoff.

4.1.3.8 Zulassungspflicht

Hersteller und Importeure von Stoffen, die in Anhang XIV der REACH-Verordnung aufgeführt sind, dürfen nur verwendet oder importiert werden, wenn der Stoff einschließlich der beabsichtigten Verwendung, gemäß Artikel 60 von der Kommission hierfür zugelassen wurde. Stoffe mit folgenden Eigenschaften kön-

nen grundsätzlich dem Zulassungsverfahren unterworfen werden, gemäß der im Folgenden beschriebenen Vorgehensweise:

- karzinogene Stoffe der Kategorie 1A und 1B,
- keimzellmutagene Stoffe der Kategorie 1A und 1B,
- reproduktionstoxische Stoffe der Kategorie 1A und 1B,
- persistente und bioakkumulierbare toxische Stoffe (PBT),
- sehr persistente und sehr bioakkumulierbare Stoffe (vPvB) und
- Stoffe mit vergleichbaren besorgniserregenden Eigenschaften, wie z. B. endokrin wirkende Stoffe.

Bevor ein Stoff in Anhang XIV aufgenommen wird, muss folgendes vierstufige Verfahren durchlaufen werden:

- 1) Identifizierung als SVHC-Stoff
- 2) Aufnahme des Stoffes in die Kandidatenliste
- 3) Priorisierung der Stoffe der Kandidatenliste
- 4) Aufnahme von Stoffen in Anhang XIV

Ausnahmen von der Zulassungspflicht gelten für

- die wissenschaftliche Forschung und Entwicklung, siehe Abschnitt 4.1.3.4,
- die produkt- und verfahrensorientierte Forschung und Entwicklung (PPORD),

sowie die Verwendung von Stoffen als

- Pflanzenschutzmittel,
- Biozid-Produkt,
- Motorkraftstoff und
- Mineralölzeugnis als Brennstoff in beweglichen oder ortsfesten Feuerungsanlagen und Verwendung als Brennstoff in geschlossenen Systemen.

Vor Aufnahme in das Zulassungsverfahren werden die von den Mitgliedsländern vorgeschlagenen Stoffe in die sogenannte **Kandidatenliste** übernommen. Gemäß Erklärung der ECHA sollen ca. 136 Stoffe in die Kandidatenliste aufgenommen werden, auf eine Darstellung wird daher im Rahmen dieses Buches verzichtet und auf die Homepage der ECHA [21] verwiesen, der sowohl der Grund für die Aufnahme (cmr, PBT, vPvB) als auch ein Begründungsdossier entnommen werden kann. Mit Aufnahme in die Kandidatenliste sind für Hersteller und Importeure Mitteilungspflichten in der Lieferkette verbunden:

- Informationen sowohl an gewerbliche als auch private Verwender!

Daher sind für Gemische oder Artikel / Erzeugnisse, die einen Stoff der Kandidatenliste enthalten, Sicherheitsdatenblätter auch an private Endverbraucher auf

Tabelle 4.2 Stoffe, die dem Authorisierungsverfahren nach Anhang XIV unterworfen sind (Stand: April 2013).

Stoffname	CAS-Nr.	Ablauftermin	Antragsschluss	Grund
Hexabromocyclododecan (HBCDD) (alpha-, beta-, gamma-)	3194-55-6 25637-99-4 134237-50-6 134237-51-7 134237-52-8			PBT
2,4- Dinitrotoluol (2,4-DNT)	121-14-2	21.08.2015	21.02.2014	carc. 1B
Tris(2-chloroethyl)phosphat (TCEP)	115-96-8	21.08.2015	21.02.2014	reprotox 1B
Diarsenpentaoxid	1303-28-	21.05.2015	21.11.2013	carc. 1A
Bleisulfchromat yellow (C.I. Pigment Yellow 34)	1344-37-2			carc. 1B, reprotox 1A
Diarsentrioxid	1327-53-3	21.05.2015	21.11.2013	carc. 1A
Bleichromat	7758-97-6	21.05.2015	21.11.2013	carc. 1B, reprotox 1A
Bleichromatmolybdatsulfat rot (C.I. Pigment Red 104)	12656-85-8			carc. 1B, reprotox 1A
Benzylbutylphthalat (BBP)	85-68-7	21.05.2015	21.11.2013	reprotox 1B
Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	117-81-7	21.02.2015	21.08.2013	reprotox 1B
Dibutylphthalat (DBP)	84-74-2	21.02.2015	21.08.2013	reprotox 1B
Diisobutylphthalat (DIBP)	84-69-5	21.02.2015	21.08.2013	reprotox 1B
5-tert-Butyl-2,4,6-trinitro-m-xylol (Moschus Xylol)	81-15-2	21.08.2014		vPvB
4,4'-Diaminodiphenylmethan (MDA)	101-77-9	21.08.2014	21.02.2013	Carc. 1B
Trichlorethylen	79-01-6	21.10.2014	21.04.2016	Carc. 1B
Chromtrioxid	1333-82-0	21.03.2016	21.09.2017	Carc. 1A
Säuren, die sich aus Chromtrioxid bilden, und deren Oligomere Gruppe mit:		21.03.2016	21.09.2017	Carc. 1B
Chromsäure CAS-Nr.: 7738-94-5				Muta. 1 B
Dichromsäure CAS-Nr.: 13530-68-2				Repro. 1B
Oligomere von Chromsäure und Dichromsäure				
Natriumdichromat	7789-12-0 10588-01-9	21.03.2016	21.09.2017	Carc. 1B
				Muta. 1 B
				Repro. 1B
Kaliumdichromat	7778-50-9	21.03.2016	21.09.2017	Carc. 1B
				Muta. 1 B
				Repro. 1B
Ammoniumdichromat	7789-09-5	21.03.2016	21.09.2017	Carc. 1B
				Muta. 1 B
				Repro. 1B
Kaliumchromat	7789-00-6	21.03.2016	21.09.2017	Carc. 1B
				Muta. 1 B
Natriumchromat	7775-11-3	21.03.2016	21.09.2017	Carc. 1B
				Muta. 1 B
				Repro. 1B

Anforderung zur Verfügung zu stellen. Da dies mit enormen zusätzlichen Belastungen für den Einzelhandel verbunden ist, werden Produkte, die Stoffe der Kandidatenliste in Konzentrationen über 0,1 % enthalten, aus dem Warensortiment eliminiert werden.

Nach Beratung durch den zuständigen Ausschuss für Risikobewertung der ECHA (abgekürzt **RAC**: risk assessment committee) und dem Ausschuss für sozioökonomische Analyse, abgekürzt **SEAC**, werden aus der Kandidatenliste die Stoffe ausgewählt, die dem Autorisierungsverfahren unterworfen und in Anhang XIV der REACH-VO publiziert werden. In Tabelle 4.2 sind die Stoffe nach Anhang XIV unter Angabe des spätesten Datums des Autorisierungsantrags wiedergegeben. Verwendungsverfahren, die nach Ablauf der aufgeführten Frist nicht genehmigt wurden, dürfen nicht mehr angewendet werden. Zuwiderhandlungen sind eine Straftat!

Gemäß Artikel 62 müssen die Zulassungsanträge folgende Angaben enthalten:

- Stoff und Antragsteller,
- Beschreibung der Verwendung, für den die Zulassung beantragt wird,
- Stoffsicherheitsbericht, falls nicht bereits bei der Registrierung eingereicht,
- Beschreibung alternativer Stoffe oder Verfahren, einschließlich Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten und ggf.
- sozioökonomische Analyse bei Stoffen ohne Schwellenwert sowie bei PBT- und vPvB-Stoffen.

Für karzinogene, keimzellmutagene, reproduktionstoxische Stoffe oder Stoffe mit sonstigen besorgniserregenden Eigenschaften mit Schwellenwert wird eine Zulassung erteilt, wenn die Risiken für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt bei der Herstellung oder der Verwendung der Stoffe angemessen beherrscht werden. Davon ist auszugehen, wenn während des gesamten Lebenszyklus die abgeleiteten Grenzwerte DNEL oder PNEC unterschritten werden. Dies ist im Stoffsicherheitsbericht auszuführen, der bei der Registrierung oder mit dem Zulassungsantrag eingereicht wird, einschließlich der Beschreibung der ergriffenen und den nachgeschalteten Verwendern empfohlenen Risikomanagementmaßnahmen. Desgleichen sind die Risiken von Alternativen zu beschreiben. Die Entscheidung über die Zulassung bereitet der oben erwähnte Ausschuss für Risikobewertung (RAC) vor.

Für Stoffe der vorgenannten Eigenschaften ohne Schwellenwert (d. h. genotoxische Kanzerogene und genotoxische Mutagene, siehe Abschnitt 1.1.8) sowie für die PBT- und vPvB-Stoffe wird eine Zulassung nur erteilt, wenn der sozioökonomische Nutzen die Risiken überwiegt. Diese Beurteilung wird vom SEAC durchgeführt. Neben der Beschreibung der Risiken bei der Verwendung der Stoffe ist der sozioökonomische Nutzen darzulegen, ein Substitutionsplan zu erarbeiten und mögliche Alternativstoffe zu bewerten.

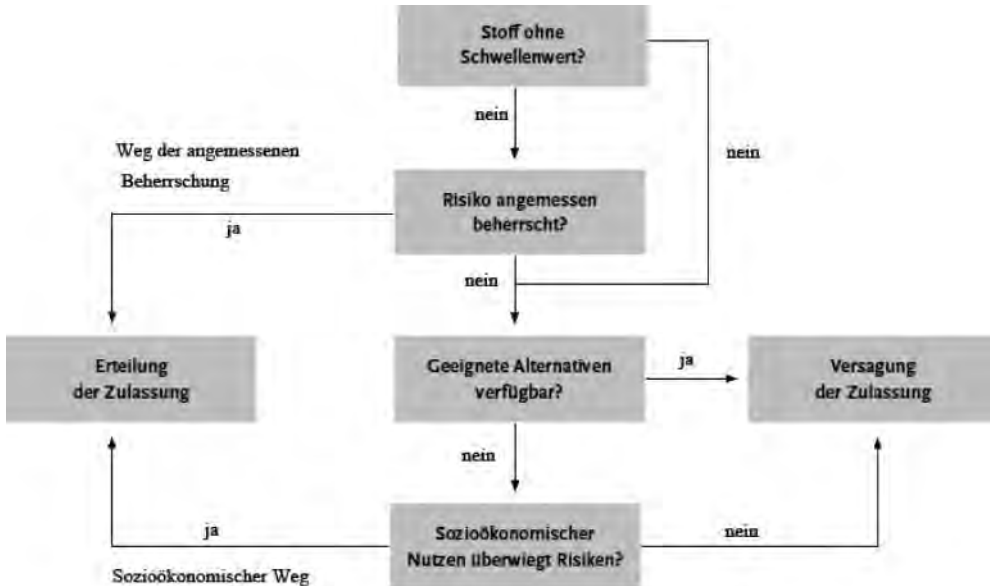


Abb. 4.12 Die beiden Wege des Zulassungsverfahrens

Die Zulassung kann mit Auflagen verbunden werden sowie mit zusätzlichen Überwachungsregelungen und unterliegt einer befristeten Überprüfung. Die Überprüfungsfrist wird jeweils auf den Einzelfall bezogen festgelegt.

Die zwei unterschiedlichen Wege zur Erteilung der Zulassung sind in Abbildung 4.12 dargestellt, die Komplexität des Autorisierungsverfahrens wird durch Abbildung 4.13 deutlich.

Folgende Stoffe wurden am 20.06.2012 zur Aufnahme in Anhang XIV empfohlen und befinden sich zurzeit in der Beratung:

- Formaldehyde, oligomeric reaction products with aniline (technical MDA) (CAS: 25214-70-4)
- Arsenic Acid (CAS: 7778-39-4)
- Dichromium tris(chromate) (CAS: 24613-89-6)
- Strontium chromate (CAS: 7789-06-2)
- Potassium hydroxyoctaoxidizincatedichromate 811103-86-9)
- Pentazinc chromate octahydroxide (CAS: 49663-84-5)
- Bis(2-methoxyethyl)ether (Diglyme) (CAS: 111-96-6)
- N,N-Dimethylacetamide (DMAC) (CAS: 127-19-5)
- 1,2-Dichloroethane (EDC) (CAS: 107-06-2)
- 2,2'-dichloro-4,4'-methylenedianiline (MOCA) (CAS: 101-14-4)

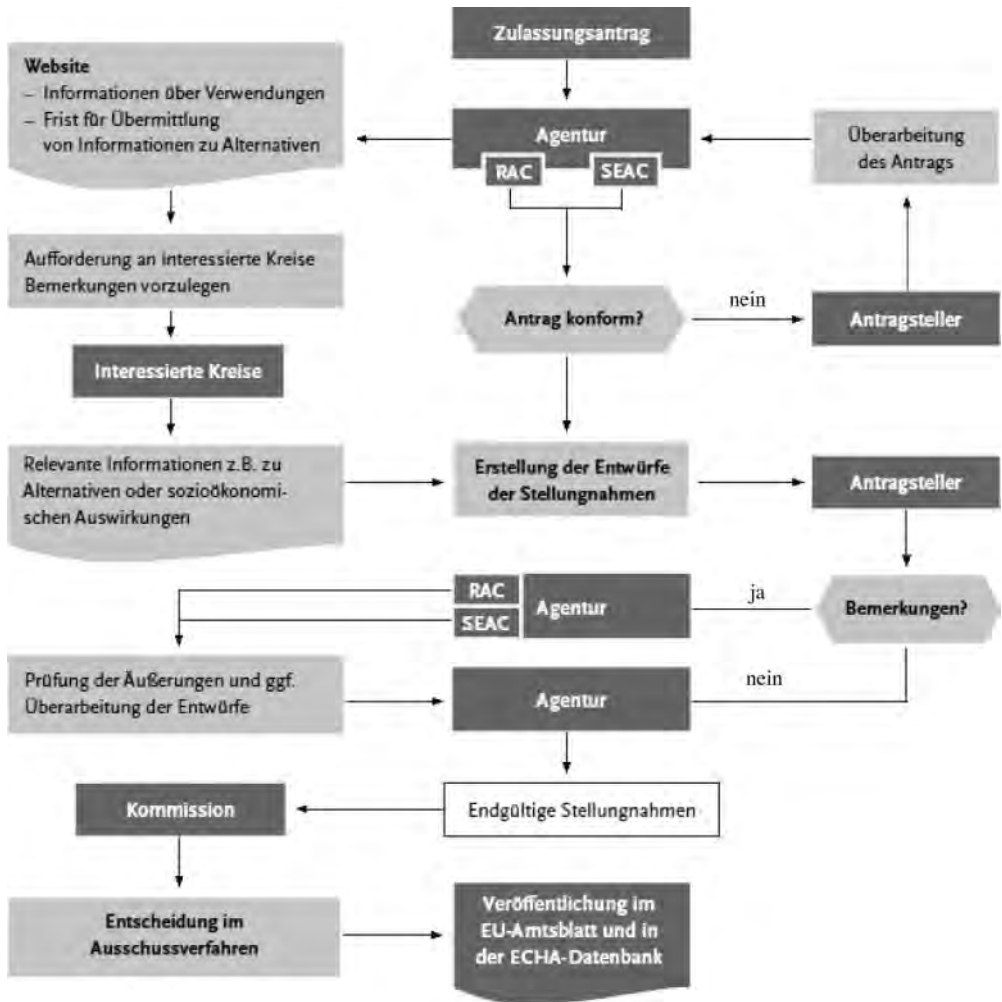


Abb. 4.13 Das Zulassungsverfahren

4.1.3.9 Informationen in der Lieferkette

Die Beziehungen zwischen Hersteller / Lieferant und Kunden wurden durch REACH neu geregelt. Im Gegensatz zu den bisherigen Regelungen bestehen zwischen Lieferant und Kunden neue Verantwortlichkeiten und Abhängigkeiten. Artikel 31 bis 39 regeln sowohl für den Lieferanten als auch für den Verwender von Stoffen klar abgegrenzte, unterschiedliche Aufgaben und Verantwortungen. Im Interesse einer effizienten Vorgehensweise sollten beide kooperativ zusammenarbeiten.

Die Verwendung von Stoffen oder von Stoffen in Gemische ist grundsätzlich nur für die im Stoffsicherheitsbericht beschriebenen Anwendungen, die sogenannten

identifizierten Verwendungen, zulässig. Der nachgeschaltete Verwender kann zu diesem Zweck gemäß Artikel 37 seinem Lieferanten die notwendigen Angaben seiner Verwendung mitteilen, die dieser zur Bewertung benötigt, um die Verwendung „als identifizierte Verwendung“ aufzunehmen. Hierfür sind alle Informationen mitzuteilen, die für eine Bewertung der stofflichen Risiken für die Beschäftigten und die Umwelt benötigt werden. Zum Informationsaustausch zwischen Lieferant und Kunden können u. a. die im Internet verfügbaren Musterbriefe des Verbandes der chemischen Industrie (www.vci.de) genutzt werden.

Bewertet der Lieferant die Risiken als angemessen beherrscht, kann die Verwendung als identifizierte Verwendung aufgenommen und der Stoffsicherheitsbericht nach Artikel 14 entsprechend ergänzt und ggf. ein Expositionsszenario ausgearbeitet und im erweiterten Sicherheitsdatenblatt aufgenommen werden, siehe Abschnitt 4.3. Bei bereits registrierten Stoffen sind diese Verpflichtungen bis zur nächsten Lieferung bzw. innerhalb eines Monats zu erfüllen, bei noch nicht registrierten Phase-in-Stoffen spätestens bis zum Ablauf der für die Mengenschwelle gültigen Registrierungsfrist.

Wird die Verwendung vom Lieferanten als nicht sicher bewertet, unabhängig ob aus Arbeits- oder Umweltschutzgründen, und kann die Verwendung als identifizierte Verwendung nicht unterstützt werden, ist die ECHA als auch der Kunde unter Angabe der Gründe hiervon in Kenntnis zu setzen. Vor einer erneuten Lieferung an diesen Kunden ist im Sicherheitsdatenblatt in Abschnitt 2 die nicht empfohlene Verwendung aufzunehmen. Die Pflichten des Lieferanten sind in Abbildung 4.14, die des nachgeschalteten Verwenders in Abbildung 4.15 zusammengefasst.

Der nachgeschaltete Verwender muss vor einer erneuten Verwendung prüfen, ob die im Sicherheitsdatenblatt beschriebene Verwendung und die Schutzmaßnahmen mit den eigenen übereinstimmen. Insbesondere ist zu prüfen, ob die Vorgaben des Expositionsszenarios im Anhang des Sicherheitsdatenblattes erfüllt sind. Ist dies der Fall, sind keine weiteren Verpflichtungen nach der REACH-Verordnung zu beachten.

Identifizierte Verwendung	Ablehnung als identifizierte Verwendung
→ Aufnahme in seinen Stoffsicherheitsbericht	⇒ Unterrichtung der Agentur
⇒ innerhalb Monatsfrist bzw. bis zur nächsten Lieferung bei registrierten Stoffen	⇒ Unterrichtung des nachgeschalteten Verwenders über die Ablehnungsgründe
⇒ bis Ablauf der Registrierungsfrist bei Phase-in-Stoffen	⇒ Aufnahme der Ablehnungsgründe im Stoffsicherheitsbericht
	⇒ Aufnahme der abgelehnten Verwendung vor nächster Lieferung in Sicherheitsdatenblatt, Abschnitt 16

Abb. 4.14 Kommunikation in der Lieferkette: Lieferantenpflichten

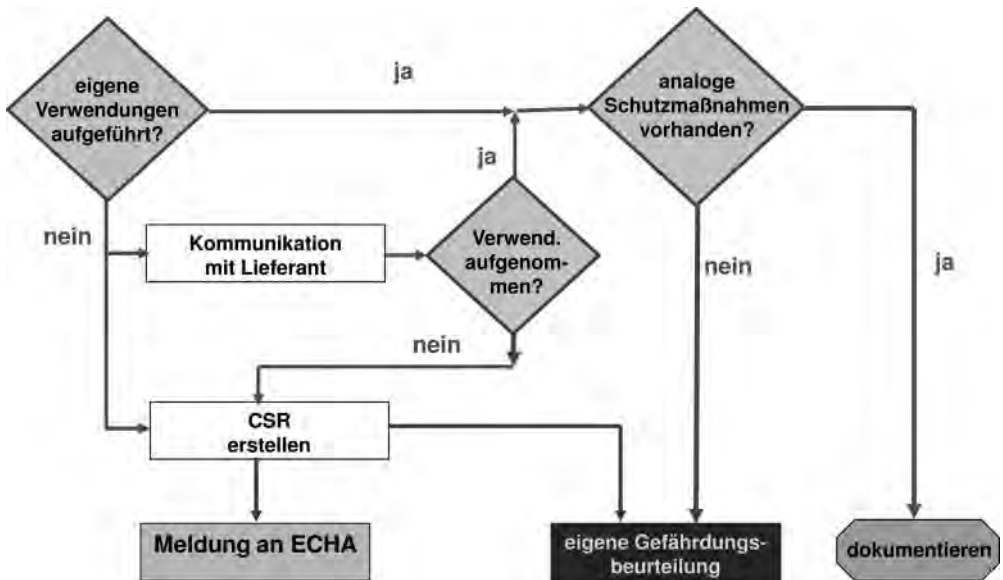


Abb. 4.15 Kommunikation in der Lieferkette: Pflichten des nachgeschalteten Anwenders

Der nachgeschaltete Verwender muss jedoch selbst einen Stoffsicherheitsbericht gemäß den Vorgaben von Anhang XII erstellen, wenn

- seine Verwendung von der im Sicherheitsdatenblatt abweicht und seine Risikomanagementmaßnahmen nicht mindestens eine vergleichbare Sicherheit gewährleisten oder
- der Lieferant von der Verwendung abrät.

Desgleichen muss er eigenverantwortlich einen Stoffsicherheitsbericht erstellen, wenn er seine nicht im SDB aufgeführte Verwendung dem Lieferanten nicht mitteilt oder diese nicht den Expositionsszenarien im Anhang entsprechen. Inhalte des Stoffsicherheitsberichts sind in Artikel 38 beschrieben und der Agentur zu übermitteln:

- Angabe des Lieferanten,
- Beschreibung der Verwendung sowie
- ggf. Vorschläge für ergänzende Wirbeltieruntersuchungen, falls diese zur Abklärung der Risiken notwendig sind.

Zusätzliche tierexperimentelle Untersuchungen können notwendig sein, wenn die Toxizität des relevanten Aufnahmepfades des Stoffes, meist inhalativ oder seltener dermal, nicht geprüft wurde. Dies kann insbesondere der Fall sein, wenn von einer Verwendung abgeraten wird. Wenn z. B. keine inhalativen Toxizitätsstudien eines Aerosols vorliegen, kann seine Anwendung möglicherweise nicht bewertet wer-

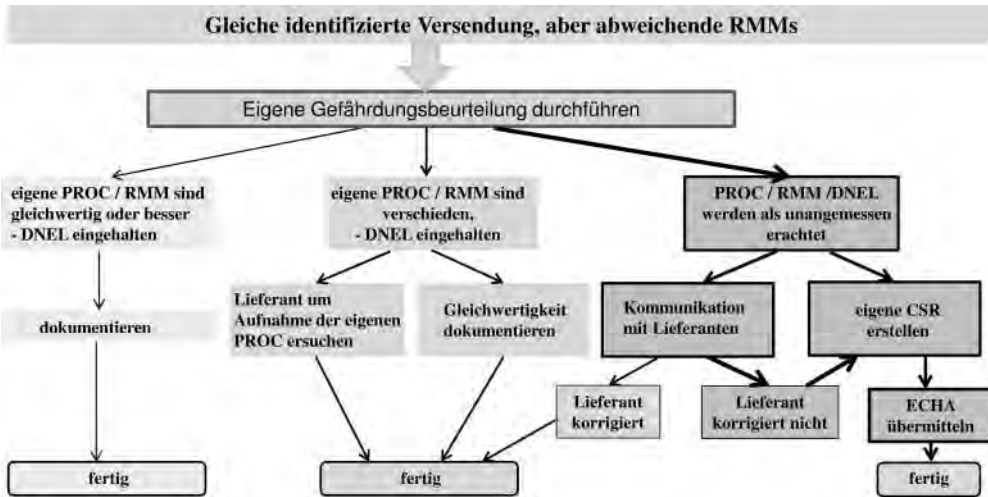


Abb. 4.16 Vorgehensweise bei abweichenden Sicherheitsmaßnahmen

den. Für den nachgeschalteten Verwender besteht kein Verbot zum Einsatz gemäß der abgeratenen Verwendung, hierzu ist nur der Gesetzgeber berechtigt; desgleichen besteht kein Verbot zur Lieferung, der nachgeschaltete Verwender muss jedoch eine eigene Stoffsicherheitsbewertung durchführen und einen Stoffsicherheitsbericht gemäß Artikel 37 Nr. 4 und 5 erstellen. Der Stoffsicherheitsbericht muss die Anforderungen von Anhang XII erfüllen.

Abbildung 4.16 fasst die Pflichten des nachgeschalteten Verwenders bei abweichenden Schutzmaßnahmen zusammen.

Das wichtigste Kommunikationsmedium zwischen Lieferant und Verwender stellt das Sicherheitsdatenblatt dar. Aufgrund seiner zentralen Bedeutung und umfassenden Darstellung ist es im Abschnitt 4.2 ausführlich dargestellt, das erweiterte Sicherheitsdatenblatt wird in Abschnitt 4.3 behandelt.

4.1.3.10 Nachträgliche Vorregistrierung

Nach Artikel 6 bestehen die Verpflichtungen der REACH-VO grundsätzlich erst ab einer Tonne. Unter dieser Mengengrenze bestand auch keine Verpflichtung zur Vorregistrierung für den Hersteller oder Importeure. Überschreitet die hergestellte oder importierte Menge noch vor dem 01.12.2017 die 1-Tonnengrenze, kann er nach Artikel 28 Nr. 6 von dem Prinzip der nachträglichen Vorregistrierung Gebrauch machen, wenn der Stoff von einem anderen Hersteller vorregistriert wurde und es sich somit um einen Phase-in-Stoff handelt. Die nachträgliche Vorregistrierung muss nach spätestens sechs Monaten erfolgen, nachdem mehr als eine Tonne hergestellt oder importiert wurde. Alle weiteren Verpflichtungen entsprechen denen der Phase-in-Stoffe.

4.2

Das Sicherheitsdatenblatt

Gemäß Artikel 31 muss beim Inverkehrbringen von

- gefährlichen Stoffen,
- gefährlichen Gemischen / Zubereitungen sowie bei
- persistenten (PBT) und bioakkumulierbaren (vPvB) Stoffen sowie Gemischen / Zubereitungen, die diese enthalten,

der Lieferant dem berufsmäßigen Abnehmer ein Sicherheitsdatenblatt gemäß den Anforderungen von Anhang II der REACH-Verordnung zur Verfügung stellen. Die grundlegenden Vorschriften zum Erstellen des Sicherheitsdatenblattes sind im Anhang II der REACH-Verordnung dargestellt. Durch die Neufassung von Anhang II durch EG-Verordnung 453/2010 [22] wurde Anhang II sowohl inhaltlich als auch in der Form wesentlich geändert.

Das Sicherheitsdatenblatt ist bei vorliegenden sicherheitsrelevanten Änderungen zu aktualisieren, z. B. wenn

- sich die Einstufung ändert,
- neue Grenzwerte festgelegt wurden,
- eine Zulassung erteilt oder verweigert wurde oder
- Beschränkungen festgelegt wurden.

Mit der Registrierung von Stoffen, für die ein Stoffsicherheitsbericht gefordert ist, sind umfangreiche Ergänzungen im Sicherheitsdatenblatt notwendig, wie z. B.

- Aufnahme der Registriernummer,
- Ableitung von DNEL und PNEC,
- evtl. zusätzliche Risikomanagementmaßnahmen in Übereinstimmung mit dem Stoffsicherheitsbericht,
- Beschreibung von identifizierten Verwendungen sowie
- Beschreibung von Expositionsszenarien im erweiterten Sicherheitsdatenblatt bei Herstellung / Import von mehr als 10 t/a.

Wird das Sicherheitsdatenblatt aufgrund sicherheitsrelevanter Änderungen überarbeitet, muss allen Abnehmern der letzten zwölf Monate das aktualisierte Datenblatt kostenlos mit dem Zusatz

„überarbeitet (Datum)“

übersandt werden.

Nach Artikel 31 Abs. 3 ist auf Anforderung von berufsmäßigen Verwendern auch für nicht eingestufte Gemische / Zubereitungen ein Sicherheitsdatenblatt zu übermitteln, wenn das Gemisch / die Zubereitung

- gesundheitsgefährdende oder umweltgefährliche Inhaltsstoffe in einer Konzentration über 1 % bei festen oder flüssigen, bzw. 0,2 % bei gasförmigen Inhaltsstoffen,
- nicht gasförmige Stoffe mit PBT- oder vPvB-Eigenschaften in Konzentrationen über 0,1 % oder
- einen Stoffe mit einem von der EG festgelegten Grenzwert, siehe Abschnitt 3.3.2,

enthält.

Bei Abgabe von Produkten an den Endverbraucher muss grundsätzlich kein Sicherheitsdatenblatt übermittelt werden (Ausnahme: im Produkt sind Stoffe der Kandidatenlisten über 0,1 % enthalten und der Endverbraucher fordert ein Sicherheitsdatenblatt).

Ist ein Stoffsicherheitsbericht zu erstellen, ist dem Sicherheitsdatenblatt ein Anhang beizufügen, in dem die einschlägigen Expositionsszenarien und die identifizierten Verwendungen beschrieben werden.

Anhang II der REACH-Verordnung in der Fassung von EG-Verordnung 453/2010/EG [22] fordert, dass alle folgenden Abschnitte und Unterabschnitte ausgefüllt sein müssen:

- 1) ABSCHNITT: Bezeichnung des Stoffes bzw. des Gemisches und des Unternehmens
 - 1.1 Produktidentifikator
 - 1.2 Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffes oder Gemisches und Verwendungen, von denen abgeraten wird
 - 1.3 Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt
 - 1.4 Notrufnummer
- 2) ABSCHNITT: Mögliche Gefahren
 - 2.1 Einstufung des Stoffes oder Gemisches
 - 2.2 Kennzeichnungselemente
 - 2.3 Sonstige Gefahren
- 3) ABSCHNITT Zusammensetzung / Angaben zu Bestandteilen
 - 3.1 Stoffe
 - 3.2 Gemische
- 4) ABSCHNITT: Erste-Hilfe-Maßnahmen
 - 4.1 Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen
 - 4.2 Wichtigste akute oder verzögert auftretende Symptome und Wirkungen
 - 4.3 Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung
- 5) ABSCHNITT: Maßnahmen zur Brandbekämpfung
 - 5.1 Löschmittel
 - 5.2 Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren
 - 5.3 Hinweise für die Brandbekämpfung

- 6) ABSCHNITT: Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung
 - 6.1 Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstungen und in Notfällen anzuwendende Verfahren
 - 6.2 Umweltschutzmaßnahmen
 - 6.3 Methoden und Material für Rückhaltung und Reinigung
 - 6.4 Verweis auf andere Abschnitte
- 7) ABSCHNITT: Handhabung und Lagerung
 - 7.1 Schutzmaßnahmen zur sicheren Handhabung
 - 7.2 Bedingungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten
 - 7.3 Spezifische Endanwendungen
- 8) ABSCHNITT: Begrenzung und Überwachung der Exposition / Persönliche Schutzausrüstung
 - 8.1 Zu überwachende Parameter
 - 8.2 Begrenzung und Überwachung der Exposition
- 9) ABSCHNITT: Physikalische und chemische Eigenschaften
 - 9.1 Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften
 - 9.2 Sonstige Angaben
- 10) ABSCHNITT: Stabilität und Reaktivität
 - 10.1 Reaktivität
 - 10.2 Chemische Stabilität
 - 10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen
 - 10.4 Zu vermeidende Bedingungen
 - 10.5 Unverträgliche Materialien
 - 10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte
- 11) ABSCHNITT: Toxikologische Angaben
 - 11.1 Angaben zu toxikologischen Wirkungen
- 12) ABSCHNITT: Umweltbezogene Angaben
 - 12.1 Toxizität
 - 12.2 Persistenz und Abbaubarkeit
 - 12.3 Bioakkumulationspotenzial
 - 12.4 Mobilität im Boden
 - 12.5 Ergebnisse der PBT- und vPvB-Beurteilung
 - 12.6 Andere schädliche Wirkungen
- 13) ABSCHNITT: Hinweise zur Entsorgung
 - 13.1 Verfahren zur Abfallbehandlung
- 14) ABSCHNITT: Angaben zum Transport
 - 14.1 UN-Nummer
 - 14.2 Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung
 - 14.3 Transportgefahrenklassen
 - 14.4 Verpackungsgruppe
 - 14.5 Umweltgefahren

- 14.6 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Verwender
- 14.7 Massengutbeförderung gemäß Anhang II des MARPOL-Übereinkommens 73/78 und gemäß IBC-Code
- 15) ABSCHNITT: Rechtsvorschriften
 - 15.1 Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz / spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch
 - 15.2 Stoffsicherheitsbeurteilung
- 16) ABSCHNITT: Sonstige Angaben

Mit Inkrafttreten von EG-Verordnung 453/2010 [22] haben sich Form und Inhalt einiger wesentlicher Punkte entscheidend geändert. Im Gegensatz zu den vorherigen Vorschriften müssen alle Abschnitte und Unterabschnitte ausgefüllt werden. Desgleichen ist „ABSCHNITT“ in Großbuchstaben zu verwenden.

Im Interesse EU-einheitlicher Auslegung dürfen EU-Verordnungen nicht durch nationale technische Regeln ausgelegt, interpretiert oder konkretisiert werden. Die frühere TRGS 220 „Sicherheitsdatenblatt“ wurde daher zurückgezogen und als Bekanntmachung Gefahrstoffe (BekGS 220) [23] veröffentlicht, die formal keine Vermutungswirkung besitzt. Ende 2011 wurde von der ECHA ein Technical Guidance Document (TGD) zur Erstellung von Sicherheitsdatenblättern [24] veröffentlicht. Wie alle Leitfäden ist auch dieser, im Gegensatz zu den Ausführungen von Anhang II der REACH-Verordnung, nicht rechtsverbindlich; gleichwohl sollten sich die Ersteller von Sicherheitsdatenblättern weitestgehend an diesem TGD orientieren.

Die Erstellung von Sicherheitsdatenblättern muss gemäß Anhang II REACH-Verordnung durch sachkundige Personen erfolgen. Im Gegensatz zur Gefahrstoffverordnung ist in der EU der Begriff „sachkundig“ nicht definiert. In Übereinstimmung mit den nationalen Festlegungen ist dieser bedeutungsgleich mit „fachkundig“. Fachkunde ist nach Gefahrstoffverordnung der Behörde auf Nachfrage nachzuweisen. Eine Zusammenstellung der umfangreichen und detaillierten Anforderungen an den Fachkundigen kann BekGS 220 [23] entnommen werden. Neben umfassenden Kenntnissen über

- Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen und Gemischen,
- technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen,
- chemische und physikalische Eigenschaften sowie
- einschlägige europäische und nationale Vorschriften

sind selbstverständlich die stoffspezifischen Detailkenntnisse gemäß den Anforderungen von Anhang II notwendig. Bei größeren Firmen sind häufig spezialisierte Fachabteilungen eingebunden, eine Person kann i.d.R nicht über alle benötigten Kenntnisse verfügen. Von verschiedenen Trägern werden mehrtägige Seminare zum Erwerb der Fachkunde angeboten; ohne ausreichende Vorkenntnisse können diese aufgrund der umfassenden Vorschriften und Regeln nicht die geforderten Kenntnisse vermitteln. Vom Verband der chemischen Industrie wurde

ein seit Langem bewährter Praxisleitfaden [25], der nicht nur den Mitgliedsfirmen zur Verfügung steht, entwickelt.

4.2.1

ABSCHNITT 1: Bezeichnung des Stoffes bzw. des Gemisches und des Unternehmens

1.1 Produktidentifikator Der Produktidentifikator für Stoffe besteht aus

- dem Stoffnamen gemäß den Vorschriften der CLP-VO [13] und
- der Identifikationsnummer (Index-Nr., EG-Nr. oder CAS-Nr.).

Bei Listenstoffen ist der in Anhang VI Tabelle 3 der CLP-VO aufgeführte Stoffname, ansonsten der von CAS vergebene oder der IUPAC-Name zu verwenden. Bei Gemischen sind neben dem Handelsnamen die Namen der Inhaltsstoffe aufzuführen, die zu einer Einstufung aufgrund einer Gesundheitsgefahr geführt haben. Als Identifikationsnummer kann bei Listenstoffen entweder die Index-Nummer, die EG-Nummer oder die CAS-Nummer benutzt werden; bei Stoffen, die nicht in Anhang VI Tabelle 3, jedoch im Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis gemäß Artikel 40 der CLP-VO gelistet sind, analog eine der dort verwendeten Nummern. Für Stoffe, die weder in Anhang VI noch im Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis aufgeführt sind, ist die CAS-Nummer zu verwenden.

Bei registrierten Stoffen muss der Stoffname mit den Registrierungsunterlagen übereinstimmen, zusätzlich ist die Registriernummer mit anzugeben. Teile der Registriernummer, die sich auf den einzelnen Registranten beziehen, können unter Beachtung dezidiert Vorgaben weggelassen werden.

Bei Gemischen reicht die Angabe des Handelsnamens, wie auf dem Etikett verwendet.

1.2 Relevante identifizierte Verwendungen des Stoffes oder Gemisches und Verwendungen, von denen abgeraten wird Die bekannten Verwendungen sind aufzuführen; bei zahlreichen Verwendungsmöglichkeiten müssen nur die wichtigsten oder häufigsten genannt werden. Bei registrierten Stoffen, für die ein Stoffsicherheitsbericht (CSR) zu erstellen ist, müssen alle Verwendungen mit denen im CSR und den Expositionsszenarien übereinstimmen.

Wird von Verwendungen abgeraten, müssen diese unter Angabe der Gründe vollständig darzulegen.

Ergänzend kann die Wirkung des Stoffes oder der Zubereitung kurz beschrieben werden, z. B. Flammschutzmittel oder Antioxidant.

1.3 Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt Bei Einzelheiten zum Lieferanten ist aufzuführen:

- Hersteller / Lieferant,
- Straße, Hausnummer/Postfach,

- Land / Postleitzahl und Ort,
- Telefonnummer, möglichst auch Fax-Nr.,
- E-Mail-Adresse der für das SDB zuständigen sachkundigen Person.

Telefonnummer und E-Mail-Adresse müssen nicht personenbezogen sein, funktionsbezogene Telefonnummern und E-Mail-Adressen wie SDB@firma.com sind zulässig. Desgleichen muss die E-Mail-Adresse nicht zwingend auf eine Adresse innerhalb der EU lauten.

1.4 Notrufnummer Zusätzlich ist die Notrufnummer des Unternehmens und / oder der zuständigen öffentlichen Beratungsstelle anzugeben, die im Notfall über entsprechende Informationen verfügt. Die Notrufnummer muss nicht zwingend 24 Stunden erreichbar sein; falls sie nur in den Bürozeiten zugänglich ist, muss dies angegeben werden.

4.2.2

ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren

2.1 Einstufung des Stoffes oder Gemisches Die Einstufung des Stoffes oder des Gemisches ist aufzuführen.

Bei Stoffen ist sowohl die Einstufung nach der CLP-Verordnung [13] als auch bis zum 01.06.2015 zusätzlich nach der Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] aufzuführen. Ist eine Meldung an das Einstufungs- und Kennzeichnungsverzeichnis erfolgt, muss die Einstufung mit dieser übereinstimmen. Nach der ECHA-Leitlinie ist erwünscht, nicht jedoch rechtlich vorgeschrieben, das Verfahren zur Einstufung mit aufzuführen, wie z. B. auf der Grundlage von tierexperimentellen Untersuchungen, Erfahrungen vom Menschen, MindestEinstufung nach Anhang VI CLP-VO, Summierungsmethode.

Bei akut gewässergefährdenden Stoffen der Kategorie 1, akut oder chronisch, ist der ermittelte M-Faktor anzugeben.

Bei Gemischen darf bis zum 01.06.2015 die Einstufung nach der Zubereitungsrichtlinie [26] erfolgen. Nach diesem Zeitpunkt ist nur noch die Angabe nach der CLP-VO zulässig. Wird vor diesem Zeitpunkt die Einstufung nach CLP-VO aufgeführt, muss analog bei Stoffen zusätzlich die Einstufung nach der Zubereitungsrichtlinie aufgeführt werden.

Die wichtigsten

- schädlichen physikalisch-chemischen Wirkungen,
- schädlichen Wirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt sowie
- die Symptome, die bei einem möglichen Missbrauch zu erwarten sind,

sind so aufzuführen, dass Laien die mit den Stoffen / Gemischen verbundenen Gefahren erkennen können.

Stoffeigenschaften, die nicht bei der Kennzeichnung berücksichtigt werden mussten, sollten an dieser Stelle zur vollständigen Gefahrenbeschreibung ergänzt

werden. Beispielsweise sollte auf eine mögliche Erstickungsgefahr, Gefahr von Erfrierung oder Hautveränderungen hingewiesen werden.

Bei nicht eingestuftem Stoffen und Gemischen kann der Hinweis „entfällt“ oder „kein gefährlicher Stoff / Gemisch nach EG-VO 1272/2008“ genügen.

2.2 Kennzeichnungselemente Für Stoffe sind gemäß CLP-VO [13]

- die Gefahrenpiktogramme (dürfen in schwarz-weiß wiedergegeben werden),
- das Signalwort,
- die Gefahrenhinweise (H-, und ggf. EUH-Sätze),
- die Sicherheitshinweise (P-Sätze) und
- ggf. zusätzliche Kennzeichnungselemente gemäß Artikel 25 CLP-VO

als auch nach Stoffrichtlinie [1]

- die Gefahrensymbole (dürfen in schwarz-weiß wiedergegeben werden),
- die Gefahrenbezeichnungen,
- die Gefahrenhinweise (R-Sätze) und
- die Sicherheitshinweise (S-Sätze).

aufzuführen. Analog sind bei Gemischen sowohl die Kennzeichnungselemente nach der CLP-VO [23] als auch nach der Zubereitungsrichtlinie [26] gefordert.

Werden nur die numerischen Angaben der H-, P-, R- oder S-Sätze aufgeführt, sind in Abschnitt 16 die vollständigen Wortlaute abzudrucken.

2.3 Sonstige Gefahren Es sind Gefahren aufzuführen, die nicht durch ein Einstufungskriterium erfasst sind. Hierzu zählen z. B. Erblindungsgefahr nach Verschlucken, Erstickungsgefahr, persistente Eigenschaften als PBT oder vPvB.

4.2.3

ABSCHNITT 3: Zusammensetzung / Angaben zu Bestandteilen

3.1 Stoffe Bei Stoffen muss die Identität des Hauptstoffes durch den Produktidentifikator gemäß Abschnitt 1.1 aufgeführt werden.

Verunreinigungen sowie Stabilisatoren sind ebenfalls durch ihren Produktidentifikator aufzuführen, wenn diese als gefährliche Stoffe oberhalb der Einstufungskonzentration vorhanden sind.

Es ist jeweils die Konzentration oder ein Konzentrationsbereich anzugeben. Konzentrationsbereiche sollten nicht zu groß gewählt werden und die Einstufungsgrenzen sich nicht überschneiden.

3.2 Gemische Bei Gemischen müssen Inhaltsstoffe aufgeführt werden, die

- eine Gefahr für die Gesundheit oder
- die Umwelt

darstellen können, wenn sie in einer Konzentration oberhalb der Berücksichtigungsgrenze (siehe Abschnitt 2.3.2) vorhanden sind. Falls stoffspezifisch niedrigere Einstufungskonzentrationen in Anhang VI Tabelle 3 der CLP-VO festgelegt wurden, sind diese maßgeblich. Bei gewässerschädigenden Stoffen mit einem M-Faktor, sind die Berücksichtigungsgrenzen entsprechend der Vorgehensweise von Anhang I Abschnitt 4.1 der CLP-VO anzupassen.

Zusätzlich sind Stoffe aufzuführen, die

- einen gemeinschaftlichen Grenzwert (IOELV oder BOELV, siehe Abschnitt 3.3.2) besitzen, oder
- gemäß den Kriterien von Anhang XIII der REACH-VO PBT- oder vPvB-Eigenschaften besitzen und in einer Konzentration oberhalb 0,1 % enthalten sind.

Stoffe unter den vorgenannten Konzentrationsgrenzen müssen nicht aufgeführt werden, daher besteht keine gesetzliche Pflicht zur Mitteilung der exakten Rezeptur. Eine Konzentrationsgrenze zum Aufführen von Stoffen mit einem EG-Grenzwert ist nicht festgelegt, es wird empfohlen sie ab 1 % aufzuführen. Stoffe mit ausschließlich nationalem Grenzwert müssen nicht hier, sondern in Abschnitt 8 genannt werden.

Die Inhaltsstoffe sind unter Angabe

- des Produktidentifikators (Stoffname plus Identifikationsnummer),
- der Konzentration bzw. des Konzentrationsbereichs und
- der Einstufung

aufzuführen. Zugeteilte Registriernummern sind anzugeben, die letzten vier Ziffern, die den Registranten identifizieren, dürfen wiederum weggelassen werden.

Die Einstufung ist gemäß den Kriterien der CLP-VO und bis zum 01.06.2015 zusätzlich nach der Stoff-RL aufzuführen.

Zur Wahrung von Geschäftsgeheimnissen kann bei gesundheitsschädlichen oder reizenden Stoffen analog der Kennzeichnung anstatt der exakten chemischen Bezeichnung ein generischer Name verwendet werden, wenn dieser bei der Anmeldestelle bei der BAuA angemeldet und zugelassen wurde. So kann die Zusammensetzung mittels eines allgemeinen Begriffs für eine Stoffklasse (Amine, Alkohole, Ester etc.) erfolgen: „Enthält bis zu 1 % höherkettige aliphatische Amine“ oder „enthält ethoxilierte Fettsäuren bis zu 10 %“.

Selbstverständlich können weitere Inhaltsstoffe aufgeführt werden, die keine Gefahr für die Gesundheit oder die Umwelt darstellen und nur aufgrund der physikalisch-chemischen Eigenschaften eingestuft sind, wie z. B. entzündbare Stoffe, eine rechtliche Verpflichtung besteht jedoch nicht. Da zur Festlegung der Schutzmaßnahmen die Kenntnis von Stoffen mit relevanten physikalisch-chemischen Eigenschaften benötigt wird, wie z. B. Entzündbarkeit, wird empfohlen, diese ebenfalls mit aufzuführen.

4.2.4

ABSCHNITT 4: Erste-Hilfe-Maßnahmen

4.1 Beschreibung der Erste-Hilfe-Maßnahmen Die Angaben zur Ersten Hilfe sollen alle relevanten Gefährdungen behandeln, auf notwendige sofortige ärztliche Hilfe ist gegebenenfalls hinzuweisen.

Aufgrund der besonderen Situation bei einem Unfall sollten die Angaben sowohl für den Verunglückten als auch für die Erste-Hilfe-Leistenden kurz, knapp, präzise und unmissverständlich formuliert sein. Symptome und Auswirkungen sind kurz und verständlich zu beschreiben. Für den Laien unbekannte Fachausdrücke sind zu vermeiden, eventuell notwendige Informationen für den behandelnden Arzt, z.B. spezifisches Antidot (Gegengift) oder Verbot bestimmter Medikamente, sind im Unterabschnitt 4.3 aufzuführen.

Grundsätzlich sind die Erste-Hilfe-Maßnahmen für jeden möglichen Expositionsweg – Einatmen, Haut- und Augenkontakt sowie Verschlucken – getrennt aufzuführen. Die Gliederung der Angaben gemäß

- allgemeine Anmerkungen,
- Maßnahmen nach Einatmen,
- Maßnahmen nach Hautkontakt,
- Maßnahmen nach Augenkontakt,
- Maßnahmen nach Verschlucken und
- Selbstschutz des Ersthelfers

wird empfohlen.

Bei augenreizenden oder ätzenden Stoffen ist auf ausreichend lange (10 bis 15 Minuten) Augenspülung mit fließendem Wasser hinzuweisen. Bei hautresorptiven Stoffen mit toxischem Potenzial, z. B. Phenole oder Amine, ist auf das sofortige Wechseln der kontaminierten Kleidung und gründliches Abwaschen der verunreinigten Hautpartien hinzuweisen. Zusätzliche Angaben zu speziellen Reinigungsmitteln, wie z. B. bei Phenolen üblich, können hilfreich sein.

Sollte am Arbeitsplatz besondere Ausstattung für eine gezielte und sofortige Behandlung verfügbar sein, ist diese zu beschreiben.

Gemäß Anhang II der REACH-VO ist zusätzlich aufzuführen, ob

- a) sofortige ärztliche Hilfe erforderlich ist und mit verzögert auftretenden Wirkungen nach der Exposition zu rechnen ist;
- b) empfohlen wird, die exponierte Person an die frische Luft zu bringen;
- c) es ratsam ist, der Person Kleidung und Schuhe auszuziehen, und wie damit umzugehen ist, und
- d) welche persönliche Schutzausrüstung für die Erste-Hilfe-Leistenden empfohlen wird.

4.2 Wichtigste akute oder verzögert auftretende Symptome und Wirkungen Die wichtigsten akuten als auch verzögert auftretenden Symptome und Wirkungen der Exposition sind kurz zusammenzufassen.

4.3 Hinweise auf ärztliche Soforthilfe oder Spezialbehandlung Falls bekannt, sind Angaben über klinische Untersuchungen und ärztliche Überwachung wegen verzögert auftretender Wirkungen sowie konkrete Informationen über empfohlene Antidote und Kontraindikationen auszuführen. Spezifische Fachausdrücke sind in diesem Unterabschnitt zulässig, da er spezifisch die ärztlichen Fachkräfte anspricht.

Falls notwendig und empfohlen sollte darauf hingewiesen werden, wenn am Arbeitsplatz eine spezielle Ausstattung für eine gezielte und sofortige Behandlung vorgehalten werden sollte.

4.2.5

ABSCHNITT 5: Maßnahmen zur Brandbekämpfung

5.1 Löschmittel Die Angaben sollten gegliedert werden in

- geeignete Löschmittel und
- ungeeignete Löschmittel.

Insbesondere ist aufzuführen, wenn Wasser als Löschmittel nicht eingesetzt werden darf, wie z. B. bei Alkalimetallen, Hydriden und vielen Organometallverbindungen.

5.2 Besondere vom Stoff oder Gemisch ausgehende Gefahren Können im Brandfall gefährliche Verbrennungsgase entstehen, z. B. Cyanwasserstoff bei Nitrilverbindungen oder Stickoxide bei Aminen, sind diese zu nennen. Desgleichen muss ausgeführt werden, wenn bei erhöhter Temperatur ein explosionsartiger Zerfall, eine Polymerisationsreaktion etc. eintreten kann.

5.3 Hinweise für die Brandbekämpfung Bei Chemikaliunfällen ist standardmäßig die Feuerwehrbekleidung nach EN 469 vorzusehen (umfasst Schutzhelm, Schutzstiefel und Handschuhe). Darüber hinausgehende persönliche Schutzausrüstung ist konkret zu beschreiben, wenn diese benötigt wird, wie z. B.

- Chemikalienschutzanzug,
- Umgebungsluft unabhängiger Atemschutz,
- Chemikalienschutzhandschuhe oder
- Kälteschutzkleidung.

Falls spezielle Maßnahmen zur Schadensbegrenzung im Brandfall oder Informationen zur Umgebungssicherung notwendig sind, sind diese zu beschreiben.

4.2.6

ABSCHNITT 6: Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

6.1 Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstungen und in Notfällen anzuwendende Verfahren Zu den personenbezogenen Vorsichtsmaßnahmen zählen:

- Entfernen von Zündquellen,
- Herstellung einer ausreichenden (zusätzlichen) Belüftung,
- Vermeidung von Staubaufwirbelung,
- konkrete Beschreibung der notwendigen persönlichen Schutzausrüstung, z. B. Einsatz von Atemschutz mit konkreten Angaben der einzusetzenden Filter (z. B. Partikelfilter der Schutzstufe FFP2, filtrierende Halbmaske mit B-Filter), Schutzkleidung oder Augenschutz,
- technische Schutzmaßnahmen wie z. B.
 - Belüftung oder
 - Vermeidung von Zündquellen.

Gegebenenfalls sind für geschulte Einsatzkräfte zusätzliche Angaben sinnvoll, z. B. Chemikalienschutzanzug oder umgebungsluftunabhängiger Atemschutz.

6.2 Umweltschutzmaßnahmen Bei unbeabsichtigtem Verschütten oder unbeabsichtigter Freisetzung eines Stoffes oder Gemisches ist auf Umweltschutzmaßnahmen, wie Verhütung des Eindringens in die Kanalisation oder in Oberflächen- und Grundwasser, hinzuweisen.

6.3 Methoden und Material für Rückhaltung und Reinigung Zur Vermeidung der Ausbreitung verschütteter Produkte sind geeignete Maßnahmen aufzuzählen, wie z. B.

- Einrichten von Sperren, Abdecken der Kanalisationen oder
- Abdichtungsverfahren.

Zur Reinigung kontaminierter Bereiche sind geeignete Verfahren zu beschreiben, wie z. B.

- Neutralisierungsverfahren,
- Dekontaminierungsverfahren,
- Einsatz adsorbierender Materialien,
- Säuberungsverfahren oder
- Absaugungsverfahren.

6.4 Verweis auf andere Abschnitte Zur Vermeidung von Wiederholungen kann auf die Abschnitte 8 und 13 verwiesen werden, wenn sich die persönlichen und / oder Umweltschutzmaßnahmen nicht unterscheiden.

4.2.7

ABSCHNITT 7: Handhabung und Lagerung

Die relevanten Maßnahmen für den sicheren Umgang zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt, einschließlich Empfehlungen für technische Schutzmaßnahmen, sind aufzuführen. Die Angaben sind auf den bestimmungsgemäßen Gebrauch zu begrenzen, die speziellen Maßnahmen bei Betriebsstörungen sind in Abschnitt 6 zu beschreiben. Ist ein Stoffsicherheitsbericht zu erstellen, müssen die Angaben mit den identifizierten Verwendungen und den im Anhang aufgeführten Expositionsszenarien übereinstimmen.

7.1 Schutzmaßnahmen zur sicheren Handhabung Bei den technischen Maßnahmen zur sicheren Handhabung sind die notwendigen Schutzmaßnahmen aufzuführen, wie z. B.

- Dämpfe / Aerosole / Stäube nicht einatmen,
- Berühren der Haut / Augen / Kleidung vermeiden,
- Beim Versprühen Atemschutz tragen,
- Beim Aufschmelzen Dämpfe absaugen,
- Im Labor Produkt nur im Abzug handhaben,
- Nur unter Inertgas handhaben.

Wenn spezielle Geräte oder Verfahren eingesetzt werden sollten, sind diese zu beschreiben. Inwieweit auch die allgemein gültigen Hygienemaßnahmen aufgeführt werden sollten, muss der Verantwortliche selbst entscheiden. Gemäß Anhang II sollte auf Folgendes hingewiesen werden:

- das Verbot von Essen, Trinken, Rauchen am Arbeitsplatz,
- die Hände nach Gebrauch zu waschen und
- kontaminierte Kleidung vor Betreten der Sozialräume auszuziehen,

obwohl diese allgemeinen Maßnahmen stoffunabhängig gelten und Selbstverständlichkeiten darstellen, insbesondere da sich das Sicherheitsdatenblatt an den fachkundigen Arbeitgeber richtet und nicht an den privaten Endverbraucher.

7.2 Bedingungen zur sicheren Lagerung unter Berücksichtigung von Unverträglichkeiten Die für eine sichere Lagerung notwendigen Anforderungen an die technische Ausstattung der Lagerräume und der Behälter, wie z. B.

- Rückhalteräume,
- Belüftung,
- unverträgliche Materialien,
- maximale Lagertemperaturen,
- Feuchtigkeitsbereiche,
- Lichtausschluss,

- Maßnahmen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladung (z. B. Erdung) oder
- besondere Anforderungen an die elektrischen Anlagen (Ex-Schutz),

sind anzugeben. Zusätzliche Informationen über

- geeignete bzw. ungeeignete Verpackungsmaterialien, einschließlich
- spezielle Anforderungen an die Behältermaterialien, wie z. B. aufgrund des Korrosionsverhaltens,

sind ergänzend aufzuführen.

Auf die Zusammenlagerungsverbote und eventuelle Mengenbegrenzungen in Abhängigkeit der Lagerbedingungen ist hinzuweisen, die Lagerklasse nach TRGS 510 [25] kann in diesem Unterabschnitt oder in Abschnitt 16 unter nationale Regelungen aufgeführt werden.

7.3 Spezifische Endanwendungen Beispiele spezifischer Endanwendungen können z. B. Biozide, Parkettkleber, Holzleim für industrielle Verwendung und lösungsmittelhaltige Holzsiegel sein. In Ergänzung zu den Angaben in Unterabschnitt 1.2 können hier weitere Endanwendungen aufgeführt werden, für die das Produkt zugelassen wurde, z. B. im Falle von Bioziden als Holzschutz oder zur Desinfektion.

Wenn ein Expositionsszenario beigefügt wurde, kann entweder darauf verwiesen werden oder es müssen in den Unterabschnitten 7.1 und 7.2 die vorgeschriebenen Angaben ergänzt werden. Wird auf die Expositionsszenarien (ES) verwiesen, ist die Übersetzungsproblematik der ES zu beachten.

4.2.8

ABSCHNITT 8: Begrenzung und Überwachung der Exposition / Persönliche Schutzausrüstung

Grundsätzlich sind die notwendigen Maßnahmen zum Arbeitsschutz beim Umgang mit Stoffen aufzuführen und möglichst konkret zu beschreiben. Die Methoden zur Ermittlung der Exposition am Arbeitsplatz sowie Möglichkeiten zur Minimierung der Exposition der Beschäftigten bei der Verwendung, sind aufzuführen. Für die Arbeitsplatzüberwachung relevante Parameter, wie z. B. Grenzwerte in der Luft oder im biologischen Material, sind anzugeben.

Die Angaben sind zu untergliedern in

- Expositionsgrenzwerte und
- Maßnahmen zur Begrenzung und Überwachung der Exposition, getrennt nach Arbeitsplatz und Umwelt.

8.1 Zu überwachende Parameter Die geltenden nationalen Expositionsgrenzwerte der in Abschnitt 3 aufgeführten Inhaltsstoffe sind aufzuführen.

Hierbei ist auf die offiziellen Grenzwertlisten, d. h. auf die Arbeitsplatzgrenzwerte nach TRGS 900 [27] und die biologischen Grenzwerte nach TRGS 903 [28] zu

verweisen. Sind in einem Gemisch Inhaltsstoffe unterhalb der Berücksichtigungsgrenze enthalten, bei denen unter Bearbeitungsbedingungen die Grenzwerte am Arbeitsplatz überschritten werden können, sollten diese Inhaltsstoffe gegebenenfalls aufgeführt werden. Zur Vermeidung vermeintlicher Inkonsistenzen sollten diese Stoffe dann auch in Abschnitt 3 aufgeführt werden. Die Empfehlung zusätzlicher Schutzmaßnahmen, die eine Überschreitung der Grenzwerte vermeidet, ist jedoch deutlich zu bevorzugen!

Zusätzlich sind die Grenzwerte der europäischen Gemeinschaft mit aufzuführen, falls diese noch nicht in die TRGS 900 aufgenommen wurden. Unter der Agenzienrichtlinie 98/24/EG [10] werden die Indikativen Arbeitsplatzgrenzwerte (IOELV) veröffentlicht, bisher wurden die folgenden Grenzwertrichtlinien erlassen:

- 2000/39/EG (1. Grenzwert-RL) [29]
- 2006/15/EG (2. Grenzwert-RL) [30]
- 2009/161/EG (3. Grenzwert-RL) [31]

Zusätzlich sind die im Anhang der Krebsrichtlinie 2004/37/EG [32] veröffentlichten Bindenden Arbeitsplatzgrenzwerte (BOELV) aufzuführen. Eine ausführliche Darstellung der europäischen Arbeitsplatzgrenzwerte findet sich in Abschnitt 3.3.2.

Desgleichen sind nicht gefährliche Inhaltsstoffe mit einem AGW ab einer Konzentration von 1 % aufzuführen. Dies trifft neben Kohlendioxid hauptsächlich auf die Feststoffe zu, die unter den Anwendungsbereich der allgemeinen Staubgrenzwerte fallen. Eine ausführliche Diskussion der allgemeinen Staubgrenzwerte ist in Abschnitt 3.3.1 zu finden.

Bei Stoffen mit biologischen Grenzwerten empfiehlt es sich, die zu bestimmenden Parameter mit anzugeben.

Ist für Stoffe ein Stoffsicherheitsbericht gefordert, sind die entsprechenden DNEL- und PNEC-Werte für die im Anhang des Sicherheitsdatenblattes aufgeführten Expositionsszenarien aufzuführen. Die Angabe der DNEL-Werte kann getrennt notwendig sein für

- Arbeiter und
- Endverbraucher

sowohl als Grenzwert für eine

- wiederholte Exposition als Schichtmittelwert (TWA),
- Kurzzeitexposition bei wiederholter Exposition,
- Kurzzeitexposition bei gelegentlicher Exposition.

Zusätzlich sind in Abschnitt 8 die PNEC-Werte (Predicted No Effect Concentration) mit aufzuführen. Der PNEC gibt die Konzentration der Stoffe im Abwasser an, die keine Gefährdung nach Einleitung in eine (kommunale) Kläranlage für das nachfolgende Gewässer bewirken.

Zur Vermeidung von Wiederholungen kann bei Stoffen / Gemischen, für die ein erweitertes Sicherheitsdatenblatt beigelegt ist, ggf. hierauf verwiesen werden. In diesem Fall muss das eSDB in die jeweilige Landessprache übersetzt werden, ansonsten reicht die Angabe z. B. in Englisch.

Eine Verpflichtung zur Angabe weiterer Grenzwerte, die nicht in den offiziellen nationalen Grenzwertlisten aufgeführt sind, wie z. B. die MAK- oder BAT-Wert, existiert nicht. Da diese als wissenschaftliche Erkenntnisquelle einer breiten Fachöffentlichkeit bekannt sind, sollte die ergänzende Angabe in jedem Einzelfall geprüft werden.

Zusammenfassend müssen folgende Grenzwerte aufgeführt werden:

- AGW nach TRGS 900 [27]
- BGW nach TRGS 903 [28]
- IOELV nach 98/24/EG [10]
- BOELV nach 2004/37/EG [32]
- DNEL, siehe Kapitel 3.3.4 und
- PNEC, siehe Kapitel 3.3.4.

Zusätzlich zu diesen Grenzwerten sind die aktuell empfohlenen Überwachungsverfahren anzugeben. Da hierzu bislang keine Ausführungsrichtlinien existieren, ist die eigene, fachkundige Expertise gefordert. Nicht zulässig ist jedoch, keine Angaben zu machen.

Maßnahmen zur Begrenzung und Überwachung der Exposition haben zum Ziel, die Exposition der Arbeitnehmer und der Umwelt so gering wie möglich zu halten. Wenn ein Stoffsicherheitsbericht gefordert ist, sind die Risikomanagementmaßnahmen für die identifizierten Verwendungen zusammenzufassen.

8.2 Begrenzung und Überwachung der Exposition In Abhängigkeit der Stoffeigenschaften sind Angaben zur sicheren Verwendung notwendig:

- zur Gestaltung geeigneter Arbeitsverfahren und technischer Steuerungseinrichtungen sowie zur Verwendung geeigneter Arbeitsmittel und Materialien,
- zur Durchführung kollektiver Schutzmaßnahmen an der Gefahrenquelle, z. B. ausreichende Belüftung,
- zu geeigneten organisatorischen Maßnahmen und
- zur Durchführung individueller Schutzmaßnahmen, einschließlich persönlicher Schutzausrüstung.

Um Doppelnennungen zu vermeiden, sollte auf die Angaben im vorherigen Abschnitt verwiesen werden, falls die gleichen Schutzmaßnahmen zutreffen.

Die persönlichen Schutzausrüstungen sind nach Art, Typ und Klasse konkret zu spezifizieren; ein Verweis auf die einschlägigen DIN/EN-Normen ist empfehlenswert.

Folgende Angaben zur persönlichen Schutzausrüstung sind vorgeschrieben, ausführliche Informationen hierzu sind in Kapitel 6 zu finden:

- **Atemschutz**
Es ist zu unterscheiden zwischen Umgebungsluft unabhängigem und filtrierendem Atemschutz. Bei filtrierendem Atemschutz ist zu differenzieren zwischen Partikelfiltern und Filtern zum Schutz vor Gasen und Dämpfen. Der Filtertyp ist exakt zu bezeichnen, z. B. Filter A, B, E, K, P; bei Partikelfiltern ist zusätzlich das Rückhaltevermögen mit anzugeben, z. B. FFP 3; nähere Angaben: siehe Kapitel 6.4.
- **Handschutz**
Chemikalienschutzhandschuhe müssen exakt beschrieben werden unter Angabe
 - des Handschuhmaterials,
 - der Materialstärke und
 - der Durchbruchzeit des Handschuhmaterials, bevorzugt unter Nennung der Schutzstufe nach DIN/EN 149.
 Erfüllen nur teure Handschuhmaterialien (z. B. Butylkautschuk oder Fluorkautschuk) die Schutzstufe 6, ist die zusätzliche Nennung preiswerterer Materialien hilfreich, die mindestens die Schutzstufe 1 erfüllen.
Die konkrete Nennung eines Handschuhtyps eines dezidierten Herstellers ist nicht notwendig; nähere Angaben: siehe Kapitel 6.2.
- **Augenschutz**
Beim Augenschutz ist zwischen Gestell- und Korbbrille zu unterscheiden. Sind zusätzlich Gesichtsschutzschilde oder Schutzschirme z. B. bei ätzenden Stoffen zu verwenden, ist dies zusätzlich aufzuführen.
- **Körperschutz**
Sind neben Augen und Händen weitere Körperpartien zu schützen, muss die notwendige Schutzausrüstung eindeutig bezeichnet werden, z. B. Säureschürze, Stiefel, Schutzanzug, Vollschutz.
Zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der Haut, z. B. Anwendung von Hautschutzmitteln oder spezielle Hygienemaßnahmen, können ergänzend hilfreich sein; nähere Angaben: siehe Kapitel 6.3.

Angaben unter „Schutz- und Hygienemaßnahmen“ sind stets dann empfehlenswert, wenn keine persönliche Schutzausrüstung notwendig ist.

Detaillierte Angaben zur persönlichen Schutzausrüstung sind immer notwendig, wenn Stoffe mit folgenden Eigenschaften bei möglicher inhalativer oder dermaler Exposition enthalten sind:

- akute Toxizität Kategorie 1 bis 4 (H310 bis H312, H330 bis H332, H372), bzw. gesundheitsschädlich, giftig, sehr giftig (R20-21, R23-24, R26-27, R39/, R48/, R68/),
- ätzend, reizend, sensibilisierend (H314, H315, H317, H318, H319, H335 bzw. R34 bis 38, R41, R42, R43),

- keimzellmutagen, karzinogen, reproduktionstoxisch (H340, H341, H350, H351, H360, H361) bzw. krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend (R40, R45, R49, R46, R68, R60 bis 63).

Begrenzung und Überwachung der Umweltexposition Die Maßnahmen zur Erfüllung der Umweltschutzvorschriften der EU sind aufzuführen. Bei vorhandenem Stoffsicherheitsbericht ist eine Zusammenfassung der Risikomanagementmaßnahmen der im Anhang des Sicherheitsdatenblattes beschriebenen Expositionsszenarien ausreichend.

4.2.9

ABSCHNITT 9: Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1 Angaben zu den grundlegenden physikalischen und chemischen Eigenschaften Die einschlägigen physikalisch chemischen Eigenschaften sind vollständig aufzuführen und möglichst gemäß dem nachfolgenden Schema zu gliedern. Es ist eindeutig zu unterscheiden, ob Untersuchungsergebnisse nicht vorliegen oder ob die durchgeführten Untersuchungen zu einem negativen Prüfergebnis geführt haben.

- a) Aussehen:
 - Aggregatzustand: fest (mit geeigneten verfügbaren Sicherheitsinformationen zur Korngrößenverteilung und zur spezifischen Oberfläche, falls nicht anderweitig angegeben), flüssig oder gasförmig,
 - Farbe des Stoffes oder des Gemisches im Lieferzustand;
- b) Geruch: Ist ein Geruch wahrnehmbar, so ist dieser kurz zu beschreiben;
- c) Geruchsschwelle;
- d) pH-Wert: Es ist der pH-Wert des Stoffes oder des Gemisches im Lieferzustand oder in wässriger Lösung, im letzteren Fall einschließlich der Konzentration anzugeben;
- e) Schmelzpunkt / Gefrierpunkt;
- f) Siedebeginn und Siedebereich;
- g) Flammpunkt;
- h) Verdampfungsgeschwindigkeit;
- i) Entzündbarkeit (fest, gasförmig);
- j) obere / untere Entzündbarkeits- oder Explosionsgrenzen;
- k) Dampfdruck;
- l) Dampfdichte;
- m) relative Dichte;
- n) Löslichkeit(en);
- o) Verteilungskoeffizient: n-Octanol/Wasser;
- p) Selbstentzündungstemperatur;
- q) Zersetzungstemperatur;
- r) Viskosität;
- s) explosive Eigenschaften;
- t) oxidierende Eigenschaften.

9.2 Sonstige Angaben Weitere Angaben können bei bestimmten Stoffen oder Stoffgruppen sinnvoll sein, so z. B. Mischbarkeit, Fettlöslichkeit (Lösemittel angeben), Leitfähigkeit, Gasgruppe.

Die Angabe der Brennbarkeit bei Feststoffen (Abbrandgeschwindigkeit, -zeit) sowie Verdunstungszahl, Dissoziationskonstanten, Oberflächenspannung, Adsorptions- / Desorptionsverhalten oder Mischbarkeit bei manchen Flüssigkeiten können zusätzlich wichtige Informationen für den Anwender sein.

4.2.10

ABSCHNITT 10: Stabilität und Reaktivität

10.1 Reaktivität Notwendig sind Informationen zur Stabilität und Reaktivität sowie zu gefährlichen Reaktionen unter Angabe der Bedingungen, z. B. Temperatur oder Druck, bei denen diese einsetzen. Gefährliche Reaktionen mit anderen Stoffen, notwendige Stabilisatoren sowie gefährliche Zersetzungsprodukte, z. B. bei Kontakt mit Wasser, sind zu beschreiben.

10.2 Chemische Stabilität Es ist anzugeben, ob das Produkt unter normalen Umgebungsbedingungen sowie bei den zu erwartenden Temperatur- und Druckbedingungen bei Handhabung und Lagerung stabil oder instabil ist.

10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen Alle Stoffe sind aufzuführen, die zu einer gefährlichen Reaktion führen können. Diese sollte möglichst kurz beschrieben und ggf. die Art der Gefährdung spezifiziert werden. Besteht die Möglichkeit einer Polymerisation ist darauf hinzuweisen, desgleichen wenn ein Stabilisator zur Vermeidung einer gefährlichen Zersetzung benötigt wird. Wenn mit folgenden Stoffen gefährliche Reaktionen auftreten können, sind diese anzugeben und zu beschreiben:

- Wasser,
- Luft,
- Säuren,
- Basen,
- Oxidationsmittel oder
- Reduktionsmittel.

10.4 Zu vermeidende Bedingungen Kritische Bedingungen, wie z. B. Temperatur, Druck, Licht, Erschütterungen sind aufzuführen, die zu gefährlichen Reaktionen führen können. Die Art der Gefährdung, z. B. Entzündung oder Bersten von Behältern, ist zu nennen und die Reaktion möglichst kurz zu beschreiben. Äußere Änderungen bei vorhersehbarem nicht bestimmungsgemäßigem Gebrauch, die zu einer gefährlichen Reaktion führen können, sind aufzuführen.

Gemäß EG-Leitlinie werden als zu vermeidende Bedingungen aufgeführt, auch wenn z. B. durch Erschütterung – von seltenen Ausnahmen abgesehen – keine Gefährdung zu befürchten ist:

- Temperatur,
- Druck,
- Licht oder
- Erschütterung

10.5 Unverträgliche Materialien Können mit üblicherweise zu erwartenden Materialien gefährliche Bedingungen resultieren, sind diese zu beschreiben. Insbesondere sind dies

- Wasser oder Feuchtigkeit,
- Luft,
- Säuren,
- Basen,
- Oxidations- oder Reduktionsmittel.

Zur Vermeidung von Wiederholungen kann ganz oder teilweise auf Unterabschnitt 10.3 verwiesen werden.

10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte Die bei einer Zersetzung in kritischen Mengen entstehenden Stoffe sind darzulegen.

Insbesondere sind aufzuführen:

- Notwendigkeit und Vorhandensein von Stabilisatoren,
- Möglichkeit einer gefährlichen exothermen Reaktion,
- Auswirkung einer Änderung des Aggregatzustands auf die Sicherheit,
- mögliche Verarmung oder Anreicherung einzelner Komponenten, die zu einer gefährlichen Situation führen können (z. B. fehlender Stabilisator im Sublimat),
- verfahrensbedingte Anreicherung von kritischen Fremdstoffen,
- gefährliche Zersetzungsprodukte bei Kontakt mit Wasser,
- Möglichkeit der Zersetzung zu instabilen Produkten und
- Stabilitätsgrenzen unter Angaben der Rahmenbedingungen, wie z. B. Druck, Sauerstoffkonzentration oder Mindestwassergehalt.

4.2.11

ABSCHNITT 11: Toxikologische Angaben

Bei den Angaben zur Toxikologie ist eine vollständige und verständliche Beschreibung der verschiedenen toxikologischen Wirkungen bei der Verwendung in Abhängigkeit der unterschiedlichen Aufnahmewege notwendig. Eine Aufteilung in toxikologische Prüfungen und Erfahrungen aus der Praxis ist empfehlenswert. Es sind sowohl die akuten wie auch verzögert einsetzenden Wirkungen, sowohl bei

einmaliger als auch wiederholter Exposition, wie z. B. Sensibilisierungen, narkotische Wirkungen, krebserzeugende oder erbgutverändernde Wirkung als auch mögliche Entwicklungsschädigungen oder Beeinträchtigungen der Fruchtbarkeit anzugeben. Die Angaben müssen getrennt nach den möglichen Expositionswegen erfolgen. Alle einstufigsrelevanten Daten sind aufzuführen. Insbesondere ist zu unterscheiden, ob zu einem Endpunkt keine Prüfungen vorliegen, oder aber ob diese Eigenschaft geprüft und nicht vorhanden ist.

Bei registrierten Stoffen ist eine Zusammenfassung der geforderten Untersuchungen oder Bewertungen gemäß den Anhängen VII bis XI gefordert. Zusätzlich ist das Ergebnis der Prüfung auf mögliche krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Eigenschaften anzugeben.

11.1 Angaben zu toxikologischen Wirkungen Stoffe: Zu folgenden relevanten Gefahrenklassen sind Angaben gefordert, liegen keine Informationen vor, muss dies aufgeführt werden:

- a) akute Toxizität,
- b) Ätz -/ Reizwirkung auf die Haut,
- c) schwere Augenschädigung / reizung,
- d) Sensibilisierung der Atemwege / Haut,
- e) Keimzell-Mutagenität,
- f) Karzinogenität,
- g) Reproduktionstoxizität,
- h) spezifische Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition,
- i) spezifische Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition und
- j) Aspirationsgefahr.

Gemische: Zu folgenden Wirkungen sind Angaben notwendig:

- a) akute Toxizität,
- b) Reizung,
- c) Ätzwirkung,
- d) Sensibilisierung,
- e) Toxizität bei wiederholter Verabreichung,
- f) Karzinogenität,
- g) Mutagenität und
- h) Reproduktionstoxizität.

Die Wirkung nach wiederholter oder länger andauernder Exposition ist zu beschreiben, d. h. Angaben zur subakuten, subchronischen und chronischen Toxizität. Ermittelte Wirkschwellen sind unter Angabe der Versuchsdauer aufzuführen.

Untersuchungen zur krebserzeugenden, erbgutverändernden, entwicklungsschädigenden und fruchtbarkeitsschädigenden Wirkung sind zu beschreiben, bei Gemischen sind die Angaben gemäß der konventionellen Methode aufzuführen (siehe Abschnitt 2.5.3.2).

Untersuchungen, die nicht zur Einstufung herangezogen wurden, können ergänzend aufgeführt werden. Unter anderem können Aussagen zu einem möglichen mutagenen Potenzial aufgrund von Bakterientests (z. B. Ames-Test) aufgeführt werden oder nicht als valide erachtete Untersuchungen zu einem möglichen kanzerogenen Potenzial. Diese Informationen sind mit einer nachvollziehbaren Bewertung zu ergänzen.

Erfolgte die Einstufung nicht anhand von Untersuchungsergebnissen, sondern durch Analogiebetrachtungen zu strukturähnlichen Verbindungen, ist dies anzuführen. Die Nennung des Referenzstoffes ist zwar erwünscht, aber nicht bindend.

Bekannte Wechselwirkungen mit anderen Stoffen sind aufzuführen.

4.2.12

ABSCHNITT 12: Umweltbezogene Angaben

Die Angaben zur Ökologie sollen das Verhalten des Stoffes / Gemisches in der Umwelt beschreiben, getrennt nach Luft, Wasser und Boden. Dabei ist in Abhängigkeit der Beschaffenheit und der Anwendungsbereiche zwischen Mobilität, Persistenz und Abbaubarkeit, Bioakkumulationspotenzial, aquatischer Toxizität und weiteren Ökotoxizitätsdaten, z. B. in Abwasserbehandlungsanlagen, zu unterscheiden.

12.1 Toxizität Anzugeben sind akute und chronische Daten zur aquatischen Toxizität für Fische, Krebstiere, Algen und andere Wasserpflanzen. Vorhandene Daten über die Mikro- und Makroorganismen im Boden, Vögel, Bienen und Pflanzen sind zu beschreiben. Auf bekannte Aktivitätshemmungen auf Mikroorganismen ist hinzuweisen, insbesondere auf mögliche Auswirkungen auf Kläranlagen.

Zur aquatischen Toxizität sind vorhandene experimentelle Untersuchungen zur akuten und chronischen aquatischen Toxizität von

- Fischen,
- Daphnien,
- Algen und anderen Wasserpflanzen

mit Angabe von Versuchsdauer und Testmethode aufzuführen.

12.2 Persistenz und Abbaubarkeit Das Potenzial eines Stoffes ist anzugeben, sich in relevanten Umweltmedien durch

- biologischen Abbau,
- Oxidation,
- Hydrolyse oder
- andere Prozesse

abzubauen.

Für den biologischen Abbau in Kläranlagen ist die Angabe von

- chemischem Sauerstoffbedarf (CSB) in mg O₂/g Stoff,
- biochemischem Sauerstoffbedarf (BSB₅) in mg O₂/g Stoff und
- AOX, bei anorganisch gebundenen Halogenen

notwendig.

12.3 Bioakkumulationspotenzial Das Bioakkumulationspotenzial beschreibt die Möglichkeit eines Stoffes, sich in der Umwelt anzusammeln oder über die Nahrungskette anzureichern. Zur Bewertung sind die Kenntnis des Verteilungskoeffizienten n-Okthanol-Wasser (K_{OW}) sowie des Biokonzentrationsfaktors BCF notwendig. n-Okthanol ist eine in Wasser nahezu vollkommen unlösliche, hochviskose Flüssigkeit, deren Löslichkeit Fetten sehr ähnelt. Der Verteilungskoeffizient n-Okthanol / Wasser beschreibt somit, ob sich ein Stoff bevorzugt im Fettgewebe oder in Wasser anreichert.

Von einem Bioakkumulationsverhalten ist nicht auszugehen, wenn der Stoff

- nicht oberflächenaktiv ist ($S > 50$ mN/m bei einer Konzentration von < 1 g/l),
- eine ausreichende Wasserlöslichkeit besitzt ($\log P_{OW} < 3$) und
- keine starke Adsorptionsfähigkeit aufweist.

12.4 Mobilität im Boden Die Mobilität im Boden bezeichnet das Potenzial, nach Freisetzung in der Umwelt unter natürlichen Umweltbedingungen ins Grundwasser zu sickern oder sich von der Freisetzungsstelle aus in einem bestimmten Umkreis zu verbreiten. Untersuchungsergebnisse zur

- bekannten oder erwarteten Verteilung auf Umweltkompartimente,
- Oberflächenspannung und
- Adsorption / Desorption

sind mitzuteilen, ergänzend finden sich Angaben zu entsprechenden physikalisch-chemischen Eigenschaften in Abschnitt 9. Eine einfache Abschätzung der Mobilität ist auf Basis der physikalisch-chemischen Eigenschaften möglich:

je höher der Dampfdruck	⇒	desto höher die Mobilität
je höher der $\log p_{OW}$	⇒	desto niedriger die Mobilität
je höher die Wasserlöslichkeit	⇒	desto größer die Mobilität
je höher die Oberflächenspannung	⇒	desto niedriger die Mobilität
je höher die Adsorption	⇒	desto niedriger die Mobilität
je schneller die Desorption	⇒	desto höher die Mobilität

12.5 Ergebnisse der PBT- und vPvB-Beurteilung Ist ein Stoffsicherheitsbericht vorzulegen, sind die Ergebnisse der Untersuchung bezüglich PBT-Eigenschaft darzulegen. Stoffe, die in der Umwelt

- nur langsam abgebaut werden,
- sich anreichern und
- ein toxisches Potenzial besitzen,

werden als PBT bezeichnet (persistent, bioakkumulierend, toxisch).

Stoffe werden als vPvB bezeichnet, wenn sie

- sich sehr langsam abbauen und
- sehr stark anreichern (sehr persistent, sehr bioakkumulierend: very persistent, very bioaccumulative).

12.6 Andere schädliche Wirkungen Sind weitere Erkenntnisse über schädliche Umwelteinwirkungen bekannt, sind diese aufzuführen. Insbesondere sind Informationen zum Ozonabbaupotenzial, dem fotochemischen Ozonbildungspotenzial und / oder dem Treibhauspotenzial bedeutsam.

4.2.13

13. ABSCHNITT: Hinweise zur Entsorgung

13.1 Verfahren zur Abfallbehandlung Ist bei der Entsorgung eines Produkts (Restmenge oder Abfälle aus der absehbaren Verwendung) eine Gefährdung erkennbar, müssen die Rückstände genannt und Hinweise zur gefahrlosen Handhabung mitgeteilt werden. Es sind neben geeigneten Entsorgungsverfahren auch Hinweise für verunreinigtes Verpackungsmaterial (z. B. Verbrennung, Wiederverwertung oder Deponie) aufzuführen, gegebenenfalls auch geeignete Reinigungsverfahren und -mittel. Für Restmengen und eventuell ausgehärtete Produkte sind ebenfalls Entsorgungsverfahren aufzuführen. Bei Produkten mit Abfallschlüssel-Nummer sollte diese mit der zugehörigen Abfallbezeichnung und ggf. Nennung der Nachweispflicht erfolgen. Als Anhaltspunkte können die folgenden Stichpunkte dienen:

- Angabe von Behältern und Verfahren für die Abfallbehandlung, einschließlich kontaminierten Verpackungsmaterials
- Beschreibung der physikalisch-chemischen Eigenschaften, die die Abfallbehandlung beeinflussen können (Hydrolyse etc.)
- von der Entsorgung über das Abwasser ist abzuraten
- ggf. Hinweise auf Abfallbehandlungslösungen

Kann ein zu erwartender Abfall einer eindeutigen Abfallschlüsselnummer zugeordnet werden, sollte diese mit der zugehörigen Abfallbezeichnung mitgeteilt werden. Da in aller Regel die genaue Verwendung der Produkte nicht exakt bekannt ist, trifft dies nur auf Produkte mit eindeutigem Verwendungszweck zu.

4.2.14

ABSCHNITT 14: Angaben zum Transport

Die Transportangaben sollen alle notwendigen Vorschriften sowohl zum innerbetrieblichen als auch zum Transport auf öffentlichen Straßen beinhalten. Informationen gemäß internationaler Übereinkommen, insbesondere den UN-Empfehlungen über die Beförderung und die Verpackung gefährlicher Güter, stellen für den Verwender eine wertvolle Hilfe dar. Die Angaben sind getrennt für die jeweiligen Transportträger aufzulisten. Die Angaben sind für die folgenden Transportwege gefordert:

- Straße: gemäß ADR,
- Eisenbahn: gemäß RID,
- Binnenschifffahrt: ADN,
- Meeresschifffahrt: IMDG-Code,
- Lufttransport: ICAO-TI.

Angaben zu nicht zutreffenden Transportwegen, z. B. Lufttransport oder Meeresschifffahrt, können entfallen.

14.1 UN-Nummer Vierstellige Identifizierungsnummer des Stoffs, Gemisches oder Erzeugnisses, der die Buchstaben „UN“ vorangestellt sind, gemäß der UN-Modellvorschriften.

14.2 Ordnungsgemäße UN-Versandbezeichnung Der „Proper Shipping Name“ ist aufzuführen, gemäß den Vorschriften des Transportrechtes. Der Name muss stets in Großbuchstaben geschrieben werden, Abweichungen von den internationalen Vorgaben sind nicht zulässig. Bei namentlich nicht aufgeführten Stoffen (sogenannte n. a.g.-Einträge, nicht anderweitig genannt), auf die mehrere Zuordnungen zutreffen, ist stets die Bezeichnung und Zuordnung mit der höchsten Gefährdung zu wählen.

14.3 Transportgefahrenklassen Die Transportgefahrenklassen einschließlich der Nebengefahren sind gemäß den UN-Modellvorschriften aufzuführen.

14.4 Verpackungsgruppe Aufzuführen ist die Nummer der Verpackungsgruppe gemäß den UN-Modellvorschriften.

14.5 Umweltgefahren Es ist anzugeben, ob es sich um ein für die Umwelt gefährliches Gefahrgut nach den Kriterien der UN-Modellvorschriften (ADR, RID, ADN, IMDG-Code) und / oder ob es sich nach dem IMDG-Code um einen Meeresschadstoff handelt. Ist eine Beförderung in Tankschiffen auf Binnenwasserstraßen zugelassen oder vorgesehen, so ist nur gemäß ADN anzugeben, ob der Stoff oder das Gemisch in Tankschiffen für die Umwelt gefährlich ist.

14.6 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Verwender Die besonderen Vorsichtsmaßnahmen für den Verwender, die er beim Transport innerhalb oder außerhalb des Betriebsgeländes zu beachten hat, sind aufzuführen.

14.7 Massengutbeförderung gemäß Anhang II des MARPOL-Übereinkommens 73/78 und gemäß IBC-Code Dieser Unterabschnitt gilt nur, falls eine Fracht als Massengut gemäß den Vorschriften der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation (IMO) befördert werden soll.

4.2.15

ABSCHNITT 15: Rechtsvorschriften

15.1 Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz / spezifische Rechtsvorschriften für den Stoff oder das Gemisch Zu beachtende europäische als auch nationale Vorschriften zu Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz sind aufzuführen. Zu den europäischen Vorschriften zählen insbesondere:

- Kategorie gemäß Anhang I der Seveso-RL 96/82/EWG [33],
- Aufnahme in die Kandidatenliste nach Anhang XIV REACH-VO,
- Bestehende Beschränkungen nach Anhang XVII REACH-VO.

Relevante nationale Vorschriften gemäß BekGS 220 [23] sind:

- TA-Luft Klasse,
- Wassergefährdungsklasse,
- Beschränkungen und Verbote beim Inverkehrbringen nach Chemikalien-Verbotsverordnung,
- Lagerklasse nach TRGS 510.

15.2 Stoffsicherheitsbeurteilung Wurde für den Stoff eine Stoffsicherheitsbeurteilung durchgeführt bzw. für einen Inhaltsstoff in einem Gemisch, ist darauf hinzuweisen.

4.2.16

ABSCHNITT 16: Sonstige Angaben

Alle weiteren Informationen, die für die sichere Handhabung und Verwendung des Produktes wichtig sein können, sind an dieser Stelle aufzuführen. Hierzu zählen gemäß Anhang II der REACH-VO:

- a) Auflistung der Änderungen bei einem überarbeiteten Sicherheitsdatenblatt, falls dies nicht im Sicherheitsdatenblatt angegeben ist; gegebenenfalls sind die Änderungen zu erläutern;
- b) Schlüssel oder Legende für im Sicherheitsdatenblatt verwendeten Abkürzungen und Akronyme;

- c) wichtige Literaturangaben und Datenquellen;
- d) bei Gemischen einen Hinweis, welche der Methoden gemäß Artikel 9 der CLP-VO zur Bewertung der Informationen zum Zwecke der Einstufung verwendet wurde;
- e) Liste der verwendeten H- und R-Sätze, P- und S-Sätze. Jeder in den Abschnitten 2 bis 15 nicht vollständig ausgeschriebene Satz ist hier in vollem Wortlaut wiederzugeben;
- f) Hinweise auf für Arbeitnehmer geeignete Schulungen zur Gewährleistung des Schutzes der menschlichen Gesundheit und der Umwelt.

4.3

Das erweiterte Sicherheitsdatenblatt und Expositionsszenarien

Für alle Stoffe, die in Mengen über zehn Tonnen pro Jahr pro Registrant hergestellt oder importiert werden, ist ein Stoffsicherheitsbericht und ein erweitertes Sicherheitsdatenblatt zu erstellen. Für die identifizierten Verwendungen sind Expositionsszenarien anzufertigen, die eine sichere Verwendung beschreiben. Während in Abschnitt 1 die identifizierten Verwendungen nur grob beschrieben werden, sind sie im erweiterten Sicherheitsdatenblatt mittels der sogenannten Deskriptoren charakterisiert. Zur Anwendung der Deskriptoren hat die ECHA mehrere Leitlinien publiziert, die unter folgender Adresse <http://www.reach-clp-helpdesk.de/de/Rechtstexte/Leitlinien/RIP.html> [34] frei zugänglich sind und stets in der aktuellen Fassung heruntergeladen werden können. Eine ausführliche Beschreibung der Deskriptoren ist in der Leitlinie R12 „Benutzung der Deskriptoren“ [35] verfügbar.

Ein erweitertes Sicherheitsdatenblatt muss nach einhelliger Meinung der meisten Behörden, einschließlich der nationalen Bewertungsstelle bei der BAuA, nur für Stoffe und nicht für Gemische erstellt werden. Anstatt aufwändige Expositionsszenarien auszuarbeiten, können in den Abschnitten 6 bis 8 im Hauptteil des Sicherheitsdatenblattes die benötigten Informationen an die Verwender viel effizienter übermittelt werden.

Weniger einheitlich ist die Frage der Übersetzung in die jeweiligen nationalen Sprachen zu beantworten. Aufgrund der komplexen und schwer verständlichen Struktur richten sich die Informationen eindeutig nur an Experten, die in aller Regel der englischen Sprache mächtig sind. Darüber hinaus wird in Artikel 31 nur die Übersetzung des Sicherheitsdatenblattes gefordert, nicht aber des erweiterten Sicherheitsdatenblattes. Auch wenn dies nur eine schwache Begründung darstellt, kann sie dazu dienen, die aufwändigen Übersetzungen zu ersparen. Zusätzlich sei angemerkt, dass in Fachkreisen der Nutzen und die Sinnhaftigkeit der derzeitigen Expositionsszenarien stark angezweifelt werden. Da die Erstellung für die Wirtschaft jedoch mit großem Aufwand verbunden ist, besteht zurzeit kein Interesse bereits kurz nach der Einführung schon wieder die Systeme aufwändig umstellen zu müssen. Sicherheitsdatenblätter, einschließlich des Anhangs, mit über 200 Seiten sind keine Einzelfälle mehr; die Mehrheit umfasst über 100 Seiten.

Abbildung 4.17 zeigt das Zusammenspiel von Stoffsicherheitsbericht und Expositionsszenarien auf.

Form und Inhalt der Expositionsszenarien sind nicht vorgegeben und können daher grundsätzlich frei gewählt werden. Die in Tabelle 4.3 wiedergegebene Gliederung wird in Leitlinie R12 empfohlen:

Die Erstellung von Expositionsszenarien bereitet in der Praxis häufig größere Probleme. Im Folgenden ist eine bewährte Vorgehensweise wiedergegeben, die als Hilfestellung dienen kann. Unschwer erkennbar ist ein derartig aufwändiges Verfahren nur für Modellsubstanzen durchführbar.



Abb. 4.17 Zusammenspiel von Stoffsicherheitsbericht und Expositionsszenarien

Tabelle 4.3 Empfohlene Gliederung der Expositionsszenarien.

Nr.	Inhalt
1.	Titel und Anwendungsbereich des Expositionsszenarios (SU)
2.1	Maßnahmen zum Schutz der Umwelt (ERC)
2.2.1	Maßnahmen zum Schutz der Arbeiter (PROC i)
2.2.2	Maßnahmen zum Schutz der Arbeiter (PROC i+1)
2.2.n	Maßnahmen zum Schutz der Arbeiter (PROC n)
3.	Expositionsabschätzung unter Angabe der Quellen
4.	Leitlinie, um die vorhandenen Schutzmaßnahmen mit dem Expositionsszenario zu vergleichen (optional)

- 1) Darstellung der Anwendungs-Muster des Stoffes („Mapping“) (Grundlage: im eigenen Unternehmen vorhandene Informationen).
- 2) Zusammenstellung der verfügbaren Informationen zu den Anwendungsbedingungen.
- 3) Auswahl der passenden Prozess- sowie Produktkategorien.
- 4) Erstellung des Erstentwurfs des Expositionsszenarios („anfängliches Expositionsszenario“) und Durchführung der ersten Expositionsabschätzung.
- 5) Vervollständigung des Erstentwurfs des Expositionsszenarios (Kurz-Titel, erfasste Aktivitäten, Anwendungsbedingungen, Risikomanagementmaßnahmen).
- 6) Rückmeldung von den maßgeblichen / typischen / wichtigen nachgeschalteten Anwendern erbitten und bekommen.
- 7) Falls erforderlich, herausarbeiten, ob zusätzliche Informationen notwendig sind.
- 8) Weitere Stoffsicherheitsbeurteilungen durchführen mit ausgewählten Instrumenten zur Expositionsabschätzung.
- 9) Entscheidung, ob die gemessenen Daten oder detaillierte Modelle zur Expositionsabschätzung erforderlich sind.
- 10) Falls ja, Verwendung weiterer Modelle oder berechneter / gemessener Daten.
- 11) Abschluss der Expositionsabschätzung und der Risikobewertung.
- 12) Herleitung eines zusammenfassenden Expositionsszenarios durch die Integration der unterschiedlichen Anwendungsbedingungen und Risikomanagementmaßnahmen
- 13) Zusammenfassung einzelner spezifischer Expositionsszenarien zu weit gefassten Expositionsszenarien (Verwendungs- und Expositions-kategorien) (optionaler Schritt).
- 14) Dokumentation des Expositionsszenarios.

Die identifizierten Verwendungen werden durch die „**Sector of Use**“, abgekürzt **SU**, ausgedrückt. Insgesamt wurden 24 Anwendungsbereiche definiert und als SU 1 bis SU 24 bezeichnet:

- SU 0.1 Andere Arbeit verwandt zur Herstellung chemischer Produkte
- SU 0.2 Andere Arbeit verwandt zur Herstellung und Dienstleistungen
- SU 1 Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei
- SU 2 Bergbau (inklusive Offshore-Industrie)
- SU 3 Industrielle Herstellung
- SU 4 Herstellung von Lebensmittelprodukten
- SU 5 Herstellung von Textilien, Leder, Pelzen
- SU 6 Herstellung von Papier und Papiererzeugnissen
- SU 7 Druck und Reproduktion von Medienaufzeichnungen
- SU 8 Herstellung von Massenchemikalien (inklusive Mineralölprodukte)
- SU 9 Herstellung von Feinchemikalien
- SU 10 Formulierung und Verpacken von Chemikalien
- SU 11 Herstellung von Gummiprodukten
- SU 12 Herstellung von Kunststoffen, inklusive Formulierung und Umwandlung

- SU 13 Herstellung von anderen nichtmetallischen anorganischen Stoffen (z. B. Zement, Gips)
- SU 14 Herstellung von Grundmetallen
- SU 15 Herstellung von Metallerzeugnissen, außer Maschinen und Anlagen
- SU 16 Herstellung von Computern, elektrischen und optischen Erzeugnissen, elektrischen Anlagen
- SU 17 Allgemeine Herstellung (z. B. Maschinen, Ausrüstung, Fahrzeuge, andere Transportmittel)
- SU 18 Herstellung von Möbeln
- SU 19 Bauprodukte
- SU 20 Gesundheitswesen
- SU 21 Privathaushalte
- SU 22 Öffentlicher Bereich (Verwaltung, Bildung, Unterhaltung, Dienstleistungen, Handwerk)
- SU 23 Abfallverwertung
- SU 24 Wissenschaftliche Forschung und Entwicklung

Auch wenn die Zuordnung der eigenen Anwendung zu den SUs nicht immer einfach erscheint, sollte es in der Praxis doch gelingen, sich einem SU zuzuordnen. Treffen die vom Lieferanten übermittelten SUs nicht auf die eigene Anwendung zu, sollte mit dem Lieferanten Kontakt aufgenommen werden, damit die eigene SU (vorher bestimmen) unterstützt werden kann und ein Expositionsszenario erstellt und im erweiterten Sicherheitsdatenblatt kommuniziert wird. Sollte dies aus firmeninternen Gründen unterbleiben, ist eine Meldung an die ECHA zu übermitteln, in der in der durchzuführenden Sicherheitsbewertung darzulegen ist, dass die eigene Verwendung sicher ist. Die Erstellung eines Expositionsszenarios ist gleichwohl notwendig, eine Kommunikation an den Lieferanten kann in diesem Fall unterbleiben.

Zur Angabe der Produktkategorie stehen insgesamt 40 **PCs (product category)** zur Verfügung. Auf die Wiedergabe wird aus Platzgründen verzichtet. Deutlich wichtiger für den nachgeschalteten Anwender sind die Verwendungskategorien, als **process category** bezeichnet, abgekürzt: **PROC**. Diese geben die empfohlenen Arbeitsschutzmaßnahmen in 27 **PROCs** an:

- PROC 1 Verwendung in geschlossenen Verfahren ohne Expositionswahrscheinlichkeit
- PROC 2 Verwendung in geschlossenen, kontinuierlichen Verfahren mit gelegentlicher kontrollierter Exposition
- PROC 3 Verwendung in geschlossenen Chargenverfahren (Synthese oder Formulierung)
- PROC 4 Verwendung in Chargen- und anderen Verfahren (Synthese), bei denen die Möglichkeit einer Exposition besteht
- PROC 5 Mischen oder Vermengen in Chargenverfahren zur Formulierung von Zubereitungen und Erzeugnissen (mehrfacher und / oder erheblicher Kontakt)

- PROC 6 Kalandriervorgänge
- PROC 7 Industrielles Sprühen
- PROC 8a Transfer des Stoffes oder der Zubereitung (Beschickung / Entleerung) aus / in Gefäße / große Behälter in nicht speziell für nur ein Produkt vorgesehene Anlagen
- PROC 8b Transfer des Stoffes oder der Zubereitung (Beschickung / Entleerung) aus / in Gefäße / große Behälter in speziell für nur ein Produkt vorgesehene Anlagen
- PROC 9 Transfer des Stoffes oder der Zubereitung in kleine Behälter (spezielle Abfüllanlage, einschließlich Wägung)
- PROC 10 Auftragen durch Rollen oder Streichen
- PROC 11 Nicht-industrielles Sprühen
- PROC 12 Verwendung von Treibmitteln bei der Herstellung von Schaumstoffen
- PROC 13 Behandlung von Artikeln durch Tauchen und Gießen
- PROC 14 Herstellung von Zubereitungen oder Artikeln durch Tablettieren, Pressen, Extrudieren, Pelletieren
- PROC 15 Verwendung als Laborreagenz
- PROC 16 Verwendung von Materialien als Brennstoff, wobei eine begrenzte Exposition mit unverbranntem Produkt zu erwarten ist
- PROC 17 Schmierung unter Hochleistungsbedingungen und in teilweise offenen Verfahren
- PROC 18 Schmierung unter Hochleistungsbedingungen
- PROC 19 Handmischungen mit direkter Exposition und nur durch persönliche Schutzkleidung geschützt
- PROC 20 Wärme- und Druckübertragungsflüssigkeiten in dispersiver, gewerblicher Verwendung, jedoch in geschlossenen Systemen
- PROC 21 Energiearme Handhabung von Stoffen, die in Materialien und / oder Erzeugnissen gebunden sind
- PROC 22 Potenziell geschlossene Verarbeitung mit Mineralien / Metallen bei erhöhter Temperatur, Industrieller Bereich
- PROC 23 Offene Verarbeitung und Transfer mit Mineralien / Metallen bei erhöhter Temperatur
- PROC 24 Hochenergiebehandlung (mechanisch) von Stoffen, die in Materialien und / oder Artikeln gebunden sind
- PROC 25 Sonstige Warmbearbeitung mit Metallen
- PROC 26 Handhabung von anorganischen Feststoffen bei Umgebungstemperatur
- PROC 27b Produktion von Metallpulvern (Warmverfahren)
- PROC 27a Produktion von Metallpulvern (Nassverfahren)

Weichen die eigenen Schutzmaßnahmen von den in den PROC übermittelten ab, muss in einer eigenen Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden, ob diese gleichwertig mit denen im ES sind. Ist dies der Fall, ist dieser Befund zu dokumentieren; weitere Verpflichtungen bestehen nicht. Gegebenenfalls kann auch mit dem

Lieferanten Kontakt aufgenommen werden, damit dieser die abweichenden Sicherheitsmaßnahmen (RMMs) zusätzlich aufnimmt.

Bei abweichenden Schutzmaßnahmen, insbesondere wenn die empfohlenen Grenzwerte (DNEL) nicht eingehalten werden, kann entweder beim Lieferanten eine Überprüfung mit dem Ziel der Modifizierung der Maßnahmen angeregt werden oder die eigenen Maßnahmen gemäß den PROCs sind anzupassen. Erachtet der nachgeschaltete Verwender die vorgeschlagenen Maßnahmen des Lieferanten für nicht gerechtfertigt, kann er einen eigenen Stoffsicherheitsbericht anfertigen und der ECHA übermitteln. Falls diesem nicht widersprochen wird, kann er gemäß seiner eigenen Sicherheitsbewertung auch weiterhin arbeiten, siehe Abschnitt 4.1.3.9.

Werden Stoffe in Artikeln eingesetzt, ist zu unterscheiden zwischen mit und ohne beabsichtigte Stofffreisetzung. Für Artikel ohne beabsichtigte Stofffreisetzung werden 13 „article categories“, abgekürzt AC empfohlen, mit Stofffreisetzung 9 ACs. Nur der Vollständigkeit halber sei nochmals erwähnt, dass für Artikel keine Sicherheitsdatenblätter erstellt und weitergeleitet werden müssen!

Zur Begrenzung der Exposition in die Umwelt wurden 12 ERCs, „environmental risk categories“ ausgearbeitet:

- ERC 1 Herstellung von Stoffen
- ERC 2 Formulierung von Zubereitungen
- ERC 3 Formulierung in Materialien
- ERC 4 Industrielle Verwendung von Verarbeitungshilfsstoffen, die nicht Bestandteil von Erzeugnissen werden, in Verfahren und Produkten
- ERC 5 Industrielle Verwendung mit Einschluss in oder auf einer Matrix
- ERC 6a Industrielle Verwendung, die zur Herstellung eines anderen Stoffes führt (Verwendung von Zwischenprodukten)
- ERC 6b Industrielle Verwendung von reaktiven Verarbeitungshilfsstoffen
- ERC 6c Industrielle Verwendung von Monomeren für die Herstellung von Thermoplasten
- ERC 6d Industrielle Verwendung von Reglersubstanzen für Polymerisationsreaktionen bei der Produktion von Harzen, Gummi, Polymeren
- ERC 7 Industrielle Verwendung von Stoffen in geschlossenen Systemen
- ERC 8a Breite dispersive Innenverwendung von Verarbeitungshilfsstoffen in offenen Systemen
- ERC 8b Breite dispersive Innenverwendung von reaktiven Stoffen in offenen Systemen
- ERC 8c Breite dispersive Innenverwendung mit Einschluss in oder auf einer Matrix
- ERC 8d Breite dispersive Außenverwendung von Verarbeitungshilfsstoffen in offenen Systemen
- ERC 9a Breite dispersive Innenverwendung von Stoffen in geschlossenen Systemen
- ERC 9b Breite dispersive Außenverwendung von Stoffen in geschlossenen Systemen

- ERC 10a Breite dispersive Außenverwendung von langlebigen Erzeugnissen und Materialien mit geringer Freisetzung
- ERC 10b Breite dispersive Außenverwendung von langlebigen Erzeugnissen und Materialien mit hoher oder beabsichtigter Freisetzung (einschließlich abrasiver Verarbeitung)
- ERC10b Breite dispersive Außenverwendung von langlebigen Erzeugnissen und Materialien mit hoher oder beabsichtigter Freisetzung (einschließlich abrasiver Verarbeitung)
- ERC11a Breite dispersive Innenverwendung von langlebigen Erzeugnissen und Materialien mit geringer Freisetzung
- ERC11b Breite dispersive Innenverwendung von langlebigen Erzeugnissen und Materialien mit hoher oder beabsichtigter Freisetzung (einschließlich abrasiver Verarbeitung)
- ERC12a Industrielle Verarbeitung von Erzeugnissen mit abrasiven Techniken (geringe Freisetzung)
- ERC12b Industrielle Verarbeitung von Erzeugnissen mit abrasiven Techniken (hohe Freisetzung)

Unter Nummer 3 der empfohlenen Gliederung sind die abgeleiteten DNELs aufzuführen, im idealen Fall für

- Arbeiter bei wiederholter, lang andauernder Exposition, als Schichtmittelwert,
- Arbeiter bei wiederholter, kurzfristiger Exposition, als Kurzzeitwert,
- Arbeiter bei gelegentlicher Exposition, als Schichtmittelwert

und für den

- Konsumer bei wiederholter, lang andauernder Exposition, als Tagesmittelwert
- Konsumer bei wiederholter, kurzfristiger Exposition, als Kurzzeitwert sowie für den
- Konsumer bei gelegentlicher Exposition, als Expositionsgrenzwert während der Anwendung.

Für die Ableitung der zu erwartenden Arbeitsplatzexpositionen können unterschiedliche Schätzmodelle benutzt werden. Am verbreitetsten ist das von ECETOC entwickelte Stufenmodell, auch als ECETOC tiered approach bekannt. Hierbei wird in der 1. Stufe auf Basis von Erfahrungswerten für typische Verwendungsarten, geschlossen, halboffen, offen, Sprühanwendung, streichen etc. und der verwendeten Menge sowie dem Freisetzungspotenzial (primär Dampfdruck und Verstaubungsverhalten) die Exposition sehr konservativ abgeschätzt. Werden in diesem 1. Schritt Expositionswerte ermittelt, die über den DNELs liegen, kann die Expositionssituation durch Eingabe konkreter Parameter der Verwendungsart die Exposition zwar besser modelliert werden, allerdings wird dadurch die Anwendbarkeit des Expositionsszenarios eingeschränkt. Falls die so abgeschätzten Expositionen die berechneten DNELs noch überschreiten, kann die Messung der Exposi-

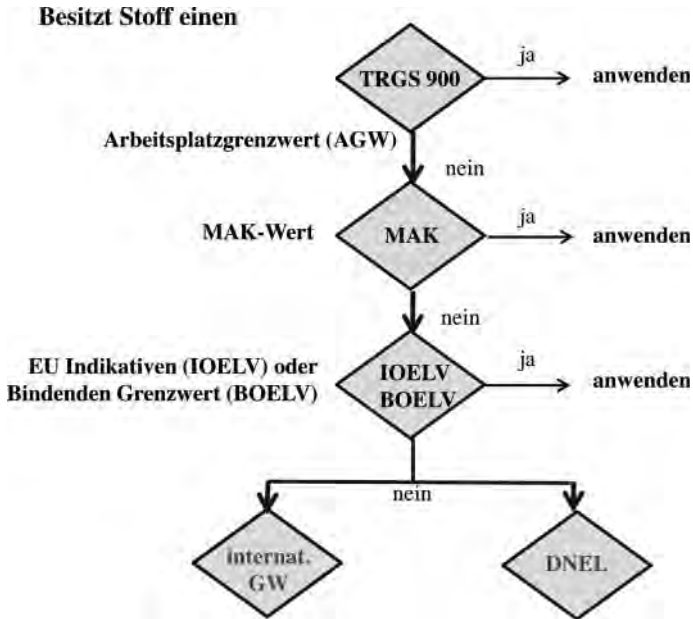


Abb. 4.18 Stellenwert des DNEL im Vergleich zu anderen Luftgrenzwerten

tion an repräsentativen Arbeitsplätzen unter typischen Anwendungsbedingungen ermittelt werden. Unter Nr. 4 des Expositionsszenarios sind die benutzten Verfahren anzugeben.

In der Praxis wird häufig die Frage gestellt, welchen Stellenwert der DNEL bei existierenden AGW- oder MAK-Werten besitzt. Da gesetzlich nach Gefahrstoffverordnung nur der AGW vorgeschrieben ist, hat dieser eindeutig Vorrang, unabhängig der Höhe von DNEL und AGW. Desgleichen sind grundsätzlich existierende Grenzwerte der europäischen Union bzw. von anderen Ländern mit Grenzwertkommissionen zu werten, siehe hierzu Abschnitt 3.3.2 und 3.3.5. Abbildung 4.18 zeigt schematisch eine mögliche Vorgehensweise, die mit den Aussagen von BekGS 409 [36] übereinstimmt.

Desgleichen sind die unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen in die Umwelt emittierten Stoffmengen – primär in die Luft und in das Abwasser – abzuschätzen.

4.4

Verbote beim Inverkehrbringen

Mit EG-Verordnung 552/2009 [37] wurde die frühere Beschränkungsrichtlinie 76/769/EWG in Anhang XVII der REACH-Verordnung als Einträge 1 bis 58 über-

führt. Zwischenzeitlich sind weitere Beschränkungen und Verbote durch Ergänzung von Anhang XVII erlassen worden:

- 2007/2011 [38]: Diphenylether-Pentabromderivat und Perfluoroctansulfonat
 276/2011 [39]: Dichlormethan, Lampenöle und flüssige Grillanzünder sowie zinnorganische Verbindungen
 366/2011 [40]: Acrylamid
 494/2011 [41]: Cadmium
 412/2012 [42]: Dimethylfumarat

Zu folgenden Stoffen laufen zurzeit Konsultationsverfahren, die noch vor Ende 2012 abgeschlossen werden, mit einer Entscheidung zur Aufnahme oder Ablehnung ist in 2013 zu rechnen.

1,4-Dichlorbenzol: Kommentierungsfrist bis 19.12.2012

Chromat in Lederartikeln: Kommentierungsfrist bis 06.09.2012

Mit einer Entscheidung zu *Diisobutylphthalat*, *Dibutylphthalat* und *Diethylhexylphthalat* ist noch in 2012 zu rechnen.

Die deutsche Chemikalien-Verbotsverordnung ist seit 2009 nicht mehr im Einklang mit Anhang XVII, eine Anpassung ist seit nunmehr über drei Jahren überfällig!

Ausnahme von diesen Verboten und Beschränkungen gelten nach Artikel 67 für die

- wissenschaftliche Forschung und Entwicklung,
- produkt- und verfahrensorientierte Forschung und Entwicklung und
- Verwendung der Stoffe in kosmetischen Mitteln im Sinne der Richtlinie 76/768/EWG.

Im Folgenden werden die Beschränkungen von Anhang XVII gemäß der Reihenfolge der Einträge aufgeführt. In Spalte 1 des Anhangs sind die Stoffe bzw. Stoffgruppen aufgelistet, soweit vorhanden unter Angabe der CAS-Nr., die jeweils zutreffenden Beschränkungen sind in Spalte 2 beschrieben, desgleichen die zum Teil sehr langen Ausnahmen von den Verboten. Diese zum Teil sehr speziellen Regelungen können im Rahmen dieses Lehrbuchs sinnvollerweise nicht vollständig wiedergegeben werden. Es werden lediglich die grundsätzlichen Verbote und Beschränkungen aufgeführt, bei konkreten Fragestellungen muss stets der Originaltext konsultiert werden. Im Gegensatz zur deutschen Chemikalien-Verbotsverordnung ist zwischen Verwendungsverboten und Verboten zum Inverkehrbringen zu unterscheiden.

Verstöße gegen die Verbote von Anhang XVII sind nach der Chemikalien und Bußgeldverordnung [16] Straftaten!

- **Nr. 1: Polychlorierte Terphenyle (PCT)**

dürfen weder als Stoffe noch in Gemischen in Konzentrationen über 0,005 Gew. % in Verkehr gebracht werden.

- **Nr. 2: Chlorethen (Vinylchlorid)**

Vinylchlorid darf nicht als Treibgas für Aerosolpackungen eingesetzt oder verwendet werden.

- **Nr. 3: Flüssige Stoffe oder Gemische**

Flüssige Stoffe oder Zubereitungen, die auf Basis der

– Stoff-RL 67/548/EWG [1] oder der

– Zubereitungs-RL 1999/45/EG [26]

als gefährlich eingestuft sind, dürfen nicht verwendet werden

– in Dekorationsgegenständen, die zur Erzeugung von Licht- oder Farbeffekten bestimmt sind,

– in Scherzspielen und

– in Spielen.

Flüssigkeiten gelten als gefährlich, wenn sie aufgrund einer der 15 Gefährlichkeitsmerkmale (sehr giftig, giftig, gesundheitsschädlich, ätzend, reizend, sensibilisierend, krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend, explosionsgefährlich, brandfördernd, hochentzündlich, leichtentzündlich, entzündlich, umweltgefährlich) eingestuft sind, siehe Kapitel 2.

Erzeugnisse, die für die vorgenannten Anwendungszwecke vorgesehen sind und Stoffe mit den aufgeführten Eigenschaften enthalten, dürfen nicht in Verkehr gebracht werden.

Da ausdrücklich auf die Stoff-RL Bezug genommen wird und nicht auf die CLP-VO, gelten diese Vorschriften nicht für Flüssigkeiten, die erst mit der CLP-VO als gefährlich eingestuft wurden, z. B. da sie einen Flammpunkt zwischen 55 und 60 °C haben.

Nicht in Verkehr gebracht werden dürfen eingestufte Flüssigkeiten, wenn sie einen Farbstoff oder Duftstoff enthalten und

– mit dem R65 bzw. H304 (Aspirationsgefahr) gekennzeichnet sind,

– als Brennstoff in Zierlampen verwendet werden können und

– in Behältern unter 15 l verpackt sind.

Verpackungen von Flüssigkeiten, die zur Verwendung in Lampen vorgesehen sind und die vorgenannten Kriterien erfüllen, müssen folgende zusätzliche Kennzeichnung besitzen:

Mit dieser Flüssigkeit gefüllte Lampen sind für Kinder unzugänglich aufzubewahren.

- **Nr. 4: Tri-(2,3-dibrompropyl)-phosphat**

darf nicht für Textilerzeugnisse, die mit der Haut in Kontakt kommen können, verwendet werden; derartige Erzeugnisse dürfen nicht in Verkehr gebracht werden.

- **Nr. 5: Benzol**
Benzol darf nicht in Verkehr gebracht werden
 - in Spielwaren oder Teilen von Spielwaren in Konzentrationen über 5 mg/kg
 - als Stoff,
 - in Gemischen in einer Konzentration über 0,1%
 Ausnahmen gelten für
 - Treibstoffe und
 - zur Verwendung in geschlossenen industriellen Verfahren.
- **Nr. 6: Asbestfasern (Krokydolith, Amosit, Anthophyllit, Aktinolith, Tremolit, Chrysotil)**
Die Herstellung, das Inverkehrbringen und die Verwendung dieser Fasern und von Erzeugnissen, denen diese Fasern absichtlich zugesetzt wurden, ist verboten. Asbesthaltige Erzeugnisse, die vor dem 01.01.2005 in Verkehr gebracht wurden, dürfen weiterhin benutzt werden.
Ausnahmen gelten für das Diaphragma-Verfahren bei der Chlor-Alkali-Elektrolyse.
- **Nr. 7: Tris-(aziridinyl)-phosphinoxid**
darf nicht für Textilerzeugnisse, die mit der Haut in Kontakt kommen können, verwendet werden; derartige Erzeugnisse dürfen nicht in Verkehr gebracht werden.
- **Nr. 8: Polybromierte Biphenyle (PBB)**
dürfen nicht für Textilerzeugnisse, die mit der Haut in Kontakt kommen können, verwendet werden; derartige Erzeugnisse dürfen nicht in Verkehr gebracht werden.
- **Nr. 9: Panamarindenpulver, Benzidin und / oder seine Derivate, o-Nitrobenzaldehyd, Holzstaub, Pulver aus der Wurzel der grünen Nieswurz**
dürfen weder verwendet noch in Verkehr gebracht werden in Scherzartikeln oder Gemischen oder Erzeugnissen, die dazu bestimmt sind, als solche verwendet zu werden, beispielsweise als Bestandteil von Niespulver und Stinkbomben.
Ausnahme: Stinkbomben mit einem Inhalt unter 1,5 ml.
- **Nr. 10: Ammoniumsulfid, Ammoniumhydrogensulfid, Ammoniumpolysulfid**
dürfen weder verwendet noch in Verkehr gebracht werden in Scherzartikeln oder Gemischen oder Erzeugnissen, die dazu bestimmt sind, als solche verwendet zu werden, beispielsweise als Bestandteil von Niespulver und Stinkbomben.
Ausnahme: Stinkbomben mit einem Inhalt unter 1,5 ml.
- **Nr. 11: Flüchtige Ester der Bromessigsäure (Methyl-, Ethyl-, Propyl-, Butylbromacetat)**
dürfen weder verwendet noch in Verkehr gebracht werden in Scherzartikeln oder Gemischen oder Erzeugnissen, die dazu bestimmt sind, als solche verwendet zu werden, beispielsweise als Bestandteil von Niespulver und Stinkbomben.
Ausnahme: Stinkbomben mit einem Inhalt unter 1,5 ml.
- **Nr. 12, 13, 14, 15: 2-Naphthylamin, Benzidin, 4-Nitrobiphenyl, 4-Aminobiphenyl und ihre Salze**
dürfen weder als Stoffe noch in Gemischen in Konzentrationen > 0,1 Gew.-% in Verkehr gebracht oder hergestellt werden.

- **Nr. 16: Bleikarbonat (wasserfrei, neutral) und Triblei-bis(carbonat)-dihydroxid**
dürfen nicht zur Verwendung in Farben verwendet oder in Verkehr gebracht werden.
- **Nr. 17: Bleisulfate**
dürfen nicht zur Verwendung in Farben verwendet oder in Verkehr gebracht werden.
- **Nr. 18: Quecksilberverbindungen**
dürfen weder als Stoff noch in Gemischen in Verkehr gebracht werden als
 - Antifoulingmittel für Boote, Kästen, Schwimmer, Netze sowie andere Geräte oder Einrichtungen für die Fisch- und Muschelzucht,
 - Holzschutzmittel,
 - zur Imprägnierung von schweren industriellen Textilien sowie zu deren Herstellung vorgesehene Garne sowie
 - zur Aufbereitung von Wasser.
- **Nr. 18a: Quecksilber**
darf nicht in Verkehr gebracht werden in
 - Fieberthermometern,
 - Messinstrumenten (z. B. Manometer, Barometer, Thermometer für die breite Öffentlichkeit).
 Ausnahmen gelten für Geräte, die bereits vor 2008 bzw. 2009 in Verkehr gebracht wurden.
- **Nr. 19: Arsenverbindungen**
dürfen weder als Stoff noch in Gemischen in Verkehr gebracht oder verwendet werden als
 - Antifoulingmittel für Boote, Kästen, Schwimmer, Netze sowie andere Geräte oder Einrichtungen für die Fisch- und Muschelzucht,
 - als Holzschutzmittel (spezielle Ausnahmen gelten für Kupfer-Chrom-Arsen-Mittel) und
 - zur Aufbereitung von Wasser.
- **Nr. 20: Zinnorganische Verbindungen**
dürfen weder als Stoff noch in Gemischen in Verkehr gebracht werden
 - als Farben in Bioziden, wenn diese nicht chemisch gebunden sind,
 - als Antifoulingmittel für Fahrzeuge auf Seewasserstraßen, Wasserstraßen im Küsten- und Ästuarbereich, Binnenwasserstraßen sowie Seen, Kästen, Schwimmern, Netzen sowie anderen Geräten oder Einrichtungen für die Fisch- und Muschelzucht,
 - zur Aufbereitung von Wasser im industriellen, gewerblichen und kommunalen Bereich.
- **Nr. 21: Di- μ -di-*n*-oxo-butylstanniohydroxyboran, Dibutylzinnhydrogenborat (DBB)**
dürfen weder als Stoffe noch in Gemischen in Konzentrationen über 0,1 Gew.-% in Verkehr gebracht oder hergestellt werden.
- **Nr. 22: Pentachlorphenol**
darf weder als Stoff noch in Gemischen in Konzentrationen über 0,1 Gew.-% in Verkehr gebracht oder hergestellt werden.

- **Nr. 23: Cadmium und seine Verbindungen**

dürfen nicht verwendet und in Verkehr gebracht werden

- zur Einfärbung zahlreicher Kunststoffe,
- zur Herstellung von Anstrichfarben und Lacken mit einem Gehalt über 0,1 %, beim Inverkehrbringen eingefärbter Erzeugnisse: Gehalt < 0,01 %,
- als Stabilisatoren für Erzeugnisse aus Vinylchlorid- und Vinylchlorid-Copolymeren mit einem Gehalt größer 0,01 % für aufgeführte Anwendungsbereiche,
- für die Oberflächenbehandlung (Cadmierung) der im Anhang aufgeführten Erzeugnisse.

Für Cadmiumverbindungen gelten sehr umfangreiche und komplexe Verbote mit zahlreichen Ausnahmen, im konkreten Einzelfall ist unbedingt Anhang XVII zu konsultieren.

- **Nr. 24–25: Monomethyl-tetrachlordiphenylmethan (Ugilec 141), Monomethyldichlordiphenylmethan (Ugilec 121, Ugilec 21)**

dürfen weder als Stoff noch in Gemischen oder in Erzeugnissen in Verkehr gebracht werden.

- **Nr. 26: Monomethyldibromdiphenylmethan (DBBT)**

darf weder als Stoff noch in Gemischen oder in Erzeugnissen in Verkehr gebracht werden.

- **Nr. 27: Nickel**

darf nicht verwendet und in Verkehr gebracht werden

- für sämtliche Stäbe zum Durchstechen von Körperteilen (Ohringe, Piercing), wenn die Nickelabgabe größer $0,2 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{Woche}$ ist,
- für Erzeugnisse, die unmittelbar und länger mit der Haut in Berührung kommen, wenn die Nickelabgabe $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{Woche}$ übersteigt.

Zur Bestimmung der Nickelfreisetzung sind die CEN-Normen heranzuziehen.

- **Nr. 28 – 30: Krebs erzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Stoffe,**

die in Anhang VI der CLP-Verordnung in Tabelle 3.1 in Kategorie 1A oder 1B bzw. in Tabelle 3.2 in Kategorie 1 oder 2 eingestuft sind und in Anlage 3, 4, 5 oder 6 von Anhang XVII der RACH-VO aufgeführt sind,

- dürfen nicht an die breite Öffentlichkeit abgegeben werden, als Stoff oder als Bestandteil anderer Stoffe oder in Gemischen in Konzentrationen, wenn sie oberhalb der Einstufungskonzentration enthalten sind.

Die Kennzeichnung bei der Abgabe an berufsmäßige Verwender muss folgende zusätzliche Kennzeichnung tragen:

Nur für gewerbliche Verwender.

Ausnahmen bei der Abgabe an die breite Öffentlichkeit gelten für

- Arznei- oder Tierarzneimittel,
- kosmetische Mittel,
- definierte Brennstoffe und Mineralölerzeugnisse sowie
- Farben für Künstler.

- **Nr. 31: Kreosot, Kreosotöl, Waschöl, Kresotöl, Naphthalinöle, Anthracenöle, Teersäuren, Rohöle, Niedrigtemperatur-Kohlenteeralkalin**
dürfen nicht zur Holzbehandlung in Verkehr gebracht werden; desgleichen hiermit behandelte Hölzer.
Ausnahmen: Anwendung in industriellen Anlagen, wenn der Gehalt an Benzo(a)-pyren 50 mg/kg und von wasserlöslichen Phenolen 3 Gew.-% unterschreitet.
- **Nr. 32–38: Chloroform, 1,1,2-Trichlorethan, 1,1,2,2-Tetrachlorethan, Pentachlorethan, 1,1-Dichlorethan**
dürfen nicht in Verkehr gebracht oder verwendet werden als Stoffe sowie in Gemischen in Konzentrationen über 0,1 %
 - für die Abgabe an die breite Öffentlichkeit oder
 - in Anwendungen, bei denen eine Freisetzung nicht ausgeschlossen ist (beispielsweise Oberflächenreinigung und Reinigung von Textilien).
 Die Kennzeichnung muss zusätzlich versehen werden mit

Nur zur Verwendung in Industrieanlagen.

Ausnahmen gelten für

- Arznei- oder Tierarzneimittel und
- kosmetische Mittel

- **Nr. 40: Hochentzündliche, leichtentzündliche und entzündliche Stoffe**
dürfen in Aerosolpackungen an die breite Öffentlichkeit nicht abgegeben werden für
 - Unterhaltungs- und Dekorationszwecke, z. B. für
 - Dekorationen mit metallischen Glanzeffekten, insbesondere für Festlichkeiten,
 - künstlichen Schnee und Reif,
 - unanständige Geräusche,
 - Luftschlangen,
 - Scherzexkrementen,
 - Horntöne für Vergnügungen,
 - Schäume und Flocken zu Dekorationszwecken,
 - künstliche Spinnweben und
 - Stinkbomben.

Die Kennzeichnung dieser Produkte muss folgende zusätzliche Kennzeichnung beinhalten:

Nur für gewerbliche Anwender.

- **Nr. 41: Hexachlorethan**
darf nicht zur Herstellung oder Verarbeitung von Nichteisenmetallen in Verkehr gebracht werden.

- **Nr. 42: kurzkettige Chlorparaffine (C10 – C13)**
dürfen nicht in Verkehr gebracht werden als Stoffe bzw. in Gemischen größer 0,1 Gew.-%
 - für die Metallverarbeitung und -bearbeitung und
 - zum Fetten von Leder.
- **Nr. 43: Azofarbstoffe**
können durch reduktive Spaltung von Azogruppen die im Anhang 8 aufgeführten aromatischen Amine (krebserzeugend Kat. 1 oder 2) in Konzentrationen größer 30 mg/kg freisetzen (gemäß dem vorgegebenem Prüfverfahren); sie dürfen dann nicht zum Färben von Textil- und Ledererzeugnissen verwendet werden, die mit der menschlichen Haut oder Mundhöhle direkt und längere Zeit in Berührung kommen können. Derartige Textil- und Ledererzeugnisse dürfen nicht in Verkehr gebracht werden.
- **Nr. 45: Diphenylether-Octabromderivate**
dürfen nicht in Verkehr gebracht werden als Stoffe bzw. in Gemischen in Konzentrationen größer 0,1 Gew.-%, Gleiches gilt für Erzeugnisse, in denen es als Flammenschutzmittel über 0,1 Gew.-% enthalten ist.
- **Nr. 46: Nonylphenol und Nonylphenoethoxylate**
dürfen nicht in Konzentrationen größer 0,1 Gew.-% in Verkehr gebracht oder verwendet werden
 - zur gewerblichen Reinigung,
 - zur Haushaltsreinigung,
 - zur Textil- und Lederverarbeitung,
 - als Emulgator in Melkfett,
 - zur Metallverarbeitung,
 - zur Herstellung von Zellstoff und Papier,
 - als kosmetische Mittel,
 - als sonstige Körperpflegemittel und
 - als Formulierungshilfsmittel in Pestiziden und Bioziden.
- **Nr. 47: Chrom-VI-Verbindungen**
Zement und zementhaltige Gemische dürfen nicht verwendet oder in Verkehr gebracht werden, wenn der Gehalt an
 - löslichem Cr-VI mehr als 2 mg/kg beträgt.Ausnahme: Verwendung in geschlossenen, vollautomatischen Prozessen ohne Hautkontakt.
- **Nr. 48: Toluol**
darf nicht als Stoff oder in Gemischen in Konzentrationen größer 0,1 Gew.-% für die breite Öffentlichkeit in Verkehr gebracht oder verwendet werden in
 - Klebstoffen oder
 - Farbsprühdosen.
- **Nr. 49: Trichlorbenzol**
darf nicht als Stoff oder in Gemischen in Konzentrationen größer 0,1 Gew.-% in Verkehr gebracht oder verwendet werden.
Ausnahme: Synthesezwischenprodukt, Prozesslösemittel in geschlossenen chemischen Verfahren, zur Herstellung von 1,3,5-Trinitro-2,4,6-triaminobenzol.

- **Nr. 50: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)**
dürfen nicht in Verkehr gebracht oder verwendet werden als
 - Weichmacheröle für die Herstellung von Reifen oder Reifenbestandteilen, desgleichen hieraus hergestellte Erzeugnissen, mit einem Gehalt von Benzo(a)pyren größer 1 mg/kg und der Summe aller PAKs > 10 mg/kg.
 Umfassende Detailregelungen sind Anhang XVII zu entnehmen.
- **Nr. 51: Di(2-ethylhexyl)phthalat, Dibutylphthalat, Benzylbutylphthalat**
dürfen nicht in Verkehr gebracht oder verwendet werden
 - in Konzentrationen größer 0,1 Gew.-%, bezogen auf das weichmacherhaltige Material sowie
 - in Erzeugnissen von Spielzeugen und Babyartikeln.
- **Nr. 52: Di-isononylphthalat, Di-isodecylphthalat, Di-n-octylphthalat**
dürfen nicht in Verkehr gebracht oder verwendet werden
 - in Konzentrationen größer 0,1 Gew.-%, bezogen auf das weichmacherhaltige Material,
 - sowie in Erzeugnissen von Spielzeugen, Babyartikeln, die von Kindern in den Mund genommen werden können.
 Gemäß Anhang XVII gelten für zahlreiche Anwendungsbereiche dezidierte Ausnahmen.
- **Nr. 53: Perfluorooctansulfonate (PFOS)**
dürfen in Konzentrationen nicht in Verkehr gebracht oder verwendet werden größer
 - 50 mg/kg als Stoff oder in Gemischen,
 - 0,1 % in Halbfertigerzeugnissen sowie
 - 1 µg/m² für den beschichteten Anteil von Textilien.
 Ausnahmen gelten für spezielle Anwendungen, spezifiziert in Anhang VXII.
- **Nr. 54: 2-(2-Methoxyethoxy)ethanol (DEGME)**
darf nicht an die breite Öffentlichkeit in Konzentration größer 0,1 Gew.-% in Verkehr gebracht werden in
 - Farben
 - Abbeizmitteln
 - Reinigungsmitteln,
 - selbstglänzenden Emulsionen und
 - Fußbodenversiegelungsmitteln.
- **Nr. 55: 2-(2-Butoxyethoxy)ethanol (DEGBE)**
darf nicht an die breite Öffentlichkeit in Konzentrationen größer 3 Gew.-% in Verkehr gebracht werden in
 - Spritzfarben und
 - Reinigungssprays in Aerosolpackungen.
 Zusätzliche Kennzeichnungsvorschrift:

Darf nicht in Farbspritzrüstung verwendet werden.

- **Nr. 56: Methyldiphenyl-Diisocyanat (MDI)**

darf nicht an die breite Öffentlichkeit in Konzentrationen größer 0,1 Gew.-% in Verkehr gebracht werden.

Spezielle Ausnahmen gelten, wenn

- der Verpackung geeignete Schutzhandschuhe beigelegt sind und
- die Sonderkennzeichnungen aufgebracht sind:

Bei Personen, die bereits für Diisocyanate sensibilisiert sind, kann der Umgang mit diesem Produkt allergische Reaktionen auslösen.

Bei Asthma, ekzematösen Hauterkrankungen oder Hautproblemen, Kontakt, einschließlich Hautkontakt, mit dem Produkt vermeiden.

Das Produkt nicht bei ungenügender Lüftung verwenden oder Schutzmaske mit entsprechendem Gasfilter (Typ A1 nach EN 14387) tragen.

- **Nr. 57: Cyclohexan**

darf nicht als Stoff oder in Gemischen größer 0,1 Gew.-% für die breite Öffentlichkeit in Verkehr gebracht oder verwendet werden

- in Kontaktklebstoffen auf Neoprenbasis in Packungsgrößen ab 350 ml sowie
- in Farbsprühdosen.

Folgende Zusatzkennzeichnung ist vorgeschrieben:

Dieses Produkt darf nicht bei ungenügender Lüftung verarbeitet werden.

Dieses Produkt darf nicht zum Verlegen von Teppichböden verwendet werden.

- **Nr. 58: Ammoniumnitrat (AN)**

darf nicht in Verkehr gebracht werden als

- fester Ein- oder Mehrstoffdünger mit einem Stickstoffgehalt über 28 %,
- als Stoff oder in Gemischen mit einem Stickstoffgehalt größer 16 %, jeweils bezogen auf AN.

Ausnahme: bei vorhandener Zulassung sowie für Landwirte.

- **Nr. 59: Dichlormethan (DCM)**

Farbabweizer, die mehr als 0,1 % DCM enthalten, dürfen nicht verwendet werden und nicht in Verkehr gebracht werden. Ausnahmen gelten für technisch entsprechend ausgerüstete Industrieanlagen oder durch Rechtsakte der Mitgliedsländer, wenn die Verwendung durch speziell geschulte Verwender vorgeschrieben wird. Vorgeschriebene Sonderkennzeichnung:

Nur für die industrielle Verwendung und für gewerbliche Verwender, die über eine Zulassung in bestimmten EU-Mitgliedsstaaten verfügen. Überprüfen Sie, in welchem Mitgliedsstaat die Verwendung genehmigt ist.

- **Nr. 60: Acrylamid**
darf weder als Stoff noch in Gemischen in Konzentrationen größer oder gleich 0,1 % für Abdichtungsanwendungen wie beispielsweise Injektion, Verpressung, Verfübung oder Verguss in Verkehr gebracht oder verwendet werden.
- **Nr. 61: Dimethylfumarat**
darf nicht in Erzeugnissen in Konzentrationen über 0,1 mg/kg verwendet oder in den Verkehr gebracht werden.

4.5

Stoffrichtlinie

Die Stoffrichtlinie 67/548/EWG [1] wurde mit Herausnahme der Vorschriften für die Neustoffanmeldung durch die REACH-VO [5] geändert. Mit Artikel 55 der CLP-VO [13] erfolgte eine weitere umfassende Änderung durch Aufhebung der Einstufungs- und Kennzeichnungsvorschriften für Stoffe und gleichzeitig mit Artikel 60 nach Ablauf der Übergangsfristen am 01.06.2015 die vollständige Aufhebung. Die Einstufung von Stoffen beim Inverkehrbringen hat seit dem 01.12.2010 nur noch nach der CLP-VO zu erfolgen, bis zum Ablauf der Übergangsfrist für Zubereitungen dürfen die Inhaltsstoffe von Zubereitungen noch nach der Stoffrichtlinie eingestuft werden.

Anhang I der Stoffrichtlinie wurde ohne inhaltliche Änderungen in Anhang VI Tabelle 3.2 der CLP-VO überführt. Anhang VI, der sogenannte Einstufungsleitfaden, unterscheidet sich signifikant von den Einstufungskriterien der CLP-VO, siehe Kapitel 2, und muss daher bis zum Ablauf der Übergangsfrist in 2015 noch bestehen bleiben.

Wegen der nur noch begrenzten Bedeutung der Stoffrichtlinie wird daher auf eine weitere Darstellung verzichtet.

4.6

Zubereitungsrichtlinie

In Abgrenzung zur Stoffrichtlinie regelt die Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EWG [26] die Einstufung und Kennzeichnung von Zubereitungen. Mit Verabschiedung der CLP-VO [13] wurde in Artikel 56, analog der Stoff-RL [1], auch die Zubereitungs-RL umfassend geändert und mit Artikel 60 die Aufhebung parallel mit der Stoff-RL zum 01.06.2015 verabschiedet.

Der Anwendungsbereich unterscheidet sich nicht grundsätzlich von der Stoffrichtlinie, die Ausnahmen gelten sinngemäß auch für die Zubereitungsrichtlinie.

Die Berücksichtigungsgrenzen für Zubereitungen unterscheiden sich nicht von den Stoffen.

Die Ermittlung der Eigenschaften, die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Zubereitungen dürfen bis zum 01.06.2015 nach den Vorschriften der Artikel 3 bis 12 erfolgen, siehe Abschnitt 2.5.3.2.

Anhang I verweist bei den „Methoden zur Beurteilung der physikalisch-chemischen Eigenschaften der Zubereitungen nach Artikel 5“ auf Anhang VI Nr. 2.2.5 der Stoff-RL [1].

Anhang II stellt den wichtigsten Regelungsinhalt der EG-Richtlinie dar. Er regelt die Einstufung von Zubereitungen mit gefährlichen Inhaltsstoffen, falls für diese keine stoffspezifischen Konzentrationsgrenzen im Anhang I der Stoffrichtlinie festgelegt wurden und die allgemeinen Konzentrationsgrenzen anzuwenden sind. Nähere Ausführungen zur Einstufung von Zubereitungen finden sich in Abschnitt 2.5.3.2.

Anhang III beinhaltet die Methoden zur Beurteilung von umweltgefährlichen Eigenschaften einer Zubereitung nach Artikel 7.

Anhang IV regelt die besonderen Bestimmungen für Behälter von Zubereitungen, die im Einzelhandel angeboten werden bzw. für jedermann erhältlich sind.

Anhang V beinhaltet besondere Kennzeichnungsvorschriften für bestimmte Zubereitungen. Diese Sonderkennzeichnungen sind zusammen mit anderen Vorschriften zur Kennzeichnung in Abschnitt 2.6.2 aufgeführt.

Anhang VI regelt die Bestimmungen zur vertraulichen Behandlung der chemischen Identität von Stoffen im Sicherheitsdatenblatt und auf der Kennzeichnung. Die mit dem Antrag einzureichenden Angaben werden konkretisiert. Im Teil B des Anhangs findet sich ein umfangreicher Leitfaden für die Festlegung von Ersatzbezeichnungen, den sogenannten generischen Namen.

4.7

Agenzienrichtlinie

1998 wurde die Richtlinie 98/24/EG [10] verabschiedet, die Arbeitsschutzmaßnahmen sowohl für toxikologische als auch physikalisch-chemische Eigenschaften beinhaltet. Die Umsetzung der Agenzienrichtlinie in nationales Recht erfolgt über die Gefahrstoffverordnung. Da die Agenzienrichtlinie nicht mehr dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik entspricht, besitzt die Gefahrstoffverordnung in vielen Bereichen weitergehendere und zusätzliche Vorschriften.

Gemäß Artikel 1 ist die Richtlinie bei allen

- tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen durch
- chemische Arbeitsstoffe oder aufgrund von
- Tätigkeiten mit chemischen Arbeitsstoffen

anzuwenden.

Chemische Arbeitsstoffe sind definiert als

„alle chemischen Elemente und Verbindungen, einzeln oder in einem Gemisch, wie sie in der Natur vorkommen oder durch eine Arbeitstätigkeit hergestellt, verwendet oder freigesetzt werden – einschließlich der Freisetzung als Abfall –, unabhängig davon, ob sie absichtlich oder unabsichtlich erzeugt und ob sie in Verkehr gebracht werden.“

Gefährliche chemische Arbeitsstoffe sind wie folgt definiert:

- a) Chemische Arbeitsstoffe, die gemäß den Kriterien der Stoffrichtlinie [1] als gefährliche Stoffe eingestuft sind; mit Ausnahme von Stoffen, die ausschließlich als umweltgefährlich eingestuft sind,
- b) Zubereitungen, die gemäß den Kriterien der Zubereitungs-RL [26] als gefährlich eingestuft sind; wiederum mit der Ausnahme für ausschließlich als umweltgefährlich eingestufte Zubereitungen und
- c) Chemische Arbeitsstoffe, die nicht als gefährlich gemäß den Kriterien von a) oder b) eingestuft sind, aber aufgrund ihrer
 - physikalisch-chemischen,
 - chemischen oder
 - toxikologischen Eigenschaften
 - und der Art und Weise, wie sie am Arbeitsplatz verwendet werden oder dort vorhanden sind, für die Sicherheit und die ein Risiko darstellen können sowie alle Stoffe, die einen
 - Arbeitsplatzgrenzwert nach Artikel 3 besitzen.

Gemäß Artikel 3 sind sowohl

- gesundheitsbasierte Arbeitsplatzgrenzwerte bei inhalativer Aufnahme als auch
- biologische Grenzwerte

festzulegen. Zwischenzeitlich sind 3 Grenzwertrichtlinien bei inhalativer Exposition mit jeweils ca. 20 Stoffen von der Kommission erlassen worden sowie lediglich ein biologischer Grenzwert für Blei. Basis der indikativen Arbeitsplatzgrenzwerte, nähere Details siehe Abschnitt 3.3.2, sind gesundheitsbasierte Begründungen, neben den messtechnischen Möglichkeiten. Der Stand der Technik sowie sozioökonomische Argumente werden nicht berücksichtigt.

Die Ermittlung der Gefährdung bei Tätigkeiten mit Arbeitsstoffen ist zentraler Bestandteil der Richtlinie. Hierbei sind alle Risiken am Arbeitsplatz zu berücksichtigen; die toxikologischen Risiken gleichwertig neben den physikalisch-chemischen als auch den Risiken bei speziellen Tätigkeiten wie Reparatur und Wartung. Die Rangfolge der Schutzmaßnahmen folgt dem üblichen Schema STOP: Substitution, technische vor organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen.

Bei vorhandenen Gesundheitsrisiken sind adäquate arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchzuführen. Neben den bestimmungsgemäßen Betriebszuständen sind gleichwertig Maßnahmen für Unfälle, Zwischenfälle oder Notfallmaßnahmen festzulegen. Die Unterrichtung und Unterweisung der Arbeitnehmer (Artikel 8) besitzt nicht den gleichen Stellenwert wie in der Gefahrstoffverordnung; im Gegensatz zur Gefahrstoffverordnung muss keine schriftliche Betriebsanweisung erstellt werden und ist keine regelmäßige Unterrichtung gefordert; als nicht gleichwertiger Ersatz muss den Beschäftigten Zugriff auf die Sicherheitsdatenblätter gewährt werden.

Im **Anhang I** ist für Blei und anorganische Bleiverbindungen als einzige Stoffe ein verbindlicher Arbeitsplatzgrenzwert festgelegt, siehe Abschnitt 3.3.2, analog hierzu ist in Anhang II der verbindliche biologische Grenzwert aufgeführt.

Im **Anhang III** finden sich Verbote bei der Herstellung und Verwendung von

- β -Naphthylamin und seine Salze,
- 4-Aminibiphenyl und seine Salze,
- Benzidin und seine Salze sowie
- 4-Nitrodiphenyl.

Als Konzentrationsgrenze ist jeweils die Einstufungskonzentration als krebserzeugend von 0,1 Gew.-% zu beachten.

4.8

Krebsrichtlinie

Die Krebsrichtlinie 2004/37/EG [11] beinhaltet zusätzliche Maßnahmen für krebserzeugende oder erbgutverändernde Stoffe der Kategorie 1 oder 2 gemäß den Einstufungsgrundsätzen der Stoffrichtlinie. Fortpflanzungsgefährdende als auch die Stoffe der Kategorie 3 unterliegen nicht den Vorschriften dieser Richtlinie.

Gemäß dem Grundsatz der Krebsrichtlinie ist die Substitution von krebserzeugenden und erbgutverändernden Stoffen durch Stoffe, die keine oder kleinere Risiken für die Gesundheit der Beschäftigten bewirken, prioritär durchzuführen. Grundsätzliche Ausführungen zur Substitution finden sich in Abschnitt 3.2.3. Ist eine Substitution technisch nicht möglich, sind die Stoffe in geschlossenen Systemen einzusetzen. Die zusätzlichen Schutzmaßnahmen entsprechen weitgehend dem traditionellen Ansatz des Arbeitsschutzes.

Für Stoffe im Anwendungsbereich der Krebsrichtlinie werden keine indikativen, sondern bindende Arbeitsplatzgrenzwerte festgelegt, siehe Abschnitt 3.3.2.

Die Krebsrichtlinie wird zurzeit in den Gremien der Kommission intensiv beraten, die Verabschiedung der novellierten Richtlinie mit gleichzeitigem Bezug auf die CLP-VO ist für 2013/2014 zu erwarten, grundlegende Neuerungen sind nicht vorgesehen. Parallel hierzu werden für insgesamt 26 krebserzeugende Stoffe und Stoffgruppen Arbeitsplatzgrenzwerte diskutiert.

Anhang I listet Stoffe und Verfahren auf, die als krebserzeugend oder erbgutverändernd anzusehen sind:

- 1) Herstellung von Auramin.
- 2) Arbeiten, bei denen die betreffenden Arbeitnehmer polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ausgesetzt sind, die in Steinkohlenruß, Steinkohlenteer oder Steinkohlenpech vorhanden sind.
- 3) Arbeiten, bei denen die betreffenden Arbeitnehmer Staub, Rauch oder Nebel beim Rösten oder bei der elektrolytischen Raffination von Nickelmatte ausgesetzt sind.
- 4) Starke-Säure-Verfahren bei der Herstellung von Isopropylalkohol.
- 5) Arbeiten, bei denen die betreffenden Arbeitnehmer Hartholzstäuben ausgesetzt sind.

Seit Anfang 2007 sind diese Tätigkeiten in TRGS 906 [40] aufgenommen, desgleichen eine Liste von Hartholzarten, deren Stäube ebenfalls als krebserzeugend beim Menschen anzusehen sind.

Die „Praktischen Empfehlungen für die Gesundheitsüberwachung von Arbeitnehmern“ von **Anhang II** beschreiben einige, nicht bedeutsame Konkretisierungen von Artikel 14 Abs. 7.

4.9

Verordnung 689/2008/EG

EG-VO 689/2008 [44] regelt die Ein- und Ausfuhr gefährlicher Chemikalien, Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel und basiert auf dem **Rotterdam Übereinkommen**, das am 24. Februar 2004 in Kraft getreten ist. Zur Zeit sind über 111 Staaten dem Übereinkommen beigetreten.

Zentrales Anliegen des Rotterdamer Übereinkommens ist zu gewährleisten, dass Staaten, die gefährliche Chemikalien importieren, ausreichende Informationen über die gefährlichen Eigenschaften und die notwendigen Maßnahmen erhalten. Es ist nicht grundsätzlich verboten die dem Übereinkommen unterliegenden Chemikalien auszuführen, sie werden vielmehr einem qualifizierten Informations- und Notifizierungssystem unterworfen: dem Verfahren der vorherigen Zustimmung nach Inkenntnissetzung (PIC: Prior Informed Consent), daher wird es auch als **PIC-Übereinkommen** bezeichnet. Der Export in ein Land, das dem PIC-Übereinkommen beigetreten ist, ist erst zulässig, wenn der betroffene Staat seine Zustimmung zur Einfuhr erteilt hat.

Ausgenommen von der Verordnung sind

- Suchtstoffe und psychotrope Substanzen,
- radioaktive Stoffe,
- Abfälle, die unter die Richtlinie 75/442/EWG fallen,
- chemische Waffen, geregelt in Verordnung 1334/2000,

- Lebensmittel und Lebensmittelzusätze gemäß Richtlinie 89/397/EWG,
- Futtermittel, die unter die Verordnung (EG) Nr. 178/2002 fallen,
- genetisch veränderte Organismen gemäß Richtlinie 2001/18/EG,
- Arzneimittel und Tierarzneimittel nach Richtlinie 2001/83/EG sowie
- Chemikalien für Forschungs- oder Analysezwecke in Mengen bis 10 kg.

Die Verordnung hat insgesamt sechs Anhänge, Anhang I enthält drei Stofflisten, für die unterschiedliche Beschränkungen und Verbote existieren.

Gemäß den grundlegenden Vorschriften der PIC-Verordnung muss die nationale Behörde vor dem erstmaligen Export von Stoffen, die im Anhang I, siehe Tabelle 4.4, aufgeführt sind, mindestens 30 Tage vor der Ausfuhr unterrichtet werden. Hierfür sind die Angaben und die Anforderungen von Anhang III zu beachten.

Bei wiederholter Ausfuhr muss eine Anzeige jeweils 15 Tage vor dem Export erfolgen. Die in Anhang I Nr. 2 oder 3 aufgeführten Chemikalien dürfen nur ausgeführt werden, wenn eine ausdrückliche Zustimmung zur Einfuhr beantragt wurde und eine Zustimmung sowohl der deutschen nationalen Behörde als auch der des Bestimmungslandes vorliegt.

„**Verbotene Chemikalien**“ werden in Artikel 3 Nr. 9 definiert als Chemikalien,

- deren Verwendung für alle Zwecke innerhalb einer oder mehrerer Kategorien oder Unterkategorien aus Gesundheits- oder Umweltschutzgründen durch unmittelbar geltende Rechtsvorschriften der Gemeinschaft verboten ist, oder
- für deren erstmalige Verwendung die Zulassung verweigert worden ist oder die von der Industrie entweder in der Gemeinschaft vom Markt genommen oder von einer weiteren Berücksichtigung bei einem Notifikations-, Registrierungs- oder Genehmigungsverfahren zurückgezogen worden sind, wobei erkenntlich sein muss, dass die betreffende Chemikalie Bedenken hinsichtlich der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt verursacht.

„**Strengen Beschränkungen** unterliegende Chemikalien“ sind in Nr. 10 definiert als:

- a) Chemikalien, deren Verwendung innerhalb einer oder mehrerer Kategorien oder Unterkategorien für praktisch alle Zwecke aus Gesundheits- oder Umweltschutzgründen durch unmittelbar geltende Rechtsvorschriften verboten, für bestimmte Verwendungen jedoch zugelassen ist, oder
- b) Chemikalien, für deren Verwendung für praktisch alle Zwecke die Zulassung verweigert worden ist oder die von der Industrie entweder in der Gemeinschaft vom Markt genommen oder von einer weiteren Berücksichtigung bei einem Notifikations-, Registrierungs- oder Genehmigungsverfahren zurückgezogen worden sind, wobei erkenntlich sein muss, dass die betreffende Chemikalie Bedenken hinsichtlich der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt verursacht.

Tabelle 4.4 Tabelle 1 der PIC-Verordnung (verkürzt).

Chemikalie	CAS-Nr.	Unterkategorie	Beschränkung	Liste
1,1,1-Trichlorethan	71-55-6	i(2)	b	2
1,2-Dibromethan	106-93-4	P(1)	b	2
1,2-Dichlorethan (Ethylidendichlorid)	107-06-2	P(1)	b	2
		I(2)	b	
2-Naphthylamin und seine Salze ⁺	91-59-8	i(1)	b	2
		i(2)	b	
2,4,5-T	93-76-5			3
4-Aminobiphenyl und seine Salze	92-67-1	i(1)	b	2
4-Nitrobiphenyl ⁺	92-92-3	i(1)	b	2
		i(2)	b	
Arsenverbindungen		p(2)	sr	
Asbestfasern		i(1) – i(2)	b - b	2
Azinphos-ethyl	2642-71-9	p(1)	b	
Benzol	71-43-2	i(2)	sr	
Benzidin und seine Salze, Benzidinderivative	92-87-5	(1) - i(2)	sr - b	2
Binapacryl [#]	485-31-4	p(1)	b	3
		i(2)	b	
Cadmium und Cadmiumverbindungen	7440-43-9	i(1)	sr	
Captafol [#]	2425-06-1	p(1) - p(2)	b - b	3
Kohlenstofftetrachlorid	56-23-5	i(2)	b	
Chlordimeform [#]	6164-98-3			3
Chlorfenapyr	122453-73-0	p(1)	b	2
Chlorbenzilat [#]	510-15-6			3
Chloroform	67-66-3	i(2)	b	
Chlozolinat ⁺	84332-86-5	p(1)	b	2
Kreosot und mit Kreosot verwandte Stoffe	8001-58-9	i(2)	b	
Cyhalothrin	68085-85-8	p(1)	b	
DBB (Di- μ -oxo-di-nbutyl- stanniohydroxyboran)	75113-37-0	i(1)	b	
Dicofol mit < 1g/kg DDT und mit DDT verwandte Verbindungen	115-32-2	p(1)	b	2
Dinoseb, Acetate und Salze	88-85-7	p(1)	b	3
		i(2)	b	
Dinoterb	1420-07-1	p(1)	b	2
DNOC	534-52-1	p(1)	b	2
Endrin	72-20-8	P	B	2
Ethylenoxid (Oxiran)	75-21-8	p(1)	b	3
Fentinacetat	900-95-8	p(1)	b	2
Fentinhydroxid	76-87-9	p(1)	b	2
Fenvalerat	51630-58-1	p(1)	b	
Ferbam	14484-64-1	p(1)	b	
Fluoracetamid	640-19-7			3
HCH mit weniger als 99,0 % des Gammaisomers	608-73-1	b		3
Hexachlorethan	67-72-1	i(1)	sr	
Lindan (c-HCH) [#]	58-89-9	p(1)	b	3

Tabelle 4.4 (Fortsetzung)

Chemikalie	CAS-Nr.	Unterkategorie	Beschränkung	Liste
a) Maleinhydrazid und seine Salze außer Cholin, Kalium- und Natriumsalze	123-33-1	p(1)	b	
b) Cholin, Kalium- und Natriumsalze von Maleinhydrazid mit über 1 mg/kg freiem Hydrazin	1542-52-0			
Quecksilberverbindungen	-	p(1) - p(2)	b - sr	3
Methamidophos	10265-92-6			3
Methylparathion	298-00-0			3
Monocrotophos	6923-22-4			3
Monolinuron	1746-81-2	p(1)	b	
Monomethyldibromdiphenylmethan DBBT	99688-47-8	i(1)	b	2
Monomethyldichlordiphenylmethan Ugilec 121 oder 21	400-140-6	i(1) . i(2)	b . b	2
Monomethyltetrachlordiphenylmethan, Ugilec 141	76253-60-6	i(1) . i(2)	b . b	2
Nitrofen	1836-75-5	p(1)	b	2
Parathion	56-38-2	p(1)	b	2
Pentachlorphenol	87-86-5			3
Permethrin	52645-53-1	p(1)	b	
Phosphamidon	13171-21-6			
Polybromierte Biphenyle PBB		i(1)	sr	3
Polychlorierte Terphenyle (PCT)	61788-33-8	i(1)	b	3
Propham	122-42-9	p(1)	b	
Pyrazophos	13457-18-6	p(1)	b	2
Quintozen	82-68-8	p(1)	b	2
Tecnazen	117-18-0	p(1)	b	2
Zinnorganische Dreifachverbindungen		p(2)	sr	
		i(2)	sr	
Tris (2,3-dibrompropyl) phosphat	126-72-7	i(1)	sr	3
Tri(aziridin-1-yl) phosphinoxid	545-55-1	i(1)	sr	
Zineb	12122-67-7	p(1)	b	

Chemikalie, die dem PIC-Verfahren teilweise oder vollständig unterliegt

+ Chemikalie, die Kandidat für die PIC-Notifikation ist

Gemäß dieser Unterteilung wird zwischen Pestiziden und Chemikalien unterschieden, die Unterkategorien sind:

p(1): Pflanzenschutzmittel

p(2): sonstige Pestizide, einschließlich Biozide

i(1): Industriechemikalie zur Verwendung durch Fachleute

i(2): Industriechemikalie zur Verwendung durch die Öffentlichkeit

Folgende Beschränkungen werden unterschieden:

Sr: strenge Beschränkungen

b: Verbot (in der betreffenden Unterkategorie / den betreffenden Unterkategorien) gemäß dem Gemeinschaftsrecht.

In Ergänzung zum PIC-Übereinkommen wurden in der EG-Verordnung weitere Stoffe in den Regelungsbereich aufgenommen. Der Geltungsbereich umfasst zur Zeit

- 38 Stoffe, Stoffgemische oder Stoffgruppen, die dem PIC-Verfahren gemäß dem Rotterdamer Übereinkommen unterliegen, zusammengefasst in Anhang Teil 3 der PIC-Verordnung; diese Stoffe sind in Tabelle 4.4 in der Spalte „Liste“ mit 3 bezeichnet und zur besseren Übersicht in Tabelle 4.5 separat aufgelistet,
- 49 Stoffe sind Kandidaten für die PIC-Verordnung, in Tabelle 4.4 in Spalte „Liste“ mit 2 gekennzeichnet,
- 71 Stoffe unterliegen zusätzlich der Ausfuhrnotifikation.

In Liste 1 im Anhang I der PIC-Verordnung ist eine Gesamtliste der Chemikalien aufgeführt unter Nennung ihrer Unterkategorie und der Beschränkung, die unter die Verordnung fällt. Tabelle 4.4 gibt diese Liste verkürzt wieder.

Gemäß Anhang V bestehen Ausfuhrverbote für

- persistente organische Schadstoffe (POP):
 - Aldrin (CAS-Nr. 309-00-2)
 - Chlordan (CAS-Nr. 57-74-9)
 - Dieldrin (CAS-Nr. 60-57-1)
 - DDT (CAS-Nr. 50-29-3)
 - Endrin (CAS-Nr. 72-20-8)
 - Heptachlor (CAS-Nr. 76-44-8)
 - Hexachlorbenzol (CAS-Nr.118-74-1)
 - Mirrex (CAS-Nr. 2385-85-5)
 - PCB
 - Chlordecon (CAS-Nr. 143-50-0)
 - Pentachlorbenzol (CAS-Nr. 608-93-5)
 - Hexabrombiphenyl (CAS-Nr.36355-01-8)
 - Hexachlorcyclohexan (HCH), einschließlich Lindan
 - Tetrabromdiphenylether (CAS-Nr. 40088-47-9 und weitere)
 - Pentabromdiphenylether (CAS-Nr.32534-81-9 und weitere)
 - Hexabromdiphenylether (CAS-Nr.36483-60-0 und weitere)
 - Heptabromdiphenylether (CAS-Nr. 68925-80-3 und weitere)

Tabelle 4.5 Stoffe, die dem Rotterdamer Übereinkommen unterliegen.

Stoff	CAS-Nr	Kategorie
2,4,5-T	93-76-5	Pestizid
Aldrin (*)	309-00-2	Pestizid
Binapacryl	485-31-4	Pestizid
Captafol	2425-06-1	Pestizid
Chlordan (*)	57-74-9	Pestizid
Chlordimeform	6164-98-3	Pestizid
Chlorbenzilat	510-15-6	Pestizid
DDT (*)	50-29-3	Pestizid
Dieldrin (*)	60-57-1	Pestizid
Dinoseb und Dinosebalsze	88-85-7	Pestizid
1,2-Dibromethan (EDB)	106-93-4	Pestizid
Ethylendichlorid	107-06-2	Pestizid
Ethylenoxid	75-21-8	Pestizid
Fluoracetamid	640-19-7	Pestizid
HCH (gemischte Isomere)	608-73-1	Pestizid
Heptachlor (*)	76-44-8	Pestizid
Hexachlorbenzol (*)	118-74-1	Pestizid
Lindan	58-89-9	Pestizid
Quecksilberverbindungen (anorganisch, Alkyl-, Alkyloxyalkyl- und Arylquecksilberverbindungen)		Pestizid
Pentachlorphenol	87-86-5	Pestizid
Toxaphen (*)	8001-35-2	Pestizid
Methamidophos	10265-92-6	Sehr gefährliche Pestizidformulierung
Methylparathion	298-00-0	Sehr gefährliche Pestizidformulierung
Monocrotophos	6923-22-4	Sehr gefährliche Pestizidformulierung
Parathion	56-38-2	Sehr gefährliche Pestizidformulierung
Phosphamidon	13171-21-6	Sehr gefährliche Pestizidformulierung
Krokydolith	12001-28-4	Industriechemikalie
Polybromierte Biphenyle (PBB)	36355-01-8	Industriechemikalie
Polychlorierte Biphenyle (PCB) (*)	1336-36-3	Industriechemikalie
Polychlorierte Terphenyle (PCT)	61788-33-8	Industriechemikalie
Tris (2,3-dibrompropyl) phosphat	126-72-7	Industriechemikalie

(*) Diese Stoffe unterliegen einem Ausfuhrverbot gemäß den Bestimmungen von Artikel 14 Absatz 2 und Anhang V der PIC-Verordnung.

- sowie für die folgenden Stoffe:
 - quecksilberhaltige kosmetische Seifen
 - metallisches Quecksilber und Gemische aus metallischem Quecksilber und anderen Stoffen, einschließlich Quecksilberlegierungen mit einer Quecksilberkonzentration von mindestens 95 Massenprozent
 - Quecksilberverbindungen, ausgenommen zu Zwecken der Forschung und Entwicklung, Medizin und Analyse ausgeführte Verbindungen

4.10

Verordnung 3677/90/EWG

Die Verordnung 3677/90/EWG [45] „Maßnahmen gegen die Abzweigung bestimmter Stoffe zur unerlaubten Herstellung von **Suchtstoffen und psychotropen Substanzen**“ regelt sowohl Stoffe mit derartigen Wirkungen als auch Ausgangsstoffe zu ihrer Synthese. Der Import, Export als auch der Transit der im Anhang der Verordnung aufgeführten Stoffe muss exakt dokumentiert werden.

Nur mit Erlaubnis der zuständigen Behörde dürfen ausgeführt werden:

- 1-Phenyl-2 propanon,
- Acetylanthrani.lsäure,
- Isosafrole (cis + trans),
- 3,4-Methylenedioxyphenylpropan-2-on,
- Piperonal,
- Safrol,
- Ephedrin,
- Pseudoephedrin,
- Norephedrin,
- Ergometrin,
- Ergotamin und
- Lysergsäure.

Einer Ausfuhrerlaubnis in Länder, in denen eine unerlaubte Herstellung von Drogen oder psychotropen Stoffen bekannt ist, wird benötigt für:

- Kaliumpermanganat,
- Essigsäureanhydrid,
- Phenyllessigsäure,
- Anthranilsäure und
- Piperidin.

In Länder, die unerlaubt Heroin oder Kokain herstellen, dürfen nicht ausgeführt werden:

- Salzsäure,
- Schwefelsäure,
- Toluol,
- Ethylether,
- Aceton und
- Methylethylketon (MEK).

4.11

Verordnung 2037/2000/EG

Die „Verordnung über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen“ 2037/2000/EG [46] wurde verabschiedet, um das **Montrealer Abkommen** zur Reduzierung der Stoffe, die die Ozonschicht schädigen, in europäisches Recht zu überführen.

Die Herstellung dieser Stoffe ist grundsätzlich verboten, desgleichen sind strenge Vorschriften bei Entsorgung und Recycling zu beachten. Die regulierten Stoffe sind in Abhängigkeit ihrer chemischen Zusammensetzung in neun Gruppen unterteilt:

- Gruppe 1: Chlorfluorokohlenwasserstoffe (CFC),
- Gruppe 2: andere vollständig halogenierte Chlorfluorkohlenwasserstoffe,
- Gruppe 3: Halone
- Gruppe 4: Kohlenstofftetrachlorid
- Gruppe 5: 1,1,1-Trichloroethan
- Gruppe 6: Methylbromid
- Gruppe 7: Bromfluorokohlenwasserstoffe,
- Gruppe 8: Chlorfluorokohlenwasserstoffe und
- Gruppe 9: Chlorbrommethan.

Auf die weitere Diskussion der Verordnung wird verzichtet, da diese halogenierten Verbindungen nur noch eine sehr begrenzte Bedeutung besitzen.

4.12

Die POP-Verordnung

Mit der Verordnung über persistente organische Schadstoffe 850/2004/EG [47] wurde das **Stockholmer Übereinkommen** über persistente organische Schadstoffe (POP: persistent organic pollutants) in das europäische Recht übernommen. Die in Anhang I der Verordnung aufgeführten Stoffe dürfen weder hergestellt, verwendet noch in Verkehr gebracht werden, unabhängig ob als Stoff, in Gemischen oder in Artikeln, siehe Tabelle 4.6. Ausnahmen gelten für Forschung und Entwicklung.

Für die folgenden Stoffe müssen die Mitgliedsstaaten ein Emissionskataster erstellen:

- polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF),
- Hexachlorbenzol (HCB),
- Polychlorierte Biphenyle (PCB) und
- polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).

Verunreinigungen sind mit vernünftigerweise möglichen Maßnahmen bei Herstellung und Verwendung der in Tabelle 4.6 aufgeführten Stoffe zu vermeiden.

Tabelle 4.6 Chemikalien, die ohne Ausnahmen gemäß Anhang I der Verordnung 850/2004/EG verboten sind.

Chemikalie	CAS-Nr.	EC-Nr.	Erläuterung
Aldrin	309-00-2	206-215-8	-
Chlordan	57-74-9	200-349-0	-
Dieldrin	60-57-1	200-484-5	-
Endrin	72-20-8	200-775-7	-
Heptachlor	76-44-8	200-962-3	-
Hexachlorbenzol	118-74-1	200-273-9	-
Mirex	2385-85-5	219-196-6	-
Toxaphen	8001-35-2	232-283-3	-
polychlorierte Biphenyle (PCB)	1336-36-3 u. a.	215-648-1 u. a.	1)
DDT (1,1,1-Trichlor-2,2-bis(4-chlorphenyl)ethan)	50-29-3	200-024-3	2)
Chlordecon	143-50-0	205-601-3	-
Hexabrombiphenyl	36355-01-8	252-994-2	-
HCH, einschließlich Lindan	608-73-1	210-168-9	3)

Abfälle, die diese Stoffe enthalten, müssen so behandelt werden, dass die POP-Verbindungen zerstört werden.

Im Anhang V der Verordnung werden Abfallschlüssel aufgelistet, die der besonderen Überwachung gemäß Artikel 7 unterliegen. Mit EG-Verordnung 127/2007/EG [48] wurde Anhang V umfassend fortgeschrieben. Aufgrund der umfangreichen Liste wird auf die Wiedergabe verzichtet.

5

Deutsche Regelungen

Wie bereits einführend ausgeführt, basieren die nationalen staatlichen Vorschriften zu Chemikalien weitestgehend auf entsprechenden Richtlinien der EU. Da auf Grundlage von Artikel 137 des EG-Vertrages erlassene Richtlinien nur den Mindeststandard festlegen, können bei der nationalen Überführung schärfere Vorschriften erlassen werden. Hiervon wird zurzeit bei den Vorschriften zum stofflichen Arbeitsschutz ausgiebig Gebrauch gemacht. Inhaltliche Änderungen sind bei der Übernahme von EG-Richtlinien nach Artikel 95 des EG-Vertrages nicht zulässig, daher werden diese häufig durch gleitende Verweise unmittelbar referenziert. Diese Vorgehensweise ist gesetzestechnisch einfach und plausibel, erschwert es aber insbesondere Klein- und Mittelständigen Unternehmen (KMU) die geltenden Vorschriften nachzuvollziehen, da diese nur noch im europäischen Gesetzesblatt abgedruckt werden.

5.1

Das Chemikaliengesetz

Am 01.01.1982 ist das „Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen“ (Chemikaliengesetz, abgekürzt ChemG) [1] in Kraft getreten. Die derzeit gültige Fassung wurde 2008 verabschiedet und als Folge von REACH [2] und der CLP-VO [3] mehrfach novelliert.

5.1.1

Aufbau des Chemikaliengesetzes

Ziel des Chemikaliengesetzes [1] ist nach § 1

„Menschen und die Umwelt vor schädlichen Einwirkungen gefährlicher Stoffe und Zubereitungen zu schützen, insbesondere sie erkennbar zu machen, sie abzuwenden und ihrem Entstehen vorzubeugen“.

Das Chemikaliengesetz ist in acht Abschnitte untergliedert:

- 1) Zweck, Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen
- 2) Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 und der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008
 - 2a Zulassung von Biozidprodukten
- 3) Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung
- 4) Mitteilungspflichten
- 5) Ermächtigung zu Verboten und Beschränkungen sowie zu Maßnahmen zum Schutz von Beschäftigten
- 6) Gute Laborpraxis
- 7) Allgemeine Vorschriften
- 8) Schlussvorschriften
 - Anhang 1: Grundsätze der Guten Laborpraxis (GLP)
 - Anhang 2: GLP-Bescheinigung

Die Begriffsbestimmungen unterscheiden sich nicht grundsätzlich von denen der REACH- und CLP-Verordnung.

Die folgenden Begriffe sind nicht in den europäischen Vorschriften definiert:

Inverkehrbringen: die Abgabe an Dritte oder die Bereitstellung für Dritte; das Verbringen in den Geltungsbereich dieses Gesetzes gilt als Inverkehrbringen, soweit es sich nicht lediglich um einen Transitverkehr nach Nummer 8 zweiter Halbsatz handelt.

Verwenden: Gebrauchen, Verbrauchen, Lagern, Aufbewahren, Be- und Verarbeiten, Abfüllen, Umfüllen, Mischen, Entfernen, Vernichten und innerbetriebliches Befördern.

5.1.2

Bewertungsstelle für Chemikalien

Im 2. Abschnitt werden in den §§ 4 bis 10 die Aufgaben und Rechte der unterschiedlichen Bundesoberbehörden zur Durchführung der REACH-VO [2] und CLP-VO [3] festgelegt. Als Bundesstelle für Chemikalien ist in Umsetzung der REACH-VO die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) zuständig, die in dieser Funktion der Fachaufsicht des Umweltministeriums (BMU) unterliegt, obwohl sie als Bundesoberbehörde dem Arbeits- und Sozialministerium (BMAS) untersteht. Weitere Bewertungsstellen sind

- das Umweltbundesamt (UBA) als Bewertungsstelle Umwelt,
- das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) als Bewertungsstelle Gesundheit und Verbraucherschutz und

- die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) als Bewertungsstelle für Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten.

Die Bundesstelle für Chemikalien ist zuständig

- für Stellungnahmen zu Entscheidungsentwürfen der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) nach Artikel 9 Abs. 8 der REACH-VO,
- als Behörde Deutschlands bei der Bewertung nach Titel VI der Verordnung,
- für die Mitwirkung an der Ermittlung von in Artikel 57 genannten Stoffen nach Artikel 59 REACH-VO und
- für die Mitwirkung an der harmonisierten Einstufung und Kennzeichnung nach Artikel 37 der CLP-VO.

Weitere Detailaufgaben listet § 5 ausführlich auf. § 8 legt fest, dass die nationale Auskunftsstelle nach Artikel 124 REACH-VO keine Gebühren für ihre Auskunftstätigkeit verlangt, diese ist ebenfalls bei der Bundesstelle für Chemikalien angesiedelt.

5.1.3

Zulassung von Biozidprodukten

Mit der EG-Biozid-Verordnung 582/2012/EG [4] vom 27.06.2012 wurde die Biozid-Richtlinie 98/8/EG [4] mit Wirkung zum 01.09.2013 außer Kraft gesetzt. Zur Zeit der Drucklegung liegt der Entwurf zur Änderung des Chemikaliengesetzes vor, da mit der Biozid-Verordnung keine nationalen Regelungen mehr zulässig sind, daher ist die Inkraftsetzung ebenfalls für den 01.09.2013 vorgesehen. Im Folgenden wird daher primär auf die Biozid-Verordnung und auf das geänderte Chemikaliengesetz Bezug genommen.

Die bisher in § 3 aufgeführten Begriffsbestimmungen werden dann durch Verweis auf Artikel 3 der Biozid-Verordnung ersetzt. Diese definiert wichtige Begriffe wie folgt:

Biozidprodukt

- jeglicher Stoff oder jegliches Gemisch in der Form, in der er/es zum Verwender gelangt und der/das aus einem oder mehreren Wirkstoffen besteht, diese enthält oder erzeugt, der/das dazu bestimmt ist, auf andere Art als durch bloße physikalische oder mechanische Einwirkung Schadorganismen zu zerstören, abzuschrecken, unschädlich zu machen, ihre Wirkung zu verhindern oder sie in anderer Weise zu bekämpfen;
- jeglicher Stoff oder jegliches Gemisch, der/das aus Stoffen oder Gemischen erzeugt wird, die selbst nicht unter den ersten Gedankenstrich fallen und der/das dazu bestimmt ist, auf andere Art als durch bloße physikalische oder mechanische Einwirkung Schadorganismen zu zerstören, abzuschrecken,

unschädlich zu machen, ihre Wirkung zu verhindern oder sie in anderer Weise zu bekämpfen.

Biozidprodukte dienen gemäß EG-Biozidverordnung dazu Schadorganismen auf biologischem oder chemischem Wege

- zu zerstören,
- abzuschrecken,
- unschädlich zu machen,
- Schädigungen durch sie zu verhindern oder
- sie in anderer Weise zu bekämpfen.

Ein **Wirkstoff** ist ein Stoff oder Mikroorganismus, der eine Wirkung auf oder gegen Schadorganismen entfaltet.

Ein **bedenklicher Stoff** ist jeder Stoff, der kein Wirkstoff ist, der aber aufgrund seiner Beschaffenheit nachteilige Wirkungen auf Mensch, Tier oder Umwelt haben kann und in einem Biozidprodukt in hinreichender Konzentration enthalten ist oder entsteht, um eine solche Wirkung hervorzurufen; dies ist in der Regel der Fall bei einem gefährlichen Stoff oberhalb der Einstufungskonzentration.

Schadorganismen sind Organismen, die für den Menschen, seine Tätigkeiten oder für Produkte, die er verwendet oder herstellt, oder für Tiere oder die Umwelt unerwünscht oder schädlich sind.

Wirkstoffe können nach Artikel 4 der EG-Biozidverordnung für höchstens zehn Jahren zugelassen werden, wenn die Voraussetzung zur Genehmigung erfüllt sind. Die Genehmigung wird auf die Produktarten begrenzt, für die gemäß Artikel 6 die geforderten Daten vorgelegt wurden.

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen einer

- nationalen Zulassung – gemäß Chemikaliengesetz ist hierfür die Bundesstelle für Chemikalien verantwortlich,
- einer Unionszulassung, die von der EG-Kommission erteilt wird, und
- einer Zulassung nach dem vereinfachten Verfahren nach § 26 der EG-Biozidverordnung.

Biozidprodukte dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie von der nationalen Zulassungsstelle oder von der EG-Agentur als Unionszulassung genehmigt wurden. Das Verfahren ist in Artikel 17ff der EG-Biozidverordnung geregelt.

Die Zulassung wird auf maximal zehn Jahre befristet. Eine erneute Zulassung setzt einen Neuantrag voraus, der spätestens ein Jahr vor Ablauf gestellt werden muss.

Eine Zulassung für ein Biozidprodukt wird erteilt, wenn der Wirkstoff

- für die beantragte Produktart zugelassen ist,
- hinreichend wirksam ist,
- keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Zielorganismen hat, (keine unannehmbaren Resistenzen oder Kreuzresistenzen, bei Wirbeltieren keine vermeidbaren Leiden oder Schmerzen verursacht),
- keine unmittelbaren oder mittelbaren unannehmbaren Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch oder Tier hat sowie
- keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt hat.

Ein Biozidprodukt kann nach dem **vereinfachten Zulassungsverfahren** gemäß Artikel 25 erteilt werden, wenn

- alle darin enthaltenden Wirkstoffe in Anhang I der EG-Biozidverordnung aufgelistet sind,
- kein bedenklicher Stoff sowie
- kein Nanomaterial enthalten ist und
- bei der Handhabung keine persönliche Schutzausrüstung benötigt wird.

Anhang I enthält folgende Stoffe:

Milchsäure, Natriumacetat, Natriumbenzoat, +-Weinsäure, Essigsäure, Propionsäure, Ascorbinsäure, Leinsamenöl, Lavendelöl, Pfefferminzöl, Oct-1-en-3-ol, Pheromon der Kleidermotte, Kohlendioxid Stickstoff, (Z,E)-Tetradeca-9,12,-dienylacetat, Baculovirus, Bentonit, Citronellal und Eisensulfat.

Für den privaten Endverbraucher vorgesehene Biozidprodukte dürfen nicht zugelassen werden, wenn diese eingestuft sind als giftig, sehr giftig, krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend, jeweils in Kategorie 1 oder 2.

Wird für Biozidprodukte geworben, muss deutlich vom übrigen Text abgehoben aufgeführt werden:

„Biozide sicher verwenden. Vor Gebrauch stets Kennzeichnung und Produktinformation lesen“.

Verharmlosende Angaben wie ungiftig, unschädlich, als auch „Biozidprodukte mit niedrigem Risikopotenzial“, sind nicht zulässig.

Biozidprodukte werden in 4 Hauptgruppen und 22 Produkttypen untergliedert:

- **Hauptgruppe 1: Desinfektionsmittel**
 - Produktart 1 Menschliche Hygiene
 - Produktart 2 Desinfektionsmittel und Algenbekämpfungsmittel, die nicht für eine direkte Anwendung bei Menschen und Tieren bestimmt sind
 - Produktart 3 Hygiene im Veterinärbereich
 - Produktart 4 Lebens- und Futtermittelbereich
 - Produktart 5 Trinkwasser
- **Hauptgruppe 2: Schutzmittel**
 - Produktart 6 Schutzmittel für Produkte während der Lagerung
 - Produktart 7 Beschichtungsschutzmittel
 - Produktart 8 Holzschutzmittel
 - Produktart 9 Schutzmittel für Fasern, Leder, Gummi und polymerisierte Materialien
 - Produktart 10 Schutzmittel für Baumaterialien
 - Produktart 11 Schutzmittel für Flüssigkeiten in Kühl- und Verfahrenssystemen
 - Produktart 12 Schleimbekämpfungsmittel
 - Produktart 13 Schutzmittel für Bearbeitungs- und Schneidflüssigkeiten
- **Hauptgruppe 3: Schädlingsbekämpfungsmittel**
 - Produktart 14 Rodentizide
 - Produktart 15 Avizide
 - Produktart 16 Bekämpfungsmittel gegen Mollusken und Würmer und Produkte gegen andere Wirbellose
 - Produktart 17 Fischbekämpfungsmittel
 - Produktart 18 Insektizide, Akarizide und Produkte gegen andere Arthropoden
 - Produktart 19 Repellentien und Lockmittel
 - Produktart 20 Produkte gegen sonstige Wirbeltiere
- **Hauptgruppe 4: Sonstige Biozidprodukte**
 - Produktart 21 Antifoulingprodukte
 - Produktart 22 Flüssigkeiten für Einbalsamierung und Taxidermie

Im Rahmen des Zulassungsverfahrens entscheidet die Zulassungsstelle über den zulässigen Verwendungszweck sowie über die Verwenderkategorie. Die Zulassung kann mit Auflagen und zeitbefristet erteilt werden.

Beim Zulassungsantrag ist die Verwendungskategorie anzugeben:

- industriell,
- berufsmäßig oder
- nicht berufsmäßig.

5.1.4

Mitteilungspflichten

Gemäß § 16e des Chemikaliengesetzes müssen dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) vor dem ersten Inverkehrbringen von

- gefährlichen Gemischen und Biozidprodukten mitgeteilt werden:
 - der Handelsname,
 - Angaben über die Zusammensetzung,
 - die Kennzeichnung,
 - Hinweise zur Verwendung sowie
 - Empfehlungen über Vorsichtsmaßnahmen beim Verwenden und Sofortmaßnahmen bei Unfällen.

Werden Produktänderungen vorgenommen, die für die Behandlung von Erkrankungen von Bedeutung sein können, müssen die Angaben aktualisiert werden.

Im Gegensatz zur bisherigen Regelung ist die Mitteilungspflicht nicht auf Gemische mit akuten Gesundheitsgefahren beschränkt, sondern auf alle Einstufungsmerkmale ausgedehnt, einschließlich physikalisch-chemischer Eigenschaften.

Ärzte, die zur Behandlung oder zur Beurteilung der Folgen einer Erkrankung hinzugezogen werden, bei denen zumindest ein Verdacht auf Einwirkung von

- gefährlichen Stoffen,
- gefährlichen Gemischen,
- Erzeugnissen, die gefährliche Stoffe oder Gemische freisetzen oder enthalten sowie von
- Biozidprodukten

besteht, müssen dem BfR den Stoff oder das Gemisch, Alter und Geschlecht des Patienten, den Expositionsweg, die aufgenommene Menge und die festgestellten Symptome mitteilen.

Bei Biozidprodukten muss der Antragsteller oder der Inhaber einer Zulassung oder bei Registrierung nach §16f, die BAuA über

- 1) Änderungen gegenüber den im Zusammenhang mit der Antragstellung mitgeteilten Angaben und vorgelegten Unterlagen,
- 2) neue Erkenntnisse über Auswirkungen der Wirkstoffe oder des Biozidprodukts auf Mensch oder Umwelt und
- 3) die von ihm selbst veranlasste Veröffentlichung von Angaben, die nach § 22 Abs. 2 als vertraulich zu kennzeichnen waren,

unverzüglich informieren.

5.1.5

Ermächtigungsgrundlagen

In § 17 Chemikaliengesetz wird die Bundesregierung ermächtigt, die Herstellung und Verwendung bestimmter Stoffe und Zubereitungen zu verbieten. Sowohl in der Chemikalien-Verbotsverordnung (Verbote des Inverkehrbringens) als auch in der Gefahrstoffverordnung (Herstellung und Verwendung) wurde von der Möglichkeit des Verbots Gebrauch gemacht. § 17 ermöglicht nicht nur das Verbot bestimmter Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, sondern stellt ebenso die gesetzliche Basis für die Anzeige und die Erlaubnis zum Inverkehrbringen dar. Ferner können zur Abgabe bestimmter Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse eine Sachkunde sowie weitere Einschränkungen bei der Abgabe verlangt werden. Diese Ermächtigung wird in der Chemikalien-Verbotsverordnung [5] umgesetzt.

Zum Schutz der Beschäftigten können nach § 19 spezielle Maßnahmen beim Umgang mit Gefahrstoffen erlassen werden, was in der Gefahrstoffverordnung [6] umgesetzt ist.

5.1.6

Verordnungen des Chemikaliengesetzes

Unterhalb der Normungsebene des Chemikaliengesetzes existieren eine Vielzahl von Verordnungen, die alle als Ermächtigungsgrundlage das Chemikaliengesetz haben. Abbildung 5.1 fasst alle Verordnungen zusammen.

Die **Gefahrstoffverordnung**, **Biostoffverordnung** und **Chemikalien-Verbotsverordnung** werden im Rahmen dieses Buches ausführlich behandelt.

Gemäß der **Verordnung über Stoffe, die die Ozonschicht schädigen** (Chemikalien-Ozonschichtverordnung – ChemOzonSchichtV) [7] ist in Umsetzung der EG-VO 1005/2009 [8] Verwendung, Lagerung, Inverkehrbringen, Installieren in Einrichtungen und Einstellen der Verwendung von in Anhang I der EG-VO aufgeführten Halonen, der Behörde schriftlich anzuzeigen. Die Halone müssen nach Verwendung zurückgewonnen werden, eine Freisetzung in die Atmosphäre ist nicht zulässig. Die Rückgewinnung darf nur von sachkundigen Personen mit der erforderlichen Zuverlässigkeit erfolgen, die über dazu notwendige Einrichtungen verfügen.

Die 94 aufgelisteten Halone, zuzüglich 5 neu aufgenommener Stoffe, werden in Anhang I der EG-VO 1005/2009 in Abhängigkeit ihres Fluor-Chlor-Brom-Wasserstoff-Kohlenstoff-Gehaltes in neun Gruppen unterteilt. Wegen der umfangreichen Stoffliste und der nur noch begrenzten Bedeutung wird auf die Wiedergabe der Liste verzichtet.

Die **Chemikalien-Klimaschutzverordnung** (ChemKlimaSchutzV) [9] verpflichtet die Betreiber ortsfester Anwendungen von Kälte- und Klimaanlage oder Wärmepumpen, einschließlich deren Kreisläufe sowie Brandschutzsysteme, die fluorierte Treibhausgase enthalten, die in Anhang I der EG-VO 842/2006 [10] aufgeführt

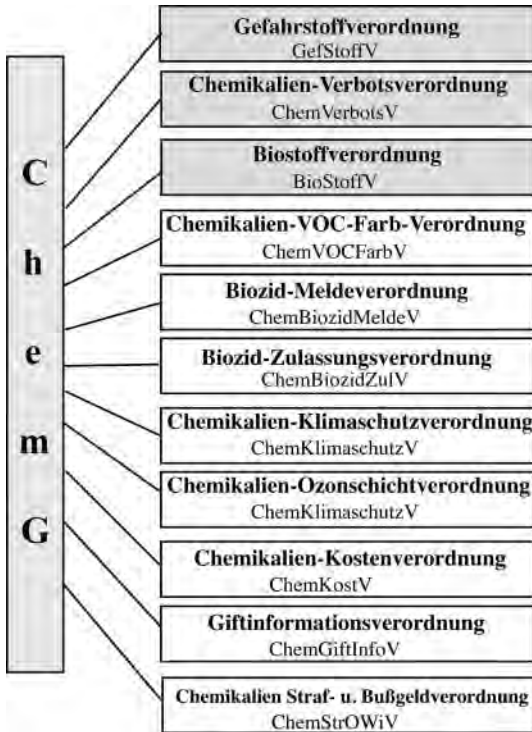


Abb. 5.1 Verordnungen des Chemikaliengesetzes

sind (siehe Tabelle 5.1), sicherzustellen, dass der spezifische Kältemittelverlust im Normalbetrieb die in § 3 Abs. 1 genannten Prozentsätze (in Abhängigkeit der Füllmenge und des Errichtungsdatums zwischen 2 und 8 %) nicht übersteigt. Die fluorierten Treibhausgase müssen unter Beachtung analoger Vorschriften wie bei der ChemOzonSchichtV zurückgewonnen werden.

Die **Verordnung über die Meldung von Biozidprodukten nach dem Chemikaliengesetz** (Biozid-Meldeverordnung, ChemBiozidMeldeV) [11] regelt das Registrierungsverfahren für Biozidprodukte nach Abschnitt IIa des Chemikaliengesetzes.

Die **Verordnung über die Mitteilungspflichten nach § 16e des Chemikaliengesetzes zur Vorbeugung und Information bei Vergiftungen** (Giftinformationsverordnung, ChemGiftInfoV) [12] beinhaltet die Mitteilungspflichten für die Informations- und Behandlungszentren für Vergiftungen. Die an das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) zu übermittelnden Daten werden ebenso geregelt wie die Mitteilungspflichten behandelnder Ärzte beim Vorliegen von durch Chemikalien ausgelösten Vergiftungssymptomen.

Die **Chemikalienrechtliche Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) durch Beschränkung des Inverkehrbringens lösemittelhaltiger Farben und Lacke** (Lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung – ChemVOCFarbV) [13] setzt die EU-Richtlinie 2004/42 [14] über die

Tabelle 5.1 Fluorierte Treibhausgase.

Fluoriertes Treibhausgas	Chem. Formel	Treibhauspotenzial
Schwefelhexafluorid	SF ₆	22 200
HFKW-23	CHF ₃	12 000
HFKW-32	CH ₂ F ₂	550
HFKW-41	CH ₃ F	97
HFKW-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	1 500
HFKW-125	C ₂ HF ₅	3 400
HFKW-134	C ₂ H ₂ F ₄	1 100
HFKW-134a	CH ₂ FCF ₃	1 300
HFKW-152a	C ₂ H ₄ F ₂	120
HFKW-143	C ₂ H ₃ F ₃	330
HFKW-143a	C ₂ H ₃ F ₃	4 300
HFKW-227ea	C ₃ HF ₇	3 500
HFKW-236cb	CH ₂ FCF ₂ CF ₃	1 300
HFKW-236ea	CHF ₂ CHFCF ₃	1 200
HFKW-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	9 400
HFKW-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	640
HFKW-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	950
HFKW-365mfc	CF ₃ CH ₂ CF ₂ CH ₃	890
Perfluormethan	CF ₄	5 700
Perfluorethan	C ₂ F ₆	11 900
Perfluorpropan	C ₃ F ₈	600
Perfluorbutan	C ₄ F ₁₀	8 600
Perfluorpentan	C ₅ F ₁₂	8 900
Perfluorhexan	C ₆ F ₁₄	9 000
Perfluorcylobutan	c-C ₄ F ₈	10 000

Begrenzung flüchtiger organischer Verbindungen (VOC: volatile organic compounds) aufgrund der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Farben und Lacken und in Produkten der Fahrzeugreparaturlackierung in nationales Recht um. Die in Anhang I der Verordnung aufgeführten

- Farben und Lacke zur Beschichtung von Gebäuden, ihren Bauteilen und dekorativen Bauelementen sowie
- Produkte für die Fahrzeugreparaturlackierung

mit einem Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen des gebrauchsfertigen Produkts oberhalb der in Anhang II festgelegten Grenzwerte dürfen nicht in den Verkehr gebracht werden.

Alle Produkte gemäß Anhang I müssen mit einem Etikett mit folgendem Inhalt versehen sein:

- Produktkategorie des gebrauchsfertigen Produktes und die entsprechenden Grenzwerte für flüchtige organische Verbindungen in g/l gemäß Anhang II;

- b) maximaler Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen des gebrauchsfertigen Produktes in g/l.

Die **Verordnung zur Durchsetzung gemeinschaftsrechtlicher Verordnungen über Stoffe und Zubereitungen** (Chemikalien Straf- und Bußgeldverordnung – ChemStrOWiV) [15] regelt Straftatbestände und Ordnungswidrigkeiten auf Grundlage entsprechender EU-Richtlinien. Straftatbestände sind u. a. das Herstellen, Inverkehrbringen, Importieren entgegen

- EG-VO 1005/2009 [8] (Verordnung über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen),
- EG-VO 842/2006 [10] über bestimmte fluorierte Treibhausgase oder
- EG-VO 850/2004 [16] über persistente organische Schadstoffe.

Ordnungswidrigkeiten existieren für die oben bezeichneten EG-VO sowie zusätzlich zur

- EG-VO 304/2003 [17] über die Aus- und Einfuhr gefährlicher Chemikalien.

Die **Verordnung über Kosten für Amtshandlungen der Bundesbehörden nach dem Chemikaliengesetz** (Chemikalien-Kostenverordnung – ChemKostV) [18] regelt die Kosten und Gebühren für die

- Zulassung von Biozidprodukten nach § 12c ChemG und für
- sonstige Amtshandlungen, wie z. B. GLP-Bescheinigungen.

Der Regelungsbereich der **Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen** (Biostoffverordnung – BioStoffV) [19] wird im Langtitel der Verordnung präzise beschrieben. Für eine detaillierte Besprechung, siehe Abschnitt 5.4.

5.2

Die Gefahrstoffverordnung

Die „**Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen**“, allgemein als „Gefahrstoffverordnung“ (abgekürzt „GefStoffV“) [6] bekannt, regelt die Arbeitsschutzvorschriften bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Die erste Fassung der Gefahrstoffverordnung ist am 1. Oktober 1986 in Kraft getreten und hat die bis dahin gültige „Arbeitsstoffverordnung“ abgelöst.

Mit der Gefahrstoffverordnung wurden die EG-Agenzienrichtlinie 98/24/EG [20] sowie die EG-Krebs-Richtlinie 2004/37/EG [21] in nationales Recht umgesetzt.

Umfangreiche Änderungen der Gefahrstoffverordnung sind in 2015 nach Ablauf der Übergangsfrist zur Einstufung und Kennzeichnung von Zubereitungen nach der CLP-Verordnung [3] geplant. Desgleichen müssen die zusätzlichen Vorschrif-

ten der REACH-VO [2] integriert werden. In einem Zwischenschritt werden in 2013 mehrere Detailänderungen eingeführt, wie z. B. die Integration des Risikokonzeptes nach BekGs 910 sowie der Meldepflichten nach § 14 Abs. 3 GefStoffV alternativ an die Zentrale Expositionsdatenbank (ZED).

Alle rechtlichen Vorschriften der Gefahrstoffverordnung basieren weiterhin auf der Definition gefährlicher Stoffe bzw. Zubereitung auf Basis der Stoffrichtlinie 67/548/EWG [22] bzw. der Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG [23]. Folgerichtig ist auch der Begriff Gefahrstoff gemäß der bisherigen Definition festgelegt. Die durch die GHS-Verordnung eingeführten Einstufungskriterien nach Gefahrenklassen wurden noch nicht übernommen. Daher zählen auch Stoffe / Zubereitungen, die lediglich metallkorrosiv sind, oder unter Druck stehende Gase, die keine sonstige gefährliche Eigenschaft besitzen, nicht zu den gefährlichen Stoffen / Zubereitungen. Alle auf der Einstufung basierenden Rechtskonsequenzen nehmen ausschließlich auf die bisherige Stoff- bzw. Zubereitungsrichtlinie Bezug.

Die Verordnung gliedert sich in sieben Abschnitte sowie zwei Anhänge.

Abschnitt 1:	§ 1–2	Zielsetzung, Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen
Abschnitt 2:	§ 3–5	Gefahrstoffinformation
Abschnitt 3:	§ 6–7	Gefährdungsbeurteilung und Grundpflichten
Abschnitt 4:	§ 8–15	Schutzmaßnahmen
Abschnitt 5:	§ 16–17	Verbote und Beschränkungen
Abschnitt 6:	§ 18–20	Vollzugsregelungen und Schlussvorschriften
Abschnitt 7:	§ 21–24	Ordnungswidrigkeiten und Straftaten
Anhang I:		Besondere Vorschriften für bestimmte Gefahrstoffe und Tätigkeiten
Anhang II:		Besondere Herstellungs- und Verwendungsbeschränkungen für bestimmte Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse

5.2.1

Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen

Gemäß § 1 Abs. 1 ist Ziel der Gefahrstoffverordnung, den Menschen und die Umwelt vor stoffbedingten Schädigungen zu schützen durch

- 1) Regelungen zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung gefährlicher Stoffe und Zubereitungen,
- 2) Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten und anderer Personen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und
- 3) Beschränkungen für das Herstellen und Verwenden bestimmter gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse.

Die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung sind nach § 1 Abs. 2 anzuwenden beim Inverkehrbringen von

- gefährlichen Stoffen und Zubereitungen,
- bestimmten PCB- und PCT-haltigen Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen, die mit zusätzlichen Kennzeichnungen zu versehen sind,
- Biozidprodukten und
- Biozid-Wirkstoffen gemäß Definition von § 3b Chemikaliengesetz.

Die Vorschriften zum Inverkehrbringen gelten **nicht** für

- Lebensmittel oder Futtermittel in Form von Fertigerzeugnissen, die für den privaten Endverbrauch bestimmt sind,

sowie nach § 2 Chemikaliengesetz nicht für

- kosmetische Mittel im Sinne des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuches,
- Tabakerzeugnisse im Sinne des vorläufigen Tabakgesetzes,
- zugelassene Arzneimittel sowie Arzneimittel, die in einer zur Abgabe an den Verbraucher bestimmten Verpackung abgegeben werden,
- Medizinprodukte (im Sinne des § 3 des Medizinproduktegesetzes und ihr Zubehör),
- Abfälle zur Beseitigung im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes,
- radioaktive Abfälle im Sinne des Atomgesetzes sowie
- Abwasser im Sinne des Abwasserabgabengesetzes, soweit es in Gewässer oder Abwasseranlagen eingeleitet wird.

Grundsätzlich müssen Erzeugnisse, im Gegensatz zu Stoffe und Gemischen, nicht gekennzeichnet werden, auch wenn sie gefährliche Eigenschaften besitzen.

Die Vorschriften des dritten bis sechsten Abschnitts sind stets anzuwenden, wenn

- Beschäftigte einer Gefährdung ihrer Gesundheit und Sicherheit durch Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse ausgesetzt sein können,
- durch unmittelbare Folge solcher Tätigkeiten andere Personen gefährdet sein können sowie
- bei der Beförderung von Stoffen, Zubereitungen, Erzeugnissen.

Im Rahmen der Gefährdungsermittlung ist festzustellen, ob die benutzten Produkte Gefahrstoffe sind, daher ist der 3. Abschnitt grundsätzlich bei der Herstellung oder Verwendung aller Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse anzuwenden. Die folgenden Vorschriften ab § 7 gelten nur dann, wenn Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchgeführt werden.

Der zentrale Begriff **Gefahrstoff** ist in § 2 Abs. 1 Gefahrstoffverordnung definiert als:

- 1) gefährliche Stoffe und Zubereitungen nach § 3,
- 2) Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, die explosionsfähig sind,
- 3) Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, aus denen bei der Herstellung oder Verwendung Stoffe nach Nummer 1 oder Nummer 2 entstehen oder freigesetzt werden,
- 4) Stoffe und Zubereitungen, die die Kriterien nach den Nummern 1 bis 3 nicht erfüllen, aber aufgrund ihrer physikalisch-chemischen, chemischen oder toxischen Eigenschaften und der Art und Weise, wie sie am Arbeitsplatz vorhanden sind oder verwendet werden, die Gesundheit und die Sicherheit der Beschäftigten gefährden können,
- 5) alle Stoffe, denen ein Arbeitsplatzgrenzwert zugewiesen worden ist.

Ausführliche Erläuterungen zu gefährlichem Stoff und gefährlicher Zubereitung sind in Kapitel 2 sowie zu den Arbeitsplatzgrenzwerten in Kapitel 3 zu finden.

Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse sind **explosionsfähig**,

- 1) wenn sie mit oder ohne Luft durch Zündquellen wie äußere thermische Einwirkungen, mechanische Beanspruchungen oder Detonationsstöße zu einer chemischen Reaktion gebracht werden können, bei der hochgespannte Gase in so kurzer Zeit entstehen, dass ein sprunghafter Temperatur- und Druckanstieg hervorgerufen wird, oder
- 2) wenn im Gemisch mit Luft nach Wirksamwerden einer Zündquelle eine sich selbsttätig fortpflanzende Flammenausbreitung stattfindet, die im Allgemeinen mit einem sprunghaften Temperatur- und Druckanstieg verbunden ist.

Die Definition von Nummer 4 bereitet in der Praxis wiederholt Schwierigkeiten. Die sehr allgemein gehaltene Formulierung „die Gesundheit und die Sicherheit gefährden können“, wird teilweise sehr weitgehend ausgelegt, wonach jeder Stoff als Gefahrstoff angesehen werden kann. Im Sinne einer anwendbaren Verordnung ist eine Einschränkung auf Produkte, die aufgrund ihrer intrinsischen Eigenschaft eine Gesundheitsgefährdung auslösen können, notwendig. Als Hilfestellung für die Praxis sei die erstickende Wirkung der Edelgase und Stickstoff erwähnt, sowie tiefkalt verflüssigte Gase, unter Druck stehende Gase oder überhitzte Flüssigkeiten.

Abbildung 5.2 stellt die Zusammensetzung von Gefahrstoffen grafisch dar.

Die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung sind auch bei Überschreitung der Konzentrationsgrenzen krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe, die in TRGS 905 aufgeführt sind, anzuwenden (siehe Abschnitt 2.3.4.6).



Abb. 5.2 Zusammensetzung von Gefahrstoffen

Tätigkeit ist jede Arbeit mit Stoffen, Zubereitungen oder Erzeugnissen, einschließlich

- Herstellung,
- Mischung,
- Ge- und Verbrauchen,
- Lagerung und Aufbewahrung,
- Be- und Verarbeitung,
- Ab- und Umfüllung,
- Entfernung,
- Entsorgung,
- Vernichtung sowie
- innerbetriebliche Beförderung einschließlich der hierfür notwendigen
- Bedien- und Überwachungsarbeiten.

Da die Kriterien zur Einstufung nach Gefahrstoffverordnung nach wie vor auf der Stoff-RL [20] beruhen, werden in § 3 die verbalen Definitionen der Gefährlichkeitsmerkmale und nicht der Gefahrenklassen aufgeführt. Stoffe und Zubereitungen sind

- 1) explosionsgefährlich, wenn sie in festem, flüssigem, pastenförmigem oder gelatinösem Zustand auch ohne Beteiligung von Luftsauerstoff exotherm und unter schneller Entwicklung von Gasen reagieren können und unter festgelegten Prüfbedingungen detonieren, schnell deflagrieren oder beim Erhitzen unter teilweisem Einschluss explodieren,

- 2) brandfördernd, wenn sie in der Regel selbst nicht brennbar sind, aber bei Berührung mit brennbaren Stoffen oder Zubereitungen, überwiegend durch Sauerstoffabgabe, die Brandgefahr und die Heftigkeit eines Brandes beträchtlich erhöhen,
- 3) hochentzündlich, wenn sie
 - a) in flüssigem Zustand einen extrem niedrigen Flammpunkt und einen niedrigen Siedepunkt haben,
 - b) als Gase bei gewöhnlicher Temperatur und Normaldruck in Mischung mit Luft einen Explosionsbereich haben,
- 4) leichtentzündlich, wenn sie
 - a) sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft ohne Energiezufuhr erhitzen und schließlich entzünden können,
 - b) in festem Zustand durch kurzzeitige Einwirkung einer Zündquelle leicht entzündet werden können und nach deren Entfernen in gefährlicher Weise weiterbrennen oder weiterglimmen,
 - c) in flüssigem Zustand einen sehr niedrigen Flammpunkt haben,
 - d) bei Berührung mit Wasser oder mit feuchter Luft hochentzündliche Gase in gefährlicher Menge entwickeln,
- 5) entzündlich, wenn sie in flüssigem Zustand einen niedrigen Flammpunkt haben,
- 6) sehr giftig, wenn sie in sehr geringer Menge bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut zum Tode führen oder akute oder chronische Gesundheitsschäden verursachen können,
- 7) giftig, wenn sie in geringer Menge bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut zum Tode führen oder akute oder chronische Gesundheitsschäden verursachen können,
- 8) gesundheitsschädlich, wenn sie bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut zum Tode führen oder akute oder chronische Gesundheitsschäden verursachen können,
- 9) ätzend, wenn sie lebende Gewebe bei Berührung zerstören können,
- 10) reizend, wenn sie – ohne ätzend zu sein – bei kurzzeitigem, länger andauerndem oder wiederholtem Kontakt mit Haut oder Schleimhaut eine Entzündung hervorrufen können,
- 11) sensibilisierend, wenn sie bei Einatmen oder Aufnahme über die Haut Überempfindlichkeitsreaktionen hervorrufen können, sodass bei künftiger Exposition gegenüber dem Stoff oder der Zubereitung charakteristische Störungen auftreten,
- 12) krebserzeugend (karzinogen), wenn sie bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut Krebs erregen oder die Krebshäufigkeit erhöhen können,
- 13) fortpflanzungsgefährdend (reproduktionstoxisch), wenn sie bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut
 - a) nicht vererbare Schäden der Nachkommenschaft hervorrufen oder deren Häufigkeit erhöhen (fruchtschädigend) oder

- b) eine Beeinträchtigung der männlichen oder weiblichen Fortpflanzungsfunktionen oder -fähigkeit zur Folge haben können (Fruchtbarkeitsgefährdend),
- 14) erbgutverändernd (mutagen), wenn sie bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut vererbare genetische Schäden zur Folge haben oder deren Häufigkeit erhöhen können,
- 15) umweltgefährlich, wenn sie selbst oder ihre Umwandlungsprodukte geeignet sind, die Beschaffenheit des Naturhaushaltes von Wasser, Boden oder Luft, Klima, Tieren, Pflanzen oder Mikroorganismen derart zu verändern, dass dadurch sofort oder später Gefahren für die Umwelt herbeigeführt werden können.

5.2.2

Gefahrstoffinformation

§ 4 der Verordnung legt fest, dass die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen, Zubereitungen sowie Erzeugnissen mit Explosivstoffen grundsätzlich nach der CLP-VO [3] zu erfolgen hat. Bis zum 01.06.2015 darf während der Übergangsfrist die Einstufung von Zubereitungen noch nach der Zubereitungs-RL [23] erfolgen. Bei der Einstufung von Stoffen und Zubereitungen sind nach § 4 Abs. 3 die technischen Regeln für Gefahrstoffe zu beachten, insbesondere TRGS 905 [24] und TRGS 906 [25].

Biozidprodukte mit einem biologischen Arbeitsstoff als Wirkstoff sind zusätzlich zu kennzeichnen mit

- der Identität des Organismus nach Anhang IV A Abschnitt II Nr. 2.1 und 2.2 der EG-Biozid-RL [4],
- der Einstufung der Mikroorganismen in Risikogruppen nach den §§ 3 und 4 der Biostoffverordnung [19] und
- dem Symbol „Biogefährdung“ bei einer Einstufung in die Risikogruppe 2 oder höher.

Die zusätzliche Kennzeichnungsvorschrift für Biozidprodukte wurde bereits in Kapitel 5.1.3 beschrieben.

Sind die Angaben auf der Kennzeichnung oder im Sicherheitsdatenblatt nicht ausreichend, um neue Zubereitungen ordnungsgemäß einzustufen, muss der Inverkehrbringer nach § 4 Abs. 11 auf Anfrage alle Informationen für eine ordnungsgemäße Einstufung zur Verfügung stellen.

Gemäß § 20 Gefahrstoffverordnung kann auf Antrag bei der zuständigen Behörde auf eine Kennzeichnung beim Inverkehrbringen ganz oder teilweise für Stoffe oder Zubereitungen mit den Eigenschaften

- brandfördernd,
- leichtentzündlich,
- entzündlich,
- gesundheitsschädlich,

- reizend oder
- umweltgefährlich

verzichtet werden, wenn aufgrund der geringen Menge eine Gefährdung nicht befürchtet werden muss. Nähere Angaben dazu sind in der TRGS 200 [26] zu finden.

In Konkretisierung von Artikel 31 der REACH-VO [2] wird in § 5 Gefahrstoffverordnung festgelegt, dass ein Sicherheitsdatenblatt in deutscher Sprache geliefert werden muss. Zusätzlich wird festgelegt, dass in Abschnitt 15 und 16 TRGS 905 und 906 berücksichtigt werden müssen. Eine ausführliche Diskussion der Vorschriften zum Sicherheitsdatenblatt findet sich in Abschnitt 4.2.

5.2.3

Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung

Die Informationsermittlung und die darauf aufbauende Gefährdungsbeurteilung nehmen in der Gefahrstoffverordnung eine zentrale Rolle ein. Vor Aufnahme von Tätigkeiten mit Stoffen, Zubereitungen oder Erzeugnissen sind deren Eigenschaften zu ermitteln. Neben der Kennzeichnung und dem übermittelten Sicherheitsdatenblatt sind alle einschlägigen und üblicherweise zugänglichen Informationsquellen zu nutzen. Nähere Einzelheiten sind in Abschnitt 4.2 zu finden.

Auf Basis der Stoffeigenschaften und der Kenntnis der durchzuführenden Tätigkeiten sind die Gefährdungen zu ermitteln und zu beurteilen. Bei der Gefährdungsermittlung sind die bereits in Abschnitt 4.2 aufgeführten Einflussparameter zu berücksichtigen.

Vorgehensweise und Inhalte der Gefährdungsbeurteilung sind in Abschnitt 3.2 ausführlich beschrieben.

Bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ist nach § 6 Abs. 10 ein **Verzeichnis der Gefahrstoffe** mit folgenden Angaben zu führen

- Stoffbezeichnung,
- Angaben der gefährlichen Eigenschaften (z. B. per Einstufung),
- verwendete Mengenbereiche und
- Angabe der Arbeitsbereiche, in denen eine Exposition bestehen kann.

Das Gefahrstoffverzeichnis muss den betroffenen Beschäftigten und ihren Vertretern zugänglich sein und auf die entsprechenden Sicherheitsdatenblätter verweisen. Auf ein Gefahrstoffverzeichnis kann verzichtet werden, wenn nur Tätigkeiten mit „geringer Gefährdung“ durchgeführt werden.

Eine **geringe Gefährdung** liegt nach § 6 Abs. 11 vor, wenn sich aus der Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass für bestimmte Tätigkeiten aufgrund

- 1) der dem Gefahrstoff zugeordneten Gefährlichkeitsmerkmale,
- 2) einer geringen verwendeten Stoffmenge,
- 3) einer nach Höhe und Dauer niedrigen Exposition und
- 4) der Arbeitsbedingungen

Tabelle 5.2 Gefahrstoffverzeichnis nach § 6 Gefahrstoffverordnung.

Stoffname	CAS-Nr	GefSym	R-Sätze	Pikto- gramm GHS	H- Sätze	WGK	Jato	Menge	Arbeitsbereich
Ammoniak wasserfrei	7664-41-7	T, N	10-23-34-50				2 -	<=1 t	Synthese 1
Chlor	7782-50-5	T, N	23-36/37/3850				2 > 100.000 t	-	Synthese 1
1,2-Dichlorethan	107-06-2	F, T	45-11-22-36/37/38				3 > 100.000 t	<= 1.000t	Synthese 1
DiQuecksilberdichlorid (Kalomel)	10112-91-1	Xn,N	22-36/37138-50/53				3 -	-	Synthese 1
Eisen(III)-chlorid, wassertfei	7705-08-0	Xn	22-38-41			1		<= 5 t	Synthese 1
Ethen (Ethylen)	74-85-1	F+	12-67				<= 50.000 t	-	Synthese 1
Kalilauge 48 % (46 – 50%)	1310-58-3	C	22-35			1	<= 50.000 t	-	Synthese 1
Natriumhydrogensulfit. %	7631-90-5	Xn	22-31			1	<= 100 t	-	Synthese 1
Natriumcarbonat	497-19-8	Xi	36			1	<= 5 t	<= 10 t	Synthese 1
Natriumchlorid-Sole	7647-14-5	n.k.		02	290	1	-	<= 10.000 t	Synthese 1
Natriumhydrogensulfid	16721-80-5	C	22-31-34			2	<= 10 t	-	Synthese 1
Natriumhypochlorit-Lsg 13 - 16 %	7681-52-9	C	31-34			2	<= 100t	-	Synthese 1
Natronlauge 25 %	1310-73-2	C	35				<= 500 t	<= 100 t	Synthese 1
Quecksilber	7439-97-6	T,N	23-33-50/53			3	-	<= 500 t	Synthese 1
Salzsäure 10 bis < 25 %	7647-01-0	Xi	36/37/38			2	<= 1.000t	<= 5 t	Synthese 1
Schwefelsäure	7664-93-9	C	35			2	<= 2.000t	-	Synthese 1
Wasserstoff	1333-74-0	F+	12				<= 5.000 t	-	Synthese 1

die allgemeinen Schutzmaßnahmen nach § 8 der Verordnung ausreichen. In TRGS 400 [27] fallen Produkte, die in haushaltsüblichen Mengen, Häufigkeit und Verwendungsart eingesetzt werden, in Konkretisierung dieser unbestimmten Rechtsbegriffe unter diese Ausnahmetatbestände. Beispielsweise müssen Geschirrspülmittel nicht aufgenommen werden, wenn diese nur für Geschirrspüler von Lebensmittelgeschirr versendet werden. Werden diese jedoch zum Reinigen von technischen Geräten im Dauereinsatz verwendet, sind diese Voraussetzungen nicht mehr gegeben. Desgleichen kann in Laboratorien von geringer Gefährdung ausgegangen werden, wenn die Vorschriften der TRGS 526 [28] bzw. der BGI 850 [29] eingehalten sind.

Selbstverständlich kann das Gefahrstoffverzeichnis als betriebsinterne Datenbasis durch Aufnahme weiterer relevanter Daten genutzt werden, z. B. Arbeitsplatzgrenzwerte, physikalisch-chemische Eigenschaften wie Dampfdruck, untere und obere Explosionsgrenze oder Wassergefährdungsklasse. Tabelle 5.2 zeigt ein Beispiel eines Gefahrstoffverzeichnisses mit zusätzlichen Angaben.

Wegen der zentralen Bedeutung der Gefährdungsbeurteilung muss sie von **fachkundigen Personen** durchgeführt werden. Fachkundig sind nach § 6 Abs. 9 Gefahrstoffverordnung insbesondere die Fachkraft für Arbeitssicherheit oder Betriebsärzte. Nach §19 Abs. 5 ist der zuständigen Behörde auf Verlangen ein Nachweis vorzulegen, dass die Gefährdungsbeurteilung fachkundig erstellt wurde.

5.2.4

Grundpflichten

Vor Aufnahme von Tätigkeiten muss stets eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden. Da erst im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgestellt wird, ob die eingesetzten Produkte Gefahrstoffe sind, ist unabhängig der Eigenschaften der hergestellten oder verwendeten Produkte, stets zuerst eine Gefährdungsbeurteilung vorgeschrieben. Die Aufnahme von Tätigkeiten vor Durchführung der Gefährdungsbeurteilung ist nicht zulässig und stellt nach § 22 zumindest eine Ordnungswidrigkeit dar, bei vorliegender Gesundheitsgefährdung liegt sogar eine Straftatbestand vor!

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind die notwendigen Schutzmaßnahmen festzulegen und deren Wirksamkeit zu überprüfen. Desgleichen sind Stoffe, Verfahren, Tätigkeiten, Zubereitungsformen zu ermitteln, die weniger gefährlich sind. Gemäß § 7 Abs. 3 ist eine Substitution „vorrangig“ durchzuführen, wenn die

- Ersatzstoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse oder Verfahren unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen

für die Gesundheit der Beschäftigten weniger oder nicht gefährlich sind. Wie bereits ausführlich in Abschnitt 3.2.3 ausgeführt, führt die alleinige Berücksichtigung der toxikologischen Eigenschaften nicht zwingend zu einer Reduzierung der Gefährdung! Kann die Gefährdung der Beschäftigten durch die Verwendung nicht oder weniger gefährlicher Stoffe tatsächlich verringert werden, ist dies selbstver-

ständig eine „vorrangige“ Maßnahme, aber eben leider nicht so ganz einfach, wie vielfach vermutet.

Als primäre Arbeitsschutzmaßnahme ist der Ausschluss der Gefährdung der Beschäftigten gefordert. In Umsetzung dieser Forderung ist die Rangfolge der Schutzmaßnahmen einzuhalten, auch als (S)TOP bekannt:

- Substitution vor
- Technik vor
- organisatorischen vor
- persönlichen Schutzmaßnahmen

In den Worten von Abs. 4 wie folgt ausgedrückt:

„Der Arbeitgeber hat Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen auszuschließen. Ist dies nicht möglich, hat er sie auf ein Minimum zu reduzieren. Diesen Geboten hat der Arbeitgeber durch die Festlegung und Anwendung geeigneter Schutzmaßnahmen Rechnung zu tragen. Dabei hat er folgende Rangfolge zu beachten:

- 1) Gestaltung geeigneter Verfahren und technischer Steuerungseinrichtungen von Verfahren, den Einsatz emissionsfreier oder emissionsarmer Verwendungsformen sowie Verwendung geeigneter Arbeitsmittel und Materialien nach dem Stand der Technik,
- 2) Anwendung kollektiver Schutzmaßnahmen technischer Art an der Gefahrenquelle, wie angemessene Be- und Entlüftung, und Anwendung geeigneter organisatorischer Maßnahmen,
- 3) sofern eine Gefährdung nicht durch Maßnahmen nach den Nummern 1 und 2 verhütet werden kann, Anwendung von individuellen Schutzmaßnahmen, die auch die Bereitstellung und Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung umfassen.“

Bereitgestellte persönliche Schutzausrüstung (PSA) muss von den Beschäftigten solange verwendet werden, wie eine Gefährdung besteht. Die Feststellung einer Gefährdung darf nicht ins Belieben der Beschäftigten gestellt werden, sondern ist von den betrieblichen Vorgesetzten im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegen. Die Benutzung der vorgeschriebenen persönlichen Schutzausrüstung muss gemäß den Vorgaben der Betriebsanweisung eingefordert werden. Die Nicht-Verwendung vorgeschriebener Schutzmaßnahmen, wozu die PSA zählt, ist ein betriebliches Vergehen und darf nicht toleriert werden!

Ergänzend wird in Abs. 5 verlangt, dass die Verwendung belastender persönlicher Schutzmaßnahmen keine Dauermaßnahme sein darf.

Die PSA muss von den betrieblichen Verantwortlichen

- an einem dafür vorgesehenen Ort sachgerecht aufbewahrt,
- vor Gebrauch geprüft und nach Gebrauch gereinigt werden.
- Schadhafte persönliche Schutzausrüstung muss vor erneutem Gebrauch aus-gebessert oder ausgetauscht werden.

Der allgemeine Grundsatz von § 7 Abs. 8 zur Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte ist eng mit den Forderungen von Abs. 4 zum Ausschluss der Gefährdung verknüpft: Bei Einhaltung der AGW kann im Allgemeinen eine Gefährdung ausgeschlossen werden. Werden Arbeitsplatzmessungen zur Ermittlung der Exposition durchgeführt, müssen diese von fachkundigen Personen durchgeführt werden, die über die erforderlichen Einrichtungen verfügen; alternativ können akkreditierte Messstellen beauftragt werden. Für eine ausführliche Diskussion der AGW wird auf Abschnitt 3.3.1 verwiesen; Methoden zur Ermittlung der Exposition sind in Abschnitt 3.4 zu finden. Die als Alternative zur Expositionsermittlung aufgeführten verfahren- und stoffspezifischen Kriterien nach TRGS 420 [30] sind in Abschnitt 3.2.1 behandelt.

Funktion und Wirksamkeit technischer Schutzmaßnahmen sind regelmäßig zu überprüfen. Die Überprüfungsfristen können in der Gefährdungsbeurteilung festgelegt werden, als maximale Wartungsdauer nennt die Verordnung drei Jahre. Kürzere Prüffristen nach anderen Rechtsvorschriften, z. B. Betriebssicherheitsverordnung, bleiben hiervon selbstverständlich unberührt.

Gemäß dem sogenannten Vermutungsprinzip der technischen Regeln für Gefahrstoffe sind diese bevorzugt anzuwenden.

5.2.5

Allgemeine Schutzmaßnahmen

Bei allen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich bei geringer Gefährdung, sind die allgemeinen Schutzmaßnahmen nach § 8 zu ergreifen:

- 1) geeignete Gestaltung von Arbeitsplatz und Arbeitsorganisation,
- 2) Bereitstellung geeigneter Arbeitsmittel für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen und entsprechende Wartungsverfahren zur Gewährleistung der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten bei der Arbeit,
- 3) Begrenzung der Anzahl der exponierten Beschäftigten,
- 4) Begrenzung der Dauer und des Ausmaßes der Exposition,
- 5) angemessene Hygienemaßnahmen, insbesondere die regelmäßige Reinigung des Arbeitsplatzes,
- 6) Begrenzung der am Arbeitsplatz vorhandenen Gefahrstoffe auf die erforderliche Menge,
- 7) Auswahl geeigneter Arbeitsmethoden und Verfahren sowie Vorkehrungen für die sichere Handhabung, Lagerung und Beförderung von Gefahrstoffen und von Abfällen.

5.2.5.1 Innerbetriebliche Kennzeichnung

Gemäß § 8 Abs. 2 müssen

- alle Stoffe identifizierbar sein,
- gefährliche Stoffe und Zubereitungen mit einer Kennzeichnung versehen sein, der die notwendigen Informationen entnommen werden können,
- Apparaturen und Rohrleitungen zumindest mit Stoffname und einer Gefahrenangabe gekennzeichnet sein.

Gefährlicher Stoffe und Zubereitungen sind darüber hinaus mit wesentlichen Informationen

- zur Einstufung,
- den Gefahren bei der Handhabung und
- den zu ergreifenden Sicherheitsmaßnahmen

zu kennzeichnen. Vorzugsweise wird eine Kennzeichnung wie beim Inverkehrbringen empfohlen, siehe Abschnitt 2.5. Bis zum 01.06.2015 dürfen innerbetrieblich auch gefährliche Stoffe nach der bisherigen Stoffrichtlinie 67/548/EWG [22] gekennzeichnet werden, zur Vermeidung differierender Kennzeichnungsetiketten wird hiervon jedoch dringend abgeraten. Desgleichen ist bis zum gleichen Zeitpunkt für gefährliche Zubereitungen eine Kennzeichnung nach EG-RL 1999/45/EG [23] zulässig. Keinesfalls sollten sich Kennzeichnung und Angaben auf der Betriebsanweisung unterscheiden.

Auf eine vollständige Kennzeichnung kann verzichtet werden und stattdessen eine vereinfachte Kennzeichnung benutzt werden, wenn die Mitarbeiter regelmäßig unterwiesen werden und eine Betriebsanweisung mit allen wesentlichen Angaben zur Verfügung steht. Diese muss nach TRGS 201 [31] enthalten

- den Stoffnamen (Produktidentifikator) und
- das Gefahrensymbol bzw. Piktogramm.

Bei der Angabe der Piktogramme kann auf die Hauptgefahren reduziert werden:





Wird die Aussagekraft der Piktogramme oder der Gefahrensymbole als zu unspezifisch bewertet, können zusätzliche Angaben sinnvoll sein, z. B. Wiedergabe der ggf. verkürzten H-Sätze. Gemäß TRGS 526 [28] sind in Laboratorien alle Standflaschen, Erlenmeyerkolben oder sonstige Gefäße mit Gefahrstoffen zumindest vereinfacht zu kennzeichnen. Desgleichen wird die vereinfachte Kennzeichnung i. d. R auch bei Rohrleitungen oder Apparaten benutzt.

Da dem Signalwort häufig keine zusätzliche Information zu entnehmen ist, kann innerbetrieblich darauf verzichtet werden. Tabelle 5.3 stellt die Kennzeichnungselemente innerbetrieblich und beim Inverkehrbringen gemäß CLP-Verordnung [3] gegenüber. Abbildung 5.3 zeigt exemplarisch eine bewährte Kennzeichnungsmethode von Rohrleitungen.

In wissenschaftlichen Forschungslabors ist eine Kennzeichnung gemäß den Stoffeigenschaften nicht möglich, wenn diese noch nicht entsprechend geprüft wurden. Auf die Kennzeichnungspflicht kann nach § 8 Abs. 2 daher verzichtet

Tabelle 5.3 Kennzeichnungselemente innerbetrieblich und beim Inverkehrbringen nach TRGS 201 [31].

Kennzeichnungselemente nach CLP-VO	beim Inverkehrbringen		
	bei Tätigkeiten vollständig	vereinfacht	
Name, Anschrift und Telefonnummer des Herstellers, Importeurs oder Lieferanten	ja	nein	nein
Nennmenge des Stoffes / Gemisches	ja ¹⁾	nein	Nein
Produktidentifikatoren			
bei Stoffen			
• Stoffname	ja	ja ²⁾	ja ²⁾
• Identifikationsnummer	ja	nein	nein
bei Gemischen	ja		
• Handelsname oder -bezeichnung	ja	ja ²⁾	ja ²⁾
• Identität bestimmter Inhaltsstoffe	ja	empfohlen	empfohlen
Gefahrenpiktogramm(e) ³⁾	ja	ja	ja ⁴⁾
Signalwort	ja	ja	nein
Gefahrenhinweise	ja	ja	nein ⁵⁾
Sicherheitshinweise	ja	ja	nein
Ergänzende Informationen, z. B. zusätzliche Hinweise wie EUH-Sätze	ja	ja	nein

¹⁾ : nur bei Abgabe an Endverbraucher

²⁾ : auch betriebsinterne Bezeichnung möglich

³⁾ :ggf. gemäß Rangfolgeregelungen bei mehreren Piktogrammen

⁴⁾ :ggf. Vereinfachungen, d. h. Darstellung von Hauptgefahren gemäß Nummer 4.3 Abs. 5 und 6

⁵⁾ :Nummer 4.3 Abs. 6 ist zu beachten

Die Kennzeichnung muss die
 → enthaltenen Gefahrstoffe und
 → die davon ausgehenden Gefahren
 identifizierbar machen!



Abb. 5.3 Vereinfachte Kennzeichnung bei Rohrleitungen

werden, wenn eine Exposition vermieden wird. Es wird empfohlen, die früher geltende Kennzeichnung zu verwenden:

„Achtung – noch nicht vollständig geprüfter Stoff“.

5.2.5.2 Hygiene

In Abhängigkeit der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung dürfen Beschäftigte in Arbeitsbereichen keine Nahrungs- oder Genussmittel zu sich nehmen, wenn eine dermale oder inhalative Aufnahme der Stoffe nicht ausgeschlossen werden kann. Hierfür sind geeignete Bereiche zur Verfügung zu stellen. Werden Gefahrstoffe ausschließlich in verschlossenen Gebinden gehandhabt, wie z. B. in einem Speditionslager, darf davon ausgegangen werden, dass diese Forderung erfüllt ist. Inwieweit insbesondere im Sommer das Trinken aus verschlossenen Getränkeflaschen untersagt werden muss, ist arbeitsplatzspezifisch in Abhängigkeit der Gefährdungen festzulegen.

5.2.5.3 Lagerung

Gefahrstoffe müssen so aufbewahrt oder gelagert werden, dass sie weder die Gesundheit noch die Umwelt gefährden. Konsequenterweise dürfen deshalb Gefahrstoffe nicht in Behältern aufbewahrt werden, die normalerweise für Lebensmittel benutzt werden oder eine Verwechslungsgefahr befürchten lassen. Sie müssen übersichtlich geordnet werden und dürfen nicht in der Nähe von Arznei-, Lebens- oder Futtermitteln gelagert werden. Ferner sind Vorkehrungen zu treffen, um Missbrauch oder Fehlgebrauch zu verhindern.

Gefahrstoffe, die eingestuft sind als

- giftig,
- sehr giftig,
- krebserzeugend Kategorie 1 oder 2,
- erbgutverändernd Kategorie 1 oder 2 oder
- fortpflanzungsgefährdend Kategorie 1 oder 2

müssen unter Verschluss oder so aufbewahrt oder gelagert werden, dass nur fachkundige und zuverlässige Personen Zugang haben, nähere Ausführungen enthält TRGS 510 [32]. Gemäß TRGS 400 [27] gelten alle Personen als fachkundig, die regelmäßig unterwiesen werden und über die notwendigen Kenntnisse über die

Stoffeigenschaften und die zu ergreifenden Schutzmaßnahmen verfügen. Eine Erläuterung zu „zuverlässig“ ist bisher im Regelwerk nicht erfolgt, mit Sicherheit ist damit keine Anforderung gemäß Chemikalien-Verbotsverordnung nach einem Führungszeugnis verbunden.

Tätigkeiten mit diesen Gefahrstoffen sowie mit atemwegssensibilisierenden Stoffen und Zubereitungen dürfen nur von fachkundigen oder besonders unterwiesenen Personen ausgeführt werden. Zur Umsetzung dieser Forderung ist im Rahmen der Unterweisung nach § 14, siehe Nr. 5.2.10, auf die besonderen Gefährdungen sowie die zu ergreifenden Maßnahmen hinzuweisen.

Behälter mit Restmengen, somit auch nicht gereinigte Verpackungen, sind analog zu kennzeichnen und sicher zu handhaben. Gefahrstoffe, die nicht mehr benötigt werden, sind vom Arbeitsplatz zu entfernen, sicher zu lagern oder sachgerecht zu entsorgen. Detaillierte Lagervorschriften werden in Kapitel 8 beschrieben.

5.2.6

Zusätzliche Schutzmaßnahmen

Reichen die allgemeinen Schutzmaßnahmen nach § 8 nicht aus, müssen die zusätzlichen Schutzmaßnahmen nach § 9 ergriffen werden. Die Vorschriften von § 9 sind nicht notwendig, wenn dies im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgestellt wurde, im Rahmen der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung sollte dies schriftlich begründet werden.

Kriterien zur Festlegung zusätzlicher Schutzmaßnahmen sind z. B.:

- Überschreitung der Arbeitsplatzgrenzwerte oder biologischen Grenzwerte,
- Gefährdung durch Haut- oder Augenkontakt bei hautresorptiven oder haut- oder augenschädigenden Gefahrstoffen oder
- bei Gefahrstoffen ohne AGW oder BGW, wenn eine Gefährdung aufgrund der gefährlichen Eigenschaften und der Expositionssituation nicht auszuschließen ist.

Da aufgrund des Dampfdrucks die Konzentration flüchtiger Lösemittel (beispielsweise bei einem Siedepunkt unter 150 °C) bei offener Verarbeitung ohne Lüftungsmaßnahme im Prozentbereich liegt, ist zumindest eine inhalative Gefährdung vorhanden.

Die primäre Schutzmaßnahmen stellt die Verwendung in

- geschlossenen Apparaturen, Behältern, Aggregaten dar,
 - wenn eine Substitution durch weniger gefährliche Stoffe technisch nicht möglich ist und
 - eine erhöhte inhalative Gefährdung besteht.

Ist die Anwendung geschlossener Systeme nicht möglich, muss die Exposition nach dem Stand der Technik so weit wie möglich minimiert werden. Als Stand der

Technik gilt die bewährte Technik in einem Anwendungsbereich, nicht die ggf. in wenigen Ausnahmefällen verwendete Technologie. Selbstverständlich sind die Erfahrungen ähnlicher Anwendungsfälle zu berücksichtigen.

Bei Überschreitung von Arbeitsplatzgrenzwerten ist nach § 8 Abs. 3 die Gefährdungsbeurteilung zu wiederholen und zusätzliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Logischerweise ist dies auch bei Überschreitung analoger Beurteilungswerte, siehe hierzu Abschnitt 3.3, notwendig. Solange die Luftgrenzwerte überschritten sind, ist geeigneter Atemschutz zu tragen; dieser muss in der Betriebsanweisung konkret beschrieben werden. Besteht bei hautresorptiven, haut- oder augenschädigenden Gefahrstoffen eine Gefährdung durch Haut- oder Augenkontakt, ist analog geeigneter Haut- und / oder Körperschutz zu benutzen. Da bei speziellen Tätigkeiten, wie z. B. Abbruch-, Sanierungs-, Instandhaltungs- oder Reinigungsarbeiten, erfahrungsgemäß die Luftgrenzwerte überschritten werden und Hautkontakt besteht, muss die notwendige persönliche Schutzkleidung getragen werden.

Kann die Privatkleidung durch die Arbeitskleidung kontaminiert werden, müssen getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten bereitgestellt werden. Eine Kontamination ist insbesondere bei Feststoffen oder mit Flüssigkeit benetzter Arbeitskleidung möglich, selten bei Gasen oder sehr leichtflüchtigen Flüssigkeiten.

Arbeitsbereiche mit erhöhter Gefährdung sind deutlich abzugrenzen und dürfen nur für die dort beschäftigten Mitarbeiter zugänglich sein.

5.2.7

Besondere Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen

Die Maßnahmen von § 10 gelten bei Tätigkeiten mit

- krebserzeugenden,
- erbgutverändernden und
- fruchtbarkeitsgefährdenden

Gefahrstoffen der Kategorie 1 oder 2, nach CLP-Verordnung Kategorie 1A oder 1B.

Da die Gefahrstoffverordnung noch nicht auf die CLP-VO referenziert, fallen die jeweiligen Verdachtskategorien (nach Stoff-RL Kategorie 3, nach CLP-VO Kategorie 2) nicht unter den Anwendungsbereich. Für die besonders krebserzeugenden Stoffe gelten zusätzlich die Vorschriften von Anhang II Nr. 6.

Diese besonderen Schutzmaßnahmen nach § 10 sind nicht notwendig, wenn

- Arbeitsplatzgrenzwerte eingehalten werden und die Einhaltung durch Arbeitsplatzmessungen oder andere geeignete Methoden, siehe Abschnitt 3.4, belegt und dokumentiert wird oder
- Arbeiten nach verfahrens- oder stoffspezifischen Kriterien durchgeführt werden.

Bei Tätigkeiten mit den vorgenannten Gefahrstoffen muss die Exposition durch Arbeitsplatzmessungen oder andere geeignete Bestimmungsmethoden ermittelt

werden. Ergänzend sollen hierdurch unvorhersehbare Ereignisse oder ein Unfall schnell erkannt werden können. Weder im technischen Regelwerk noch in den EG-Vorschriften finden sich Hinweise, wie dies umgesetzt werden soll. Da nur für wenige Stoffe kontinuierliche Messverfahren zur Verfügung stehen, insbesondere bei Exposition gegenüber mehreren Stoffen, kann nur in Ausnahmefällen eine Dauerüberwachung hiermit begründet werden.

Die Arbeitsbereiche müssen von anderen Arbeitsbereichen abgegrenzt und zumindest mit den Warn- und Sicherheitszeichenge

- Betreten für Unbefugte Verboten



- Rauchen Verboten



kennzeichnet werden.

Abgesaugte Luft darf nur dann zurückgeführt werden, wenn sie mit behördlich oder berufsgenossenschaftlich anerkannten Verfahren oder Geräten ausreichend gereinigt wurde, nähere Ausführungen enthält TRGS 560 [33].

Nach § 14 Abs. 3 Nr. 3 ist ein aktualisiertes Verzeichnis der Beschäftigten zu führen

- bei Tätigkeiten mit
 - krebserzeugenden,
 - erbgutverändernden oder
 - fruchtbarkeitsgefährdenden
 Stoffen der Kategorie 1 oder 2 (1A oder 1B nach CLP-Verordnung), wenn eine Gefährdung der Gesundheit oder der Sicherheit der Beschäftigten unter Angabe von
 - Höhe und Dauer der Exposition

nicht ausgeschlossen werden kann.

Eine Gefährdung ist immer dann zu unterstellen, wenn entweder die gültigen Arbeitsplatzgrenzwerte oder die risikobasierte Akzeptanzkonzentration nicht eingehalten wird.

Das Verzeichnis ist bis mindestens 40 Jahre nach Expositionsende aufzubewahren, nach Beendigung der Beschäftigung ist den Mitarbeitern ein Auszug davon auszuhändigen und es ist ein Nachweis darüber wie die Personalunterlagen aufzubewahren. Aufgrund der sehr aufwändigen Recherchen zurückliegender Jahre wird zurzeit in einer gemeinsamen Initiative zwischen Industrie und Berufsgenos-

senschaften an einer alternativen Regelung gearbeitet, bei der die Expositionsdaten regelmäßig an eine zentrale Expositionsdatenbank gemeldet werden können.

5.2.8

Besondere Schutzmaßnahmen gegen physikalisch-chemische Einwirkungen

In Umsetzung der EU-Agenzienrichtlinie [20] sind in § 11 die grundlegenden Maßnahmen des Explosionsschutzes verankert.

Die in § 11 festgeschriebene Rangfolge stellt die allgemein akzeptierte Vorgehensweise beim Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre bei der Verwendung brennbarer Stoffe dar. Vermeidung von Brand- und Explosionsgefahren durch

- 1) Einsatz so geringer Mengen, dass keine Brand- oder Explosionsgefahren möglich sind,
- 2) Ausschluss von Zündquellen oder
- 3) Verwendung von druckfesten oder druckstoßfesten Apparaten und Behältern, die im Falle einer Explosion im Innern eine Gefährdung außerhalb ausschließen.

Diese allgemeinen Prinzipien werden in Anhang I Nr. 1 der Verordnung näher ausgeführt. Praxisnähere Konkretisierungen finden sich in TRGS 720 [34], 721 [35] und 722 [36], die identisch mit den entsprechenden technischen Regeln des Ausschusses für Betriebssicherheit TRBS 2152 sind.

Die grundlegenden Vorschriften des Brandschutzes werden in der TRGS 800 [37] erläutert. Die konkreten Maßnahmen des Explosionsschutzes werden in Abschnitt 5.6 beschrieben.

§ 12 adressiert Tätigkeiten mit explosionsgefährlichen Stoffen und organischen Peroxiden. Regelungen hierzu finden sich (noch) nicht in der Gefahrstoffverordnung. Die gesetzlichen Vorschriften für explosionsgefährliche Stoffe sind im Sprengstoffgesetz [38] und seinen Verordnungen geregelt, die organischen Peroxide in der BGV B4 [39].

5.2.9

Betriebsstörungen, Unfälle oder Notfälle

Im Fall von Betriebsstörungen, Unfällen oder Notfällen sind gemäß § 13 zusätzliche Notfallmaßnahmen zum Schutz der Beschäftigten zu ergreifen. Hierzu sind regelmäßige Sicherheitsübungen durchzuführen und geeignete Erste-Hilfe-Einrichtungen bereitzustellen.

Treten die vorgenannten Notfallsituationen ein, müssen sofort die notwendigen Maßnahmen zur Wiederherstellung des Normalzustandes getroffen werden. Betroffene Arbeitsbereiche dürfen nur mit zusätzlicher Schutz-ausrüstung von den mit den Arbeiten betrauten Mitarbeitern betreten werden. Das Betreten dieser Bereiche durch nicht geschützte Personen ist nicht zulässig.

Geeignete Warn- und Kommunikationssysteme müssen vorhanden sein, um die Beschäftigten über eine erhöhte Gefährdung informieren zu können. Hierzu zählen Telefonanlagen, innerbetriebliche Lautsprecher, Warnsignale und so weiter.

Die benötigten Informationen über die Notfallmaßnahmen müssen beschafft und im Betrieb und den zuständigen innerbetrieblichen Unfall- und Notfalldiensten verfügbar sein. Ergänzend wird gefordert, dass auch die außerbetrieblichen Notfalldienste, z. B. Feuerwehr und ärztliche Rettungsdienste, Zugang zu diesen Informationen haben. Diesen sind Vorabmitteilungen zu

- den einschlägigen Gefahren bei den durchzuführenden Arbeiten,
- den Methoden zur Ermittlung der Gefahren und
- den Vorsichtsmaßnahmen und Verfahren

zur Verfügung zu stellen, die zur Vorbereitung der Notfallmaßnahmen benötigt werden. Ferner sind die inner- und außerbetrieblichen Notfalldienste über spezifische Gefahren zu informieren, die bei einem Einsatz auftreten können.

Somit ergänzt die Gefahrstoffverordnung entsprechende Vorschriften der Störfallverordnung zum Schutz des Betriebspersonals.

5.2.10

Betriebsanweisung und Unterweisung

Eine wesentliche Säule des Arbeitsschutzes ist die Unterrichtung und Information der Mitarbeiter. Im Gegensatz zur EU-Agenzienrichtlinie [20] muss nach § 14 für alle Tätigkeiten mit Gefahrstoffen eine schriftliche Betriebsanweisung vorliegen.

Im Gegensatz zu den Sicherheitsdatenblättern ist der Adressat der Betriebsanweisungen nicht der Arbeitgeber bzw. die betrieblichen Vorgesetzten, sondern die Mitarbeiter, die unmittelbar mit den Stoffen arbeiten. Betriebsanweisungen müssen daher

- arbeitsbereichsbezogen und
- in verständlicher Sprache

verfasst werden.

Gemäß § 14 Abs. 1 müssen sie folgende Angaben beinhalten:

- 1) Informationen über die am Arbeitsplatz auftretenden Gefahrstoffe, wie z. B. Bezeichnung der Gefahrstoffe, ihre Kennzeichnung sowie Gefährdungen der Gesundheit und der Sicherheit,
- 2) Informationen über angemessene Vorsichtsmaßnahmen und Maßnahmen, die der Beschäftigte zu seinem eigenen Schutz und zum Schutz der anderen Beschäftigten am Arbeitsplatz durchzuführen hat. Dazu gehören insbesondere
 - a) Hygienevorschriften,
 - b) Informationen über Maßnahmen, die zur Verhütung einer Exposition zu ergreifen sind,

- c) Informationen zum Tragen und Benutzen von Schutzausrüstung und Schutzkleidung.
- 3) Informationen über Maßnahmen, die von den Beschäftigten, insbesondere von Rettungsmannschaften, bei Betriebsstörungen, Unfällen und Notfällen und zur Verhütung von diesen durchzuführen sind.

Konkrete Inhalte und Form der Betriebsanweisungen sind in TRGS 555 [40] geregelt. Folgende Gliederung wird empfohlen:

- Gefahren für Mensch und Umwelt,
- erforderliche Schutzmaßnahmen,
- Verhalten im Gefahrfall,
- Erste Hilfe und
- sachgerechte Entsorgung.

Die vorgenannten Gliederungspunkte sollten in den Betriebsanweisungen alle behandelt werden. Die Form der Betriebsanweisungen ist nicht festgelegt und kann den eigenen Bedürfnissen angepasst werden.

Im Mittelpunkt der Betriebsanweisungen stehen konkrete, spezifische **Handlungsanweisungen** an speziellen Arbeitsplätzen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Die vollständige Erstellung der Betriebsanweisungen in einer Zentralstelle und die Übernahme auf alle Arbeitsplätze ist somit in der Regel nicht möglich.

Sicherheitsdatenblätter können keine Betriebsanweisungen ersetzen, da sie keine konkreten Handlungsanweisungen für den speziellen Arbeitsplatz enthalten. Die Sicherheitsdatenblätter richten sich an die betrieblichen Vorgesetzten, die Betriebsanweisungen an die unmittelbar betroffenen Mitarbeiter. Gleichwohl stellen die Sicherheitsdatenblätter die wichtigste Informationsquelle für die Erstellung dar.

Die Betriebsanweisung beispielsweise für Aceton für den Arbeitsbereich „Tankwagenbefüllung, Kesselbefüllung“ mittels geschlossener Rohrleitung wird sich gravierend bezüglich der Sicherheitsmaßnahmen vom Arbeitsbereich „Gerätereinigung“ mit offenem Umgang von Aceton unterscheiden.

Da sich die Betriebsanweisungen an die unmittelbar mit den Stoffen tätigen Mitarbeiter richten, müssen sie in einer verständlichen **Sprache** abgefasst werden, die die Mitarbeiter verstehen. Aus diesem Grunde ist die Benutzung wissenschaftlicher Begriffe nur in seltenen Fällen (z. B. in Laboratorien mit gut ausgebildetem Personal) sinnvoll. Alle verwendeten Begriffe müssen den Mitarbeitern verständlich sein.

Die häufig gestellte Frage, ob Betriebsanweisungen bei ausländischen Mitarbeitern in die jeweilige Muttersprache übersetzt werden müssen, kann nicht allgemein gültig beantwortet werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass auch ausländische Arbeitnehmer, die innerbetrieblich Gefahrstoffe verwenden, der deutschen Sprache ausreichend mächtig sein müssen. Die weiteren gesetzlichen Forderungen, z. B. regelmäßige Betriebsunterweisungen nach § 14 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung können andernfalls nicht ausreichend erfüllt werden. Da aber auf keinen Fall akzeptiert werden kann, dass uninformierte Mitarbeiter mit

Gefahrstoffen umgehen, kann in seltenen Fällen, z. B. bei zeitlich befristeten Tätigkeiten von Fremdfirmenpersonal, die Übersetzung in die Muttersprache notwendig sein.

Da auch manche gesetzlichen Formulierungen für die betrieblichen Mitarbeiter schwer bzw. nicht verständlich sind, müssen diese in die „Sprache der Mitarbeiter“ übersetzt werden. Beispielhaft sei der R-Satz 68 „Irreversibler Schaden möglich“ angeführt. Da dieser R-Satz meistens nur für Stoffe mit Verdacht auf erbgutverändernde Wirkung benutzt wird, sollte besser von Stoffen mit Verdacht auf erbgutverändernde Wirkung gesprochen werden. Diese Begriffe bedürfen selbstverständlich im Rahmen der Betriebsunterweisungen der Erläuterung; die verschiedenen Kategorien erbgutverändernder Stoffe sollten den Mitarbeitern ebenfalls erklärt werden.

Grundsätzlich dürfen in Betriebsanweisungen keine Interpretationsspielräume verbleiben, die Formulierungen müssen deshalb unzweideutig und klar sein. Formulierungen wie

- geeignete Löschmittel benutzen,
- geeignete Handschuhe benutzen,
- chemikalienbeständige Handschuhe verwenden oder
- säurebeständige Stulpen tragen

sind nicht zulässig. Diese Begriffe müssen von den betrieblichen Vorgesetzten eindeutig beschrieben und benannt werden. So können die chemikalienbeständigen Schutzhandschuhe als die „blauen Schutzhandschuhe“ bezeichnet werden, wenn keine weiteren blauen Handschuhe mit unterschiedlichen Eigenschaften vorhanden sind.

Betriebsanweisungen müssen nicht zwingend an jedem Arbeitsplatz, an dem mit Gefahrstoffen umgegangen wird, ausgehängt werden. Gleichwohl kann es in einigen Fällen von großem Vorteil sein, wenn die Betriebsanweisungen so für alle jederzeit nachlesbar sind. Die z. B. nach den Laborrichtlinien geforderte permanente Aufsichtspflicht von chemischen Reaktionen kann unter anderem hiermit sinnvoll erfüllt werden. Das Aushängen der Betriebsanweisungen an Entleer- oder Abfüllstellen außerhalb des Betriebsgebäudes hat sich in der Praxis bewährt, insbesondere da hier häufig externe Beschäftigte eingesetzt werden.

Für die Mitarbeiter müssen Betriebsanweisungen jedoch jederzeit ohne Probleme verfügbar sein. Mit Sicherheit erfüllt das Betriebsleiterzimmer in aller Regel nicht diese Forderung. In vielen Fällen werden die Betriebsanweisungen in einem eigenen Ordner im Meisterzimmer oder Schichtführerzimmer aufbewahrt. Im Sinne einer aufgeschlossenen Betriebskultur sollten die Mitarbeiter immer von Neuem aufgefordert werden, diesen Ordner zu benutzen und mit ihm zu arbeiten. Da das Erstellen der Betriebsanweisungen von den betrieblichen Vorgesetzten viel Arbeit abverlangt, wäre das einfache „Abheften“ teuer beschriebenes Papier!

Um bei den Mitarbeitern eine hohe Akzeptanz zu erreichen, hat sich das gemeinsame Erarbeiten der Betriebsanweisungen in der Praxis bewährt.

5.2.10.1 Gruppenbetriebsanweisungen

In Abhängigkeit des Wissensstandes der Mitarbeiter lassen sich Gefahrstoffe mit vergleichbaren Eigenschaften zu Gruppen zusammenfassen. So können beispielsweise die aliphatischen Amine in einer gemeinsamen Betriebsanweisung beschrieben werden; die Einzelsubstanzen sind unter „Gefahrstoffbezeichnung“ aufzuführen. Sollen in einem Arbeitsbereich z. B. für alle Alkohole die gleichen Maßnahmen gelten, können auch diese in einer Gruppenbetriebsanweisung „Alkohole“ zusammengefasst werden. Unter „Gefahrstoffbezeichnung“ müssen in diesem Fall jedoch unbedingt alle Alkohole aufgeführt werden, für die die jeweilige Gruppenbetriebsanweisung gilt. Nur so kann der Mitarbeiter zweifelsfrei erkennen, dass die Gruppenbetriebsanweisung „Alkohole“ auch auf die von ihm benutzte Chemikalie 2-Propanol angewendet werden muss. Obwohl das Zusammenfassen ähnlicher Chemikalien zu Gruppenbetriebsanweisungen eine empfehlenswerte Methode zur Vermeidung Ordner füllender Einzelbetriebsanweisungen ist, darf nicht unerwähnt bleiben, dass mit deren Anwendung eine erhöhte Unterweisungspflicht verbunden ist. Nur wenn die Mitarbeiter wissen, welche Betriebsanweisung für welche Chemikalie anzuwenden ist, dürfen Gruppenbetriebsanweisungen eingesetzt werden:

Die Verwendung von Gruppenbetriebsanweisungen erfordert gut unterwiesene Mitarbeiter! Vor dem zu großzügigen Zusammenfassen zu Gruppenbetriebsanweisungen sei ausdrücklich gewarnt! Soll z. B. die Gruppenbetriebsanweisung „Alkohole“ an einem Arbeitsplatz benutzt werden, an dem auch Methanol eingesetzt wird, müssen sich alle Schutzmaßnahmen an dem als giftig eingestuftem Methanol orientieren!

In chemischen Laboratorien mit ausschließlicher Beschäftigung von ausgebildetem Personal (Laborwerker oder Chemielaboranten) haben sich Gruppenbetriebsanweisungen für

- giftige,
- gesundheitsschädliche,
- ätzende,
- reizende,
- leichtentzündliche,
- entzündliche,
- brandfördernde,
- umweltgefährliche,
- fruchtbarkeitsschädigende Stoffe oder
- Stoffe mit Verdacht auf krebserzeugende Wirkung

bewährt. Abbildung 5.4 zeigt eine Gruppenbetriebsanweisung für giftige Stoffe, die in Laboratorien verwendet werden kann. Für Stoffe mit sehr gefährlichen

Eigenschaften, wie z. B. sehr giftig, krebserzeugend, erbgutverändernd, entwicklungsschädigend, explosionsgefährlich, sollten auch in Laboratorien stoffbezogene Betriebsanweisungen erstellt werden.

Betriebsanweisung nach Gefahrstoffverordnung

Abteilung: _____
Laborstand: _____

Labor: _____
Datum: _____

Giftige Gefahrstoffe

Gefahren für Mensch und Umwelt

- Giftig beim Einatmen und Verschlucken.
- Vergiftungsgefahr bei Berührung mit der Haut oder den Schleimhäuten.
- Abwassergefährdung



Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

- Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut und den Schleimhäuten unbedingt vermeiden.
- Schutzhandschuhe tragen.
- Umsetzungen nur im Abzug oder in geschlossenen Apparaturen durchführen.
- Abgase über Waschflasche reinigen. Verschmutzte Laborgeräte im Abzug vorreinigen. Umfüllen nur im Abzug oder unter Absaugung.
- Gebinde stets geschlossen halten.



Verhalten im Gefahrfall

- Sofort Vorgesetzten informieren - Mitarbeiter warnen.
- Beim Verschütten flüchtiger oder staubförmiger Verbindungen: Labor räumen nur unter Atemschutz entsorgen. Gründlich dekontaminieren
- Beim Verschütten nichtflüchtiger Verbindungen: sorgfältig aufnehmen und verschmutzte Bereiche gründlich reinigen.
- Bei größeren Schadensfällen Feuerwehr alarmieren.



Erste Hilfe

- Verunreinigte Haut gründlich mit viel Wasser reinigen.
- Ambulanz anfordern.
- Augen: 10-15 Minuten gründlich mit Wasser spülen. Augenarzt aufsuchen.
- Verunreinigte Kleidung sofort ablegen, bei großflächiger Hautkontamination Notdusche benutzen. Erbrechen herbeiführen.

Sachgerechte Entsorgung

- Abfälle nach besonderer Anweisung vernichten oder in dafür vorgesehenen
- Gefäßen sammeln, zur Entsorgung geben.

Abb. 5.4 Gruppenbetriebsanweisung für giftige Stoffe in Laboratorien

5.2.10.2 Gefahren für Mensch und Umwelt

Unter „Gefahren für Mensch und Umwelt“ müssen die beim Umgang mit den Gefahrstoffen verbundenen Gefahren aufgeführt werden.

Diese können üblicherweise den H- bzw. R-Sätzen entnommen werden. Im Bestreben möglichst kurzer und prägnanter R-Sätze haben einige an Anschaulichkeit und Verständlichkeit verloren. Wie bereits erwähnt, sollte der R-Satz 68 auf jeden Fall verständlich ausgedrückt werden. Auch andere R-Sätze müssen nicht zwangsläufig wörtlich übernommen werden. Im Sinne der Formulierungen in der Sprache der Beschäftigten kann es notwendig sein, die vorgegebenen R-Sätze mit einfacheren Formulierungen wiederzugeben.

Neben der Kennzeichnung können dem Sicherheitsdatenblatt Kapitel 3 und 11 zusätzliche Informationen entnommen werden. Verbleiben noch Unklarheiten, sollten diese unmittelbar mit dem Lieferanten geklärt werden. Namhafte Chemikalienlieferanten bieten mit den technischen Merkblättern wertvolle zusätzliche Informationen, die häufig auch konkrete Hinweise zu gefährlichen Stoffen beinhalten, die bei der Verwendung entstehen. Der Lieferant ist nach Gefahrstoffverordnung auskunftspflichtig, soweit die Auskünfte zum gefahrlosen Verwenden der Gefahrstoffe notwendig sind.

Bei der Herstellung von Gefahrstoffen kommt als Informationsquelle Anhang VI der CLP-Verordnung eine wichtige Bedeutung zu. Bei nicht als legal eingestufteten Stoffen muss in der umfangreichen Sicherheitsliteratur, einschließlich spezieller Datenbanken, recherchiert werden. Selbstverständlich sind eigene weitergehende Erkenntnisse zu berücksichtigen. Als weitere Informationsquelle kann häufig die spezielle Sicherheitsliteratur weiterhelfen.

5.2.10.3 Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

Die wichtigsten Informationen der Betriebsanweisung sind in diesem Abschnitt zu finden. Während die Gefahren für Mensch und Umwelt grundsätzlich für alle Arbeitsbereiche gleich sind, unterscheiden sich insbesondere die Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln bei verschiedenen Arbeitsplätzen. Diese sind auf den konkreten Arbeitsplatz spezifisch abzustimmen.

Die geforderte Eindeutigkeit bei der Formulierung ist insbesondere bei den Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln von großer Bedeutung. Die persönlichen Schutzausrüstungen

- Augenschutz (siehe Abschnitt 6.1),
- Handschutz (siehe Abschnitt 6.2),
- Körperschutz (siehe Abschnitt 6.3) und
- Atemschutz (siehe Abschnitt 6.4)

sind verwechslungsfrei zu bezeichnen. Abbildung 5.5 zeigt eine Übersicht der häufigsten persönlichen Schutzeinrichtungen und ihrer Anwendungsbereiche.

Häufig werden speziell die persönlichen Schutzausrüstungen nur sehr unvollständig beschrieben. Die Aussage „Atemschutz benutzen“ ist nur in den Fällen ausreichend, wo lediglich ein einziger Atemschutztyp vorhanden ist. Sie sollte

immer konkretisiert werden, im Sinne von Partikelfilter, Gasfilter etc. Ferner muss bei Vorhandensein mehrerer Filtertypen der jeweils zu verwendende exakt spezifiziert werden. Desgleichen müssen die Schutzbrillen eindeutig bezeichnet werden, z. B. Gestellbrille, Korbbrille, Gesichtsschutzschirm.

Kein Handschuh ist gegen alle Chemikalien beständig, deshalb muss der konkrete Chemikalienschutzhandschuh eindeutig beschrieben werden. Da die Angabe des Handschuhmaterials nicht immer einfach erkennbar ist, empfiehlt sich die Angabe von Handschuhfarben, falls eine Farbe jeweils stellvertretend für ein Handschuhmaterial steht.

Sind zum gefahrlosen Betreiben von Anlagen oder Anlagenteilen technische Maßnahmen notwendig, sind diese anzuführen, z. B. das Anschließen von Erdungseinrichtungen beim Abfüllen brennbarer Flüssigkeiten oder das Einschalten der Quellenabsaugung beim Ein- oder Abfüllen von Flüssigkeiten. Auf Rauch- und Feuerverbot beim Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten ist besonders hinzuweisen. Die entsprechenden Piktogramme, siehe Abbildung 5.5, müssen nicht zwangsläufig aufgeführt werden, sind aber empfehlenswert.

Bei den Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln können Verweise auf die Betriebsvorschriften sinnvoll sein.

Während die H- oder R-Sätze die wesentlichen Gefahren in aller Regel auführen, lassen sich die P- und S-Sätze meist nur als grobes Gerippe und Basis für die Schutzmaßnahmen nutzen. Sie können der bereits zitierten Fachliteratur entnommen werden. Da in den Sicherheitsdatenblättern häufig eine große Anzahl von P-Sätzen aufgeführt ist, ist eine Auswahl auf die konkreten Arbeitsplätze zu treffen.


	Augenschutz:	Gestellbrille, Korbbrille, Gesichtsschutzschirm	
	Handschutz:	Chemikalienschutzhandschuhe, Säure-Schutzhandschuhe (Handschuhmaterial und Nutzungsdauer angeben)	
	Atemschutz:	Partikelfilter, Gasfilter, Isolationsgeräte (exakt bezeichnen: Maskentyp, Filtertyp, Schutzstufe)	
	Körperschutz:	Gesichtsschutzschirm, Säureschürze, Schutzanzug, Vollschutzanzug	
			
	Explosionsschutz:	Erdung, Feuerverbot, Absaugung	 
	Technik:	Absaugung einschalten	

Abb. 5.5 Angaben zu Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln in der Betriebsanweisung

Für weitergehende Informationen sind die Sicherheitsdatenblätter hilfreich. Insbesondere sind in Abschnitt 7 (Handhabung und Lagerung) und Abschnitt 8 (Expositionsbegrenzung und persönliche Schutzausrüstung) konkretere Maßnahmen als in den P- oder S-Sätzen angegeben. Auf die Auskunftspflicht des Lieferanten zu Fragen des Arbeitsschutzes sei nochmals hingewiesen.

5.2.10.4 Verhalten im Gefahrfall

Vorsichtsmaßnahmen bei Betriebsstörungen und Unfällen, die vernünftigerweise nicht ausgeschlossen werden können, sind zu beschreiben.

Insbesondere sind Angaben zu

- unbeabsichtigtem Produktaustritt,
- Brand und
- Explosionen

notwendig.

Bei Leckage und unbeabsichtigtem Produktaustritt ist die Meldekette aufzuführen, damit die Rettungskräfte ohne Zeitverzug benachrichtigt werden können. Da meist auch noch die betrieblichen Führungskräfte informiert werden müssen, empfiehlt sich ein Verweis auf den Alarm- oder Gefahrenabwehrplan.

Bei chemischen Reaktionen können, falls nicht in der Betriebsvorschrift angegeben, Hinweise auf die zu ergreifenden Maßnahmen bei abweichendem Temperatur- oder Druckprofil wichtig sein.

Für den Brandfall sind die geeigneten und nicht geeigneten Löschmittel aufzuführen. Insbesondere sollte darauf hingewiesen werden, wenn zum Löschen kein Wasser verwendet werden darf.

Die wichtigsten Informationsquellen stellen wiederum die Sicherheitsdatenblätter dar, speziell Abschnitt 5 (Maßnahmen zur Brandbekämpfung) und Abschnitt 6 (Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung).

Weitere Angaben finden sich in den bereits erwähnten Alarmplänen sowie in den Flucht- und Rettungsplänen. Die für den Transport vorgeschriebenen Unfallmerkbücher können als Informationsquelle ebenfalls herangezogen werden.

5.2.10.5 Erste Hilfe

Die Angaben zur Ersten Hilfe sind zu gliedern in

- Augenkontakt,
- Hautkontakt,
- Brand und
- Angaben beim Verschlucken.

Abbildung 5.6 zeigt für viele Chemikalien zutreffende Erste-Hilfe-Maßnahmen. Für den seltenen Fall, dass spezifische Antidote bekannt sind, sind diese nach Rücksprache mit dem Betriebsarzt aufzuführen. Insbesondere bei diesem Abschnitt ist zu berücksichtigen, dass keine Fachkräfte (Ärzte) angesprochen werden,






	Augenkontakt: 10–15 Minuten unter fließendem Wasser spülen, Augenarzt aufsuchen
	Hautkontakt: a) mit Seife und viel Wasser abwaschen b) Körperdusche benetzte Körperstellen evtl. mit speziellen Mitteln reinigen
	Brand: Körperdusche
	Verschlucken: kein Erbrechen auslösen (Ausnahmen in lebensbedrohender Situation)
	Einatmen: an frische Luft bringen, stabile Seitenlage
	Stets Arzt aufsuchen, Stoff mitteilen, Betriebsanweisung oder Etikett vorzeigen

Abb. 5.6 Angaben zur Ersten Hilfe in der Betriebsanweisung

sondern die betrieblichen Mitarbeiter. Angaben, die nur von Arbeitsmedizinern verstanden werden, sind in aller Regel nicht hilfreich. Da in allen Betrieben gemäß der BGV A1 Ersthelfer verfügbar sein müssen, können für diesen Personenkreis weitergehende Angaben sinnvoll sein.

Entsprechende Informationen können Abschnitt 4 (Erste-Hilfe-Maßnahmen) des Sicherheitsdatenblattes entnommen werden. Zusätzliche Informationen finden sich gelegentlich noch in Abschnitt 11 (Toxikologie), und Abschnitt 16 (Sonstige Angaben).

5.2.11

Sachgerechte Entsorgung

Die Angaben zur sachgerechten Entsorgung sollen Angaben zur Handhabung und Entsorgung von Reststoffen oder Abfällen enthalten. Die Entsorgung bei unbeabsichtigt entstehenden Stoffen, z. B. bei Leckage, sollte mit aufgenommen werden.

Insbesondere sind die zu verwendenden Bindemittel exakt zu bezeichnen. Sind hierbei persönliche oder technische Schutzmittel notwendig, müssen diese mit aufgeführt werden. Die weitere Entsorgung von mit Produktresten dekontaminierten Bindemitteln ist anzugeben.

Da Restmengen meist getrennt gesammelt werden müssen, bevor sie zur weiteren Entsorgung gegeben werden, sind die jeweiligen Sammelbehälter zu kennzeichnen. Die weitere Entsorgung dieser Sammelbehälter muss beschrieben werden, wenn sie von betrieblichen Mitarbeitern selbst durchgeführt wird. Stehen hierfür spezielle Firmen oder Abteilungen zur Verfügung, können diese Angaben entfallen.

Desgleichen sind Angaben zur Reinigung der Behälter und des Verpackungsmaterials notwendig, falls dies nicht von speziellen Kräften übernommen wird.

Die Angaben zur sachgerechten Entsorgung können bei einer stark arbeitsteiligen Betriebsstruktur kurz ausfallen. So kann die Angabe der Sammelbehälter und Informationen zum Verschütten ausreichen.

Insbesondere umweltgefährdende oder wassergefährdende Stoffe erfordern zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der Umwelt. Bei wassergefährdenden Stoffen ist z. B. auf das Verschließen der Kanaleinläufe hinzuweisen.

Als wichtigste Informationsquelle dient Abschnitt 13 des Sicherheitsdatenblattes „Hinweise zur Entsorgung“.

5.2.11.1 Betriebsunterweisung

Eine wesentliche Säule des Arbeitsschutzes stellt die **Unterrichtung der Mitarbeiter** über die gefährlichen Eigenschaften und die zu ergreifenden Schutzmaßnahmen dar. Diese Unterweisungen sind nach § 14 Abs. 2 vor der Neuaufnahme von Gefahrstoffen durchzuführen und mindestens einmal jährlich zu wiederholen. Die wesentlichen Inhalte der Unterweisung sind die Angaben der Betriebsanweisungen; diese sind bei dieser Gelegenheit zu erläutern und verständlich darzulegen. Großen Wert sollte auf die arbeitsplatzbezogenen Erklärungen gelegt werden. Ziel der Unterweisung ist die Mitarbeiter über alle für ihre Tätigkeiten wichtigen Stoffinformationen und die vorgeschriebenen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln zu informieren. Erfahrungsgemäß ist es durchaus sinnvoll festzustellen, ob die Mitarbeiter über ein ausreichendes Verständnis über die unterwiesenen Inhalte verfügen.

Zusätzlich müssen die Beschäftigten über die Methoden und Verfahren unterrichtet werden, die zum sicheren Verwenden der Gefahrstoffe notwendig sind. Hiermit ist eine Fort- und Weiterbildungspflicht in sicheren Arbeitstechniken unmittelbar verbunden.

Im Rahmen der geforderten allgemeinen arbeitsmedizinisch-toxikologischen Beratung ist insbesondere auf die Möglichkeit von Angebotsuntersuchungen hinzuweisen. Sinn und Zweck dieser Beratung ist nicht eine wissenschaftlich-medizinische Erläuterung der toxikologischen Stoffwirkungen, sondern vielmehr das Erkennen stoffbedingter Erkrankungen. Diese Unterweisungen müssen nicht zwangsläufig durch Arbeitsmediziner oder Toxikologen erfolgen, ggf. sollten die Spezialisten im Vorfeld konsultiert werden, die Unterweisung ist für die Mitarbeiter verständlich, einfach und nachvollziehbar darzustellen. Abbildung 5.7 fasst die wesentlichen Inhalte der Betriebsunterweisung zusammen.

Zur Unterstreichung der Bedeutung der Information der Mitarbeiter müssen

- Inhalt und
- Zeitpunkt

der Unterweisung schriftlich festgehalten werden. Die Unterwiesenen müssen dies durch Unterschrift bestätigen. Mit der Unterschrift wird Inhalt und Umfang

der Unterweisung bestätigt. Der Nachweis der Unterweisung sollte mindestens zwei Jahre aufbewahrt werden.

Mit der Unterschrift dokumentieren die Mitarbeiter nicht nur ihre Anwesenheit bei der Unterweisung, sondern primär, dass die aufgeführten Lehrinhalte vermittelt und erklärt wurden. Aus diesem Grund sind die Unterweisungsinhalte möglichst konkret und detailliert aufzuführen.

Bei größeren Betrieben mit einer großen Anzahl von Gefahrstoffen können auch halbjährliche Unterweisungen unzureichend sein. Zur Vermeidung eines monotonen Frontalunterrichts sind kürzere Zeitintervalle mit begrenzten Lehrinhalten vorzuziehen. In Produktionsbetrieben der Großchemie haben sich monatliche (Kurz)Unterweisungen bewährt. Kurzgespräche der Betriebsleitung mit den Mitarbeitern direkt am Arbeitsplatz erlauben darüber hinaus eine tiefere Beschäftigung und individuelle Unterweisung der Mitarbeiter.

Frauen im gebärfähigen Alter sollten des Weiteren über die zusätzlichen Gefahren für das ungeborene Kind beim Umgang mit entwicklungsschädigenden Stoffen informiert werden, auch wenn derartige Verpflichtungen in der Mutterschutzverordnung, siehe Abschnitt 5.5, nicht mehr aufgenommen sind. Darüber hinaus sind die Beschäftigungsbeschränkungen für schwangere Frauen und werdende Mütter zu erläutern, nähere Angaben sind in Abschnitt 5.5 zu finden. Es ist wichtig, dass Frauen auf die besonderen Probleme der Entwicklungsschädigung innerhalb der ersten sechs Wochen der Schwangerschaft und auf die umgehende Informationspflicht gegenüber Vorgesetzten nach Bekanntwerden einer Schwangerschaft hingewiesen werden. Nur bei sofortiger Information einer vorliegenden Schwangerschaft können die notwendigen Arbeitsschutzmaßnahmen eingeleitet werden! Da Alkoholgenuß und Rauchen die wichtigsten Ursachen von Entwicklungsschädigungen sind, sollte auf diese Einflussfaktoren gebührend eingegangen werden.

Mündliche Unterweisung

- ➔ **Inhalt: Betriebsanweisung**
- ➔ **Wie: verständliche Form und Sprache, arbeitsplatzbezogen**
- ➔ **Wann: vor Aufnahme der Beschäftigung, mindestens jährlich**
- ➔ **Inhalt und Zeitpunkt sind zu dokumentieren,**
Beschäftigte müssen die Unterweisung per Unterschrift bestätigen
- ➔ **allgemeine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung**
(⇒ Angebots-, Pflichtuntersuchung, stoffbedingte Krankheitssymptome)
- ➔ **bei cmr_p-Stoffen (Kategorie 1 oder 2):**
 - ⇒ aktualisiertes Verzeichnis der Beschäftigten
 - ⇒ falls verfügbar: Angabe der Exposition



Abb. 5.7 Inhalte der Betriebsunterweisung

5.2.12

Expositionsverzeichnis

Gemäß § 14 Abs. 3 Nr. 3 muss ein aktualisiertes Verzeichnis der Beschäftigten geführt werden, die Tätigkeiten mit

- krebserzeugenden,
- erbgutverändernden und
- fruchtbarkeitsgefährdenden

Gefahrstoffen der Kategorie 1 oder 2 (nach Stoffrichtlinie) ausführen, bei denen die Gefährdungsbeurteilung eine Gefährdung der Gesundheit oder der Sicherheit der Beschäftigten ergeben hat.

Konkretisierungen, unter welchen Bedingungen eine Gefährdung der Gesundheit oder der Sicherheit der Beschäftigten gegeben ist, stehen zurzeit noch aus. Wird bei Stoffen mit AGW dieser eingehalten, darf davon ausgegangen werden, dass keine Gesundheitsgefährdung vorliegt. Bei Stoffen ohne AGW, aber mit einer Expositions-Risiko-Beziehung, siehe Abschnitt 3.3.1, ist bei Überschreitung der Akzeptanzkonzentration von einer Gesundheitsgefährdung auszugehen. Liegt jedoch weder ein AGW noch eine Expositions-Risiko-Beziehung vor, wird bei vorhandener Exposition eine Gefährdung unterstellt.

In dem Expositionsverzeichnis sind Höhe und Dauer der Exposition aufzuführen. Das Verzeichnis muss, einschließlich aller Aktualisierungen, bis 40 Jahre nach Ausscheiden eines Mitarbeiters aufbewahrt werden.

Beim Ausscheiden eines Mitarbeiters muss ihm das Expositionsverzeichnis ausgehändigt werden, ein Nachweis darüber ist wie Personalunterlagen aufzubewahren.

Da dieses Verzeichnis in einem Berufskrankheitsverfahren ein wichtiges Dokument darstellt, sind an die Ermittlung einer möglichen Gefährdung der Gesundheit oder der Sicherheit analog der Recherche in einem Berufskrankheitsverfahren hohe Anforderungen zu stellen.

Alternativ können anstatt dem Aushändigen des Expositionsverzeichnisses und der retrospektiven Recherche die geforderten Angaben (ab einem noch festzulegenden Zeitpunkt) an eine im Aufbau befindliche zentrale Datenbank übermittelt werden. Diese „Datenbank zur zentralen Erfassung gegenüber krebserzeugenden Stoffen exponierter Beschäftigter“, abgekürzt ZED, soll die Expositionsdaten treuhänderisch verwalten und bei der DGUV eingerichtet werden. Zum Zeitpunkt der Drucklegung sind die notwendigen juristischen und datenschutzrechtlichen Regelungen noch nicht abgeschlossen, insbesondere müssen die notwendigen vertraglichen Regelungen zwischen DGUV und Wirtschaft noch festgelegt werden.

5.2.13

Zusammenarbeit verschiedener Firmen

Vorschriften zur Zusammenarbeit verschiedener Firmen, insbesondere Kontraktoren für Reparatur- und Wartungsarbeiten, sind in § 15 geregelt.

Fremdfirmen dürfen zur Durchführung von Tätigkeiten mit Gefahrstoffen nur beauftragt werden, wenn sie hierfür die notwendigen Fachkenntnisse und Erfahrung besitzen. Der Auftraggeber muss den Auftragnehmer über die Gefahrenquellen und die notwendigen Verhaltensregeln informieren. Auf Basis dieser Informationen obliegt es den Beauftragten, eigenverantwortlich ihre Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und die notwendigen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln festzulegen.

Besteht die Möglichkeit der gegenseitigen Beeinflussung verschiedener Firmen, muss vom Auftraggeber ein Koordinator zur Verfügung gestellt werden, dem alle sicherheitsrelevanten Informationen und die Gefährdungsbeurteilungen mitgeteilt werden müssen. Alle tätigen Firmen sind in ein bestehendes Sicherheits- und Warnsystem zu integrieren.

Bei allen Arbeiten mit möglicher Gefährdung durch Gefahrstoffe müssen Arbeitgeber, Auftraggeber und Auftragnehmer zusammenarbeiten und sich abstimmen. Besteht die Möglichkeit der gegenseitigen Beeinflussung, müssen die eingesetzten Stoffe aufeinander abgestimmt werden, unter Berücksichtigung denkbarer Wechselwirkungen, z. B. eine mögliche Ex-Gefahr bei entzündbaren Stoffen.

Die Ergebnisse der gemeinsamen Gefährdungsbeurteilung sind von allen Beteiligten zu dokumentieren.

Werden Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten durchgeführt, ist zu ermitteln, ob Gefahrstoffe vorhanden sind, für die Herstellungs- und Verwendungsverbote gemäß Anhang II der Gefahrstoffverordnung sowie Anhang XVII REACH-VO [2] existieren.

5.2.14

Unterrichtung der Behörde

Der zuständigen Behörde ist unverzüglich anzuzeigen:

- jeder Unfall oder jede Betriebsstörung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, die zu einer ernsten Gesundheitsschädigung von Beschäftigten geführt haben, und
- Krankheits- oder Todesfälle, bei denen konkrete Anhaltspunkte für einen kausalen Zusammenhang mit Gefahrstoffeinwirkung bestehen.

Auf Verlangen der zuständigen Behörde müssen dieser mitgeteilt werden:

- das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung, einschließlich der zugrundeliegenden Informationen,
- Tätigkeiten mit möglicher oder tatsächlicher Exposition, einschließlich der Anzahl der Beschäftigten,

- die durchgeführten Schutz- und Vorsorgemaßnahmen sowie
- die verantwortliche Person nach § 13 Arbeitsschutzgesetz.

Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen der Kategorie 1 oder 2 sind zusätzlich mitzuteilen:

- das Ergebnis der Substitutionsprüfung,
- sachdienliche Informationen über durchgeführte Tätigkeiten und angewandte industrielle Verfahren,
- die Gründe für die Verwendung dieser Gefahrstoffe,
- Menge der hergestellten oder verwendeten Gefahrstoffe,
- Art der verwendeten Schutzausrüstung,
- Art und Grad der Exposition und
- Fälle von Substitution.

Auf Verlangen der Behörde ist die in Anhang II REACH-VO [2] geforderte Fachkunde zum Erstellen von Sicherheitsdatenblättern nachzuweisen.

5.2.15

Anhang I der Gefahrstoffverordnung

In Anhang I sind die besonderen Vorschriften für bestimmte Gefahrstoffe und Tätigkeiten aufgelistet:

- Nr. 1: Brand- und Explosionsgefährdungen
- Nr. 2: Partikelförmige Gefahrstoffe
- Nr. 3: Schädlingsbekämpfung
- Nr. 4: Begasungen
- Nr. 5: Ammoniumnitrat

Die Vorschriften von Nr. 1 regeln den **Brand- und Explosionsschutz** sowohl bei der Herstellung und Verwendung von Stoffen als auch für Lagerung und Abfüllung. Nähere Ausführungen sind in Abschnitt 5.2.16 zu finden.

In Nr. 2 sind die allgemeinen Arbeitsgrundsätzen bei Tätigkeiten mit **einatembaren partikelförmigen Gefahrstoffen** aufgeführt. In Nr. 2.4 sind die speziellen Regelungen bei möglicher oder tatsächlicher Exposition gegenüber *Asbest*, einschließlich besonderer Regelungen bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten, dargestellt. Tätigkeiten mit Asbest sind der Behörde schriftlich anzuzeigen mit Angabe von

- 1) Lage der Arbeitsstätte,
- 2) verwendete oder gehandhabte Asbestarten und -mengen,
- 3) ausgeübte Tätigkeiten und angewendete Verfahren,
- 4) Anzahl der beteiligten Beschäftigten,

- 5) Beginn und Dauer der Tätigkeiten,
- 6) Maßnahmen zur Begrenzung der Asbestfreisetzung und zur Begrenzung der Asbestexposition der Beschäftigten.

Abbruch, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten von schwach gebundenem Asbest dürfen nur von Fachbetrieben durchgeführt werden, die von der zuständigen Behörde zur Ausführung dieser Tätigkeiten zugelassen wurden. Eine Zulassung erhält, wer über die notwendige sicherheitstechnische Ausstattung verfügt und sachkundige Personen beschäftigt, die die Sachkunde in einem behördlich anerkannten Lehrgang erworben haben. Die Schutzmaßnahmen bei ASI-Arbeiten sind in der TRGS 519 [41] beschrieben.

Schädlingsbekämpfungen mit sehr giftigen, giftigen oder gesundheitsschädlichen Stoffen oder Zubereitungen, die

- 1) berufsmäßig bei anderen durchgeführt oder
- 2) nicht nur gelegentlich und in geringem Umfang im eigenen Betrieb, in dem Lebensmittel hergestellt, behandelt oder in Verkehr gebracht werden, oder in einer in § 36 des Infektionsschutzgesetzes genannten Einrichtung

dürfen nach Anhang I Nr. 3 nur durch spezielle, sachkundige Personen durchgeführt werden und sind der Behörde schriftlich anzuzeigen mit folgenden Mindestangaben:

- 1) Nachweis, dass die personelle, räumliche und sicherheitstechnische Ausstattung für diese Arbeiten ausreichend geeignet ist,
- 2) Zahl der Beschäftigten, die mit den Schädlingsbekämpfungsmitteln umgehen,
- 3) vorgesehene Schädlingsbekämpfungsmittel mit Angabe der
 - Bezeichnung,
 - Eigenschaften,
 - Wirkungsmechanismen,
 - Anwendungsverfahren und
 - Dekontaminationsverfahren des Schädlingsbekämpfungsmittels,
- 4) Bereiche der vorgesehenen Schädlingsbekämpfung sowie Zielorganismen, gegen die die Schädlingsbekämpfung durchgeführt werden soll, und
- 5) Ergebnis der Substitutionsprüfung.

Schädlingsbekämpfung darf nur von geeigneten und sachkundigen Personen durchgeführt werden,

- 1) die mindestens 18 Jahre alt sind,
- 2) für den Umgang mit Schädlingsbekämpfungsmitteln die erforderliche Zuverlässigkeit besitzen und
- 3) denen in einem ärztlichen Zeugnis, das nicht älter als fünf Jahre sein darf, bescheinigt wurde, dass keine Anhaltspunkte gegen eine körperliche oder geistige Eignung vorliegen.

Sachkundig ist wer sich regelmäßig fortbildet und die Prüfung

- 1) zum Schädlingsbekämpfer(in),
- 2) zum Geprüften Schädlingsbekämpfer(in) oder
- 3) von einem behördlich anerkannten Sachkundelehrgang zur Schädlingsbekämpfung

abgelegt hat. Desgleichen gilt als sachkundig, wer die Prüfung zum Gehilfen oder Meister für Schädlingsbekämpfung nach dem früheren Recht der DDR vorweist.

Detaillierte Regelungen zur Schädlingsbekämpfung, einschließlich einer Beschreibung der Anforderungen an die Sachkunde, sind in der TRGS 523 „Schädlingsbekämpfung mit sehr giftigen, giftigen und gesundheitsschädlichen Stoffen und Zubereitungen“ [42] beschrieben.

Die Vorschriften zu **Begasungen** in Nr. 4 sind anzuwenden, wenn folgende Stoffe als Begasungsmittel eingesetzt werden:

- 1) Hydrogencyanid (Cyanwasserstoff, Blausäure) und Hydrogencyanid entwickelnde Stoffe und Zubereitungen,
- 2) Phosphorwasserstoff und Phosphorwasserstoff entwickelnde Stoffe und Zubereitungen,
- 3) Ethylenoxid,
- 4) Sulfuryldifluorid (Sulfurylfluorid)
sowie bei
- 5) Raumdesinfektionen mit Formaldehyd sowie Stoffe und Zubereitungen, die zum Entwickeln oder Verdampfen von Formaldehyd dienen,
als auch mit
- 6) sehr giftigen oder giftigen Biozidprodukten, die für Begasungen zugelassen sind.

Ethylenoxid und Zubereitungen, die Ethylenoxid enthalten, dürfen nur in vollautomatisch programmgesteuerten Sterilisatoren und in vollautomatischen Sterilisationskammern verwendet werden, Näheres regelt TRGS 513 „Tätigkeiten an Sterilisatoren mit Ethylenoxid und Formaldehyd“ [43].

Begasungen darf nur durchführen, wer eine Erlaubnis der zuständigen Behörde besitzt. Die Erlaubnis wird erteilt, wenn

- der Antragsteller die erforderliche Zuverlässigkeit besitzt und
- über eine ausreichende Anzahl von Befähigungsschein-Inhabern verfügt.

Einen Befähigungsschein erhält, wer

- die erforderliche Zuverlässigkeit besitzt,
- durch ein ärztliches Zeugnis gemäß § 7 Abs. 1 der Arbeitsmedizin-Verordnung nachweist, dass keine Anhaltspunkte vorliegen, die gegen eine körperliche und geistige Eignung sprechen,

- die erforderliche Sachkunde und ausreichende Erfahrung für Begasungen nachweist und
- mindestens 18 Jahre alt ist.

Die Sachkunde kann durch die

- erfolgreiche Teilnahme an einem behördlich anerkannten Sachkundelehrgang zur Durchführung von Begasungen

erworben werden.

Keine Erlaubnis wird benötigt bei der Begasung

- ausschließlich zu Zwecken der Forschung und Entwicklung,
- zur institutionellen Eignungsprüfung von Begasungsmitteln oder -verfahren sowie
- zur nur gelegentlichen Anwendung von portionsweise verpackten, Phosphorwasserstoff freisetzenden Präparaten, zur Schädlingsbekämpfung im Erdreich.

Die Durchführung von Begasungen ist der zuständigen Behörde mindestens eine Woche schriftlich anzuzeigen mit Angabe

- 1) der verantwortlichen Person,
- 2) des Tags der Begasung,
- 3) eines Lageplans zum Ort der Begasung und des zu begasenden Objekts mit Angabe der zu begasenden Güter,
- 4) des für den Einsatz vorgesehenen Begasungsmittels und den vorgesehenen Mengen,
- 5) des voraussichtlichen Beginns der Begasung,
- 6) des voraussichtlichen Endes der Begasung,
- 7) des voraussichtlichen Termins der Freigabe sowie
- 8) des Zeitpunkts der Dichtheitsprüfung, falls diese erforderlich ist.

Neben den Voraussetzungen zum Erwerb der Erlaubnis und der Sachkunde zur Durchführung von Begasungen werden grundlegende Schutzmaßnahmen in Nummer 4 beschrieben. Konkretisierende Ausführungen finden sich in der TRGS 512 „Begasungen“ [44] und TRGS 522 [45].

Die Vorschriften nach Nr. 5 gelten bei Lagerung, Abfüllung und innerbetrieblichem Transport von **Ammoniumnitrat** und ammoniumnitrathaltigen Düngemitteln. Ammoniumnitrat (AN) und ammoniumnitrathaltige Zubereitungen werden in Abhängigkeit ihres explosionsgefährlichen Potenzials in insgesamt 5 Gruppen und mehrere Untergruppen nach ihrem AN-Gehalt und weiteren Bestandteilen unterteilt:

Gruppe A: AN und AN-haltige Zubereitungen, die zur detonativen Reaktion fähig sind (Untergruppen A I bis A IV)

- Gruppe B: AN-haltige Zubereitungen, die zur selbstunterhaltenden fortschreitenden thermischen Zersetzung fähig sind (Untergruppen B I bis B II)
- Gruppe C: AN-haltige Zubereitungen, die nicht unter Gruppe A oder B fallen, aber beim Erhitzen Stickoxide entwickeln (Untergruppen C I bis C IV)
- Gruppe D: AN-haltige Zubereitungen, die in wässriger Lösung oder Suspension ungefährlich, in kristallisiertem Zustand unter Reduktion des ursprünglichen Wassergehalts jedoch zur detonativen Reaktion fähig sind (Untergruppen D I bis D IV)
- Gruppe E: AN-haltige Zubereitungen, die als Wasser-in-Öl-Emulsionen vorliegen und als Vorprodukte für die Herstellung von Sprengstoffen dienen.

Detaillierte Regelungen in Abhängigkeit der Gruppen A bis E sowie der Untergruppen enthält TRGS 511 [46]

5.2.16

Anhang II der Gefahrstoffverordnung

Anhang II regelt in Umsetzung von § 16 Abs. 2 „Besondere Herstellungs- und Verwendungsbeschränkungen für bestimmte Stoffe“.

Nummer 1 Asbest

Nummer 2 2-Naphthylamin, 4-Aminobiphenyl, Benzidin, 4-Nitrobiphenyl

Nummer 3 Pentachlorphenol und seine Verbindungen

Nummer 4 Kühlschmierstoffe und Korrosionsschutzmittel

Nummer 5 Biopersistente Fasern

Nummer 6 Besonders gefährliche krebserzeugende Stoffe

In Nummer 1 werden in Ergänzung zu den Vorschriften von Anhang I Nr. 2.4 Arbeiten an asbesthaltigen Teilen an Gebäuden, Geräten, Maschinen, Anlagen, Fahrzeugen und sonstigen Erzeugnissen verboten. Ausnahmen gelten für Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten.

2-Naphthylamin, 4-Aminobiphenyl, Benzidin, 4-Nitrobiphenyl sowie Zubereitungen mit einem Massengehalt von über 0,1 %, dürfen nach Nr. 2 nicht hergestellt werden.

In Ergänzung der Beschränkungen von Nr. 22 Anhang XVII der REACH-VO [2] dürfen Erzeugnisse gemäß Nr. 3 nicht verwendet werden, die **Pentachlorphenol** oder pentachlorphenolhaltige Verbindungen in Konzentration über 5 mg/kg in der behandelten Schicht enthalten.

Die Verwendung von **Kühlschmierstoffen** und **Korrosionsschutzmitteln**, denen nitrosierende Agenzien zugesetzt wurden, dürfen nach Nr. 4 nicht verwendet werden.

Nach Nr. 5 dürfen für die

- Wärme- und Schalldämmung im Hochbau,
- technische Isolierungen und
- Lüftungsanlagen

die folgenden **mineralfaserhaltigen** Gefahrstoffe nicht verwendet werden:

- 1) künstliche Mineralfasern (bei einem Massengehalt der Oxide von Na, K, Ca, Mg, Ba über 18 %),
- 2) Zubereitungen und Erzeugnisse, die künstliche Mineralfasern mit einem Massengehalt von insgesamt mehr als 0,1 % enthalten.

Dieses Verbot gilt nicht, wenn in geeigneten Untersuchungen belegt wird, dass kein krebserzeugendes Potenzial gemäß den in Spalte 3 festgelegten Kriterien besteht.

Gemäß Nr. 6 dürfen die folgenden Gefahrstoffe nur in **geschlossenen Anlagen** hergestellt oder verwendet werden:

- 1) 6-Amino-2-ethoxynaphthalin,
- 2) Bis(chlormethyl)ether,
- 3) Cadmiumchlorid (in einatembare Form),
- 4) Chlormethyl-methylether,
- 5) Dimethylcarbamoylchlorid,
- 6) Hexamethylphosphorsäuretriamid,
- 7) 1,3-Propansulton,
- 8) N-Nitrosaminverbindungen, ausgenommen solche N-Nitrosaminverbindungen, bei denen sich in entsprechenden Prüfungen kein Hinweis auf krebserzeugende Wirkungen ergeben hat,
- 9) Tetranitromethan,
- 10) 1,2,3-Trichlorpropan sowie
- 11) Dimethyl- und Diethylsulfat.

Nach TRGS 500 Nr. 6.2.1 [47] gilt eine Anlage als geschlossen, wenn der Verfahrensindex gleich 0,25 beträgt. Der Verfahrensindex 0,25 kann auch bei halboffenen Anlagenteilen erreicht werden, wenn durch geeignete Zusatzmaßnahmen eine Exposition weitgehend ausgeschlossen wird.

Herstellung oder Verwendung in nicht geschlossenen Anlagen ist nach § 24 Nr. 12 eine Straftat.

5.2.17

Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Anhang 3 in Abhängigkeit der **Wahrscheinlichkeit** des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in drei

Zonen eingeteilt. Die Zonen 0, 1 und 2 umfassen Bereiche, in denen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel hervorgerufen werden kann:

Zone 0: Bereiche, in denen die explosionsfähige Atmosphäre ständig und langfristig vorhanden ist

Beispiele: das Innere von Behältern (Lagerbehälter, Rührkolben, Rohrleitung etc.)

Zone 1: Bereiche, in denen die explosionsfähige Atmosphäre gelegentlich auftritt

Beispiele: die nähere Umgebung der Zone 0; der nähere Bereich um Füll- und Entleerungseinrichtungen; Lagerräume, in denen umgefüllt wird

Zone 2: Bereiche, in denen die explosionsfähige Atmosphäre nur selten und dann nur kurzzeitig auftritt

Beispiele: Lagerräume ohne Umfüllvorgänge; Flanschverbindungen bei Rohrleitungen in Räumen; Bereiche, die sich an die Zone 1 anschließen

Wird die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre durch brennbare **Stäube** ausgelöst, erfolgt die Einteilung in die Ex-Zonen 20 bis 22.

Zone 20: Bereiche, in denen die explosionsfähige Atmosphäre durch Staub langfristig oder häufig vorhanden ist

Beispiele: das Innere von Mühlen, Trocknern, Mischern, Förderleitungen, Silos

Zone 21: Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass gelegentlich durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes explosionsfähige Atmosphäre kurzzeitig auftritt

Beispiele: die Umgebung Staub enthaltender, nicht dichter Apparaturen

Zone 22: Bereiche, in denen selten, und dann kurzfristig, damit zu rechnen ist, dass durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes explosionsfähige Atmosphäre auftritt

Die Auswahl der in explosionsgefährdeten Bereichen einzusetzenden Geräte und Anlagenteile richtet sich nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsgefährlicher Atmosphäre:

- In Zone 0 oder Zone 20 dürfen nur Geräte der Kategorie 1,
- in Zone 1 oder Zone 21 nur Geräte der Kategorie 1 oder der Kategorie 2 sowie
- in Zone 2 oder Zone 22 nur Geräte der Kategorie 1, der Kategorie 2 oder der Kategorie 3

benutzt oder eingesetzt werden.

Sind Zonen mit explosionsgefährlicher Atmosphäre in einem Betrieb vorhanden, muss nach § 6 Betriebssicherheitsverordnung ein Explosionsschutzdokument erstellt werden, dem zu entnehmen sein muss,

- 1) dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und einer Bewertung unterzogen worden sind,
- 2) dass angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen,
- 3) die Einteilung der Betriebsbereiche in Zonen und
- 4) für welche Bereiche die Mindestvorschriften zum Schutz vor explosionsgefährlicher Atmosphäre gelten.

Abbildung 5.8 fasst die Definition der Zonen und die Inhalte des Explosionsschutzdokumentes zusammen.

Explosionsgefährdeter Bereich sind in Zonen einzuteilen:		
Ex-Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel Zone	Ex-Atmosphäre durch Stäube Zone	Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Ex-Atmosphäre
0	20	ständig, langfristig, häufig
1	21	gelegentlich
2	22	selten, kurzfristig


Inhalte des Explosionsschutzdokuments :	
☞ Bewertung der Explosionsgefährdung	
☞ getroffene Explosionsschutzmaßnahmen	
☞ Zoneneinteilung	

Abb. 5.8 Zoneneinteilung und Inhalte des Explosionsschutzdokumentes

5.2.18

Maßnahmen des Explosionsschutzes

Die Maßnahmen des **primären Explosionsschutzes** sollen die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre verhindern oder einschränken.

- Substitution
 - Substitution des brennbaren Stoffes mit einem nicht brennbaren Stoff
 - Verwendung von Stoffen mit einem Flammpunkt oberhalb der höchsten Betriebstemperatur

- Inertisierung
 - Ausschluss von Luftsauerstoff durch inerte Gase, z. B. *Stickstoff*, *Edelgase*, *Kohlendioxid*
- Konzentrationsbegrenzung
 - im Konzentrationsbereich unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) oder oberhalb der oberen Explosionsgrenze (OEG) besteht keine explosionsgefährliche Atmosphäre
- Vermeidung von Staubablagerung
 - austretenden Staub sofort wegsaugen
 - regelmäßige Reinigung

Die Maßnahmen des **sekundären Explosionsschutzes** zielen auf den Ausschluss der Zündquellen:

- Vermeidung von
 - offenem Feuer
 - Rauchen

Verbot von ⇒ offenem Feuer ⇒ Rauchen ⇒ Schweißen ⇒ Trennarbeiten mit funkenziehenden Geräten (z. B. Trennschleifer)	
Einsatz von explosionsgeschützten Geräten ⇒ Lichtschalter in Ex-Ausführung ⇒ gekapselte Motoren Benutzung funkenarmer Werkzeuge, z.B. ⇒ Messing	
Ausschluss elektrostatischer Aufladung durch ⇒ Erdung ⇒ leitfähige Geräte ⇒ leitfähige Kleidung ⇒ sichere Arbeitstechniken (Unterspiegelbefüllung, langsames Ausgießen)	
Einhaltung der maximalen Oberflächentemperaturen ⇒ Auswahl von Geräten gemäß den Temperaturklassen ⇒ Temperaturüberwachung zum Schutz vor heißlaufenden Antriebsmotoren	

Abb. 5.9 Maßnahmen des sekundären Explosionsschutzes

- Schweißen und
- Trennarbeiten mit funkenziehenden Geräten (z. B. Trennschleifer)
- Einsatz von explosionsgeschützten Geräten
 - Lichtschalter in Ex-Ausführung und
 - gekapselte Motoren
- Einhaltung der maximalen Oberflächentemperaturen
 - Auswahl von Geräten gemäß den Temperaturklassen und
 - Temperaturüberwachung zum Schutz vor heißlaufenden Antriebsmotoren
- Benutzung von funkenarmen Werkzeugen (Messing)
- Ausschluss elektrostatischer Aufladung durch
 - Erdung
 - leitfähige Geräte
 - leitfähige Kleidung und
 - sichere Arbeitstechniken, z. B. Unterspiegelbefüllung, siehe Abbildung 5.9

5.3

Chemikalien-Verbotsverordnung

Die „Verordnung über die Neuordnung und Ergänzung der Verbote und Beschränkungen des Herstellens, Inverkehrbringens und Verwendens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach § 17 Chemikaliengesetz“, kurz Chemikalien-Verbotsverordnung [5] (abgekürzt: ChemVerbotsV), regelt ausschließlich das Inverkehrbringen von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen aufgrund der Ermächtigungsgrundlage im Chemikaliengesetz.

Da unter EG-Verordnungen keine nationalen Regelungen existieren dürfen, hätte der Anhang der Chemikalien-Verbotsverordnung bereits seit Juni 2009 geändert werden müssen. Aus Sicht der Rechtsunterworfenen ist es schwer verständlich, dass der Anhang auch nach drei Jahren noch nicht angepasst wurde. Die hierdurch entstandene Rechtsunsicherheit ist insbesondere für klein- und mittelständige Unternehmen nicht verständlich. Die Verbote und Beschränkungen nach Anhang XVII der REACH-VO gelten selbstverständlich auch dann, wenn sie nicht im Anhang der ChemVerbotsV enthalten sind, siehe Abschnitt 5.3!

Die Chemikalien-Verbotsverordnung gliedert sich in acht Paragraphen sowie einen Anhang.

§ 1	Verbote
§ 2	Erlaubnis- und Anzeigepflichten
§ 3	Informations- und Aufzeichnungspflichten bei der Abgabe an Dritte
§ 4	Selbstbedienungsverbot
§ 5	Sachkunde
§ 5a	Betankungseinrichtungen
§ 6	Normen

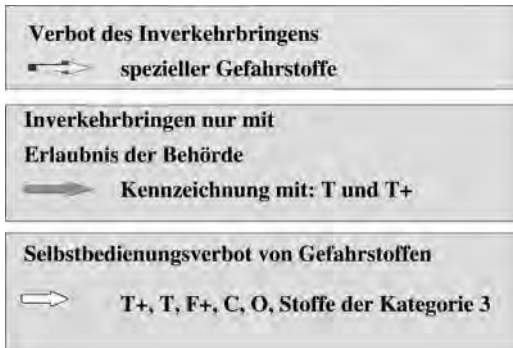


Abb. 5.10 Struktur der Chemikalien-Verbotsverordnung

§ 7 Ordnungswidrigkeiten

§ 8 Straftaten

Anhang zu § 1 Chemikalien-Verbotsverordnung

Die Chemikalien-Verbotsverordnung kann in drei unterschiedliche Regelungsbereiche unterteilt werden, siehe Abbildung 5.10:

- Teil 1 beinhaltet die Verbote beim Inverkehrbringen bestimmter Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse.
- Teil 2 erlaubt die Abgabe von Stoffen und Zubereitungen, die mit T oder T+ gekennzeichnet sind, nur mit Erlaubnis der zuständigen Behörde.
- Teil 3 verbietet die Abgabe bestimmter Stoffe oder Zubereitungen in Selbstbedienung an den Endverbraucher.

Die ChemVerbotsV regelt ausschließlich Verbote und Beschränkungen beim Inverkehrbringen, die Vorschriften zur Einstufung, Kennzeichnung, Verpackung und Informationsweitergabe von Stoffen und Zubereitungen sind in der Gefahrstoffverordnung zu finden. Sie gilt daher nicht bei der Abgabe eines Betriebes an einen anderen Betrieb der gleichen Firma. Im Gegensatz hierzu zählt zum Inverkehrbringen die Abgabe an eine Joint-Venture-Gesellschaft oder ein 100 %iges Tochterunternehmen.

5.3.1

Verbote des Inverkehrbringens

Gemäß § 1 der Chemikalien-Verbotsverordnung dürfen die im Anhang in Spalte 1 aufgeführten Stoffe nicht unter den in Spalte 2 bezeichneten Bedingungen in Verkehr gebracht werden. Spalte 3 regelt Ausnahmen von den Verboten des Inverkehrbringens von Spalte 2, die aus praktischen Erfordernissen notwendig sind.

Der **Anhang** gliedert sich zurzeit in 32 Abschnitte, im Gegensatz zu 61 Einträgen im Anhang XVII der REACH-VO, siehe Abschnitt 4.4. Da der Anhang Beschrän-

kungen enthält, die als nationale Sonderregelungen von der EG-Kommission notifiziert wurden und nicht in Anhang XVII REACH-VO enthalten sind, werden im Folgenden nur diese aufgeführt. Bei Drucklegung lag leider noch kein Referentenentwurf zur Anpassung an die REACH-VO vor, nach Anpassung muss der Anhang selbst auf Konsistenz mit Anhang XVII geprüft werden.

Desgleichen ist bis spätestens 01.06.2015 eine Anpassung an die CLP-VO notwendig. Da durch die geänderten Einstufungskriterien, siehe Kapitel 2, u. a. deutlich mehr Stoffe in Kategorie 3 akute Toxizität eingestuft werden, ist zu prüfen, ob eine Adaption ohne deutliche Ausweitung der Beschränkungen bei der Abgabe „giftiger“ Stoffe oder Zubereitungen sinnvoll ist.

Grundsätzlich gelten die Verbote des Inverkehrbringens nach Spalte 2 nicht für

- Forschungszwecke,
- wissenschaftliche Lehr- und Ausbildungszwecke,
- Analysezwecke

in den dafür erforderlichen Mengen sowie für die

- ordnungsgemäße Abfallentsorgung.

Das Inverkehrbringen der Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse entgegen den Verböten des Anhangs ist eine Straftat, einschließlich der Verböte von Anhang XVII der REACH-VO.

Im Folgenden werden die von der EG-Kommission notifizierten Abgabebeschränkungen aufgeführt, die nicht in Anhang XVII der REACH-VO übernommen wurden.

Für *1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(4-chlorphenyl)-ethan (DDT)* und seine Isomeren gelten in Abschnitt 1 umfassende Verböte beim Inverkehrbringen. DDT ist ein wirkungsvolles Insektizid, das aufgrund seiner persistenten Eigenschaft ein hohes Bioakkumulationspotenzial besitzt, und über die Nahrungskette auch zu erhöhten Konzentrationen in der mitteleuropäischen Bevölkerung geführt hat, trotz primärer Anwendung in tropischen Regionen. Gleichwohl besteht insbesondere in tropischen Ländern wieder ein zunehmendes Interesse an diesem sehr wirkungsvollen, einfach anwendbaren und preiswerten Insektizid. Für DDT gelten nicht die allgemeinen Ausnahmen für Forschungs-, wissenschaftliche Lehr- und Ausbildungs- sowie Analysezwecke. Ausnahmen sind nur nach schriftlicher Genehmigung durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) zulässig. Als Zwischenprodukt darf DDT ebenfalls nur nach Zustimmung des vorgenannten Bundesinstituts eingesetzt werden.

Gemäß Abschnitt 3 gelten für **formaldehydhaltige** Zubereitungen und Erzeugnisse folgende Beschränkungen:

- Holzwerkstoffe und aus Holzwerkstoffen hergestellte Möbel dürfen nicht in Verkehr gebracht werden, die unter standardisierten Prüfbedingungen eine Luftkonzentration über 0,1 ppm verursachen.

- Wasch-, Reinigungs- und Pflegemittel mit einem Gehalt über 0,2 % Formaldehyd dürfen nicht in Verkehr gebracht werden. Industriereinigungsmittel sind von diesem Verbot ausgenommen.

Die in Abschnitt 4 aufgeführten halogenierten **Dioxine** und **Furane** dürfen bei Überschreitung der für jede Gruppe geltenden Summenkonzentrationsgrenzen nicht in Verkehr gebracht werden. Innerhalb jeder Gruppe müssen die Konzentrationen jeder Verbindung aufsummiert werden.

- 1) Summenkonzentration: 1 µg/kg
 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (TCDD)
 2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran
 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzodioxin
 2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran
- 2) Summenkonzentration: 5 µg/kg
 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzodioxin
 1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran
 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzodioxin
 1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran
 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzodioxin
 1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran
 2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran
 1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran
- 3) Summenkonzentration: 100 µg/kg
 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin
 1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran
 1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran
 1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin
 1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran
- 4) Summenkonzentration: 1 µg/kg
 2,3,7,8-Tetrabromdibenzodioxin
 2,3,7,8-Tetrabromdibenzofuran
 1,2,3,7,8-Pentabromdibenzodioxin
 2,3,4,7,8-Pentabromdibenzofuran
- 5) Summenkonzentration: 5 µg/kg
 1,2,3,7,8-Pentabromdibenzofuran
 1,2,3,4,7,8-Hexabromdibenzodioxin
 1,2,3,7,8,9-Hexabromdibenzodioxin
 1,2,3,6,7,8-Hexabromdibenzodioxin

Spezielle Ausnahmen gelten u. a. für zulassungsbedürftige Pflanzenschutzmittel sowie chemische Zwischenprodukte.

In Ergänzung zu Nr. 1 von Anhang XVII REACH-VO sind in Abschnitt 13 der ChemVerbotsV neben den polychlorierten *Terphenylen* (PCT) auch die tri- und höherchlorierten *Biphenyle* (PCB) in Konzentrationen über 50 mg/kg in Zuberei-

tungen und Erzeugnissen in Verkehr gebracht werden. Ausnahmen gelten u. a. zur Instandhaltung, Beförderung, Neubefüllung oder Reinigung von Transformatoren.

Für **biopersistente Fasern** gilt analog Anhang II Gefahrstoffverordnung ein Verbot zum Inverkehrbringen von künstlichen Mineralfasern in einer Konzentration über 0,1 %, die aus ungerichteten glasigen (Silikat-) Fasern mit einem Massengehalt über 18 % an Oxiden von Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium und Barium bestehen. Dieses Verbot gilt nicht, wenn in geeigneten Untersuchungen belegt wird, dass kein krebserzeugendes Potenzial gemäß den in Spalte 3 festgelegten Kriterien besteht.

Gemäß Abschnitt 20 dürfen **krebserzeugende, erbgutverändernde** und fortpflanzungsgefährdende Gefahrstoffe der Kategorie 1 oder 2 nicht an den privaten Endverbraucher abgegeben werden. Trotz des falschen Bezugs auf die aufgehobene EG-Richtlinie 76/769/EWG sind diese Verbote gültig, da Anhang XVII REACH-VO eine analoge Regelung beinhaltet. Ausnahmen gelten für Kraftstoffe, mineralölhaltige Brennstoffe, Flüssiggas und Künstlerfarben.

5.3.2

Abgabe an den privaten Endverbraucher

Das Inverkehrbringen von Stoffen, die mit den Gefahrensymbolen

- T (giftig),
- T+ (sehr giftig)

gekennzeichnet sind, dürfen an den Endverbraucher nur mit Erlaubnis der zuständigen Behörde abgegeben werden. Keine Erlaubnis benötigen Apotheken, Einführer und Händler, die ausschließlich an Wiederverkäufer, berufsmäßige Verwender oder öffentliche Forschungs-, Untersuchungs- oder Lehranstalten abgeben, siehe Abbildung 5.11.

Da krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Gefahrstoffe der Kategorie 1 und 2 nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG, gekennzeichnet mit dem Gefahrensymbol T, nicht an den Endverbraucher abgegeben werden dürfen, fallen fast ausschließlich giftige (gekennzeichnet mit R23, R24 oder R25) und sehr giftige (gekennzeichnet mit R26, R27 oder R28) Stoffe oder Zubereitungen unter diese Regelung, einschließlich der Kombinationssätze mit R48/ und R39/.

Die Erlaubnis wird von der zuständigen Behörde erteilt, wenn

- mindestens eine betriebsangehörige Person mit Sachkunde nach § 5 beschäftigt wird,
- die über die erforderliche Zuverlässigkeit verfügt und
- mindestens 18 Jahre alt ist.

Über die Abgabe von

Keine Erlaubnis benötigen :



→ Hersteller	Voraussetzung: Abgabe nur an ⇒ Wiederverkäufer ⇒ berufsmäßige Verwender ⇒ öffentliche - Forschungsanstalten - Untersuchungsanstalten - Lehranstalten
→ Händler	
→ Einführer	
↻ Tankstellen für die Abgabe von Ottokraftstoff	
↻ Apotheken	

Abb. 5.11 Ausnahmen von der Erlaubnispflicht

- giftigen und
- sehr giftigen Stoffen, Zubereitungen sowie
- *Ammoniumnitrat* und ammoniumnitrathaltige Zubereitungen, die einer der in Anhang I Nummer 5 der Gefahrstoffverordnung genannten Gruppen A oder E oder den Untergruppen B I, C I, D III oder D IV zugeordnet werden können,
- *Kaliumchlorat*,
- *Kaliumnitrat*,
- *Kaliumperchlorat*,
- *Kaliumpermanganat*,
- *Natriumchlorat*,
- *Natriumnitrat*,
- *Natriumperchlorat* und
- *Wasserstoffperoxidlösungen* mit einem Massengehalt > 12 Prozent

ist ein Abgabebuch mit folgenden Inhalten zu führen:

- Art und Menge der Stoffe, der Zubereitungen,
- Datum der Abgabe,
- Verwendungszweck,
- Name und Anschrift des Erwerbers und
- Name des Abgebenden.

Der Empfang der Stoffe sowie die Richtigkeit der Angaben muss vom Erwerber im Abgabebuch durch Unterschrift bestätigt werden, die Identität des Erwerbers (Name und Anschrift) ist zu überprüfen. Wird vom Erwerber eine andere Person zur Abholung beauftragt, muss diese eine Auftragsbestätigung vorlegen, der Verwendungszweck und Identität des Erwerbers entnommen werden können; die Identität des Abholers ist ebenfalls festzustellen. Das Abgabebuch muss mindestens fünf Jahre nach der letzten Eintragung aufbewahrt werden.

Die Abgabe darf nur durch die sachkundige Person erfolgen; Unternehmen mit mehreren Betriebsstätten benötigen daher mindestens gleich viele Sachkundige



Voraussetzung für die behördliche Erlaubnis:	
●	eine Person mit Sachkunde nach § 5
●	erforderliche Zuverlässigkeit
●	Mindestalter 18 Jahre
In Unternehmen mit mehreren Betrieben muss	
	in <u>jeder</u> Betriebsstätte eine Person mit Sachkunde vorhanden sein.
Das Inverkehrbringen ohne Erlaubnis ist ein Straftatbestand!	
	
Wer <u>keine</u> Erlaubnis nach § 2 Abs. 5 benötigt, muss der zuständigen Behörde	
⇒	das erstmalige Inverkehrbringen von Stoffen oder Zubereitungen
⇒	<u>vor</u> Aufnahme dieser Tätigkeit
⇒	<u>schriftlich</u> anzeigen.
In der Anzeige muss mindestens eine	
➔	sachkundige Person benannt werden! (über 18 Jahre alt, mit der erforderlichen Zuverlässigkeit)

Abb. 5.12 Erlaubnispflicht bei Abgabe an den privaten Endverbraucher

wie Betriebsstätten. Die Abgabe ohne Erlaubnis der Behörde an den Endverbraucher ist eine Straftat. Abbildung 5.12 fasst die Vorschriften zur Erlaubnispflicht zusammen.

Die Abgabe von Stoffen oder Zubereitungen, die mit den Gefahrensymbolen

- O (brandfördernd),
 - F+ (hochentzündlich)
- sowie mit einem der R-Sätze
- R40,
 - R62,
 - R63 oder
 - R68

gekennzeichnet sind, dürfen ebenso wie giftige und sehr giftige nicht durch Automaten oder sonstige Arten der Selbstbedienung angeboten werden. Die Abgabe darf nur durch den Sachkundigen erfolgen, wenn der Erwerber

- a) die Stoffe /Zubereitungen nur in erlaubter Weise verwenden will und keine Anhaltspunkte für eine unerlaubte Weiterveräußerung oder Verwendung bestehen,
- b) mindestens 18 Jahre alt ist und
- c) unterwiesen wurde über
 - die mit der Verwendung verbundenen Gefahren,
 - die notwendigen Schutzmaßnahmen bei bestimmungsgemäßem Gebrauch,

- die Maßnahmen bei unvorhergesehenem Verschütten oder Freisetzen sowie
- die ordnungsgemäße Entsorgung.

Tankstellen und sonstige Betankungseinrichtungen sind von den vorgenannten Pflichten gemäß §§ zwei bis fünf für die Abgabe von Ottokraftstoffen aus Praktikabilitätsgründen ausgenommen.

Diese Ausnahmen gelten jedoch nicht bei der Abgabe anderer Stoffe, so wird z. B. bei der Abgabe von Methanol für Modellflugmotoren die Erlaubnis und Sachkunde auch von Tankstellen benötigt.

Da sich die Regelungen zur Erlaubnis und Anzeigepflicht ausschließlich auf die Einstufung nach Stoffrichtlinie [22] und nicht CLP-Verordnung [3] beziehen, müssen bis zur Änderung der Verordnung die aus der Verschärfung der Einstufungskriterien resultierenden Umstufungen von z. B. gesundheitsschädlich zu akut toxisch Kategorie 3 (giftig) nicht beachtet werden. Abbildung 5.13 listet die Vorschriften des Selbstbedienungsverbotes auf.

Ausnahmen von diesen Vorschriften gelten für

- Stoffe und Zubereitungen, die bei bestimmungsgemäßer Verwendung Phosphorwasserstoff entwickeln, portionsweise verpackt sind und bei bestimmungsgemäßer Verwendung nicht mehr als 15 g Phosphorwasserstoff entwickeln und zur Schädlingsbekämpfung im Freien verwendet werden,
- Gase im Sinne des Transportrechts, die als brandfördernd oder hochentzündlich eingestuft sind,
- Klebstoffe, Härter, Mehrkomponentenkleber und Mehrkomponenten-Reparaturspachtel, die als brandfördernd eingestuft sind,
- Experimentierkästen für chemische oder ähnliche Versuche gemäß DIN EN 71 Teil 4,
- Mineralien für Sammlerzwecke,
- Heizöl und Dieselmotorenstoffe,

Stoffe mit Gefahrensymbol

T+ sehr giftig



T giftig



F+ hochentzündlich



O brandfördernd



Xn gesundheitsschädlich mit R40, 68, 62, 63

(Kategorie 3 - kanzerogen, mutagen, reprotox)



dürfen nicht in Selbstbedienung angeboten werden!



Abb. 5.13 Selbstbedienungsverbote bei Abgabe an den privaten Endverbraucher

- hochentzündliche Sonderkraftstoffe für motorbetriebene Arbeitsgeräte sowie
- Fotochemikalien mit dem Gefahrensymbol Xn und den R-Sätzen R40 oder R68 in Verpackungen mit kindergesicherten Verschlüssen.

5.3.3

Abgabe an berufsmäßige Verwender

Keine Erlaubnis der Behörde zum Inverkehrbringen von mit T oder T+ gekennzeichneten Stoffen und Zubereitungen benötigen

- Apotheken,
- Hersteller,
- Einführer und
- Händler,

die an

- Wiederverkäufer
- berufsmäßige Verwender oder
- öffentliche Forschungs-, Untersuchungs- oder Lehranstalten

abgeben. Stattdessen ist das erstmalige Inverkehrbringen der Behörde

- schriftlich anzuzeigen mit Angabe
 - einer sachkundigen Person, die die notwendige Zuverlässigkeit besitzt und mindestens 18 Jahre alt ist. Jeder Wechsel der sachkundigen Person ist unverzüglich schriftlich mitzuteilen.

Desgleichen muss kein Abgabebuch geführt werden, wenn die Angaben des Abgabebuches, siehe Abschnitt 5.3.2, auf andere Weise für mindestens fünf Jahre verfügbar sind. Diese Verpflichtung gilt auch für krebserzeugende, erbgutverändernde und entwicklungsschädigende Stoffe oder Zubereitungen der Kategorie 1 oder 2 (nach Stoffrichtlinie [22]), da für diese kein Abgabeverbot an berufsmäßige Verwender existiert.

Die Abgabe an Handelsgewerbetreibende ist nur zulässig, wenn dem Abgebenden bekannt ist oder er sich hat bestätigen lassen, dass

- dieser im Besitz einer Erlaubnis zur Abgabe giftiger oder sehr giftiger Stoffe ist, oder
- das Inverkehrbringen der Behörde schriftlich angezeigt hat und
- keine Anhaltspunkte für eine unerlaubte Weiterveräußerung oder Verwendung bestehen.

Die Abgabe von Stoffen und Zubereitungen, die mit T, T+, O, F+ sowie den R-Sätzen R40, R62, R63 oder R68 gekennzeichnet sind, muss nicht analog der

Die Abgabe von Gefahrstoffen an Wiederverkäufer, berufsmäßige Verwender, öffentliche Anstalten, die mit

➔ **T+, T, F+, O und Xn mit R40, R62, R63 oder R68 gekennzeichnet sind**

ist nur zulässig, wenn dem Abgebenden

- ⇒ bekannt ist oder er sich hat bestätigen lassen, dass der Erwerber
 - ↳ als Handelsgewerbetreibender im Besitz einer Erlaubnis ist
 - oder
 - ↳ das Inverkehrbringen der Behörde angezeigt hat und die Abgabe durch eine beauftragte Person erfolgt
 - oder
 - ↳ Stoffe + Zubereitungen, die unter die Abgabebeschränkungen fallen, nur von einer sachkundigen Person abgeben lässt.

Die beauftragte Person muss:

- zuverlässig, über 18 Jahre sein und
- mindestens 1-mal jährlich über die zu beachtenden Vorschriften unterwiesen werden (schriftliche Bestätigung!)



Abb. 5.14 Abgabe an berufsmäßige Verwender

Abgabe an den privaten Endverbraucher durch einen Sachkundigen erfolgen, sondern kann auch durch eine

- beauftragte Person, die
 - mindestens 18 Jahre alt,
 - zuverlässig ist, und
 - mindestens jährlich über die zu beachtenden Vorschriften belehrt wird.

Abbildung 5.14 fasst die wichtigsten Forderungen für die Abgabe an berufsmäßige Verwender zusammen. Nichtbeachtung dieser Forderungen ist eine Ordnungswidrigkeit und kann mit Bußgeld geahndet werden.

5.3.4

Sachkunde

Die Sachkunde nach Chemikalien-Verbotsverordnung besitzen aufgrund ihrer Ausbildung

- Apotheker mit Approbation,
- Apothekerassistenten,
- Pharmazieingenieure,
- Pharmazeutisch-technische Assistenten,

- Drogisten, die nach dem 30.06.1992 die Abschlussprüfung abgelegt haben,
- Geprüfte Schädlingsbekämpfer und
- Hochschulabsolventen, die an einer entsprechenden Lehrveranstaltung teilgenommen und die Prüfung bestanden haben; dies ist im Zeugnis zu bescheinigen.

Desgleichen gilt als sachkundig, wer eine gleichwertige Prüfung nach einer früheren Vorschrift bestanden hat, z. B. die bis 1993 geltende Sachkenntnis nach § 11 Abs. 7 Gefahrstoffverordnung oder in einem Mitgliedsland der EU die Voraussetzungen des Artikels 2 der Richtlinie 74/556/EWG erfüllt hat.

Wer die vorgenannten Voraussetzungen nicht erfüllt, kann die Sachkunde durch eine Prüfung vor der zuständigen Behörde erwerben. Entsprechende Lehrveranstaltungen werden von zahlreichen Organisationen angeboten.

Die Prüfung der Sachkunde erstreckt sich auf

- die allgemeinen Kenntnisse über die wesentlichen Eigenschaften der gefährlichen Stoffe und Zubereitungen,
- die mit der Verwendung verbundenen Gefahren und
- die einschlägigen Vorschriften.

Die Sachkundeprüfung kann unter Berücksichtigung vorhandener nachgewiesener Vorkenntnisse auf die einschlägigen Vorschriften beschränkt werden.

Die Sachkunde nach der

- Pflanzenschutz-Sachkundeverordnung zur Abgabe von Pflanzenschutzmitteln,
- zur Schädlingsbekämpfung nach Anhang I Nr. 3 Gefahrstoffverordnung,
- zur Schädlingsbekämpfung nach Anhang I Nr. 4 Gefahrstoffverordnung sowie
- für Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit Asbest

berechtigt nicht zur Abgabe sehr giftiger, giftiger, brandfördernder, hochentzündlicher Gefahrstoffe sowie Gefahrstoffe der Kategorie 3 krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend.

5.3.5

Straftaten, Ordnungswidrigkeiten

Nach Chemikalien-Verbotsverordnung sind Straftaten

- Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse entgegen § 1 gemäß den im Anhang näher beschriebenen Verboten in Verkehr zu bringen,
- Stoffe an den privaten Endverbraucher ohne die notwendige Erlaubnis der Behörde abzugeben sowie
- Stoffe abzugeben, obwohl bekannt ist, dass diese zu rechtswidrigen Handlungen, die einen Straftatbestand darstellen, eingesetzt werden sollen.

Ordnungswidrigkeiten begeht, wer

- Stoffe oder Zubereitungen, die mit T oder T+ gekennzeichnet sind, an berufliche Verwender oder an Gewerbetreibende ohne Anzeige an die Behörde abgibt,
- Stoffe, die unter das Selbstbedienungsverbot fallen, abgibt, ohne die Voraussetzungen zur Abgabe zu erfüllen

und Ordnungswidrigkeiten bestehen, wenn

- Stoffe an den privaten Endverbraucher, die unter das Selbstbedienungsverbot fallen, nicht von einer betriebsangehörigen, sachkundigen Person abgegeben werden oder diese nicht das 18. Lebensjahr erreicht hat,
- das Selbstbedienungsverbot missachtet wird oder
- das Abgabebuch nicht oder nicht korrekt geführt wird.

5.4

Die Biostoffverordnung

5.4.1

Grundprinzipien und Gefährdungsbeurteilung

Die „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen“ [19] ist Anfang 1999 in Kraft getreten und dient zur Umsetzung der EG-Richtlinie 2000/54/EG [48] zum „Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit“ in deutsches Recht. Mit Verabschiedung der Biostoffverordnung wurden die Stoffe, die Krankheitserreger übertragen können, aus dem Geltungsbereich der Gefahrstoffverordnung herausgenommen. Inhalt und Aufbau lehnen sich eng an die EG-Richtlinie an.

Zur Neufassung der Biostoffverordnung liegt seit August 2012 ein Referentenentwurf vor, der sich stärker an analoge Regelungen der Gefahrstoffverordnung anlehnt.

Die Biostoffverordnung ist eine Verordnung des Arbeitsschutzes zum Chemikaliengesetz und nicht zum Gentechnikgesetz. Bestehen nach dem Gentechnikgesetz strengere Regelungen, sind diese vorrangig zu beachten.

Alle biologischen Arbeitsstoffe sind in eine der vier Risikogruppen einzustufen. In Anhang III der Richtlinie 90/679/EWG [48] findet sich eine nicht abschließende Liste, die ständig dem Stand der Wissenschaft angepasst und erweitert wird. Diese Einteilung basiert auf entsprechenden Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Eine umfassende Zuordnung von Pilzen, Viren und Bakterien findet sich in den B-Merkblättern der BG-RCI [49]–[54]. Eine ausführliche Beschreibung befindet sich in Abschnitt 1.3.2

Die Biostoffverordnung unterscheidet zwischen gezieltem und nicht gezieltem Umgang. **Gezielte Tätigkeiten** liegen vor, wenn

- 1) biologische Arbeitsstoffe mindestens der Spezies nach bekannt sind,
- 2) die Tätigkeiten auf einen oder mehrere biologische Arbeitsstoffe unmittelbar ausgerichtet sind und
- 3) die Exposition der Beschäftigten im Normalbetrieb hinreichend bekannt oder abschätzbar ist.

Ist eines der vorgenannten Kriterien nicht erfüllt, handelt es sich um **nicht gezielte Tätigkeiten**. Grundsätzlich sind auch beim nicht gezielten Umgang die adäquaten Schutzmaßnahmen zu ergreifen. In Anlehnung an die vier Risikogruppen wurden vier Schutzstufen definiert.

Vor Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen muss eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden. Sie muss regelmäßig, mindestens alle zwei Jahre aktualisiert werden; bei wesentlichen Änderungen ist eine umgehende Aktualisierung notwendig.

Für eine umfassende Gefährdungsbeurteilung sind folgende Informationen zu ermitteln:

- Identität, Einstufung und Infektionspotenzial der vorkommenden biologischen Arbeitsstoffe sowie vorhandene sensibilisierende oder toxische Eigenschaften,
- Informationen über die Betriebsabläufe und die Arbeitsverfahren,
- Art und Dauer der Tätigkeiten, die möglichen Übertragungswege der Krankheitserreger sowie die Exposition der Beschäftigten und
- Erfahrungen aus vergleichbaren Belastungs- und Expositionssituationen und über bekannte tätigkeitsbezogene Erkrankungen sowie die dort ergriffenen Gegenmaßnahmen.

Im Rahmen der Gefährdungsermittlung ist zu ermitteln, welchen Risikogruppen die biologischen Agenzien zuzuordnen sind.

- Risikogruppe 1: Biostoffe, bei denen es unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit verursachen.
- Risikogruppe 2: Biostoffe, die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine Gefahr für die Beschäftigten darstellen können; eine Verbreitung in der Bevölkerung ist unwahrscheinlich, eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich.
- Risikogruppe 3: Biostoffe, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für die Beschäftigten darstellen können; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung kann bestehen, doch ist normalerweise eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung möglich.
- Risikogruppe 4: Biostoffe, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für die Beschäftigten darstellen können; die Gefahr

einer Verbreitung in der Bevölkerung ist unter Umständen groß, normalerweise ist eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung nicht möglich.

Die Einstufung der Biostoffe in die Risikogruppen 2 bis 4 sind Anhang III der EG-Richtlinie 2000/54/EG [48] oder den technischen Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA) zu entnehmen. Liegt für einen Biostoff keine entsprechende Einstufung vor, muss der Arbeitgeber eigenverantwortlich vorläufig in eine Risikogruppe einstufen. Kommen mehrere Risikogruppen in Betracht, ist grundsätzlich in die höchste Gruppe einzustufen.

Die Gefährdungsbeurteilung ist mit folgenden Angaben zu dokumentieren:

- 1) Art der Tätigkeiten einschließlich der Expositionsbedingungen,
- 2) Verzeichnis der verwendeten oder auftretenden Biostoffe mit Angabe der Risikogruppe,
- 3) Ergebnis der Substitutionsprüfung,
- 4) festgelegte Schutzstufen,
- 5) Schutzmaßnahmen,
- 6) Begründung, falls von TRBAs abgewichen wird und
- 7) Ergebnis der Wirksamkeitsprüfung.

Gemäß den Risikogruppen sind die jeweils adäquaten Schutzstufen zu ergreifen. Den biologischen Arbeitsstoffen

- der Risikogruppe 2 sind die Sicherheitsmaßnahmen der Schutzstufe 2,
- der Risikogruppe 3 die Sicherheitsmaßnahmen der Schutzstufe 3 und
- der Risikogruppe 4 die Sicherheitsmaßnahmen der Schutzstufe 4

zugeordnet.

Bei nicht gezielten Tätigkeiten sind die Schutzstufen so auszuwählen, dass die Gefährdung für die Mitarbeiter so weit wie möglich reduziert ist.

Grundsätzlich sind die **allgemeinen Hygieneanforderungen** gemäß TRBA 500 [55] auch bei biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppe 1 zu beachten.

Bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen, die eine Gesundheitsgefahr für die Beschäftigten darstellen, sind diese gemäß § 10 nach dem Stand der Technik durch weniger gefährliche Stoffe zu ersetzen. Die Arbeitsverfahren und die Schutzmaßnahmen sind grundsätzlich so festzulegen, dass die biologischen Arbeitsstoffe im bestimmungsgemäßen Betrieb nicht freigesetzt werden.

Die Arbeitsplätze und die Gefahrenbereiche sind mit dem Symbol für Biogefährdung zu kennzeichnen (siehe Abbildung 5.15). Vor Aufnahme der Tätigkeiten sind geeignete Vorkehrungen gegen Unfälle und Betriebsstörungen zu treffen. Bei Stoffen der Risikogruppen 3 und 4 ist ein Gefahrenabwehrplan für den Fall zu erstellen, dass die Krankheitserreger freigesetzt werden, z. B. durch Versagen der Einschließung.



Abb. 5.15 Symbol für Biogefährdung

Beim Einsatz biologischer Arbeitsmittel in technischen Anlagen müssen diese stets dem Stand der Technik angepasst werden. Somit gelten analoge Anforderungen wie für krebserzeugende Gefahrstoffe.

In Abhängigkeit der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung müssen geeignete Maßnahmen zur Desinfektion und Dekontamination getroffen werden. Die persönlichen Schutzkleidungen müssen getrennt von anderen Kleidungsstücken aufbewahrt und in stets einwandfreiem Zustand gehalten werden.

Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppen 2, 3 und 4 sind der zuständigen Behörde 30 Tage vorher schriftlich anzuzeigen. Die Anzeige muss enthalten:

- 1) Name und Anschrift des Arbeitgebers und seines Vertreters (gemäß § 13 Abs. 1 Nr. 1 bis 3 Arbeitsschutzgesetz),
- 2) Name und Befähigung der für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz verantwortlichen Personen,
- 3) das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung,
- 4) die Art des biologischen Arbeitsstoffes,
- 5) die vorgesehenen Maßnahmen zum Arbeitsschutz.

Die Anzeige ist nach relevanten Änderungen zu aktualisieren, insbesondere wenn biologische Arbeitsstoffe der Risikogruppen 3 oder 4 neu eingesetzt werden.

Beim gezielten Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppen 3 oder 4 ist ein Verzeichnis mit Angabe

- der Art der Tätigkeiten,
- der verwendeten biologischen Arbeitsstoffe sowie
- von Unfällen und Betriebsstörungen

zu führen.

Das Verzeichnis muss bis zur Beendigung des Arbeits- oder Beschäftigungsverhältnisses aufbewahrt werden. Danach sind den Mitarbeitern die sie betreffenden Auszüge aus dem Verzeichnis auszuhändigen und ein Auszug wie Personalunterlagen aufzubewahren.

Bei Arbeiten in den aufgeführten Bereichen sind arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach den Vorgaben der Arbeitsmedizinverordnung [56] anzubieten bzw. durchzuführen.

5.4.2

Grundpflichten und grundlegende Schutzmaßnahmen

Mit Biostoffen darf erst gearbeitet werden, wenn die Gefährdungsbeurteilung durchgeführt und die erforderlichen Schutzmaßnahmen ergriffen wurden. Durch geeignete Maßnahmen ist dafür zu sorgen, dass die Beschäftigten ein Sicherheitsbewusstsein entwickeln und der Arbeitsschutz weiterentwickelt wird.

Die folgenden Grundpflichten sind unabhängig der Schutzstufen durchzuführen:

- 1) Substitution der Biostoffe durch weniger gefährliche, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist,
- 2) Vermeidung der Freisetzung von Biostoffen durch Wahl der Arbeitsverfahren und der Schutzmaßnahmen,
- 3) Minimierung der Exposition der Beschäftigten durch technische und organisatorische Maßnahmen und
- 4) Benutzung individueller Schutzmaßnahmen, beispielsweise persönliche Schutzausrüstung, falls trotz der technischen und organisatorischen Maßnahmen eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann.

Analog den technischen Regeln für Gefahrstoffe besitzen auch die technischen Regeln für Biostoffe (TRBA) die Vermutungswirkung. Funktion und Wirksamkeit der technischen Schutzmaßnahmen sind regelmäßig zu überprüfen, möglichst anhand eines festgelegten Kontrollwertes (TKW).

Arbeiten mit biologischen Materialien der Risikogruppe 1 sind in L1-Labors möglichst in Werkbänken mindestens der Klasse I (siehe Abbildung 5.16) durchzuführen. Analog erfordert die Produktion von Stoffen mittels biologischer Verfahren Maßnahmen der Sicherheitsstufe P1. Die Schutzmaßnahmen der Schutzstufe 1 sind im Wesentlichen die allgemeinen Hygieneregeln, die in der TRBA 500 [55] aufgeführt sind. Sie sind unterteilt in technische und bauliche Maßnahmen sowie in die persönliche Schutzausrüstung.

Bei Arbeiten mit Biostoffen sind die grundlegenden Hygienemaßnahmen einzuhalten:

- Arbeitsplätze und Arbeitsmittel sind regelmäßig zu reinigen und in sauberem Zustand zu halten,
- leicht zu reinigende Oberflächen für Fußböden und Arbeitsmittel (z. B. Maschinen, Betriebseinrichtungen) im Arbeitsbereich, soweit dies im Rahmen der betrieblichen Möglichkeiten liegt,
- Zurverfügungstellen von Waschgelegenheiten und
- beim Benutzen von Arbeitskleidung getrennte Umkleiemöglichkeiten.

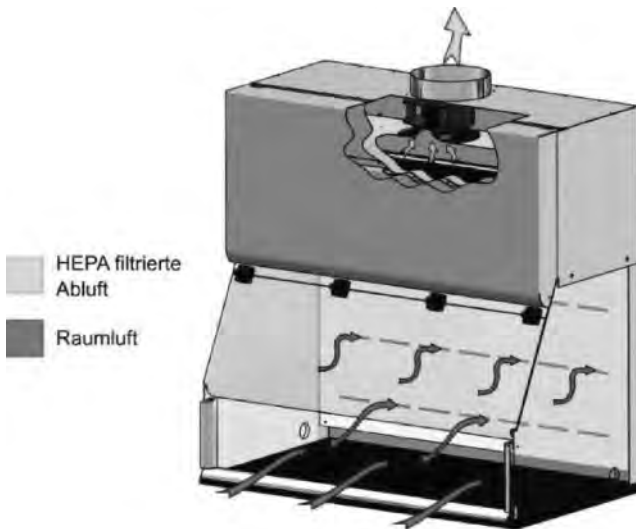
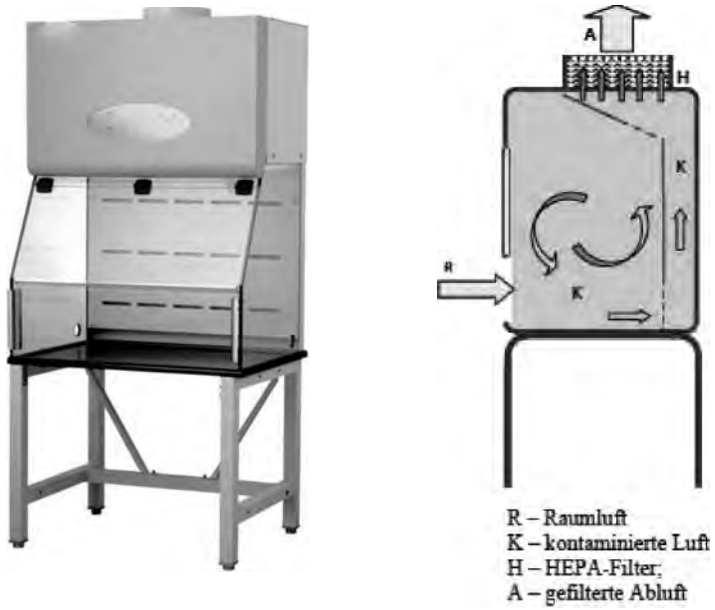


Abb. 5.16 Sicherheitswerkbank der Klasse I

Werden nicht nur Biostoffe der Risikogruppe 1, die nicht als sensibilisierend oder akut toxisch eingestuft sind, verwendet, sind die folgenden **weitergehenden Schutzmaßnahmen** zu ergreifen:

- Verwendung sicherer Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel, z. B. Vermeidung scharfer und spitzer Arbeitsmittel,
- Maßnahmen zur Vermeidung / Reduktion von Aerosolen, Stäuben und Nebel; Beschäftigte müssen vor Eintritt in die Pausen und nach Beendigung der Tätigkeit die Hände waschen,
- Zurverfügungstellen von Mitteln zum hygienischen Reinigen und Trocknen der Hände sowie ggf. Hautschutz- und Hautpflegemittel,
- getrennte Aufbewahrung von Arbeitsstoffen und Pausenverpflegung, Bereitstellung geeigneter Räumlichkeiten zum Essen und Trinken ohne Beeinträchtigung der Gesundheit,
- regelmäßige Reinigung oder Ersatz von Arbeitskleidung und persönlicher Schutzausrüstung,
- Arbeitsräume regelmäßig und bei Bedarf mit geeigneten Methoden reinigen,
- Pausen- oder Bereitschaftsräume bzw. Tagesunterkünfte nicht mit stark verschmutzter Arbeitskleidung betreten,
- Abfälle mit biologischen Arbeitsstoffen in geeigneten Behältnissen sammeln sowie
- Mittel zur Wundversorgung bereitstellen.

Biostoffe sind sicher zu lagern, zu transportieren und zu entsorgen, geeignete Behälter sind hierfür zur Verfügung zu stellen.

Beim Arbeiten mit biologischen Stoffen müssen in Abhängigkeit der Gefährdungsgruppen unterschiedliche Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Ausführliche und detaillierte Beschreibungen von Ausstattung und organisatorischen Maßnahmen von Laboratorien können den Merkblättern B 002 [50] und B 003 [51] der BG RCI entnommen werden.

Tätigkeiten mit Biostoffen der Risikogruppe 1 sollten möglichst in Sicherheitswerkbänken der Klasse I durchgeführt werden, siehe Abbildung 5.16.

5.4.3

Schutzmaßnahmen für die Risikogruppe 2 bis 4

Für Arbeiten mit Stoffen der Risikogruppe 2 bis 4 sind in Abhängigkeit des Gefährdungspotenzials im Vergleich zur Risikogruppe I erheblich schärfere Maßnahmen zu ergreifen.

Arbeiten mit biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppe II erfordert in Laboratorien mindestens Sicherheitswerkbänke der Klasse II nach EN 12469 [57]. Abbildung 5.17 zeigt das Wirkprinzip dieser Werkbänke. Die grundlegenden Sicherheitsmaßnahmen in Laboratorien können Tabelle 5.4, für die Produktion Tabelle 5.5 entnommen werden.

In Abhängigkeit der Schutzstufen werden biologische Laboratorien in L2-, L3- oder L4-Labore, Produktionsbetriebe in P2-, P3- und P4-Betriebe unterteilt.

Aufgrund der Pathogenität beim Arbeiten mit Materialien der Risikogruppen III und IV werden an die Sicherheitsstufe III bzw. IV zum Teil deutlich über die Schutzstufe II hinausgehende Maßnahmen notwendig. Labor- und Produktionsbereiche sind mit einer zweitürigen Schleuse von den restlichen Bereichen abzutrennen. In den Schleusen sind Handwaschbecken mit Ellenbogen, Fuß- oder Sensorbetätigung zu installieren, gegebenenfalls können auch Duschen notwendig sein. Die Türen müssen mit einer Schließvorrichtung ausgestattet sein. In L3-Labors sind alle mit einer Freisetzung von Mikroorganismen verbundenen Arbeiten in einer Sicherheitswerkbank der Klasse II durchzuführen. Die Anforderungen an Sicherheitswerkbänke Klasse II sind deutlich höher im Vergleich zur Klasse I. Die Luft im Innern der Werkbank wird entweder mittels 2 oder bei höherwertigen Werkbänken mit 3 Filtern gereinigt, um den laminaren Flow zu erzeugen. Die Abluft muss mittels HEPA-Filter (High Efficiency Particulate Airfilter) gereinigt werden. Abbildung 5.17 zeigt die Luftführung eines 2- und eines 3-Filter-Systems.

Arbeiten mit Viren der Risikogruppe IV erfordern Labors der Sicherheitsstufe IV. Aufgrund des extrem hohen Gefährdungspotenzials dürfen diese Arbeiten nur in Sicherheitswerkbänken der Klasse III durchgeführt werden. Wie Abbildung 5.18 zeigt, ist bei diesen Werkbänken durch das Glovebox-Konzept ein Austritt in die Atemluft ausgeschlossen, die Abluft muss durch Hochleistungs-HEPA-Filter gereinigt werden.

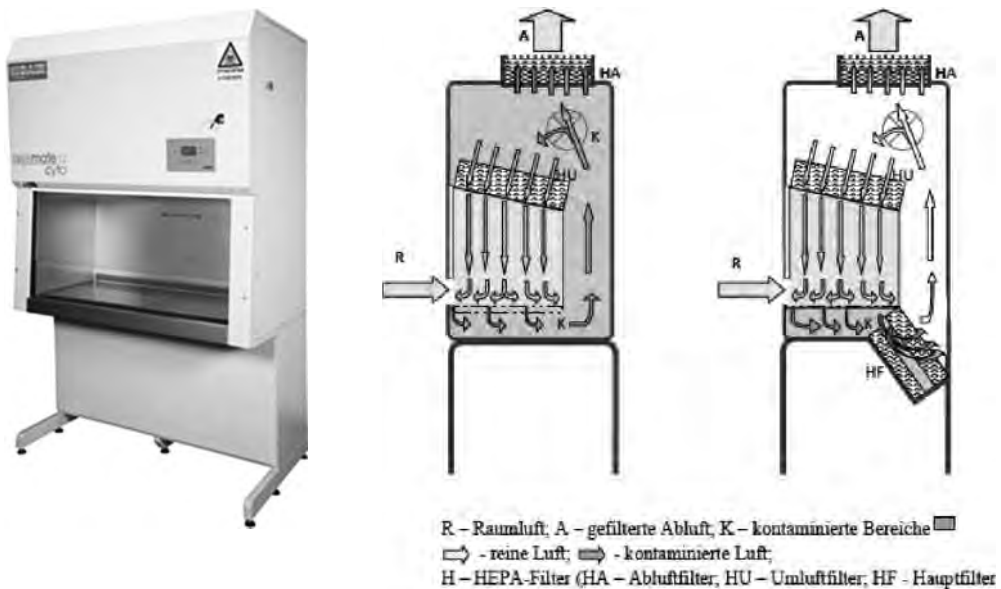


Abb. 5.17 Sicherheitswerkbank der Klasse II mit Darstellung der Luftführung

Tabelle 5.4 Maßnahmen der Schutzstufen 2 bis 4 für Laboratorien oder laborähnliche Einrichtungen mit Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen.

Nr.	Sicherheitsmaßnahmen	Schutzstufen		
		2	3	4
1	Der Arbeitsplatz ist von anderen Tätigkeiten in demselben Gebäude abzutrennen	nein	verbindlich, wenn die Infizierung über die Luft erfolgen kann	verbindlich
2	Zu- und Abluft am Arbeitsplatz müssen durch Hochleistungsschwebstoff-Filter oder eine vergleichbare Vorrichtung geführt werden	nein	verbindlich für Abluft	verbindlich für Zu- und Abluft
3	Der Zugang ist auf benannte Beschäftigte zu beschränken	verbindlich	verbindlich	verbindlich mit Luftschleuse
4	Der Arbeitsplatz muss zum Zweck der Desinfektion hermetisch abdichtbar sein	nein	empfohlen	verbindlich
5	Spezifische Desinfektionsverfahren	verbindlich	verbindlich	verbindlich
6	Am Arbeitsplatz muss ein Unterdruck aufrechterhalten werden	nein	verbindlich, wenn die Infizierung über die Luft erfolgen kann	verbindlich
7	Wirksame Vektorkontrolle, z. B. Nagetiere und Insekten	verbindlich	verbindlich	verbindlich
8	Wasserundurchlässige und leicht zu reinigende Oberflächen	verbindlich für Werkbänke	verbindlich für Werkbänke und Böden	verbindlich für Werkbänke, Wände, Böden und Decken
9	Gegen Säuren, Laugen, Lösungs- und Desinfektionsmittel widerstandsfähige Oberflächen	empfohlen	verbindlich	verbindlich
10	Sichere Aufbewahrung eines biologischen Arbeitsstoffes	verbindlich	verbindlich	verbindlich unter Verschluss
11	Der Raum muss mit einem Beobachtungsfenster oder einer vergleichbaren Vorrichtung versehen sein, damit die im Raum anwesenden Personen bzw. Tiere beobachtet werden können	empfohlen	verbindlich	verbindlich
12	Jedes Laboratorium muss über eine eigene Ausrüstung verfügen	nein	empfohlen	verbindlich
13	Der Umgang mit infiziertem Material, einschließlich aller Tiere, muss in einer Sicherheitswerkbank oder einem Isolierraum oder einem anderen geeigneten Raum erfolgen	wo angebracht	verbindlich, wenn die Infizierung über die Luft erfolgt	verbindlich
14	Verbrennungsofen für Tierkörper	empfohlen	verbindlich, zugänglich	verbindlich vor Ort

Tabelle 5.5 Maßnahmen der Schutzstufen 2 bis 4 beim Umgang im Produktionsmaßstab mit biologischen Arbeitsstoffen.

Nr.	Sicherheitsmaßnahmen	Schutzstufen		
		2	3	4
1	Arbeiten mit lebensfähigen Organismen müssen in einem System durchgeführt werden, das den Prozess physisch von der Umwelt trennt	verbindlich	verbindlich	verbindlich
2	Abgase aus dem abgeschlossenen System müssen so behandelt werden, dass	das Freiwerden minimal gehalten wird	das Freiwerden verhütet wird	das Freiwerden verhütet wird
3	Sammlung von Proben, Hinzufügung von Werkstoffen zu einem abgeschlossenen System und Übertragung lebensfähiger Organismen in ein anderes abgeschlossenes System müssen so durchgeführt werden, dass	das Freiwerden minimal gehalten wird	das Freiwerden verhütet wird	das Freiwerden verhütet wird
4	Kulturflüssigkeiten dürfen nicht aus dem abgeschlossenen System genommen werden, wenn die lebensfähigen Organismen nicht	durch erprobte Mittel inaktiviert worden sind	durch erprobte chemische oder physikalische Mittel inaktiviert worden sind	durch erprobte chemische oder physikalische Mittel inaktiviert worden sind
5	Der Verschluss der Kulturgefäße muss so ausgelegt sein, dass	ein Freiwerden minimal gehalten wird	ein Freiwerden verhütet wird	ein Freiwerden verhütet wird
6	Abgeschlossene Systeme müssen innerhalb kontrollierter Bereiche angesiedelt sein	empfohlen	empfohlen	verbindlich
	a) Biogefahrenzeichen müssen angebracht sein	empfohlen	verbindlich	verbindlich
	b) der Zugang muss ausschließlich auf das dafür vorgesehene Personal beschränkt sein	empfohlen	verbindlich	verbindlich über Luftschleuse
	c) Dekontaminations- und Waschanlagen müssen für das Personal bereitstehen	verbindlich	verbindlich	verbindlich
	d) das Personal muss vor dem Verlassen des kontrollierten Bereiches duschen	nein	empfohlen	verbindlich

5.4.4

Zusätzliche Maßnahmen

Bei Tätigkeiten mit Biostoffen der Risikogruppen 2 bis 4 sind vor Aufnahme der Tätigkeiten Maßnahmen für den Fall einer Betriebsstörung, von Unfällen oder Notfällen zu treffen. In Abhängigkeit der verwendeten Biostoffe und möglicher Störungen sind festzulegen:

- Maßnahmen zur Ersten Hilfe und weitergehende Maßnahmen,
- Maßnahmen zur Vermeidung einer Verschleppung der Biostoffe,
- Desinfektions-, Inaktivierungs-, oder Dekontaminationsmaßnahmen sowie
- Festlegung der Vorgehensweise bei einer Unfallmeldung und -untersuchung.

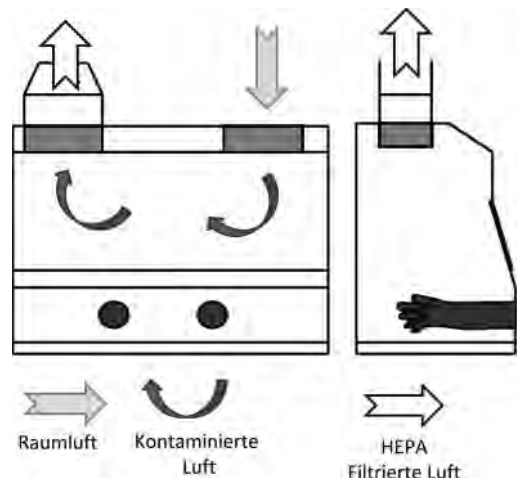


Abb. 5.18 Sicherheitswerkbank der Klasse III

Bei Tätigkeiten der Schutzstufen 3 und 4 sind weitere, spezielle Vorkehrungen zu treffen, bis hin zum Notfallplan zu außerbetrieblichen Rettungs- und Sicherheitsdiensten.

Mit Ausnahme von Biostoffen der Risikogruppe 1, die nicht als sensibilisierend oder akut toxisch eingestuft sind, müssen nach § 12 schriftliche Betriebsanweisungen erstellt werden, die die wesentlichen Gefahren und Schutzmaßnahmen enthalten. Die Inhalte orientieren sich an den Betriebsanweisungen nach § 14 Gefahrstoffverordnung:

- Gefahren bei den Tätigkeiten,
- Verwendete Biostoffe mit Angabe der Risikogruppe,
- Innerbetriebliche Hygienevorgaben,
- Maßnahmen zur Vermeidung einer Exposition, einschließlich Angaben zur richtigen Verwendung scharfer oder spitzer medizinischer Instrumente,
- Informationen zum Tragen, Verwenden und Ablegen der persönlichen Schutzausrüstung und Schutzkleidung,
- Verhalten bei Verletzungen, Betriebsstörungen, einschließlich der innerbetrieblichen Meldeprozedur,
- Erste Hilfe,
- Sachgerechte Inaktivierung und Entsorgung von Biostoffen und kontaminierten Gegenständen.

Analog der Gefahrstoffverordnung müssen die Beschäftigten anhand der Betriebsanweisung regelmäßig mündlich unterrichtet werden, einschließlich der allgemeinen arbeitsmedizinischen Beratung. Die Unterweisung muss dokumentiert und von den Unterwiesenen unterschrieben werden.

Tätigkeiten mit Biostoffen der Schutzstufe 3 und 4 in Laboratorien, in der Versuchstierhaltung und der Biotechnologie sowie Tätigkeiten der Schutzstufe 4 in der Humanmedizin oder der Veterinärmedizin dürfen nur mit **Erlaubnis** der zuständigen Behörde durchgeführt werden. Die Inhalte des Antrags sind in § 13 der Verordnung aufgeführt.

Der zuständigen Behörde sind u. a. **anzuzeigen**

- erstmalige Tätigkeiten mit Biostoffen der Schutzstufe 2 in Laboratorien, der Versuchstierhaltung und der Biotechnologie,
- Änderungen bei erlaubnispflichtigen oder angezeigten Tätigkeiten.

5.5

Mutterschutzverordnung und Jugendarbeitsschutzgesetz

Die Beschäftigungsbeschränkungen für werdende Mütter basieren auf EU-Richtlinie 92/85/EWG [58]. Mit der Überführung in nationales Recht in die **Verordnung zum Schutz der Mütter am Arbeitsplatz** (MuSchArbV) [59] wurden gegenüber der EU-Richtlinie einige bedeutsame Verschärfungen eingeführt, die sich in der Praxis als beschäftigungshemmend erwiesen haben, ohne ein höheres Schutzniveau zu erreichen.

Mit dem Wegfall der früher in der Gefahrstoffverordnung geforderten Unterweisungspflicht von Frauen im gebärfähigen Alter über die besonderen Gefahren beim Umgang mit entwicklungsschädigenden Stoffen wurde das Schutzniveau reduziert. Sinnvollerweise sollte diese Betriebsunterweisung auch weiterhin durchgeführt werden.

Unverständlicherweise wird in der Verordnung immer noch die Eigenschaft „fruchtschädigend“ benutzt, obwohl das frühere Gefährlichkeitsmerkmal bereits seit über einem Jahrzehnt nicht mehr existiert und durch „entwicklungsschädigend“ abgelöst wurde. Es darf unterstellt werden, dass rechtlich die Forderungen für entwicklungsschädigend eingestufte Stoffe oder Zubereitungen gemeint sind.

Die Mutterschutz-Richtlinienverordnung legt in § 4 fest, dass werdende oder stillende Mütter nicht mit Arbeiten beschäftigt werden dürfen, bei denen die Gefährdungsbeurteilung eine Gefahr der Gesundheit von Mutter oder Kind durch chemische Gefahrstoffe, biologische Arbeitsstoffe, physikalische Schadfaktoren oder den Arbeitsbedingungen nach Anlage 2 der Verordnung ergeben hat.

§ 5 konkretisiert diese allgemeinen Grundsätze beim Umgang mit Gefahrstoffen. Eine Beschäftigung ist bei Überschreitung der Grenzwerte, wie nach Gefahrstoffverordnung generell gültig, von sehr giftigen, giftigen, gesundheitsschädlichen oder in sonstiger Weise schädigenden Gefahrstoffen nicht zulässig. Die Expositionsverbote für werdende Mütter gegenüber krebserzeugenden, entwicklungsschädigenden (= fruchtschädigend?) oder erbgutverändernden Stoffen sind viel weitgehender und stellen in der betrieblichen Praxis oft große Probleme dar. Häufig münden sie in einem quasi Beschäftigungsverbot. Diese Verbote gelten auch für die Verdachtsstoffe der Kategorie 3, da diese im Gegensatz zu den

Vorschriften der Gefahrstoffverordnung nicht aus dem Geltungsbereich ausgenommen wurden, siehe Abschnitt 2.3.4. Schwangere Frauen dürfen demgemäß nicht mit ethanol- oder formaldehydhaltigen Reinigungsmitteln arbeiten, da eine Exposition selten ausgeschlossen werden kann und das Expositionsverbot auch bei Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte besteht.

Das Expositionsverbot gilt auch für die entwicklungsschädigenden Stoffe, für die bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes kein Risiko für das ungeborene Kind befürchtet werden muss, siehe Abschnitt 2.3.4.7 und 3.3.1. Da im Falle einer Schwangerschaft keine Gefahr der Erbgutschädigung mehr besteht und auch krebserzeugende Stoffe grundsätzlich keine Entwicklungsschäden auslösen, steht die Sinnhaftigkeit dieser Expositionsverbote außer Frage. Die weiteren Beschäftigungsbeschränkungen für werdende und stillende Mütter können Abbildung 5.19 entnommen werden.

Die Beschäftigungsbeschränkungen für Jugendliche sind in § 22 **Jugendarbeitsschutzgesetz** [60] zu finden. Jugendliche dürfen nach § 22 Abs. 1 Nr. 6 nicht mit Arbeiten beschäftigt werden, „bei denen sie schädlichen Einwirkungen von Gefahrstoffen ausgesetzt sind“. Eine Beschäftigung ist nur erlaubt, wenn

- dies zur Erreichung ihres Ausbildungszieles erforderlich ist,
- ihr Schutz durch die Aufsicht eines Fachkundigen gewährleistet ist und
- die Luftgrenzwerte bei gefährlichen Stoffen unterschritten werden.

Bei Stoffen ohne Luftgrenzwert ist in der Gefährdungsbeurteilung zu ermitteln, ob eine gesundheitsschädigende Exposition vorhanden ist. Jugendliche dürfen ohne weitere Einschränkungen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen durchführen, wenn keine

<ul style="list-style-type: none"> → sehr giftige → giftige → gesundheitsschädliche → chronisch schädigende Gefahrstoffe 	<p>Werdende und stillende Mütter: ⇒ Einhaltung des AGW</p>
<p>Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse, die erfahrungsgemäß Krankheitserreger übertragen können</p>	<p>Werdende und stillende Mütter: ⇒ Expositionsverbot</p>
<ul style="list-style-type: none"> → krebserzeugende → fruchtschädigende → erbgutverändernde Gefahrstoffe 	<p>Werdende Mütter: ⇒ Expositionsverbot</p> <p>Stillenden Mütter: ⇒ Einhaltung des AGW</p>
<p>Gefahrstoffe, die Blei oder Quecksilberalkyle enthalten</p>	<p>Frauen im gebärfähigen Alter: ⇒ Einhaltung der AGW</p>

Abb. 5.19 Beschäftigungsbeschränkungen für werdende und stillende Mütter nach Mutterschutzverordnung

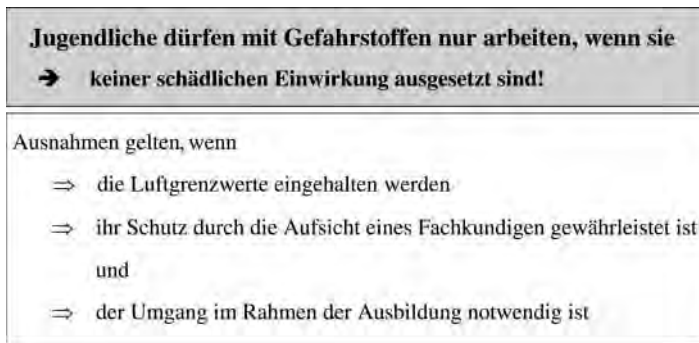


Abb. 5.20 Beschäftigungsbeschränkungen für Jugendliche

besondere Gefährdung erkennbar ist. Abbildung 5.20 fasst die wichtigsten Beschäftigungsbeschränkungen für Jugendliche zusammen.

5.6

Die Arbeitsmittelverordnung / Betriebssicherheitsverordnung

Die Betriebssicherheitsverordnung [61] wurde 2002 erlassen und regelt die Verwendung und den Betrieb von Betriebsmitteln und Anlagen, während alle stoffbezogenen Vorschriften, einschließlich der Gefährdung durch explosionsgefährliche Atmosphäre, in der Gefahrstoffverordnung geregelt sind.

Zurzeit befindet sich in den parlamentarischen Beratungen die Anlagen- und Arbeitsmittelverwendungsverordnung, der endgültige Name der Verordnung ist bei Drucklegung noch nicht entschieden [62], die die bisherige Betriebssicherheitsverordnung ablösen wird. Im Sinne einer Zusammenführung aller aus den Stoffeigenschaften resultierenden Schutzmaßnahmen werden gleichzeitig mit der beabsichtigten Novellierung die Maßnahmen zum Explosionsschutz in die Gefahrstoffverordnung integriert, siehe Kapitel 5.2.8, 5.2.17 und 5.2.18. Basis der folgenden Ausführungen stellt der Referentenentwurf von Anfang 2013 dar. Mögliche Änderungen im weiteren Gesetzgebungsverfahren konnten daher nicht berücksichtigt werden.

5.6.1

Die Anlagen- und Arbeitsmittelverwendungsverordnung

Die Anlagen- und Arbeitsmittelverwendungsverordnung ist in 7 Abschnitte und 3 Anhänge unterteilt:

- Abschnitt 1 (§§ 1 und 2) Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen
- Abschnitt 2 (§§ 3–5) Gefährdungsbeurteilung und Grundpflichten
- Abschnitt 3 (§§ 6–10) Betriebliche Schutzmaßnahmen

- Abschnitt 4 (§§ 11–15) Erlaubnisse und Prüfungen
- Abschnitt 5 (§§ 16–17) Anforderungen an Prüfer
- Abschnitt 6 (§§ 18–20) Vollzugsregelungen und Ausschuss für Betriebssicherheit
- Abschnitt 7 (§§ 21–23) Ordnungswidrigkeiten und Straftaten, Schlussvorschriften
- Anhang 1 Regelungen für bestimmte Arbeitsmittel
- Anhang 2 Prüfvorschriften für überwachungsbedürftige Anlagen
- Anhang 3 Prüfvorschriften für besondere Arbeitsmittel

Die Anlagen- und Arbeitsmittelverwendungsverordnung ist bei der

- Auswahl und Verwendung von Arbeitsmitteln,
- Gestaltung von Arbeits- und Fertigungsverfahren sowie
- Qualifikation und Unterweisung der Beschäftigten

anzuwenden. Arbeitsmittel sind definiert als

- Werkzeuge,
- Geräte,
- Maschinen und
- Anlagen.

Als Anlage gilt eine planvolle Zusammenstellung von in räumlichem Zusammenhang stehenden Maschinen oder Geräten als selbstständige Funktionseinheit, unabhängig ob sie funktional, steuerungstechnisch oder sicherheitstechnisch miteinander verknüpft sind. Einrichtungsgegenstände, wie z. B. Büroschränke, zählen nicht zu den Arbeitsmitteln, sondern werden der Arbeitsstätte zugeordnet.

Verwenden umfasst in Anlehnung an die Gefahrstoffverordnung: Montage, Bedienung wie An- oder Abschalten oder Einstellen, Gebrauch, Betreiben, Instandhaltung, Reinigung, Prüfung, Umbau, Erprobung, Demontage, Transport sowie Bedien- und Überwachungsarbeiten.

Nachdem die Regelungen zu explosionsgefährdeten Bereichen in die Gefahrstoffverordnung integriert wurden, beinhaltet die Arbeitsmittelverordnung nur noch wenige gefahrstoffrelevante Vorschriften. Auf eine ausführliche Darstellung der nicht stoffbezogenen Regelungen wird verzichtet.

Analog allen Arbeitsschutzvorschriften muss vor der Verwendung von Arbeitsmitteln eine fachkundige Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden. § 3 stellt klar, dass das Vorhandensein einer CE-Kennzeichnung am Arbeitsmittel nicht von der Pflicht zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung entbindet. Bei Änderungen von Arbeitsmitteln ist zu beurteilen, ob es sich um eine prüfpflichtige Änderung handelt, ggf. müssen Herstellerpflichten nach dem Produktsicherheitsgesetz [62] beachtet werden.

Die in § 4 beschriebenen Grundpflichten fordern die Bereitstellung geeigneter, sicherer Arbeitsmittel. Desgleichen dürfen Arbeitsmittel nur von solchen Beschäftigten verwendet werden, die diese ohne Gefährdung der eigenen und anderer Personen bedienen können. Die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen muss in regelmäßigen Abständen überprüft werden.

§ 6 beschreibt die allgemeinen Schutzmaßnahmen, die sich an den bewährten Arbeitsschutzpraktiken orientieren. Hierbei sind der Schnittstelle Mensch-Arbeitsmittel besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Während der gesamten Verwendungsdauer sind nach § 7 die erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen durchzuführen. Unzulässige oder instabile Betriebszustände sind nach § 8 durch geeignete Maßnahmen zu verhindern.

Auch beim Verwenden von Arbeitsmitteln müssen gemäß § 9 schriftliche Betriebsanweisungen in verständlicher Form und Sprache erstellt werden, die Angaben über

- vorhandene Gefährdungen bei der Verwendung der Arbeitsmittel, einschließlich damit verbundener Gefährdungen durch die Arbeitsumgebung,
- erforderliche Schutzmaßnahmen und Verhaltensanforderungen sowie
- Maßnahmen bei Betriebsstörungen, Unfällen und zur Ersten Hilfe bei Notfällen

enthalten.

Gemäß § 11 dürfen folgende Anlagen, einschließlich ihrer Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen, nur mit **Erlaubnis** der zuständigen Behörde errichtet und betrieben werden:

- 1) Dampfkesselanlagen im Sinne des Anhangs 2 Abschnitt 3 Ziffer 1 Buchstabe a, die befeuerte oder anderweitig beheizte überhitzungsgefährdete Druckgeräte zur Erzeugung von Dampf oder Heißwasser mit einer Temperatur von mehr als 110 Grad Celsius beinhalten, die gemäß Artikel 9 in Verbindung mit Anhang II Diagramm 5 der Richtlinie 97/23/EG in die Kategorie IV einzustufen sind,
- 2) Füllanlagen mit Druckgeräten zum Abfüllen von Druckgasen in ortsbewegliche Druckgeräte zur Abgabe an andere mit einer Füllkapazität von mehr als 10 Kilogramm je Stunde,
- 3) Füllanlagen mit Druckgeräten zum Abfüllen von Druckgasen in ortsbewegliche Druckgeräte zum Befüllen von Land-, Wasser- oder Luftfahrzeugen mit Druckgasen zur Verwendung als Treib- oder Brennstoff,
- 4) Lageranlagen mit ortsfesten Behältern, ausgenommen solche an Tankstellen, für entzündbare Flüssigkeiten mit einem Gesamtlagervolumen von mehr als 10.000 Liter,
- 5) ortsfest installierte oder dauerhaft am gleichen Ort verwendete Füllstellen oder Umfüllstellen mit einer Umschlagskapazität von mehr als 1.000 Liter je Stunde, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen Transportbehälter mit entzündbaren Flüssigkeiten befüllt werden,

- 6) Tankstellen, die der Versorgung von Land-, Wasser- und Luftfahrzeugen mit entzündbaren Flüssigkeiten dienen, einschließlich der Lager- und Vorratsbehälter.

Arbeitsmittel müssen nach § 12 durch **prüfbefähigte Personen** geprüft werden,

- deren Sicherheit von den Montagebedingungen abhängt, nach der Montage oder Installation und vor der ersten Inbetriebnahme sowie nach jeder Montage oder Installation an einem neuen Standort, soweit nicht bereits der Hersteller oder der Bereitsteller auf dem Markt entsprechende Prüfungen durchgeführt und bescheinigt hat,
- die Schäden verursachenden Einflüssen ausgesetzt sind,
- die Sicherheitseinrichtungen zur Verhütung oder Beseitigung von Gefahren besitzen,
- unverzüglich nach dem Eintritt außerordentlicher Situationen, die Einfluss auf die Sicherheit haben und wenn
- sicherheitsrelevante Änderungen durchgeführt wurden.

Prüfbefähigte Personen müssen über die erforderliche Fachkunde zur Prüfung der jeweiligen Arbeitsmittel verfügen. Die Fachkunde kann insbesondere durch Berufsausbildung, Berufserfahrung und zeitnahe berufliche Tätigkeit erworben werden. In Abhängigkeit der Prüfaufgabe kann zusätzlich die Teilnahme an spezifischen Aus- und Fortbildungsmaßnahmen erforderlich sein. Die Ergebnisse der Prüfungen müssen aufgezeichnet werden.

Die besonders prüfpflichtigen Arbeitsmittel nach Anhang 3 sowie bei den Überwachungsbedürftigen Anlagen, wie in Anhang 2 gefordert, müssen von **Prüfsachkundigen** geprüft werden. Diese müssen über ein einschlägiges Studium oder vergleichbare technische Qualifikation im vorgesehenen Prüfbereich verfügen, sich durch Berufsausbildung, Berufserfahrung und zeitnahe berufliche Tätigkeit weiter qualifiziert haben sowie regelmäßig an spezifischen Fortbildungsmaßnahmen, mindestens alle fünf Jahre, teilnehmen. Die erforderliche Qualifikation besitzt

- der anerkannte Sachverständige nach § 36 GewO,
- der Sachverständige nach § 29a BImSchG oder
- wer ein Zertifikat einer akkreditierten Zertifizierungsstelle besitzt.

5.6.2

Überwachungsbedürftige Anlagen

In Anhang 2 der Betriebsmittelverordnung sind die Prüfpflichten für Überwachungsbedürftige Anlagen zusammengefasst.

Abschnitt 1: Aufzüge; nicht ausgeführt, da keine Gefahrstoffrelevanz

Abschnitt 2: Explosionsgefährdung

Alle explosionschutzrelevanten Arbeitsmittel einschließlich der Verbindungselemente und der Gebäudeteile (Ex-Anlage) sind vor der erstmaligen Inbetrieb-

nahme, nach prüfpflichtigen Änderungen und wiederkehrend alle sechs Jahre auf Explosionssicherheit durch eine prüfbefähigte Person zu prüfen.

Lüftungsanlagen, Gaswarneinrichtungen und Inertisierungseinrichtungen müssen wiederkehrend jährlich von einer prüfbefähigten Person geprüft werden.

Abschnitt 3: Druckanlagen

Abschnitt 3 gilt für die Prüfung vor der erstmaligen Inbetriebnahme und nach prüfpflichtigen Änderungen von

- a) Dampfkesselanlagen,
- b) Druckbehälteranlagen außer Dampfkesseln,
- c) Anlagen zur Abfüllung von verdichteten, verflüssigten oder unter Druck gelösten Gasen, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen
 - Druckbehälter zum Lagern von Gasen mit Gasen aus ortsbeweglichen Druckgeräten befüllt werden,
 - ortsbewegliche Druckgeräte mit Gasen befüllt werden,
 - Land-, Wasser- oder Luftfahrzeuge mit Gasen zur Verwendung als Treib- oder Brennstoff befüllt werden
- d) Rohrleitungen unter innerem Überdruck für Gase, Dämpfe oder Flüssigkeiten, die nach der Verordnung (EU) Nr. 1272/2008 eingestuft sind als
 - entzündbare Gase (gekennzeichnet mit H220, H221),
 - entzündbare Flüssigkeiten (gekennzeichnet mit H224, H225 und H226, sofern sie einen Flammpunkt ≤ 55 °C haben),
 - pyrophore Flüssigkeiten (gekennzeichnet mit H250),
 - akut toxisch Kategorie 1 oder 2 (gekennzeichnet mit H300, H310, H330),
 - metallkorrosiv (gekennzeichnet mit H290),
 - hautätzend (gekennzeichnet mit H314) und
 - schwere Augenschäden bewirken (gekennzeichnet mit H318),
 die Druckgeräte im Sinne der EG-RL 97/23/EG sind, innerbetrieblich eingesetzte ortsbewegliche Druckgeräte oder einfache Druckbehälter mit einem Druckinhaltsprodukt von größer 50 bar Liter sind

Zur Prüfung der Druckanlagen mit Gasen und Flüssigkeiten gilt folgende Einteilung:

- Fluidgruppe 1
 - explosive Stoffe oder Gemische nach Anhang I Nr. 2.1.1 (gekennzeichnet mit H200 bis H205)
 - entzündbar nach Anhang I Nr. 2.6 Kategorie 1 (gekennzeichnet mit H224),
 - entzündbar nach Anhang I Nr. 2.6 Kategorie 2 (gekennzeichnet mit H225),
 - entzündbar nach Anhang I Nr. 2.6 Kategorie 3 (gekennzeichnet mit H226),
 - akut toxisch nach Anhang I Nr. 3.1.2 Kategorie 1 (gekennzeichnet mit H300, H310, H330),
 - akut toxisch nach Anhang I Nr. 3.1.2 Kategorie 2 1 (gekennzeichnet mit H300, H310, H330),

- oxidierende Flüssigkeiten nach Anhang I Nr. 2.13.1 1 (gekennzeichnet mit H260).
- Fluidgruppe 2
 - Fluidgruppe 2 umfasst alle Fluide, die nicht der Gruppe 1 zugeteilt wurden.

5.6.3

Sichere Reaktionsführung

Auch bei Einhaltung der Maßnahmen zum Schutz vor explosionsfähiger Atmosphäre durch Gase, Dämpfe, Nebel und Stäube können Explosionen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Gefährliche chemische Reaktionen können ebenfalls zu Explosionen führen. Zur sicheren Reaktionsführung müssen deshalb grundlegende Untersuchungen durchgeführt werden.

Die wichtige sicherheitstechnische Kenngröße jeder chemischen Reaktion ist die Reaktionsenthalpie. Sie gibt die Wärmemenge an, die im Laufe einer chemischen Reaktion entsteht.

Diese Wärmemenge muss gefahrlos abgeführt werden. Zur orientierenden Untersuchung hat sich die **Differentialthermoanalyse (DTA)** bewährt. Den schematischen Aufbau einer DTA-Apparatur zeigt Abbildung 5.21. Mit nur geringen Substanzmengen (wenigen Milligramm) wird die Temperaturdifferenz zwischen einer inerten Probe und der Untersuchungssubstanz bei gleichmäßiger Aufheizrate unter Luftausschluss bestimmt. Bei gleicher Wärmekapazität von Inertprobe und Untersuchungssubstanz ist die Temperaturdifferenz der Wärmerate der Reaktion proportional. Bleibt die Temperatur der Untersuchungssubstanz hinter der Vergleichssubstanz zurück, können physikalische Umwandlungsprozesse (z. B. Schmelzvorgänge) oder endogene Reaktionsvorgänge vorliegen. Eine höhere Temperatur der Untersuchungssubstanz weist auf eine exotherme Reaktion hin. Die Fläche unter der Kurve ist ein direktes Maß für die freigewordene Wärmemenge. Abbildung 5.22 zeigt eine idealisierte DTA-Kurve.

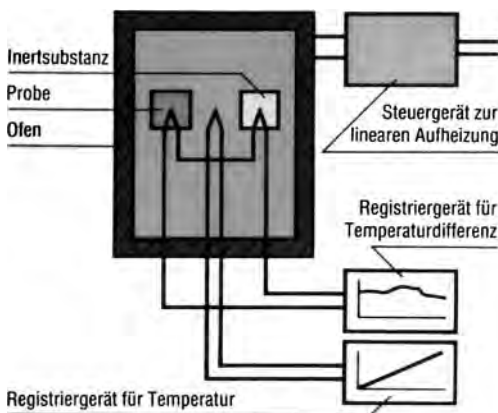


Abb. 5.21 DTA-Apparatur

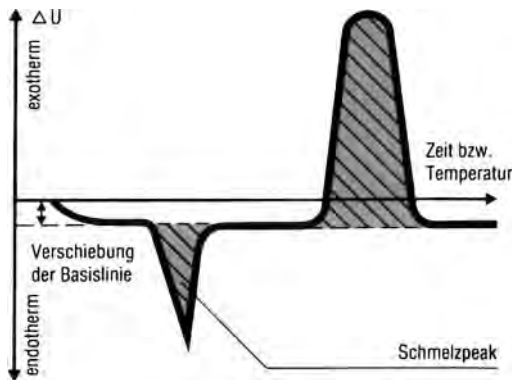


Abb. 5.22 DTA-Kurve

Zur Festlegung der notwendigen Sicherheitsmaßnahmen ist die Dauer der Wärme-freisetzung ebenfalls von großer Bedeutung. Zur Ermittlung der freigesetzten Wärmemenge in Abhängigkeit von der Zeit haben sich **Reaktionskalorimeter** bewährt. Nur wenn die Reaktionsenthalpie gefahrlos abgeführt werden kann, z. B. durch Kühlung mittels Kühlwasser oder Siedekühlung, ist eine sichere Reaktionsführung möglich. Tabelle 5.6 gibt für wichtige Reaktionen die Reaktionsenthalpien wieder.

Ist die Wärmeproduktionsrate größer als die Kühlrate, wird eine Temperaturerhöhung der Reaktionsmischung resultieren. Gemäß den physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten bewirkt diese Temperaturerhöhung eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit und somit die Freisetzung von noch mehr Wärme. Im Falle einer **Wärmeexplosion** übersteigt die Wärmeproduktion die Wärmeabfuhr erheblich. Die Kenntnis solcher gefährlichen Reaktionszustände ist für eine sichere Reaktionsführung äußerst wichtig. Bereits aus der DTA kann eine Reaktion mit hoher Wärmeproduktionsrate erkannt werden, bei der sogenannten On-set-Temperatur beginnt diese stark exotherme Zersetzungsreaktion. Die maximale Reaktionstemperatur muss, ohne zusätzliche Maßnahmen, einen ausreichenden Abstand von mindestens 50 bis 100 °C von dieser kritischen Temperatur haben. In der einschlägigen Literatur sind eine Vielzahl von Reaktionen beschrieben, die zu stark exothermen Neben- und Zersetzungsreaktionen neigen. Eine Diskussion würde den Rahmen dieses Buches bei Weitem sprengen, beispielhaft seien die

- Nitrierung,
- Diazotierung und
- Oxidation

genannt.

Zur Feststellung des Reaktionsverhaltens bei Kühlausfall ist die **adiabatische Temperaturerhöhung** von großer Bedeutung. Sie gibt die maximale Temperatur an, bis zu der sich unter adiabaten Bedingungen die Reaktionsmischung erhitzen kann. Wird dabei die Temperatur erreicht, bei der eine exotherme Re-

Tabelle 5.6 Exemplarische Reaktionsenthalpien ausgewählter Reaktionen.

Reaktion	Reaktionsenthalpie [kJ/mol]
Neutralisation (HCl)	55
Nitrierung	130
Zersetzung von Nitroverbindungen	400
Sulfierung	150
Hydrierung	560
Diazotierung	65
Zersetzung von Diazoverbindungen	140
Verbrennungswärme von Kohlenwasserstoffen	900

aktion oder Zersetzung einsetzt (On-set-Temperatur), sind sicherheitstechnische Maßnahmen zur Reaktionsführung notwendig. Da der Dampfdruck mit steigender Temperatur ebenfalls zunimmt, ist die **adiabatische Druckerhöhung** ebenfalls von sicherheitstechnischer Bedeutung. Reaktionen im technischen Maßstab zeigen aufgrund der kleinen Kühlfläche in Relation zum Behältervolumen bei Ausfall der Kühlung ein nahezu adiabatisches Verhalten.

Die Gasbildungsrate hängt entscheidend von Reaktionstemperatur, -druck und -verlauf ab. Bei unzulässig hohen Temperaturen können die Abgasströme sehr stark zunehmen. Der zeitliche Verlauf der Abgasströme ist somit ebenfalls eine wichtige verfahrenstechnische Größe; er kann in speziellen Reaktionskalorimetern bestimmt werden.

Eine weitere Gefahr ist die Neigung mancher Stoffe, sich während der Lagerung bei erhöhter Temperatur zu zersetzen. Da diese spontane Produktzersetzung gelegentlich erst mit Verzögerung einsetzt, ist diese gefährliche Eigenschaft nicht immer offensichtlich. Nicht selten beginnt die Zersetzung erst nach mehreren Stunden oder sogar Tagen; der dann einsetzende Druck- und Temperaturanstieg erfolgt anfänglich sehr langsam, gegen Ende der Zersetzungsphase sehr schnell und drastisch. Es sind Stoffe bekannt, die nach eintägiger Lagerung bei 60 °C (Temperatur bei direkter Sonneneinstrahlung im Sommer) Drücke von über 50 bar und Temperaturen von weit über 200 °C erreichen. Zum Nachweis dieser Stoffeigenschaft hat sich die Druckwärmestauprüfung, auch Warmlagerversuch genannt, bewährt.

5.7

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz und seine Verordnungen

5.7.1

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz

Das „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge“, kurz Bun-

des-Immissionsschutzgesetz genannt, abgekürzt BImSchG [63] hat in Deutschland eine über 20-jährige Tradition. Die ursprüngliche Fassung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes stammt aus dem Jahre 1974 und wurde seitdem mehrfach novelliert und ergänzt.

Bereits durch den Titel wird der Regelungsinhalt des Bundes-Immissionsschutzgesetzes deutlich. In § 1 des Gesetzes wird der Zweck wie folgt angegeben:

„Zweck dieses Gesetzes ist es, **Menschen, Tiere und Pflanzen**, den **Boden**, das **Wasser**, die **Atmosphäre** sowie **Kultur-** und sonstige **Sachgüter** vor schädlichen Umwelteinwirkungen und soweit es sich um genehmigungsbedürftige Anlagen handelt, auch vor **Gefahren, erheblichen Nachteilen** und **erheblichen Bodenbelastigungen**, die auf andere Weise herbeigeführt werden, zu schützen und dem Entstehen **schädlicher Umwelteinwirkungen** vorzubeugen.“

Im Geltungsbereich des Gesetzes ist festgelegt, dass es für

- 1) die Errichtung und den Betrieb von Anlagen,
- 2) das Herstellen, Inverkehrbringen und Einführen von Anlagen, Brennstoffen und Treibstoffen, Stoffen und Erzeugnissen aus Stoffen nach Maßgabe der §§ 32 bis 37,
- 3) die Beschaffenheit, die Ausrüstung, den Betrieb und die Prüfung von Kraftfahrzeugen und ihren Anhängern und von Schienen-, Luft- und Wasserfahrzeugen sowie von Schwimmkörpern und schwimmenden Anlagen nach Maßgabe der §§ 38 bis 40 und
- 4) den Bau öffentlicher Straßen sowie von Eisenbahnen, Magnetschwebbahnen und Straßenbahnen nach Maßgabe der §§ 41 bis 43

anzuwenden ist.

Ausgenommen aus dem Regelungsbereich sind

- Flugplätze,
- Anlagen, Geräte, Vorrichtungen sowie Kernbrennstoffe und radioaktive Stoffe, die den Vorschriften des Atomgesetzes unterliegen, sowie
- wasserrechtliche Vorschriften des Bundes und der Länder zum Schutz der Gewässer.

Für das weitere Verständnis dieser sehr wichtigen Gesetzesmaterie sind die Begriffsbestimmungen wichtig. Durch unterschiedliche Interpretationen der Fachtermini resultieren häufig Fehlinterpretationen.

Unter **schädlichen Umwelteinwirkungen** werden Immissionen verstanden, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

Immissionen sind

- Luftverunreinigungen, die auf Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirken,
- Geräusche,
- Erschütterungen,
- Licht,
- Wärme,
- Strahlen und
- ähnliche Erscheinungen.

Emissionen sind die von einer Anlage ausgehenden Immissionen.

Als **Luftverunreinigungen** gelten Veränderungen der natürlichen Zusammensetzung der Luft, insbesondere durch Rauch, Ruß, Staub, Gase, Aerosole, Dämpfe oder Geruchsstoffe.

Als **Stand der Technik** wird der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen definiert, der sich im praktischen Einsatz zur Begrenzung der Emissionen bereits bewährt hat. Bei der Festlegung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die bereits mit Erfolg im Betrieb erprobt worden sind.

Anlagen im Sinne des BImSchG sind

- Betriebsstätten und sonstige ortsfeste Einrichtungen,
- Maschinen, Geräte und sonstige ortsveränderliche technische Einrichtungen und
- Grundstücke, auf denen Stoffe gelagert oder abgelagert oder Arbeiten durchgeführt werden,

die Emissionen verursachen können, ausgenommen öffentliche Verkehrswege.

Unter einem **Betriebsbereich** wird der Teil eines Betriebes verstanden, in dem gefährliche Stoffe im Sinne der Seveso-Richtlinie (Seveso-RL) 96/82/EG [64] in einer oder mehreren Anlagen vorhanden sind, in Mengen die die in der Seveso-RL aufgeführten Mengengrenzen überschreiten.

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz gliedert sich in sieben Teile, diese sind wiederum z. T. in mehrere Abschnitte untergliedert:

- 1. Teil: Allgemeine Vorschriften (§§ 1–3)
- 2. Teil: Errichtung und Betrieb von Anlagen
 - 1. Abschnitt: Genehmigungsbedürftige Anlagen (§§ 4–21)
 - 2. Abschnitt: Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen (§§ 22–25)
 - 3. Abschnitt: Ermittlung von Emissionen und Immissionen, sicherheitstechnische Prüfungen, Technischer Ausschuss für Anlagensicherheit (§§ 26–31)
- 3. Teil: Beschaffenheit von Anlagen, Stoffen, Erzeugnissen, Brennstoffen, Treibstoffen und Schmierstoffen; Biokraftstoffen (§§ 32–37f)

- 4. Teil: Beschaffenheit und Betrieb von Fahrzeugen, Bau und Änderung von Straßen und Schienenwegen (§§ 38–43)
- 5. Teil: Überwachung und Verbesserung der Luftqualität, Luftreinhalteplanung (§§ 44–47)
- 6. Teil: Lärminderungsplan (§§ 47a–f)
- 7. Teil: Gemeinsame Vorschriften (§§ 48–62)
- 8. Teil: Schlussvorschriften (§§ 66–72)

Die Anlage enthält Kriterien zur Bestimmung des Standes der Technik in Konkretisierung zu § 3 Abs. 6.

Im Rahmen dieses Buches wird lediglich Teil 2 näher erläutert, die anderen Teile haben, mit Ausnahme der Betreiberpflichten und der Bestellung eines Immissionschutz- und Störfallbeauftragten im 6. Teil, für den Umgang mit Chemikalien keine unmittelbare Bedeutung.

In § 4 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes wird festgelegt, dass Anlagen, die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder ihres Betriebes in besonderem Maße

- schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen können,
- die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft gefährden, erheblich zu benachteiligen oder erheblich zu belästigen vermögen sowie
- ortsfeste Abfallentsorgungsanlagen zur Lagerung oder Behandlung von Abfällen

einer Genehmigung bedürfen.

Anlagen, die nicht gewerblichen Zwecken dienen und nicht im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen verwendet werden, bedürfen nicht der Genehmigung. Aufgrund des weitreichenden Geltungsbereiches des Bundes-Immissionsschutzgesetzes wurden bei den vielen Regelungen spezielle Ausnahmen erlassen. Diese werden im Rahmen dieses Buches nur dann berücksichtigt, wenn sie Einfluss auf das Betreiben von Chemieanlagen haben. Eine vollständige Abhandlung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes ist im Rahmen dieses Buches nicht möglich.

Die Betreiber **genehmigungsbedürftiger Anlagen** müssen eine Vielzahl von Pflichten beachten. Genehmigungsbedürftige Anlagen müssen so errichtet und betrieben werden, dass

- 1) schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können;
- 2) Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen;
- 3) Abfälle vermieden, nicht zu vermeidende Abfälle verwertet und nicht zu verwertende Abfälle ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit beseitigt werden; Abfälle sind nicht zu vermeiden, soweit die Vermeidung technisch nicht möglich oder nicht zumutbar ist; die Vermeidung ist unzulässig, soweit sie zu nachteiligeren Umweltauswirkungen führt als die Verwertung; die Ver-

wertung und Beseitigung von Abfällen erfolgt nach den Vorschriften des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes und den sonstigen für die Abfälle geltenden Vorschriften;

- 4) Energie sparsam und effizient verwendet wird.

Auch nach Betriebseinstellung muss der Betreiber sicherstellen, dass keine entsprechende Gefahr von der Anlage ausgehen kann. Anlagen sind genehmigungsfähig, wenn die vorgenannten Voraussetzungen erfüllt sind.

Gemäß § 7 müssen genehmigungsbedürftige Anlagen die folgenden **Beschaffheitsanforderungen** erfüllen:

- 1) Einhaltung bestimmter technischer Anforderungen,
- 2) Einhaltung vorgegebener Grenzwerte der von der Anlage ausgehenden Emissionen,
- 3) Durchführung von Emissionsmessungen,
- 4) Durchführung von sicherheitstechnischen Prüfungen
 - während der Errichtung oder vor der Inbetriebnahme,
 - nach wesentlichen Änderungen,
 - in regelmäßigen Abständen und
 - bei oder nach Betriebseinstellung.

Nach § 53 haben die Betreiber von genehmigungsbedürftigen Anlagen einen Immissionsschutzbeauftragten zu benennen, wenn aufgrund

- der von der Anlage ausgehenden Emissionen und
- technischer Probleme bei der Emissionsbegrenzung

dies als erforderlich erachtet wird. Aufgaben, Pflichten und Rechte sind in den §§ 54 bis 58 geregelt. Die Bestellung eines Störfallbeauftragten ist nach § 58a beim Betrieb von Anlagen gefordert, die der Störfallverordnung unterliegen; Aufgaben, Pflichten und Rechte regeln die §§ 58b bis 58d.

Die Genehmigung von Anlagen kann nach § 19 Bundes-Immissionsschutzgesetz nach einem vereinfachten Verfahren erfolgen, wenn dies mit dem Schutzziel vereinbar ist.

An die Errichtung und den Betrieb nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen werden nach § 22 Mindestforderungen gestellt:

- Verhinderung vermeidbarer schädlicher Umwelteinwirkungen nach dem Stand der Technik,
- Beschränkung unvermeidbar entstehender Umwelteinwirkungen nach dem Stand der Technik und
- ordnungsgemäße Beseitigung entstehender Abfälle.

Bestimmte **Beschaffenheitsanforderungen** müssen auch nicht genehmigungsbedürftige Anlagen erfüllen. Diese weichen zum Teil nur unwesentlich von denen genehmigungsbedürftiger Anlagen ab:

- 1) Einhaltung bestimmter technischer Anforderungen,
- 2) Einhaltung vorgegebener Grenzwerte der von der Anlage ausgehenden Emissionen,
- 3) Durchführung von Emissionsmessungen,
- 4) Unverzügliche Mitteilung der Inbetriebnahme und der Durchführung wesentlicher Änderungen an bestimmten Anlagen an die Behörde,
- 5) Bauartzulassung für den Betrieb bestimmter Anlagen.

5.7.2

Die Verordnungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

Auf Basis des Bundes-Immissionsschutzgesetzes wurden bislang insgesamt 22 Verordnungen erlassen. Viele dieser Verordnungen richten sich nur an einen kleinen Adressatenkreis, andere haben ein breites öffentliches Interesse gefunden. Im Folgenden sollen nur die Verordnungen in ihren wesentlichen Inhalten behandelt werden, die für den Umgang mit Gefahrstoffen relevant sind.

1. BImSchV: Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen
2. BImSchV: Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen
4. BImSchV: Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen
5. BImSchV: Verordnung über Immissionsschutz- und Störfallbeauftragte
7. BImSchV: Verordnung zur Auswurfbegrenzung von Holzstaub
9. BImSchV: Verordnung über das Genehmigungsverfahren
10. BImSchV: Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen
11. BImSchV: Emissionserklärungsverordnung
12. BImSchV: Störfallverordnung
13. BImSchV: Verordnung über Großfeuerungsanlagen
17. BImSchV: Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen
18. BImSchV: Sportanlagenlärmschutzverordnung
20. BImSchV: Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen beim Umfüllen und Lagern von Ottokraftstoffen
21. BImSchV: Verordnung zur Begrenzung der Kohlenwasserstoffemissionen bei der Betankung
24. BImSchV: Verkehrswege-Schallschutzmaßnahmenverordnung
25. BImSchV: Verordnung zur Begrenzung von Emissionen aus der Titandioxid-Industrie
26. BImSchV: Verordnung über elektromagnetische Felder
27. BImSchV: Verordnung über Anlagen zur Feuerbestattung

28. BImSchV: Verordnung über Emissionsgrenzwerte für Verbrennungsmotoren
29. BImSchV: Gebührenordnung für Maßnahmen bei Typprüfungen von Verbrennungsmotoren
30. BImSchV: Verordnung über Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen
31. BImSchV: Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen
32. BImSchV: Geräte- und Maschinenlärmschutzverordnung
34. BImSchV: Verordnung über die Lärmkartierung
35. BImSchV: Verordnung zum Erlass und zur Änderung von Vorschriften über die Kennzeichnung emissionsarmer Kraftfahrzeuge vom 10. Oktober 2006
36. BImSchV: Erste Verordnung zur Änderung der Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote vom 6. Juni 2011
38. BImSchV: Verordnung zur Quotenanrechnung bestimmter biogener Öle
39. BImSchV: Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen

Neben den Verordnungen existiert noch eine Vielzahl von Technischen Regeln sowie Technischen Anleitungen. Der „Technischen Anleitung Luft“ können z. B. die Grenzwerte entnommen werden, die zur Genehmigungsfähigkeit einer Anlage beachtet werden müssen.

5.7.3

Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen

Die „Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen“, die 4. **BImSchV**, [65] regelt, welche Anlagen als genehmigungsbedürftig gelten.

Anlagen sind genehmigungsbedürftige Anlagen und nach den Kriterien von § 10 Bundes-Immissionsschutzgesetz zu genehmigen, wenn sie

- im Anhang in Spalte 1 genannt sind,
- sich aus den in Spalte 1 und Spalte 2 genannten Anlagen zusammensetzen und
- von Ausnahmen abgesehen, länger als zwölf Monate betrieben werden.

Das vereinfachte Genehmigungsverfahren ist auf Anlagen anzuwenden, die im Anhang in Spalte 2 aufgeführt sind.

Im Folgenden werden nur die Anlagentypen gemäß Anhang der 4. BImSchV aufgeführt. Die exakten Kriterien nach den Spalten 1 und 2 werden aus Platzgründen nicht vollständig aufgeführt.

- 1) Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie,
- 2) Steine und Erden, Glas, Keramik, Baustoffe,
- 3) Stahl, Eisen und sonstige Merkmale einschließlich Verarbeitung,

- 4) Chemische Erzeugnisse, Arzneimittel, Mineralö raffination und Weiterverarbeitung,
- 5) Oberflächenbehandlungsmittel mit organischen Stoffen, Herstellung von bahnenförmigen Materialien aus Kunststoffen, sonstige Verarbeitung von Harzen und Kunststoffen,
- 6) Holz, Zellstoff,
- 7) Nahrungs-, Genuss- und Futtermittel, landwirtschaftliche Erzeugnisse,
- 8) Verwertung und Beseitigung von Reststoffen und Abfällen,
- 9) Lagerung, Be- und Entladen von Stoffen und Zubereitungen,
- 10) Sonstiges.

5.7.4

Die Störfall-Verordnung

Die 12. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [66] wurde 1988 erstmals erlassen und seitdem mehrfach geändert. Die Störfallverordnung setzt die EG-Seveso-Richtlinie 96/82/EG [64] in nationales Recht um. Mit EG-Richtlinie 2012/18/EG, auch als Seveso III bezeichnet [67], wurde die Seveso-RL an die CLP-Verordnung angepasst und zusätzliche Pflichten zur Anlagenüberprüfung eingeführt: sie ist bis zum 01.06.2015 in nationales Recht umzusetzen.

Tabelle 5.7 Gefährliche Stoffe nach der Störfallverordnung und die zugeordneten Mengenschwellen.

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3
Gefährliche Stoffe	Mengenschwellen (t)	Mengenschwellen (t)
	Artikel 6 und 7	Artikel 9
1. SEHR GIFTIG	5	20
2. GIFTIG	50	200
3. BRANDFÖRDERND	50	200
4. EXPLOSIONSGEFÄHRLICH (Klasse 1.4 UN/ADR)	50	200
5. EXPLOSIONSGEFÄHRLICH (Klasse 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6 UN/ADR sowie R2 oder R3 nach Stoff-RL)	10	50
6. ENTZÜNDLICH	5000	50000
7 a. LEICHTENTZÜNDLICH	50	200
7 b. LEICHTENTZÜNDLICH	5000	50000
8. HOCHENTZÜNDLICH	10	50
9. UMWELTGEFÄHRLICH mit:	.	.
(i) R50 und R50/53: Sehr giftig für Wasserorganismen	200	500
(ii) R51/53: Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern langfristig schädliche Wirkungen haben	500	2000
10. Einstufungen, die nicht erfasst wurden mit:	.	.
(i) R14: Reagiert heftig mit Wasser, einschließlich R14/15)	100	500
(ii) R29: Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase	50	200

Im Gegensatz zur 4. BImSchV ist der Anwendungsbereich der Störfall-Verordnung sehr viel exakter definiert. Gemäß Seveso III ist der Anwendungsbereich festgelegt, wenn in einem Betriebsbereich die in Tabelle 5.7 aufgeführten Stoffe die in Spalte 3 aufgeführten Mengenschwellen überschreiten.

Die Grundpflichten sind anzuwenden, wenn bei Stoffen gemäß Anhang I die Mengenschwelle von Spalte 2 überschritten wird. Die erweiterten Pflichten nach §§ 9 bis 12 (Sicherheitsanalyse) gelten nur bei Überschreitung der in Spalte 3 genannten Mengenschwellen. In einem Umkreis von 500 m um eine genehmigungsbedürftige Anlage sind die Mengenschwellen nach Spalte 2 im Anhang I aufzuaddieren.

Gefährliche Stoffe und die zugeordneten Mengengrenzen sind in Tabelle 5.8 aufgeführt. Ergänzend zu den hier aufgeführten Stoffeigenschaften umfasst Anhang 1 Teil 1 der Seveso-RL eine längere Stoffliste mit Angaben ihrer Mengengrenzen. Die dort aufgeführten Stoffe erfüllen alle zumindest eine der in Tabelle 5.8 aufgeführten Eigenschaften, mit Ausnahme der aufgeführten krebserzeugenden Stoffe.

Wegen der unterschiedlichen Einstufungskriterien wird sich mit der Seveso III-Richtlinie auch die Definition von „gefährlichem Stoff“ ändern. Tabelle 5.8 stellt die neuen Mengenschwellen der Seveso III-Richtlinie dar. In Tabelle 5.7 und 5.8 wurden die zahlreichen Fußnoten nicht aufgeführt, diese sind jeweils der EG-Richtlinie zu entnehmen.

Der Begriff **Störfall** ist in § 2 als eine Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs definiert, bei der ein oder mehrere gefährliche Stoffe durch Ereignisse wie größere Emissionen, Brände oder Explosionen, sofort oder später, eine ernste Gefahr hervorrufen.

Eine **ernste Gefahr** liegt vor, wenn

- 1) das Leben von Menschen bedroht wird oder eine schwerwiegende Gesundheitsbeeinträchtigung von Menschen befürchtet werden muss,
- 2) die Gesundheit einer großen Zahl von Menschen beeinträchtigt werden kann oder
- 3) die Umwelt, insbesondere Tiere und Pflanzen, der Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- oder sonstige Sachgüter geschädigt werden können, falls durch eine Veränderung ihres Bestands oder ihrer Nutzbarkeit das Gemeinwohl beeinträchtigt würde.

Der **Stand der Sicherheitstechnik** ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der sich zur Verhinderung von Störfällen und zur Begrenzung ihrer Auswirkungen in der Praxis bewährt hat.

Zur Verhinderung von Störfällen werden in § 4 grundlegende Anforderungen an Störfallanlagen aufgezählt. Dies sind:

- Auslegung der Anlage derart, dass auch die Beanspruchungen einem Störfall standhalten,
- Maßnahmen zur Verhinderung von Bränden und Explosionen,
- Installation von Alarm- und Sicherheitseinrichtungen sowie
- Ausrüstung der Anlage mit ausreichend zuverlässigen Messeinrichtungen.

Tabelle 5.8 Gefährliche Stoffe nach EG-RL 2012/18/EG (Seveso III).

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3
	Untere Mengenschwelle	Obere Mengenschwelle
Bereich „H“ – GESUNDHEITSGEFAHREN		
H1 AKUT GIFTIG Kategorie 1, alle Expositionswege	5	20
H2 AKUT GIFTIG	50	200
<ul style="list-style-type: none"> • Kategorie 2, alle Expositionswege • Kategorie 3, inhalativer Expositionsweg (Anmerkung 7) 		
H3 STOT SPEZIFISCHE ZIELORGAN-TOXIZITÄT — EINMALIGE EXPOSITION STOT SE Gefahrenkategorie 1	50	200
Bereich „P“ – PHYSIKALISCHE GEFAHREN		
P1a Explosive Stoffe		
<ul style="list-style-type: none"> • Instabile explosive Stoffe • Explosive Stoffe, Unterklassen 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 oder 1.6 • Stoffe, Gemische mit explosiven Eigenschaften nach Methode A.14 	10	50
P1b Explosive Stoffe (Anmerkung 8)	50	200
Explosive Stoffe, Unterklassen 1.4		
P2 ENTZÜNDBARE GASE, Kategorie 1 oder 2	10	50
<ul style="list-style-type: none"> • Entzündbare Gase, Gefahrenkategorie 1 oder 2 		
P3a ENTZÜNDBARE AEROSOLE		
<ul style="list-style-type: none"> • Entzündbares Aerosol der Gefahrenkategorie 1 oder 2, umfasst entzündbare Gase der Gefahrenkategorie 1 oder 2 oder entzündbare Flüssigkeiten der Gefahrenkategorie 1 	150	500
P3b ENTZÜNDBARE AEROSOLE		
<ul style="list-style-type: none"> • Entzündbares Aerosol der Gefahrenkategorie 1 oder 2, umfasst weder entzündbare Gase der Gefahrenkategorie 1 oder 2 oder entzündbare Flüssigkeiten der Gefahrenkategorie 1 	5.000	50.000
P4 ENTZÜNDEND (OXIDIEREND WIRKENDE GASE)	50	200
<ul style="list-style-type: none"> • Entzündend (oxidierend) wirkende Gase, Kategorie 1 		
P5a ENTZÜNDBARE FLÜSSIGKEITEN		
<ul style="list-style-type: none"> • entzündbare Flüssigkeiten der Kategorie 1 • entzündbare Flüssigkeiten der Kategorie 2 oder 3, die auf einer Temperatur über ihrem Siedepunkt gehalten werden • andere Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt $\leq 60^\circ\text{C}$, die auf einer Temperatur über ihrem Siedepunkt gehalten werden 	10	50

Tabelle 5.8 (Fortsetzung)

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3
	Untere Mengenschwelle	Obere Mengenschwelle
P5b ENTZÜNDBARE FLÜSSIGKEITEN		
<ul style="list-style-type: none"> entzündbare Flüssigkeiten Gefahrenkategorie 2 oder 3, bei denen besondere Verarbeitungsbedingungen wie hoher Druck oder hohe Temperatur zu Gefahren schwerer Unfälle führen können andere Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt $\leq 60^\circ\text{C}$, bei denen besondere Verarbeitungsbedingungen wie hoher Druck oder hohe Temperatur zu Gefahren schwerer Unfälle führen können 	50	200
P5c ENTZÜNDBARE FLÜSSIGKEITEN		
<ul style="list-style-type: none"> entzündbare Flüssigkeiten Gefahrenkategorie 2 oder 3, nicht erfasst unter P5a und P5b 	5.000	50.000
P6a SELBSTZERSETZLICHE STOFFE UND GEMISCHE und ORGANISCHE PEROXIDE		
Selbstzersetzliche Stoffe und Gemische, Typ A oder B	10	50
Organische Peroxide, Typ A oder B		
P6b SELBSTZERSETZLICHE STOFFE UND GEMISCHE und ORGANISCHE PEROXIDE		
Selbstzersetzliche Stoffe und Gemische, Typ C, D, E oder F	50	200
Organische Peroxide, Typ C, D, E oder F		
P7 SELBSTENTZÜNDLICHE (PYROPHORE) FLÜSSIGKEITEN UND FESTSTOFFE		
<ul style="list-style-type: none"> Selbstentzündliche (pyrophore) Flüssigkeiten der Gefahrenkategorie 1 Selbstentzündliche (pyrophore) Feststoffe der Gefahrenkategorie 1 	50	200
P8 ENTZÜNDEND (OXIDIEREND) WIRKENDE FLÜSSIGKEITEN UND FESTSTOFFE		
<ul style="list-style-type: none"> Entzündend (oxidierend) wirkende Flüssigkeiten der Gefahrenkategorie 1, 2 oder 3 Entzündend (oxidierend) wirkende Feststoffe der Gefahrenkategorie 1, 2 oder 3 	50	200
Bereich „E“ – UMWELTGEFAHREN		
E1 Gewässergefährdend, Gefahrenkategorie Akut 1 oder Chronisch 1	100	200
E2 Gewässergefährdend, Gefahrenkategorie Chronisch 2	200	500
Bereich „O“ – ANDERE GEFAHREN		
O1 Stoffe oder Gemische mit dem Gefahrenhinweis EUH014	100	500
O2 Stoffe und Gemische, die mit Wasser entzündbare Gase freisetzen, Gefahrenkategorie 1	100	500
O3 Stoffe oder Gemische mit dem Gefahrenhinweis EUH029	50	200

Hierfür sind gemäß § 5 spezielle Anforderungen an die Beschaffenheit der Fundamente und der tragenden Gebäudewände zu erfüllen, spezielle sicherheitstechnische Einrichtungen zu installieren und betriebliche Alarm- und Gefahrenabwehrpläne aufzustellen. Zum sicheren Betrieb sind die folgenden Maßnahmen zu beachten:

- Die Anlagen sind ständig sicherheitstechnisch zu überwachen und zu warten,
- die Reparatur- und Wartungsarbeiten müssen gemäß den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik durchgeführt werden,
- zur Vermeidung von Fehlbedienung müssen geeignete Vorkehrungen vorhanden sein und
- das Personal muss durch Bedienungs- und Sicherheitsanweisungen regelmäßig geschult und unterwiesen werden.

Zu den wichtigsten erweiterten Betreiberpflichten gehört das Anfertigen einer **Sicherheitsanalyse**. In der Sicherheitsanalyse müssen

- die Anlagen unter Angabe der kennzeichnenden Verfahrensbedingungen und Fließbilder,
- die sicherheitstechnisch bedeutsamen Anlagenteile,
- die Stoffe gemäß Anlage I und
- die Auswirkungen bei einem Störfall

beschrieben werden. Eine Sicherheitsanalyse ist vorgeschrieben, wenn die in Anhang I Spalte 4 (siehe Tabelle 5.7) aufgeführte Mengenschwelle überschritten wird.

Bei Überschreitung der Mengenschwellen von Spalte 5 ist zusätzlich ein Sicherheitsbericht zu erstellen (Inhalt und Umfang sind in Anhang II geregelt), der spätestens nach fünf Jahren zu aktualisieren ist. Vor der erstmaligen Inbetriebnahme ist ein Alarm- und Gefahrenabwehrplan zu erstellen, der spätestens nach drei Jahren überprüft werden muss. Der Sicherheitsbericht ist in den wesentlichen Inhalten der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Zusätzlich sind alle Personen, die von einem Störfall betroffen sein können, über die damit verbundenen Gefahren zu informieren.

Die Sicherheitsanalyse muss gemäß dem Stand der Sicherheitstechnik und neuer Erkenntnisse fortgeschrieben werden.

Bei Anlagen, die unter die Störfall-Verordnung fallen, muss unverzüglich

- das Vorliegen eines Störfalls oder
- eine Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs der Behörde gemeldet werden, bei der Stoffe von Anhang I freigesetzt wurden und außerhalb der Anlage Schäden eingetreten sind oder eine Gefahr für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft nicht ausgeschlossen werden kann.

Darüber hinaus muss die bei einem Störfall möglicherweise betroffene Bevölkerung gemäß den Angaben von Anhang VI informiert werden.

5.8

Das Wasserhaushaltsgesetz

Das „Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts“ [68], kurz Wasserhaushaltsgesetz (WHG) genannt, beschreibt wesentliche Vorschriften beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen.

Gemäß Geltungsbereich ist das Wasserhaushaltsgesetz anzuwenden bei

- oberirdischen Gewässern (Bäche, Flüsse, Teiche, Seen),
- Küstengewässern und
- dem Grundwasser.

Gemäß § 8 bedarf die Benutzung von Gewässern entweder einer Erlaubnis oder Bewilligung durch die zuständigen Behörden. Der Begriff „Benutzung“ ist weitgehend definiert und schließt jegliche Entnahme von Gewässern oder das Einleiten von Stoffen mit ein.

Das Einleiten von Abwässern ist nach § 7a nur zulässig, wenn die Schadstofffracht gemäß dem Stand der Technik minimiert wurde. Die Definition von Stand der Technik unterscheidet sich von der Festlegung im Bundes-Immissionsschutzgesetz. Hier wird Stand der Technik definiert als der „Entwicklungsstand technisch und wirtschaftlich durchführbarer fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, die als beste verfügbare Techniken zur Begrenzung von Emissionen praktisch geeignet sind“. Die gleichen Anforderungen gelten auch für Abwasserbehandlungsanlagen.

Spezielle Regelungen gelten für **wassergefährdende Stoffe**. Beispielsweise müssen bei Befüll- und Entleervorgängen wassergefährdender Stoffe die Anlagen

- dicht und standsicher sein,
- widerstandsfähig gegen die zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Belastungen sein und
- dürfen keinen Ablauf ins Erdreich haben.

Als wassergefährdende Stoffe im Sinne des WHG gelten nach § 62 Abs. 3

- feste, flüssige und gasförmige Stoffe,

die geeignet sind,

- dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß
- nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen.

In der „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (VwVwS)“ [69] werden wassergefährdende Stoffe näher definiert. Als wassergefährdend gelten alle Stoffe, die in

- Anhang 2 der Verwaltungsvorschrift aufgeführt sind mit der dort festgelegten Wassergefährdungsklasse (WGK) sowie
- alle Stoffe, denen nach dem in Anhang 3 festgelegten Berechnungsverfahren einer Wassergefährdungsklasse zuzuordnen sind, siehe Tabelle 5.9.

Tabelle 5.9 Zuordnung der Punktzahl zu den jeweiligen R-Sätzen.

Punktzahl	R-Sätze
1	R21, R22, R65, R20/21, R20/22, R20/21/22, R21/22
2	R29, R33, R40, R62, R63, R15/29, R40/21, R40/22, R40/20/21, R40/20/22, R40/21/22, R40/20/21/22, R48/21, R48/22, R48/20/21, R48/20/22, R48/21/22, R48/20/21/22.
3	R24, R25, R52, R53; R23/24, R23/25, R23/24/25, R24/25
4	R60, R61, R39/24, R39/25, R39/23/24, R39/23/25, R39/24/25, R39/23/24/25, R39/24/25, R48/24, R48/25, R48/23/24, R48/23/25, R48/24/25, R48/23/24/25, R48/24/25, R52/53
5	R27, R28, R26/27, R26/28, R26/27/28, R27/28
6	R50, R39/27, R39/28, R39/26/27, R39/26/28, R39/27/28, R39/26/27/28, R51/53
8	R50/53
9	R45, R46

In Abhängigkeit ihrer Gefährlichkeit werden die Stoffe in drei **Wassergefährdungsklassen** eingeteilt:

- WGK 3: stark wassergefährdend,
- WGK 2: wassergefährdend,
- WGK 1: schwach wassergefährdend.

Zur Ermittlung der WGK werden den jeweiligen toxischen Eigenschaften auf Basis der R-Sätze dezidierte Punktzahlen zugeordnet, zur Ermittlung der WGK sind die Punktzahlen der einzelnen Eigenschaften aufzuaddieren. Aus der Gesamtpunktzahl wird die Wassergefährdungsklasse wie folgt bestimmt:

- 0 bis 4 Punkte: WGK 1,
- 5 bis 8 Punkte: WGK 2,
- 9 und mehr Punkte: WGK 3.

Diese Verwaltungsvorschrift wird zur Zeit durch eine Bundesverordnung abgelöst, mit Verabschiedung ist im Laufe von 2013 zu rechnen.

Stoffe gelten als nicht wassergefährdend, die

- in Anhang 1 aufgeführt sind,
- die in Anhang 3 Nr. 5 genannten Voraussetzungen erfüllen und nicht in Anhang 2 aufgeführt sind.

Gemische gelten als nicht wassergefährdend, wenn die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

- der Gehalt an Komponenten der WGK 1 ist geringer als 3 % Massenanteil,
- der Gehalt an Komponenten der WGK 2 und 3 ist geringer als 0,2 % Massenanteil,
- keine Komponenten der WGK 3, keine krebserzeugenden Komponenten oder Komponenten unbekannter Identität sind zugesetzt und
- es wurden keine Dispergatoren zugesetzt.

Zur Berechnung der Wassergefährdungsklassen aus der Einstufung eines Stoffes nach der Stoffrichtlinie 67/548/EWG [22] wurde seit 1999 ein einfaches Berechnungsschema etabliert. Die Umstellung auf die H-Sätze der CLP-Verordnung soll im Rahmen der bundeseinheitlichen Verordnung erfolgen.

6 Persönliche Schutzausrüstungen

In Abhängigkeit der zu schützenden Körperpartien werden Persönliche Schutzausrüstungen (PSA) unterschieden in

- Augenschutz (Schutz der Augen),
- Gesichtsschutz (Schutz der ganzen Gesichtspartien),
- Handschutz (Schutz insbesondere der Hautpartien der Hand vor Schädigung durch Stoffe),
- Atemschutz (Schutz der Atemwege) und
- Körperschutz (Schutz des gesamten Körpers vor Schädigung durch Chemikalien).

Bei korrektem Vollkörperschutz ist eine Exposition durch Stoffe ausgeschlossen. In aller Regel ist Vollkörperschutz kombiniert mit Umgebungsluft unabhängigem Atemschutz. In der betrieblichen Praxis wird Vollkörperschutz in erster Linie bei Reparatur-, Wartungs- und Reinigungsarbeiten eingesetzt.

Persönliche Schutzausrüstungen müssen der EG-Richtlinie 89/686/EWG [1] entsprechen und das CE-Kennzeichen tragen. In Deutschland wurde die EG-Richtlinie in der Verordnung über das Inverkehrbringen von persönlichen Schutzausrüstungen [2] als achte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz in nationales Recht umgesetzt.

6.1 Augen- und Gesichtsschutz

Beim Umgang mit Gefahrstoffen, insbesondere Säuren und Laugen, sind Schädigungen des Auges häufige Unfallfolge. Bereits durch Verwendung einfacher Schutzgeräte und -mittel ist weitgehender Schutz möglich. In Abhängigkeit der Stoffeigenschaften können Augen und Gesicht aufgrund verschiedener Einflüsse geschädigt werden:

- mechanische Schädigungen durch unter Druck stehende Flüssigkeiten und Gase,

- thermische Schädigungen durch heiße oder kalte Stoffe und
- chemische Schädigungen durch ätzende oder reizende Stoffe.

Eine übersichtliche Darstellung der persönlichen Schutzausrüstung von Augen- und Gesichtsschutz kann der sehr guten Illustration der BGR 192 [3] „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“ entnommen werden.

Mechanische Schädigungen können durch Fremdkörper verursacht werden, die auf Auge oder Gesicht treffen oder eindringen. Bei Stäuben kommt es üblicherweise aufgrund der niedrigeren Auftreffgeschwindigkeit meist zu einer Schädigung des Auges durch Reizung oder zu einer Entzündung durch Staubpartikel, die sich zwischen Lid und Augapfel festsetzen. Größere Fremdkörper können Gesicht und Auge in Abhängigkeit der Größe, Form und Auftreffgeschwindigkeit schädigen.

Zum Schutz von Augen und Gesicht gegenüber den unterschiedlichen Einwirkungsmöglichkeiten von Stoffen werden

- Gestellbrillen,
- Vollsichtbrillen und
- Schutzschirme

verwendet.

Augen- und Gesichtsschutzgeräte bestehen aus einer oder aus zwei Sichtscheibe(n) sowie dem Tragekörper. Der Tragekörper muss die erforderliche mechanische Festigkeit besitzen, gegen Temperatureinwirkung stabil und gegenüber Chemikalien beständig sein.

Die Sichtscheiben müssen nach DIN EN 166 [4] Mindestanforderungen hinsichtlich optischer Qualität sowie thermischer, mechanischer und UV-Beständigkeit erfüllen. Sowohl störende Werkstofffehler, wie z. B. Blasen, Schlieren oder Einschlüsse, als auch Oberflächenfehler, hervorgerufen z. B. durch Kratzer, Trübung oder Formabdrücke, dürfen nicht vorhanden sein. Je nach Brechwert werden die Sichtscheiben in drei Klassen unterteilt. Die Anwendungsbereiche der verschiedenen Klassen können Tabelle 6.1 entnommen werden.

Tabelle 6.1 Unterteilung der optischen Klassen der Sichtscheiben von Augenschutzgeräten.

Klasse	Anwendungsbereich
1	Für Arbeiten mit besonders hohen Anforderungen an die Sehleistung und für Dauergebrauch
2	Für Arbeiten mit durchschnittlicher Anforderung an die Sehleistung
3	Nur in Ausnahmefällen für grobe Arbeiten ohne größere Anforderungen an die Sehleistung und nicht für den Dauergebrauch (zulässig nur als Sichtscheiben für Einscheibenbrillen und für Schutzschilde, Schutzschirme und Schutzhauben mit einer Scheibe)

Für die Sichtscheiben werden unterschiedliche Materialien verwendet. Gehärtetes Einscheiben-Sicherheitsglas zerfällt aufgrund spezieller Vorbehandlungen bei Beschädigung in krümelartige Bruchstücke, so dass eine Schädigung des Auges durch scharfe Glassplitter nicht befürchtet werden muss. Verbundsicherheitsglas besteht aus zwei miteinander verklebten Scheiben; Kombinationen von Glas-Glas als auch Glas-Kunststoff kommen zum Einsatz. Bei Beschädigung werden die Splitter von der Klebeschicht festgehalten, so dass keine Glassplitter ins Auge gelangen können. Während sich Glassichtscheiben durch hohe mechanische Festigkeit, Kratzfestigkeit und chemische Stabilität auszeichnen, bieten Kunststoff-scheiben Vorteile durch ihr niedrigeres Gewicht. Auch gegenüber *Flusssäure* und Alkali sind Letztere beständiger. Kunststoffscheiben müssen aufgrund ihrer deutlich höheren Kratzneigung, die bereits beim Reinigen beachtet werden muss, vorsichtig gehandhabt werden. Insbesondere bei stark lösemittelhaltiger Atmosphäre muss mit Trübung gerechnet werden. Aufgrund der oben genannten Nachteile ist ihre Einsatzfähigkeit jedoch sorgfältig zu prüfen. Gleitsichtgläser sowie starke Korrekturgläser (ab vier Dioptrien) werden üblicherweise nur noch in Kunststoff gefertigt.

6.1.1

Schutzbrillen

Schutzbrillen werden unterteilt in

- Gestellbrillen (siehe Abbildung 6.1) und
- Korbbrillen (siehe Abbildung 6.2).

Für jeden Anwendungsbereich steht eine große Auswahl unterschiedlicher Gestellbrillen zur Verfügung. Es können Gestelle aus Metall, Kunststoff, moderne

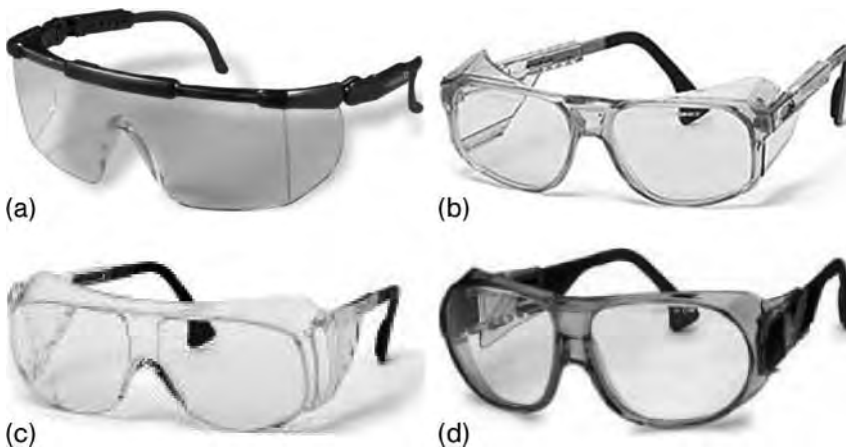


Abb. 6.1 Auswahl unterschiedlicher Gestellbrillen

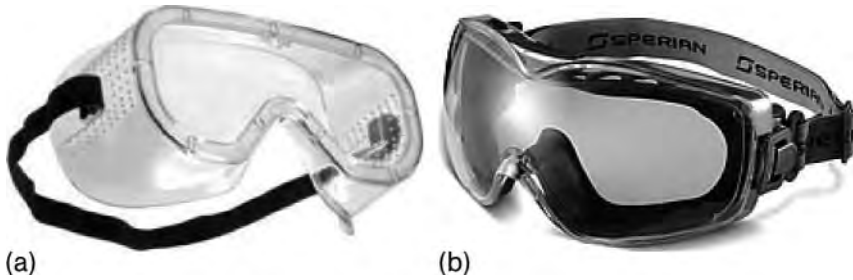


Abb. 6.2 Auswahl von Korbbrillen

Hochleistungswerkstoffe mit Kunststoff- und Glassichtscheiben kombiniert, zum Einsatz kommen. Neben Gewicht, Qualität der Sichtscheiben, Einsatzbedingungen, Widerstandsfähigkeit gegenüber den eingesetzten Medien und mögliche Gefährdungen bestimmen häufig modisches Aussehen und Preis die Auswahl. Für Brillenträger stehen Gestellbrillen mit optischen Gläsern für längere Arbeiten zur Verfügung, für kurzfristige Arbeiten stellen Überziehbrillen eine gute Alternative dar, siehe Abbildung 6.1d.

Schutzbrillen werden für verschiedene Anwendungsbereiche nach DIN EN 166 unterschieden. Tabelle 6.2 gibt die jedem Verwendungsbereich zugeordnete Kennziffer wieder. Zur Unterscheidung müssen Schutzbrillen gemäß DIN EN 166 gekennzeichnet werden, bei Gestellbrillen meist auf der Innenseite eines Ohrbügels, bei Vollsichtbrillen auf der Außenseite des Tragkörpers. Kombinationen von Kennziffern können zur Angabe mehrerer Schutzwirkungen benutzt werden.

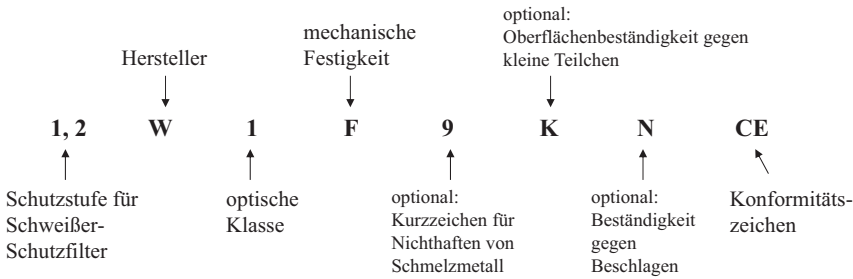
Der Kennzeichnung von Schutzbrillen, siehe Abbildung 6.3 können sowohl Anwendungsbereich, Material und optische Klasse der Sichtscheibe als auch Hersteller entnommen werden. Grundsätzlich sind Gestell und Sichtscheibe unabhängig voneinander zu kennzeichnen.

Bei Tätigkeiten mit Chemikalien wird das Tragen zumindest einer Gestellbrille dringend empfohlen. Beim Arbeiten mit Stoffen mit augenreizender Wirkung,

Tabelle 6.2 Kennziffer und Verwendungsbereiche von Schutzbrillen nach DIN EN 166.

Kennziffer	Verwendungsbereich	
keine	allgemeine Verwendung	nicht spezifizierte Gefahren
3	Flüssigkeit	tropfende oder spritzende Flüssigkeit
4	Grobstaub	Partikeldurchmesser größer 5 µm
5	Gase und Feinstaub	Gase, Dämpfe, Rauche und Stäube mit einem Partikeldurchmesser kleiner 5 µm
8	Einwirkung von Störlichtbogen	elektrischer Lichtbogen, ausgelöst durch elektrischen Kurzschluss
9	geschmolzene Metalle und heiße Stoffe	Spritzer geschmolzener Metalle und Kontakt mit heißen Stoffen

Beispiel der Kennzeichnung einer Sichtscheibe



Beispiel der Kennzeichnung einer Fassung

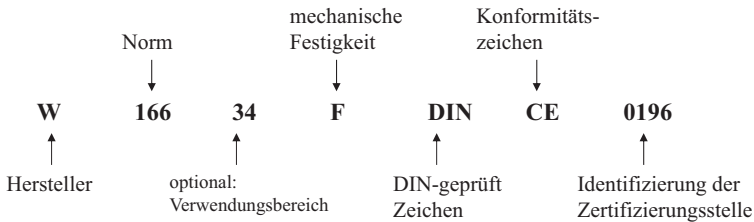


Abb. 6.3 Kennzeichnung von Schutzbrillen nach DIN EN 166

gekennzeichnet mit H319 bzw. R36, sowie selbstverständlich mit giftigen oder sehr giftigen Stoffen, ist das Tragen von Gestellbrillen unabdingbar. Korrekturbrillen bieten aufgrund des fehlenden Seitenschutzes keinen ausreichenden Schutz, darüber hinaus können durch mechanische Zerstörung entstehende scharfkantige Splitter das Auge gefährlich verletzen.

Bei Stoffen, die schwere Augenschäden hervorrufen können (gekennzeichnet mit H318 bzw. R41), ist das Tragen einer Korbbrille obligatorisch. Diese schließt am Gesicht dicht ab, sodass keine Spritzer ins Auge gelangen können, siehe Abbildung 6.2. Bei ätzenden Stoffen (gekennzeichnet mit H314 bzw. R34 oder R35) ist zum Schutz des Gesichts zusätzlich ein Gesichtsschutzschirm notwendig, siehe Abschnitt 6.1.2. Werden nur kleinere Mengen gehandhabt, wie z. B. in analytischen Laboratorien, kann unter dem Gesichtsschutzschirm anstelle der Korbbrille auch eine Gestellbrille verwendet werden. Ist zusätzlich Atemschutz notwendig, muss eine Vollmaske getragen werden, Halb- oder Viertelmasken bieten keinen ausreichenden Schutz, siehe Abschnitt 6.4.

In Abhängigkeit von den Gefährdungsmöglichkeiten beim Umgang mit Chemikalien sind die entsprechenden Augenschutzgeräte auszuwählen. Tabelle 6.3 kann als Entscheidungshilfe dienen.

Tabelle 6.3 Auswahl von Augen- und Gesichtsschutz in Abhängigkeit der Stoffeigenschaften.

Schutzgerät	Eigenschaft	H-Sätze	R-Sätze
Gestellbrille	alle Gefahrstoffe, obligatorisch bei		
	• akut toxisch 1+2 /sehr giftig	H330+310+330	R26-27-28
	• akut toxisch 3 / giftig	H331+311+331	R23-24-25-33
	• akut toxisch 4 / gesundheits-schädlich	H332+312+302	R20-21-22-48
	• reizend	H319	R36
	• sensibilisierend	H315, H335	R42-43
	• extrem-, leichtentzündbar	H224, H225	R11-12
Korbbrille	ätzend	H314	R34, R 35
	schwere Augenschäden	H318	R41
	ätzend	H314	R34-35
Gesichtsschutz-schirm	ätzend	H314	R34-35

6.1.2

Schutzschirme

Schutzschirme bestehen entweder ganz aus durchsichtigem Material oder aus einem undurchsichtigen Tragekörper mit Sichtscheibe (siehe Abbildung 6.4a). Ausführungen zur Befestigung am Schutzhelm, siehe Abbildung 6.4b, haben sich im praktischen Betriebsalltag bewährt.

Die grundlegenden Qualitätsanforderungen sind ebenfalls in DIN EN 166 [4] festgelegt. Die Sichtscheibe von Schutzschirmen muss eine Mindesthöhe von 150 mm



(a)



(b)

Abb. 6.4 Schutzschirme

besitzen und im Vergleich zu Standardschutzbrillen höheren Energien widerstehen können. Aufgrund von Form, Gestalt und Anwendungsbereich sind herstellungsbedingt die optische Qualität der Schutzscheiben in der Regel schlechter im Vergleich zu Gestellbrillen und daher nicht für dauerhafte Anwendung geeignet.

6.2

Schutzhandschuhe

Schutzhandschuhe sollen die Hände vor Schädigungen durch äußere Einwirkungen mechanischer, chemischer und thermischer Art, vor Mikroorganismen und ionisierender Strahlung schützen, sowie die perkutane Stoffaufnahme verhindern. Eine übersichtliche Zusammenstellung kann der BGR 195 [5] „Benutzung von Schutzhandschuhen“ entnommen werden.

Bei der Auswahl der Schutzhandschuhe spielt das Rückhaltevermögen von Chemikalien eine entscheidende Rolle. Zur Charakterisierung der Eigenschaften von Schutzhandschuhen sind die folgenden Begriffe von besonderer Bedeutung.

Penetration	Durchtritt von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen durch makroskopische Löcher. Stoffe können z. B. durch Nähte, vorhandene Löcher oder Beschädigungen penetrieren
Permeation	Übertritt von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen im molekularen Bereich. Die Permeation von Stoffen ist diffusionsgesteuert und sehr stark von den Handschuhmaterialien abhängig
Degregation	Verschlechterung des ursprünglichen Rückhaltevermögens gegenüber Stoffen. Dies ist insbesondere bei der Reinigung oder bei Benutzung von bereits verunreinigten Handschuhen zu beachten
Quellbeständigkeit	Neigung vieler Handschuhmaterialien unter Einwirkung von Lösemitteln zum Quellen. Sie ist ein wichtiges Qualitätskriterium für Schutzhandschuhe
Durchbruchzeit	Zeit, die ein Stoff zur Permeation durch ein Handschuhmaterial bei vollständiger äußerer Benetzung benötigt. Eine Chemikalie ist nach DIN EN 374-3 [6] durchgebrochen, wenn sie in einer Laborapparatur bei Raumtemperatur die Permeationsrate $1 \mu\text{L}$ pro Quadratzentimeter pro Minute überschreitet.

In Abhängigkeit vom Verwendungszweck kommen unterschiedliche Handschuhmaterialien zum Einsatz. Während zum Schutz vor mechanischen Verletzungen bevorzugt Handschuhe aus Leder oder mit Kunststoff beschichtete Gewebeschuhe dienen, werden zum Schutz gegen hohe oder tiefe Temperaturen Handschuhe aus Spezialmaterialien verwendet. Bei diesen Handschuhen spielen das Penetrationsverhalten und die Permeationszeit gegenüber Chemikalien keine be-



Abb. 6.5 Auswahl verschiedener Schutzhandschuhe

sondere Rolle. Deshalb dürfen sie nicht bei Arbeiten mit Chemikalien eingesetzt werden. Abbildung 6.5 zeigt eine Übersicht häufig verwendeter Schutzhandschuhe.

Bei Chemikalienschutzhandschuhen wird die Durchbruchzeit durch

- die chemische Struktur,
- Konzentration des Gefahrstoffs sowie das
- Handschuhmaterial

bestimmt. Diese Einflussfaktoren begrenzen die maximale Verwendungsdauer der Handschuhe.

Für Chemikalienschutzhandschuhe werden fast ausschließlich Kunststoffe verwendet. Folgende Materialien werden häufig eingesetzt:

- Vernetzbare Elastomere
 - Naturkautschuk, Naturlatex (NR),
 - Chloroprenkautschuk, Chloroprenlatex (CR),
 - Nitrilkautschuk, Nitrillatex (NBR),
 - Butylkautschuk, Butyl (BR),
 - Fluorkautschuk (FKM),
- Elastomere
 - Polyvinylchlorid (PVC),
 - Polyvinylalkohol (PVAL) und
 - Polyethylen (PE).

Im Handel werden Schutzhandschuhe angeboten als Folie oder hergestellt aus einem Kunststoff mit einem Beschichtungsträger, sowohl als Voll- oder Teilbeschichtung, und aus Kunststoffen ohne Beschichtungsträger.

In erster Linie sollen Chemikalienschutzhandschuhe eine Schutzwirkung gegenüber Gefahrstoffen bieten und müssen daher ein CE-Kennzeichen tragen. Im Handel angebotene Haushalts- oder Gartenhandschuhe besitzen keine ausreichende Schutzwirkung und sind daher ungeeignet.

Bei vorgegebenem Handschuhmaterial unterscheiden sich die Durchbruchzeiten verschiedener Chemikalien sehr deutlich.

Einen für alle Stoffe geeigneten Schutzhandschuh gibt es nicht!

6.2.1

Allgemeine Regeln bei der Benutzung von Schutzhandschuhen

Die Verwendung von Schutzhandschuhen erfordert zur eigenen Sicherheit und der von Kollegen die Einhaltung einiger wichtiger Regeln. Bei Missachtung sind auch bei Verwendung guter Schutzhandschuhe Gefahren nicht auszuschließen.

Das Tragen von Schutzhandschuhen aus Kunststoffen kann allergische Reaktionen auslösen. Diese können durch starkes Schwitzen der Hände oder durch den verwendeten Kunststoff verursacht werden. Die früher häufig verwendeten gepuderten Latexhandschuhe, Ursache zahlreicher allergischer Gesundheitsschäden, sind seit mehreren Jahren verboten. Das Tragen dünner Unterziehhandschuhe aus Baumwolle hat sich in vielen Fällen bewährt. Da die natürliche Atmung der Haut durch Handschuhe aus Kunststoff stark eingeschränkt ist, sollten sie nicht länger als unbedingt notwendig getragen werden. Vor der Verwendung von Handschuhen sind sie auf sichtbare Schäden (Risse, Schnitte, Verfärbungen) zu überprüfen. Beschädigte Handschuhe dürfen keinesfalls verwendet werden und sind zu entsorgen, desgleichen dürfen kontaminierte Handschuhe nicht mehr benutzt werden. Bei Kontamination der Handschuhe beim Arbeiten mit Gefahrstoffen müssen sie vor Erreichen der Durchbruchzeit gewechselt werden. Die von den Herstellern gelieferten Permeations- und Durchbruchzeiten sind unbedingt zu beachten.

Grundsätzlich sollten keine Telefonhörer oder Türgriffe mit Handschuhen angefasst werden, insbesondere wenn Letztere verunreinigt sind. Vor dem Ausziehen müssen die Handschuhe gereinigt bzw. abgewaschen werden. Ansonsten kann es beim Ausziehen zu einer Kontamination der ungeschützten Hände kommen. Anschließend sind die Hände gründlich mit Seife und Wasser zu waschen und möglichst mit einer fett- und feuchtigkeitshaltigen Handschutzcreme zu pflegen. Abbildung 6.6 fasst die wichtigsten Regeln bei der Verwendung von Schutzhandschuhen kurz zusammen.

Selbstverständlich dürfen Handschuhe nur für den vorgeschriebenen Verwendungszweck eingesetzt werden. Auch wenn bei der Verwendung verschiedener Chemikalien der Wechsel der Handschuhe oft als lästig angesehen wird, darf er

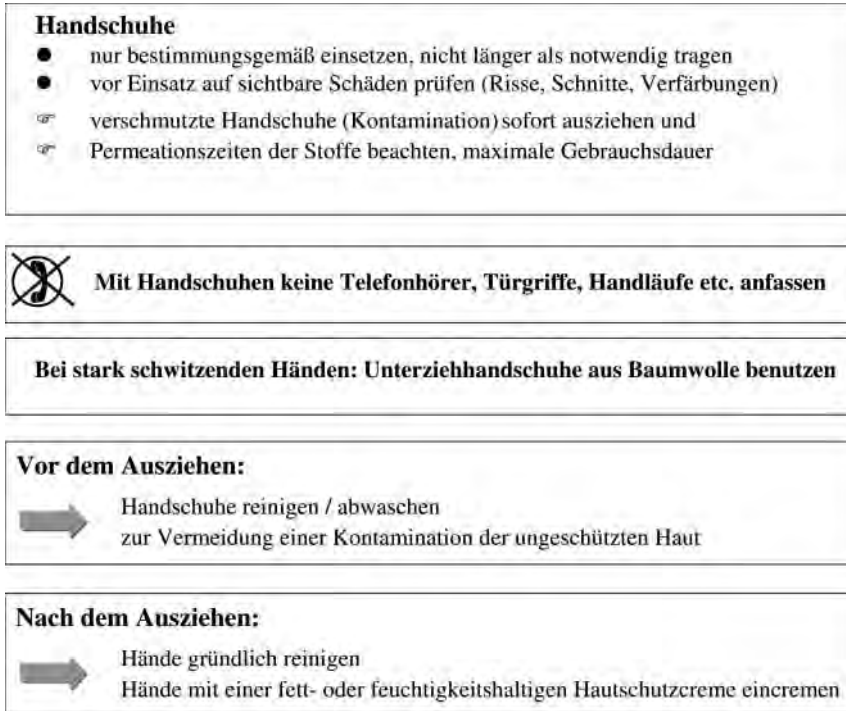


Abb. 6.6 Regeln zur Verwendung von Schutzhandschuhen

keinesfalls unterbleiben, um ausreichenden Schutz sicherzustellen. Chemikalienschutzhandschuhe dürfen ferner keinesfalls beim Kontakt mit heißen Gegenständen eingesetzt werden. Ebenso dürfen Lederhandschuhe, die sowohl gegen heiße oder kalte Oberflächen als auch gegen mechanische Verletzungen schützen, nicht zum Schutz gegen Chemikalien verwendet werden. Auf spezielle Ausnahmen soll im Rahmen dieser allgemeinen Ausführungen nicht eingegangen werden.

6.2.2

Auswahl der Schutzhandschuhe

Vor dem Einsatz von Handschuhen zum Schutz gegen Chemikalien ist in jedem Einzelfall das geeignete Handschuhmaterial auszuwählen. Die nachfolgenden Empfehlungen können nur als orientierende Angaben dienen, die von den Herstellern gelieferten Beständigkeitslisten müssen unbedingt beachtet werden.

Die Qualität von Chemikalienschutzhandschuhen wird in erster Linie von der Permeation, messbar durch die Durchbruchzeit, bestimmt. Sie hängt stark von den verwendeten Materialien ab. Nach DIN EN 374 [6] werden Chemikalienschutzhandschuhe in Abhängigkeit der Durchbruchzeit in sechs Schutzklassen unterteilt. Tabelle 6.4 gibt die Durchbruchzeiten in Abhängigkeit der Schutzklasse wieder.

Tabelle 6.4 Schutzklassen in Abhängigkeit der Durchbruchzeit nach DIN EN 374.

Durchbruchzeit	Schutzindex
> 10 Min.	Klasse 1
> 30 Min	Klasse 2
> 60 Min	Klasse 3
> 1 Stunde	Klasse 4
> 4 Stunden	Klasse 5
> 8 Stunden	Klasse 6

Herstellungsbedingte Unterschiede beeinflussen die Durchlässigkeit gegenüber verschiedenen Chemikalien wesentlich. Gleichwohl bieten bestimmte Handschuhmaterialien in der Regel herstellerunabhängig Schutz gegen Kontamination gegenüber bestimmten Chemikalien. Tabelle 6.5 gibt die Anwendungsbereiche für die wichtigsten Handschuhmaterialien wieder. Manche Materialien sind gegen häufig verwendete Chemikalien nicht beständig. In der betrieblichen Praxis häufig eingesetzte Chemikalien mit typischen Durchbruchzeiten zeigt Tabelle 6.6. Da sich die Durchbruchzeiten verschiedener Hersteller unterscheiden können, kann Tabelle 6.6 nur als Orientierungshilfe zur Auswahl der Handschuhmaterialien dienen. Eine Zusammenstellung typischer Durchbruchzeiten wichtiger Chemikalien und Lösemittel ist in Tabelle 6.7 zusammen gestellt.

Insbesondere Einweghandschuhe besitzen nur eine sehr geringe Schutzwirkung gegenüber Chemikalien. Bei der Durchführung feiner Arbeiten, z. B. bei analytischen Untersuchungen, werden allerdings dünne Handschuhe für ein gutes Tastgefühl benötigt. Die Durchbruchzeiten dieser Einweghandschuhe liegen oft

Tabelle 6.5 Anwendungsbereiche der wichtigsten Handschuhmaterialien.

Material	geeignet für	ungeeignet für
Polychloropren	Säuren, Laugen, Alkohole, Fette, Öle, Perhydrol, Salzlösungen	Benzin, aromatische Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, Ketone, Chlorkohlenwasserstoffe, Ammoniak
Naturalatex	Säuren, Laugen, Alkohole, Phthalsäureester, Perhydrol, Salzlösungen	aliphatische, aromatische Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, Ketone, Chlorkohlenwasserstoffe, Ammoniak
Nitrilkautschuk	Säuren, Laugen, Alkohole, aliphatische, cyclische Kohlenwasserstoffe	aromatische Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, Ketone, Ester, Chlorkohlenwasserstoff
Butylkautschuk	Säuren, Laugen, Alkohole, Ester, Aldehyde, Ketone, Nitrile, Weichmacher	aliphatische, aromatische Kohlenwasserstoffe, Chlorkohlenwasserstoffe,
Fluorkautschuk	Säuren, Alkohole, aliphatische, aromatische Kohlenwasserstoffe, Aniline, Salzlösungen	Aldehyde, Ketone, Ester, Nitrile

Tabelle 6.6 Durchbruchzeiten von Chemikalien.

Material	Zeit	Chemikalien
Butylkautschuk	1–2 h	Butylacetat, Cyclohexanon, Kerosin
	0,5–1 h	Tetrachlorkohlenstoff
	< 0,5 h	Benzol, Butylamin, Chlorbenzol, Diethylether, Dichlormethan, Tetrahydrofuran, Toluol
Nitrilkautschuk	1–2 h	Diethylether, Essigsäure, Schwefelsäure (konz.)
	0,5–1 h	Anilin, Butylacetat, Cyclohexanon, Methanol, Nitrobenzol
	< 0,5 h	Aceton, Ameisensäure, Benzol, Butyl-Ethylamin, Chlorbenzol, Ethyl-, Methylacetat, Methylenchlorid, Tetrahydrofuran, Toluol
Polychloropren	1–2 h	Anilin, Ethanol, Ethylamin, Kerosin, Schwefelsäure (konz.)
	0,5–1 h	Benzaldehyd, Cyclohexanon, Essigsäure, Methanol, Naphtha, Nitrobenzol, Petrolether
	< 0,5 h	Acetaldehyd, Aceton, Benzol, Butyl-, Ethylacetat, Butylamin, Chlorbenzol, Chloroform, Diethylether, Dichlormethan, Tetrachlorkohlenstoff, Tetrahydrofuran, Toluol
Naturlatex	1–2 h	Ameisensäure, Amylalkohol, Anilin
	0,5–1 h	Butanol, Cyclohexanon, Dieselmotorenkraftstoff, Essigsäure, Isobutanol, Nitrobenzol, Petroleumprodukte
	< 0,5 h	Acetaldehyd, Aceton, Benzaldehyd, Benzol, Butyl-, Ethyl-, Methylacetat, Butyl-, Ethylamin, Chlorbenzol, Chloroform, Dichlormethan, Diethylether, Ethanol, Methanol, Petrolether, Schwefelsäure (konz.), Tetrahydrofuran, Toluol

Tabelle 6.7 Schutzklassen nach DIN EN 374 verschiedener Chemikalien durch Chemikalienschutzhandschuhe. 0: Durchbruchzeit unter 10 Minuten.

Chemikalie	Latex	Chloro	Nitril	Viton	Butyl	PVC
Acetaldehyd	0	1	1	0	6	
Aceton	1	1	0	0	6	
Akkusäure	6	6	6	6	6	
Ameisensäure	6	6	6	6	6	
Ammoniaklösung	1	3	5	6	6	
Benzol	0	1	1	6	1	0
Chloroform	0	0	0	0	6	1
Cyclohexan	0	1	1	6	2	0
Dieselmotorenkraftstoff	1	4	6	6	5	0
Essigsäure	4	6	6	6	6	
Ethanol	1	3	4	6	6	0
Ethylacetat	0	1	2	1	3	0
Kalilauge	6	6	6	6	6	6
Methanol	0	2	1	4	6	0
Methylenchlorid	0	0	0	4	1	0
Natronlauge	6	6	6	6	6	
Nitrobenzol	1	2	2	6	6	0
Perchlorethylen	0	1	5	6	1	0
Petrolether	0	2	6	6	1	

Tabelle 6.7 (Fortsetzung)

Chemikalie	Latex	Chloro	Nitril	Viton	Butyl	PVC
Salpetersäure	4	4	2	6	5	
Salzsäure	4	6	6	6	6	
Terpentinöl	0	1	1	2	2	
THF	0	0	0	1	1	0
Toluol	0	0	1	6	1	0



(a)



(b)



(c)



(d)

Abb. 6.7 Chemikalienschutzhandschuhe: a) Folienhandschuhe, b) Einweghandschuhe, c) Nitrilhandschuhe, d) Butylkautschukhandschuhe

nur im Minutenbereich, daher dürfen sie nur kurzfristig eingesetzt werden und müssen nach Durchführung der Arbeiten umgehend ausgezogen werden. Bei nasschemischen Arbeiten sind diese vollkommen ungeeignet, neben den kurzen Durchbruchzeiten werden Beschädigungen oft nicht bemerkt, großflächige Kontaminationen können hieraus resultieren. Abbildung 6.7 zeigt eine Auswahl unterschiedlicher Schutzhandschuhe.

6.2.3

Kennzeichnung von Schutzhandschuhen

Schutzhandschuhe müssen nach DIN EN 420 [7] gekennzeichnet sein mit

- Namen und Handelsmarke des Herstellers,
- Handschuhbezeichnung zur eindeutigen Identifizierung innerhalb des Sortiments,
- Größenbezeichnung und
- dem Piktogramm.

Für die unterschiedlichen Anwendungsbereiche und Gefahrenklassen stehen insgesamt neun Piktogramme zur Verfügung, siehe Abbildung 6.8.

Die speziellen Anforderungen zum Schutz gegenüber Chemikalien sind in DIN EN 374, Teil 1 bis 3 [6], geregelt. Teil 1 definiert die allgemeinen Begriffe sowie die

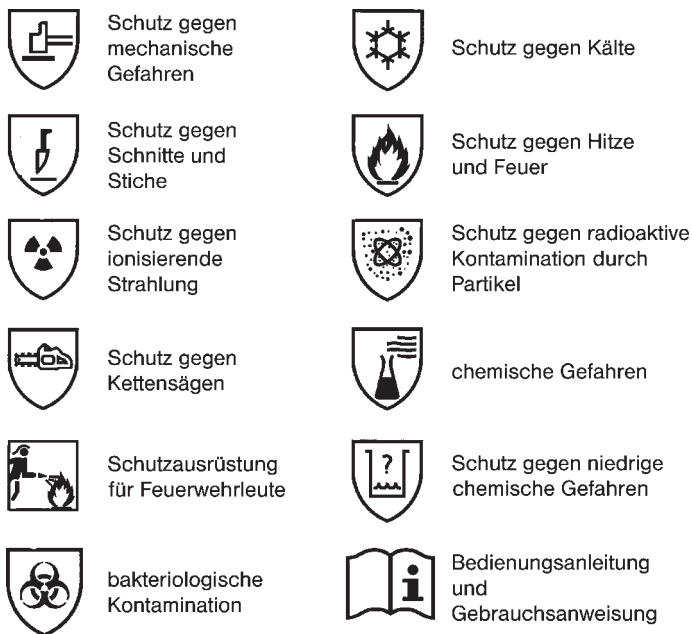


Abb. 6.8 Piktogramme nach DIN EN 420

Tabelle 6.8 Prüfchemikalien für Chemikalienschutzhandschuhe nach DIN EN 374-1.

Kennbuchstabe	Chemikalie	CAS-Nr.	Stoffklasse
A	<i>Methanol</i>	67-56-4	primärer Alkohol
B	<i>Aceton</i>	67-64-1	Keton
C	<i>Acetonitril</i>	75-05-8	Nitril
D	<i>Methylenchlorid</i>	75-09-2	Halogenkohlenwasserstoff
E	<i>Schwefelkohlenstoff</i>	75-15-0	Schwefelkohlenstoff
F	<i>Toluol</i>	108-88-3	Aromat
G	<i>Diethylamin</i>	109-89-7	aliphatisches Amin
H	<i>Tetrahydrofuran</i>	109-99-9	heterocyclischer Ether
I	<i>Ethylacetat</i>	141-78-6	Ester
J	<i>n-Heptan</i>	142-85-5	aliphatischer Kohlenwasserstoff
K	<i>Natriumhydroxid, 40%</i>	1310-73-2	anorganische Lauge
L	<i>Schwefelsäure, 96 %</i>	7664-93-9	anorganische Säure

allgemeinen Anforderungen an Schutzhandschuhe, einschließlich der Einteilung in die sechs Gefahrenklassen, siehe Tabelle 6.4. In Teil 2 werden die Methoden zur Bestimmung des Widerstandes gegen Penetration beschrieben, in Teil 3 gegen Permeation.

Für Chemikalienschutzhandschuhe ist nach der revidierten Norm DIN EN 420 [7] zusätzlich die Angabe von drei Prüfchemikalien vorgeschrieben, gegen die der Handschuh mindestens 30 Minuten (Schutzindex 2 oder besser) beständig ist. Tabelle 6.8 stellt die Prüfchemikalien mit den zugeordneten Kennbuchstaben zusammen. Abbildung 6.9 zeigt ein Beispiel für einen Handschuh aus Fluorkautschuk. Weitere Präzisierungen von Schutzhandschuhen finden sich auch bei anderen Anwendungsbereichen; Abbildung 6.10 zeigt ein Beispiel eines Schutzhandschuhes gegen thermische Gefahren.

Weitere wichtige Kriterien von Schutzhandschuhen sind

- pH-Wert bei Lederhandschuhen,
- Dehnungsverhalten,
- Abrieb,
- Schnittfestigkeit,
- Weiterreißverhalten sowie
- Durchstichverhalten.



DFG

Mindestens Schutzindex 2 für:

D Dichlormethan

F Toluol

G Diethylamin

Abb. 6.9 Kennzeichnungsbeispiel eines Handschuhs

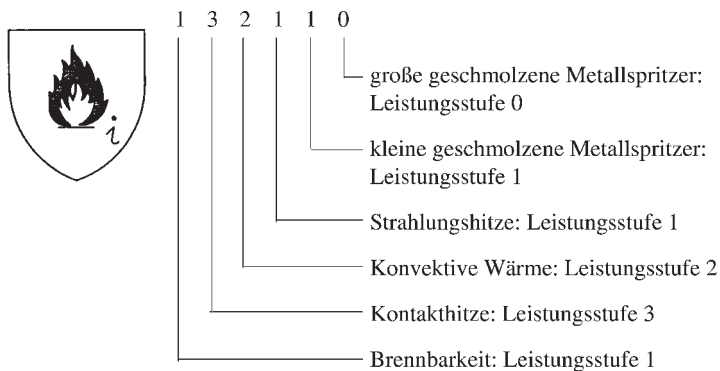


Abb. 6.10 Kennzeichnungsbeispiel eines Handschuhs zum Schutz gegen thermische Gefahren

6.3

Körperschutz

Zur Vermeidung von Hautkontamination ist der Schutz der Hände allein nicht ausreichend. Da Chemikalienschutzhandschuhe üblicherweise zwischen 300 und 400 mm lang sind, enden sie bereits kurz über dem Handansatz. Zum besseren Schutz beim Umgang beispielsweise mit ätzenden Stoffen, insbesondere beim Ab- und Umfüllen, sollten Handschuhe mit langen Stulpen von mindestens 600 mm, siehe Abbildung 6.11a, getragen werden, die die Unterarme vollständig bedecken.

Beim Umfüllen von ätzenden Stoffen ist zusätzlich ein spezieller Schutz des Oberkörpers und der Beine geboten. Hierzu werden **Schürzen** verwendet. Dies ist besonders wichtig beim Umgang mit *Phenolen*. Da Schürzen üblicherweise nur kurzfristig mit Chemikalien benetzt sind, können sie im Gegensatz zu Chemikalienschutzhandschuhen aus einfacheren und damit preiswerteren Materialien hergestellt werden. Deshalb müssen sie bei Verunreinigung umgehend ausgezogen und gesäubert werden. Abbildung 6.11b zeigt eine typische Körperschürze.

Besteht die Gefahr der Kontamination mit Stäuben oder Fasern, sind in vielen Fällen **Schutzanzüge** notwendig. Diese werden als Einwegschutzanzüge aus Vliesmaterial oder auch als beschichtete Schutzanzüge angeboten. Während Erstere gegen ätzende Stoffe und die meisten organischen Flüssigkeiten naturgemäß keinen Schutz bieten, schützen Letztere bei kurzfristiger Verschmutzung gegen diese Gefahrstoffe. Schutzanzüge aus Kunststofffasern, z. B. Polyethylen, kombinieren beide Eigenschaften, neigen jedoch aufgrund der dünnen Materialstärke sehr zum Reißen. Abbildung 6.12a zeigt einen typischen Einwegschutzanzug aus Polyethylen.

Bei stärkerer mechanischer Beanspruchung sind Chemikalienschutzanzüge aus kunststoffbeschichteten Geweben vorzuziehen. Diese werden aus den gleichen Materialien wie die Chemikalienschutzhandschuhe gefertigt. Die Schutzanzüge schränken die Bewegungsfreiheit des Trägers deutlich stärker ein als Einweg-Chemikalienschutzanzüge. Das höhere Gewicht bewirkt eine zusätzliche körper-



Abb. 6.11 a) Handschuhe mit langen Stulpen, b) Säureschürze



Abb. 6.12 Schutzanzüge: Einwegschutzanzug

liche Beanspruchung des Trägers. Chemikalienschutzanzüge bestehen aus stark isolierenden Materialien, wodurch starkes Schwitzen ausgelöst wird, in ungünstigen Fällen kann eine gefährliche Erhöhung der Körpertemperatur eintreten.

Muss aufgrund von Überschreitungen der Arbeitsplatzgrenzwerte gleichzeitig Atemschutz getragen werden, sind Vollschutzanzüge notwendig. Diese werden zum Schutz gegen unterschiedliche Chemikalien aus verschiedenen Kunststoffen angeboten. Vollschutzanzüge umhüllen grundsätzlich den ganzen Körper; zur Reduzierung von Undichtigkeiten sind die Schutzstiefel stets integriert, bzw. die Anzüge mit Fülllingen versehen. Üblicherweise kann zwischen Vollschutzanzügen mit Vollmasken zum Anschluss von Atemfiltern, (externem) Pressluftatmer oder Druckluft-Schlauchgerät (siehe Abbildung 6.12b), mit integriertem Pressluftatmer (Abbildung 6.13a) oder Druckluft-Schlauchgeräten (Abbildung 6.13b) ausgewählt werden.

Analog den Schutzhandschuhen müssen auch die Schutzkleider die Anforderungen der Kategorie II oder III der EG-Richtlinie 89/686/EWG [1] für persönliche Schutzausrüstung erfüllen. Gemäß der Festlegung des europäischen Normungsgremiums CEN werden sie in sechs Typen unterteilt, siehe Tabelle 6.9.



(a)



(b)

Abb. 6.13 Vollschutzanzüge: Vollschutzanzug mit Vollmaske

Tabelle 6.9 Einteilung von Chemikalienschutzanzügen.

Typ	Norm	Beschreibung
Typ 1	EN 943-1	gasdichte Schutzanzüge
Typ 2	EN 943-1	nicht gasdichte Schutzanzüge
Typ 3	EN 14605	Chemikalienschutzanzüge mit flüssigkeitsdichten Verbindungen zwischen den Teilen der Kleidung
Typ 4	EN 14605	Chemikalienschutzanzüge mit spraydichten Verbindungen zwischen den Teilen der Kleidung
Typ 5	EN ISO 13982	Schutzkleidung gegen feste Partikel: Chemikalienschutzkleidung, die für den gesamten Körper einen Schutz gegen luftgetragene feste Partikel gewährt
Typ 6	EN 13034	Schutzanzüge mit begrenztem Schutz gegen Flüssigkeiten

6.4

Atemschutz

Atemschutzgeräte sind persönliche Schutzausrüstungen der Kategorie III gemäß der EG-PSA-Richtlinie 89/686/EWG [1]. Belastender Atemschutz darf nach § 8 Gefahrstoffverordnung [8]

- keine Dauermaßnahme und
- kein Ersatz für technische Maßnahmen sein.

Werden die

- Arbeitsplatzgrenzwerte überschritten,
- ist mit wechselnden, nicht vorhersehbaren Konzentrationen zu rechnen oder
- herrscht Sauerstoffmangel,

muss Atemschutz benutzt werden. In Abhängigkeit der vorgenannten Faktoren ist der geeignete Atemschutz auszuwählen. Die wesentlichen Kriterien zum Einsatz und zur Auswahl von Atemschutz können der BGR 192 „Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten“ [9] der Berufsgenossenschaften entnommen werden.

Je nach der Luftzuführung werden Atemschutzgeräte unterteilt in Filtergeräte und Isoliergeräte (siehe Abbildung 6.14).

Zur Erzielung der Schutzwirkung werden Atemschutzgeräte in den meisten Fällen mit Masken, auch Atemanschlüsse genannt, verwendet. Die Atemanschlüsse unterscheiden sich hinsichtlich Dichtheit, Tragekomfort und allgemeiner Schutzwirkung, siehe Tabelle 6.10.

Vollmasken (siehe Abbildung 6.15), schützen gleichzeitig die Augen, da sie das Gesicht vollständig umschließen. Sie sind zum Einsatz mit Isoliergeräten am besten geeignet. Da die Dichtlinie über Stirn, Wange und unterhalb des Kinns verläuft, bestehen bei Bartträgern häufig Dichtheitsprobleme, die dann den Ein-

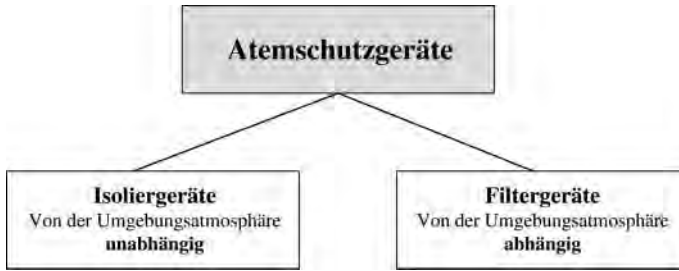


Abb. 6.14 Einteilung der Atemschutzgeräte

Tabelle 6.10 Atemschutzgeräte.

Atemschutzgerät	Norm	Beschreibung
Vollmaske	DIN EN 136	umschließt das ganze Gesicht, schützt auch die Augen
Halbmaske	DIN EN 140	umschließt Nase, Mund und Kinn
Viertelmaske	DIN EN 140	umschließt Mund und Nase
Filtrierende Halbmaske	DIN EN 149	umschließt Nase, Mund und Kinn
Atemschutzhaube	DIN EN 12941	umhüllt das Gesicht, meist den gesamten Kopf und den Hals
Atemschutzhelm	DIN EN 12941	
Atemschutzanzug	prEN 1073-3	besteht aus einem Schutzanzug mit Atemluftanschluss
Mundstückgarnitur		besteht aus einer Nasenklemme zur Verhinderung der Nasenatmung und einem Mundstück



Abb. 6.15 Vollmasken

satz verbieten. In Abhängigkeit der mechanischen Festigkeit, der Beständigkeit gegenüber Flammen, Wärmestrahlung und Zündverhalten bei explosionsfähiger Atmosphäre werden Vollmasken in drei Klassen unterteilt:

- **Klasse 1:** Vollmasken für Anwendungsbereiche mit geringer Beanspruchung,
- **Klasse 2:** Vollmasken für normale Beanspruchung und
- **Klasse 3:** Vollmasken für spezielle Anwendungsbereiche.

Vollmasken der Klasse 3 richten sich in erster Linie an die Anforderungen der Feuerwehren sowie der Gruben- und Gasschutzwehren des Bergbaus. Am häufigsten werden Vollmasken der Klasse 2 eingesetzt. Sie besitzen gegenüber der Klasse 3 eine verringerte Widerstandsfähigkeit, insbesondere gegenüber Wärmestrahlung. Aufgrund der deutlich verringerten Schutzwirkung von Vollmasken der Klasse 1 dürfen diese nicht mit Rundgewindeanschluss, Zentralgewindeanschluss oder Gewindeanschluss M45 × 3 ausgestattet sein. Vollmasken dürfen als Isoliergeräte wie auch als Partikelfilter und Gasfilter eingesetzt werden. Die möglichen Anwendungsgebiete in Abhängigkeit der Klassen 1 bis 3 können Tabelle 6.11 entnommen werden.

Zur Vermeidung erhöhter Leckageraten bei Verwendung schwerer Filter dürfen die folgenden Filtergewichte nicht überschritten werden:

Vollmaske:	Klasse 1:	maximal 300 g
	Klasse 2 und 3:	maximal 500 g
Halbmaske:		maximal 300 g

Tabelle 6.11 Anwendungsbereiche von Atemschutzvollmasken.

DIN/EN	Anwendungsbereich	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
137	Behältergeräte mit Druckluft			X
1146	Frischluf-Schlauchgeräte		X	X
138	Druckluft-Schlauchgeräte		X	X
14954	kontinuierliches Druckluftatemgerät	X		X
14387	Gas- und Kombinationsfiltergeräte	X	X	X
143	Partikelfiltergeräte	X	X	X
145	Sauerstoffschutzgeräte			X
14387	AX-Gas- und Kombinationsfiltergeräte ¹⁾	X	X	X
14387	SX-Gas- und Kombinationsfiltergeräte ¹⁾	X	X	X
12941	Druckluft-Helm oder Haube		X	X
12942	integrierter Staubfilter mit Voll-, Halb-, Viertelmaske	X	X	
13794	Drucksauerstoff-Selbstretter		X	X
401	Chemikaliensauerstoff-Selbstretter		X	X
402	Druckluft-Selbstretter		X	X
1061	Natriumchlorat-Selbstretter		X	X

¹⁾ Definition von AX- und SX-Filter, siehe Abschnitt 6.4.1.2.2

Sind schwerere Filter aufgrund ihrer höheren Abscheideleistung notwendig, müssen diese mittels geeigneter Vorrichtungen am Körper getragen und mit der Maske über einen Schlauch verbunden werden. Hier ist der Einsatz von Gebläseunterstützung zu empfehlen (siehe Abschnitt 6.4.1.2.5). Brillenträger haben bei Vollmasken häufig Trageprobleme, des Weiteren stört die grundsätzliche Neigung der Gesichtsscheiben zum Beschlagen. Dieses Problem entfällt weitgehend bei der Verwendung von Halbmasken.

Die Anforderungen an **Halbmasken** sind in DIN EN 140 [10] festgelegt. Halbmasken werden in Verbindung mit Schraub- oder Steckfiltern angeboten, ferner sind Typen verfügbar, bei denen das Filtermaterial direkt mit der Maske verbunden ist, siehe Abbildung 6.16c und d. Die gleiche Norm wie Halbmasken müssen auch Viertelmasken erfüllen, in der Praxis spielen sie allerdings keine Rolle mehr.

Partikelfiltrierende Halbmasken bestehen ganz oder teilweise aus Filtermaterial, die Anforderungen sind in DIN EN 149 [11] genormt.

Atemschutzhauben umhüllen meistens Kopf und Hals, mindestens jedoch das vollständige Gesicht. **Atemschutzhelme** umhüllen nur den Kopf; die Anforderungen

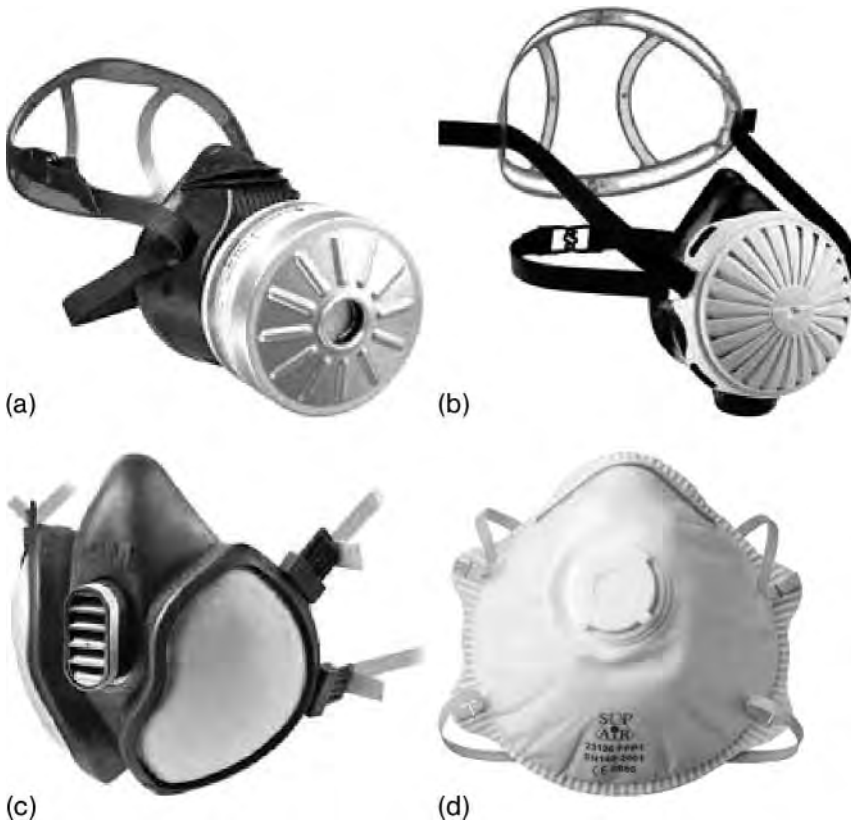


Abb. 6.16 Halbmasken: a) Schraubfilter, b) Steckfilter, c) gasfiltrierende Halbmaske, d) partikelfiltrierende Halbmaske



Abb. 6.17 a) Atemschutzhaube, b) Atemschutzhelm

an Industrieschutzhelme müssen zusätzlich erfüllt sein. Da beide Atemschutzgeräte nicht am Körper dicht abschließen, Abbildung 6.17, benötigen sie einen Luftüberschuss zur Vermeidung der Einströmung kontaminierter Luft in die Atemluft des Trägers. Daher dürfen sie bei Verwendung als filtrierende Atemschutzgeräte nur in Gebläseausführung oder als Isoliergeräte in Druckluftausführung eingesetzt werden. Die Ausatemluft strömt in der Regel gemeinsam mit dem Luftüberschuss an der unteren Öffnung aus. Bei Verwendung von Atemschutzhauben und -helmen besteht für den Träger kein erhöhter Atemwiderstand, der Luftüberschuss bewirkt ferner gegenüber den anderen Atemschutzgeräten eine deutlich geringere Aufheizung unter der Haube bzw. dem Helm. Bei Letzterem können jedoch Zugserscheinungen zu einer erhöhten Infektionsgefahr führen. Spezielle arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen sind bei diesen Geräten nicht notwendig.

Atemschutzanzüge sind Schutzanzüge, die gleichzeitig als Atemschutzgerät dienen. Hierbei kann die Atemluft sowohl mittels Druckschlauch zugeführt oder mittels Druckluftflaschen mitgeführt werden. In Abschnitt 6.3 wurden Vollschutzanzüge bereits behandelt.

6.4.1

Filtergeräte

Filtergeräte reduzieren die Konzentration von Schadstoffen in der Atemluft. In Abhängigkeit des verwendeten Filters und der Schadstoffe ist die Atemluft noch unterschiedlich stark kontaminiert. Nur bei richtiger Auswahl und Einhaltung der Einsatzbeschränkungen ist eine gefahrlose Benutzung möglich.



Abb. 6.18 Einteilung der Filtergeräte

Grundsätzlich dürfen Filtergeräte nur eingesetzt werden, wenn der Sauerstoffgehalt der Umgebungsluft mindestens 17 % beträgt.

Filtergeräte dürfen nicht eingesetzt werden, wenn die Schadstoffe und die Größenordnung der Schadstoffkonzentration nicht bekannt sind.

Je nach Aggregatzustand des Gefahrstoffes werden Filtergeräte unterteilt in:

Partikelfilter: Schutz gegen Aerosole (feste Partikel, Fasern, Flüssigkeitströpfchen)
 Gasfilter Schutz gegen Gase und Dämpfe
 Kombinationsfilter: Schutz gegen Aerosole, Gase und Dämpfe

Die verschiedenen Filter lassen sich mit den unterschiedlichen Maskentypen kombinieren. Die in Abhängigkeit von den verwendeten Masken zulässigen Filtertypen können Abbildung 6.18 entnommen werden.

6.4.1.1 Partikelfilter

Im allgemeinen Sprachgebrauch werden Partikelfilter häufig als Staubfilter bezeichnet. Partikelfilter können eingesetzt werden gegen

- Stäube,
- Aerosole,
- Rauche und
- Fasern.

Partikelfilter sind Vliese aus künstlichen oder natürlichen Fasern. Sie reinigen die eingeatmete Luft von Partikeln in Abhängigkeit des Abscheidegrades der verwen-

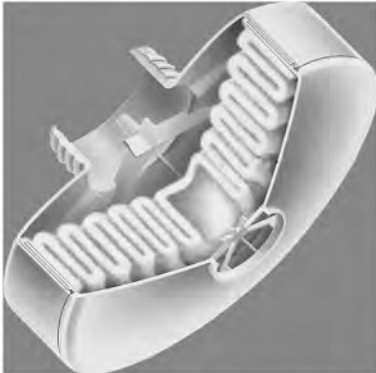
deten Materialien. Je nach Filtermaterial und Dichtheit der Maske dürfen die Partikelfilter nur gegen bestimmte Gefahrstoffe eingesetzt werden.

Zur Erzielung einer guten Passform muss der Nasenbügel vor dem Gebrauch unbedingt der individuellen Nasenform angepasst werden! Deshalb sollten Dichtheitsprüfungen keinesfalls versäumt werden. (Bei Benutzung einer Brille (Schutzbrille) beschlagen die Gläser schlecht sitzender Masken in der Regel beim Ausatmen!)

Partikelfilter zum Aufschrauben auf Vollmasken oder Halbmasken werden mit dem Kennbuchstaben **P** gekennzeichnet. Abbildung 6.19 zeigt die verschiedenen Typen von Partikelfiltern, die mit Voll- und Halbmasken kombiniert werden können, sowie den schematischen Aufbau. Schraubpartikelfilter werden in Abhängigkeit des Abscheidevermögens in drei Partikelfilterklassen eingeteilt und mit der Kennfarbe Weiß gekennzeichnet:

- P1: geringes Abscheidevermögen,
- P2: mittleres Abscheidevermögen,
- P3: hohes Abscheidevermögen.

(a)



(c)



(b)



Abb. 6.19 Partikelfilter zum Einsatz in Voll- oder Halbmasken: a) Aufbau von Partikelfilter, b) Filtereinsatz, c) Schraubfilter

Filter der Klasse **P1** werden üblicherweise nicht in Vollmasken eingesetzt, selten in Halb- oder Viertelmasken. Aufgrund der deutlich niedrigeren Leckagerate und der höheren Schutzwirkung unterscheiden sich die maximal zulässigen Partikelkonzentrationen von Vollmasken gegenüber Halb-, Viertel- und partikelfiltrierenden Halbmasken. In einem Vergleich der höchstzulässigen Schadstoffkonzentrationen in den Tabellen 6.12 und 6.13 wird dies deutlich.

Aufgrund des guten Tragekomforts und des günstigen Preises werden im betrieblichen Alltag bevorzugt **partikelfiltrierende Halbmasken** verwendet. Auch diese werden in drei Partikelfilterklassen eingeteilt, als Kennbuchstabenkombination ist gemäß DIN EN 149 [11] **FFP** zu verwenden. Partikelfiltrierende Halbmasken sind sowohl mit als auch ohne Ausatemventil im Handel erhältlich. Insbesondere Filter der Schutzstufe FFP3 werden zur Verringerung des Ausatemwiderstandes meist mit Ausatemventil angeboten (siehe Abbildung 6.20). Die Einsatzbeschränkungen partikelfiltrierender Halbmasken sowie die maximal zulässigen Staubkonzentrationen können Tabelle 6.13 entnommen werden. Der häufig im medizinischen Bereich eingesetzte Mundschutz erfüllt in aller Regel nicht die Anforderungen an Atemschutzgeräte und darf nicht als Ersatz von Partikelfiltern eingesetzt werden!

Tabelle 6.12 Einsatzbereiche der Partikelfilter in Vollmasken.

Partikelfilterklasse	Höchstzulässige Schadstoffkonzentration	Einschränkungen bei der Anwendung
P1	4 * GW-Wert	aufgrund der unterschiedlichen Leckageraten nicht sinnvoll
P2	15 * GW-Wert	nicht gegen Partikel radioaktiver Stoffe, Viren und Enzyme
P3	400 * GW-Wert	keine

GW: Grenzwert (AGW, MAK)

Tabelle 6.13 Einsatzbereiche der Partikelfilter in Halb-, Viertel- und von partikelfiltrierenden Halbmasken.

Partikelfilterklasse	Höchstzulässige Schadstoffkonzentration	Einschränkungen bei der Anwendung
P1 oder FFP1	4 * GW-Wert	nicht gegen Tröpfchenaerosol, Partikel krebserzeugender und radioaktiver Stoffe Mikroorganismen (Viren, Bakterien, Pilze sowie deren Sporen) und Enzyme
P2 oder FFP2	10 * GW-Wert	nicht gegen Partikel radioaktiver Stoffe, Viren und Enzyme
P3 oder FFP3	30 * GW-Wert	P3 oder FFP3

GW: Grenzwert (AGW, MAK)



Abb. 6.20 Partikelfiltrierende Halbmasken: a) FFP1 ohne Ausatemventil, b) FFP1 mit Ausatemventil, c) FFP3 mit Ausatemventil, d) Mundschutz – kein Atemschutz!

Die **Nutzungsdauer** von Partikelfiltern wird durch die Druckdifferenz zwischen Einatmung und Ausatmung (Einatemwiderstand, Ausatemwiderstand) am Filter bestimmt. Beeinflusst wird sie durch

- Art und Konzentration des Schadstoffes,
- Verwendungsdauer des Filters,
- Luftbedarf des Trägers in Abhängigkeit von der Schwere der Arbeit,
- Rückhaltevermögen und
- Feuchtigkeit und Temperatur der Luft.

Bei den üblichen Filtern ergibt sich eine Nutzungsdauer von wenigen Stunden bis mehreren Tagen bei einem Einatemwiderstand von 2,5 mbar und 20–40 L/min Atemluftbedarf (entspricht mittelschwerer Arbeit). Spezielle Tragezeitbegrenzungen für den Einsatz von Partikelfiltern existieren nicht, die vorgeschriebenen Ruhepausen nach der Arbeitszeitordnung sind selbstverständlich einzuhalten.

Ist ein längerer Einsatz erforderlich, können Atemschutzgeräte mit Gebläseunterstützung benutzt werden. Hierbei werden die Partikelfilter P1, P2 oder P3 als kompakte Einheit zusammen mit dem Gebläse und dem notwendigen Akku

am Körper getragen. Die Einatemluft der Voll-, Halb- oder Viertelmaske wird mittels Luftschlauch zugeführt (siehe Abschnitt 6.4.1.2.5).

Filternde Halbmasken können als typische Einwegmasken nicht gereinigt werden; sie sind nur zum einmaligen Gebrauch bestimmt. Aus hygienischen Gründen dürfen sie nicht von mehreren Personen benutzt werden. Die Maskenkörper von Voll-, Halb- und Viertelmasken müssen regelmäßig gereinigt und ggf. desinfiziert werden.

Die maximale Benutzungsdauer von Partikelfiltern sollte einen Arbeitstag nicht überschreiten. Bei besonderen Arbeitsplatzbedingungen müssen die Filter in kürzeren Zeitabständen gewechselt werden, z. B. bei

- erhöhter Staubbelastung oder
- Feuchtigkeit, z. B. durch Luftfeuchte oder Schweiß.

Durch diese Faktoren nimmt u. a. der Einatemwiderstand deutlich zu. Ein Wechsel ist spätestens angezeigt, wenn Geruch, Geschmack oder Reizwirkungen wahrnehmbar sind.

Für das Tragen von Partikelfiltern müssen gemäß dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz **G 26 (Atemschutzgeräte)** [12] Vorsorgeuntersuchungen durchgeführt werden. Für alle Filterklassen, d. h. sowohl für Filter P1, P2 oder P3 als auch FFP1, FFP2 oder FFP3, sind Eignungsuntersuchungen nach G 26, Teil 1 bzw. 2, notwendig. Dieser Grundsatz sieht lediglich einmalige Untersuchungen vor dem erstmaligen Einsatz der Atemschutzgeräte vor, keine permanenten arbeitsmedizinischen Wiederholungsuntersuchungen. Nur wenn das Tragen von Feinstaubfiltermasken der Klasse FFP3 bei ungünstigen Klimabedingungen (z. B. Hitze, hohe Luftfeuchtigkeit) vorgeschrieben ist, sind gegebenenfalls weitergehende arbeitsmedizinische Maßnahmen erforderlich.

6.4.1.2 Gasfilter

Zum Schutz vor gesundheitsgefährdenden Gasen und Dämpfen werden Gasfilter eingesetzt. Sie können dampfförmige Schadstoffe sowie Gase durch

- physikalische Bindung (Adsorption) oder
- chemische Umsetzung (Chemisorption oder katalytische Umwandlung)

am Filtermaterial entfernen. Als gängigstes Filtermaterial wird gekörnte oder imprägnierte Aktivkohle mit großer spezifischer, innerer Oberfläche verwendet, an der die Schadstoffe adsorbiert werden.

Gasfilter mit Aktivkohlefilter sind nicht wirksam gegen permanente Gase (z. B. Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenmonoxid). Zum Schutz gegen **Kohlenmonoxid** sind stattdessen spezielle CO-Filter zu verwenden.

Wasserdampf wird grundsätzlich gut an Aktivkohle gebunden und kann außerdem bereits adsorbierte organische Stoffe verdrängen, d. h. desorbieren. Speziell bei niedrig siedenden organischen Flüssigkeiten wird die Wirksamkeit von Gasfiltern hierdurch erheblich gemindert. Da dieser Effekt auch durch Luftfeuchtig-

keit verursacht werden kann, ist die Anwendbarkeit von Gasfiltern bei niedrig siedenden organischen Stoffen (Siedepunkt $< 65\text{ °C}$, „Niedrigsieder“) eingeschränkt. Gegen Dämpfe dieser Stoffe dürfen nur spezielle Filter (AX-Filter) eingesetzt werden.

Grundsätzlich besteht immer die Gefahr der Desorption von Stoffen durch besser adsorbierbare Chemikalien, deshalb ist der Einsatz von Gasfiltern nur bei ausreichend bekannter Gefahrstoffzusammensetzung empfehlenswert.

Permanente Gase wie *Kohlenmonoxid* lassen sich nicht ausreichend adsorbieren. Das *Kohlenmonoxid* muss zur quantitativen Abscheidung an einem Katalysator zu *Kohlendioxid* oxidiert werden. Der für diese Oxidation benötigte Sauerstoff wird der Atemluft entzogen; aufgrund der Reaktionswärme erhöht sich hierdurch die Temperatur der Einatemluft.

Werden Halb- und Vollmasken von Bartträgern benutzt, muss im Bereich der Dichtlinien (Verlauf über Stirn, Wangen und unterhalb des Kinns) mit erhöhter Leckrate gerechnet werden. Die Schutzwirkung der Atemmasken wird unkalkulierbar, der Personenkreis ist somit für das Tragen von Halb- oder Vollmasken ungeeignet. Dies gilt für den Einsatz von Gasfiltern und isolierenden Atemgeräten (siehe Abschnitt 6.4.2). Eine Alternative stellt die Verwendung von Atemschutzhäuben oder -helmen dar.

Für das Tragen von Gasfiltern müssen ebenfalls gemäß dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 26, Teil 1 und 2 (Atemschutzgeräte) [12] Vorsorgeuntersuchungen durchgeführt werden. Dieser Grundsatz sieht einmalige Untersuchungen vor Einsatz der Atemschutzgeräte vor.

6.4.1.2.1 Einteilung der Gasfilter

Gasfilter werden unterteilt in

- Typen: nach Anwendungsbereich mit entsprechender Kennfarbe und
- Klassen: nach Aufnahmevermögen.

Tabelle 6.14 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Gasfiltertypen. Zur anwenderfreundlichen Nutzung wurden die maximalen Gaskonzentrationen mit aufgeführt. Zur einfacheren Unterscheidung werden die Gasfiltertypen durch unterschiedliche Farben und Kennbuchstaben gekennzeichnet. Aufgrund einer Normung auf europäischer Ebene sind innerhalb der Europäischen Union Farbverwechslungen ausgeschlossen: Die Standardgasfilter, einschließlich AX-Filter und der SX-Filter sind in der europäischen Norm DIN EN 14387 geregelt. Eine Auswahl wichtiger Gasfilter kann Abbildung 6.21 entnommen werden.

Die Standardgasfilter (Gasfiltertyp A, B, E und K) werden in drei verschiedene Gasfilterklassen eingeteilt. In Abhängigkeit der Gasfilterklassen sind unterschiedliche maximale Gaskonzentrationen zulässig (siehe Tabelle 6.15). Im Gegensatz zu den Partikelfilterklassen unterscheiden sich die Gasfilterklassen nicht durch verschiedene Leckageraten. Die Klasse 3 hat gegenüber der Klasse 1 lediglich ein höheres Abscheidevermögen, nicht jedoch ein grundsätzlich besseres Abscheide-

Tabelle 6.14 Anwendungsbereich, Kennfarbe, Rückhaltevermögen von Gasfiltern.

Typ	Kennfarbe	Anwendungsbereich	Höchstzulässige Gaskonzentration
A	braun	Organische Gase, Dämpfe mit Sdp. > 65 °C	siehe Tabelle 6.15
B	grau	Anorganische Gase, Dämpfe Ausnahme: Kohlenmonoxid	siehe Tabelle 6.15
E	gelb	Saure Gase	siehe Tabelle 6.15
K	grün	Ammoniak und basische organische Aminoverbindungen	siehe Tabelle 6.15
AX	braun	niedrig siedende organische Verbindungen, Sdp. ≤ 65 °C	Gr. 1: 100 ml/m ³ für max. 40 min Gr. 1: 500 ml/m ³ für max. 20 min Gr. 2: 1000 ml/m ³ für max. 60 min Gr. 2: 5000 ml/m ³ für max. 20 min
SX	violett	gemäß Herstellerangabe	0,5 Vol.-%
CO	schwarz	Kohlenmonoxid	spezielle Anwendungsrichtlinien
NO-P3	blau-weiß	Nitrose Gase	400 × AGW (Vollmaske, Kombinationsfilter)
Hg-P3	rot-weiß	Quecksilber	400 × AGW (Vollmaske, Kombinationsfilter)



Abb. 6.21 Unterschiedliche Gasfilter: a) Steckfilter, b) Mehrbereichs-Schraubfilter, c) Vollmaske mit Bajonettfilter, d) Halbmaske mit Filter A2

Tabelle 6.15 Einteilung der Gasfilter in Gasfilterklassen.

Klasse	Rückhaltevermögen	maximale Gaskonzentration
1	kleines Rückhaltevermögen	0,1 Vol.-% (1.000 ppm)
2	mittleres Rückhaltevermögen	0,5 Vol.-% (5.000 ppm)
3	großes Rückhaltevermögen	1,0 Vol.-% (10.000 ppm)

verhalten. Ergeben sich aufgrund von Tabelle 6.14 oder 6.15 niedrigere Konzentrationsgrenzen, so sind selbstverständlich diese zu berücksichtigen.

Neben diesen aus dem Absorptionsvermögen resultierenden filterspezifischen Absolutkonzentrationen müssen noch die Leckageraten der verwendeten Atemschutzmasken berücksichtigt werden. Die folgenden relativen Konzentrationsbeschränkungen in Bezug auf den jeweiligen Grenzwert sind zu beachten:

- Vollmaske bis zum **400**fachen Grenzwert
- Halb-, Viertelmaske bis zum **30**fachen Grenzwert
- gasfiltrierende Halbmaske bis zum **30**fachen Grenzwert

Zum Schutz gegen mehrere verschiedene Gase werden **Mehrbereichsfilter** angeboten. Insbesondere in der chemischen Industrie wird ein ABEK-Filter, der gegen organische, anorganische, saure und basische Gase und Dämpfe schützt, häufig eingesetzt. Ebenso wie die Partikelfilter werden Gasfilter als Steckfilter zum Einsatz in Halbmasken angeboten sowie Schraubfilter zur Verwendung in Halb- und Vollmasken (siehe Abbildung 6.21b).

Gasfiltrierende Halbmasken unterscheiden sich nicht grundsätzlich von den partikelfiltrierenden Halbmasken. Die Maske besteht ebenso ganz oder überwiegend aus Filtermaterial. Sie werden nach DIN EN 405 eingeteilt in die Typen FFA,



Abb. 6.22 Gasfiltrierende Halbmaske, Schutzstufe FFABEK1P3

FFB, FFE, FFK, FFAX und FFSX analog den Schraubgasfiltern. Zusätzlich zu dem Gasfiltertyp kann die Angabe der Gasfilterklasse auch bei gasfiltrierenden Halbmasken der vollständigen Bezeichnung entnommen werden. Die Bezeichnung

FFA2 EN 405

definiert daher eine gasfiltrierende Halbmaske gegen organische Gase und Dämpfe mit einem mittleren Rückhaltevermögen. Abbildung 6.22 zeigt eine Mehrbereichsgasfiltermaske mit gleichzeitiger Schutzwirkung gegen Partikel.

6.4.1.2.2 Spezielle Gasfiltertypen

Gegenüber der allgemein gültigen Einteilung in Gasfilterklassen hat sich bei den **AX-Filtern** für die Niedrigsieder eine Unterteilung in vier Gruppen gemäß Festlegung der Berufsgenossenschaft etabliert, die Tabelle 6.16 entnommen werden können. Aufgrund der Belegung der Filter nach dem Öffnen, z. B. durch Luftfeuchtigkeit, dürfen AX-Filter nur im Anlieferungszustand benutzt werden und nur unmittelbar vor dem Einsatz geöffnet werden. Bereits gebrauchte Filter dürfen nur innerhalb einer Arbeitsschicht bis zur maximalen Verwendungsdauer gemäß Tabelle 6.15 wiederverwendet werden. Der Einsatz von AX-Filtern gegen Gemische von Niedrigsiedern ist wegen möglicher Desorptionsvorgänge nicht zulässig.

- **Niedrigsieder der Gruppe 1:**

Acetaldehyd, Acrolein, 2-Aminobutan, 2-Amino-2-methylpropan, 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan, Brommethan, 1,3-Butadien, 1-Chlor-1,1-difluorethan, Chlorfluormethan, 2-Chlor-1,3-butadien, Chloroform, 3-Chlor-1-propen, 1,1-Dichlorethen, Dichlormethan, Diethylamin, 1,1-Difluorethen, Dimethylether, 1,1-Dimethylethylamin, Ethanthiol, Ethylenoxid, Jodmethan, Methanol, Monochlormethylether, Propylenimin, Propylenoxid, Vinylchlorid.

- **Niedrigsieder der Gruppe 2:**

Aceton, Bromethan, Butan, Chlorethan, 2-Chlorpropan, 1,3-Cyclopentadien, Dibromdifluormethan, 1,1-Dichlorethan, 1,1-Dichlorethen, 1,2-Dichlor-1,1,2,2-tetrafluorethan, Diethylether, Dimethoxymethan, Dimethylpropan, 1,3-Epoxypropan, Ethylformiat, Glyoxal, Methylacetat, Methylbutan, Methylformiat, Methylpropan, n-Pentan, Propanal.

Tabelle 6.16 Einteilung der Niedrigsieder (Sdp. ≤ 65 °C).

Gruppe	Anwendungsbereich	Stoffe
1	Schutz durch AX-Filter erreichbar	Gruppe 1
2	Schutz durch AX-Filter erreichbar	Gruppe 2
3	Schutz mit anderen Gasfiltern erreichbar (z. B. Typ B oder K)	Gruppe 3
4	Niedrigsieder, die an Gasfilter nicht oder nicht ausreichend zu binden sind	Gruppe 4

- **Niedrigsieder der Gruppe 3:**

2-Aminopropan, Diazomethan, Dimethylamin, 1,1-Dimethylhydrazin, Ethylamin, Ethyldimethylamin, Ethylenimin, Ethylquecksilberchlorid, Formaldehyd, Kohlendisulfid, Methanthiol, Methylamin, Methylisocyanat, Oxalsäuredinitril, Phosgen.

- **Niedrigsieder der Gruppe 4:**

Bromtrifluormethan, Chlordifluormethan, Chlormethan, Chlortrifluormethan, Dichlordifluormethan, 1,1-Difluorethen, Keten, Methylacetylen, Propan, Trichlorfluormethan.

SX-Filter dürfen nur gegen die Gase und Dämpfe eingesetzt werden, mit deren Namen sie gekennzeichnet sind. Der jeweilige Einsatzbereich muss den Gebrauchsinformationen der Hersteller entnommen werden. Die höchstzulässige Konzentration beträgt 500 ml/m^3 . Ansonsten gelten die gleichen Einsatzregeln wie bei den AX-Filtern.

Da die typischen Brandgase **Kohlenmonoxid** und die **Stickoxide** nicht an Aktivkohle adsorbiert werden können, müssen zum Schutz vor diesen Gasen spezielle Filtermaterialien verwendet werden. Typischerweise wird *Kohlenmonoxid* an einem Katalysator zu *Kohlendioxid* oxidiert, die Konzentration darf u. a. auch deshalb 1 Vol.-% nicht überschreiten. Aufgrund des feuchtigkeitsempfindlichen Oxidationskatalysators ist stets eine Trocknungsschicht vorgeschaltet. Durch den mehrlagigen Aufbau und den großen Katalysator- und Trockenmittelbedarf resultieren das große Gewicht (1 bis 2 kg) und die großen Abmessungen dieser Filter. Typischerweise werden sie auf dem Rücken getragen und mittels Luftschlauch mit der Atemmaske verbunden.

6.4.1.2.3 Rückhaltevermögen von Gasfiltern

Die entscheidende Kenngröße bei der Verwendung von Gasfiltern stellt das Rückhaltevermögen dar. Die Einteilung in die Gasfilterklassen 1, 2 oder 3 (siehe Tabelle 6.15) gibt nur die maximal zulässige Schadstoffkonzentration wieder und erlaubt in der Regel keine quantitative Aussage über die Tragedauer bei vorgegebener Konzentration. Ein „Durchbrechen“ des Schadgases liegt vor, wenn es hinter dem Filter (in relevanter Konzentration) messbar ist.

Dieses Durchbruchverhalten von Gasfiltern hängt von vielen Faktoren ab. Neben den

- chemischen und
- physikalisch-chemischen Eigenschaften,
- der Konzentration des Gefahrstoffes,
- der Temperatur,
- dem Alter des Filters und
- der Luftfeuchtigkeit ist ferner
- die Anwesenheit weiterer Gase

bedeutsam.

Da der Einfluss dieser Faktoren im Einzelfall nur sehr schwer bestimmbar ist, können keine allgemein gültigen Durchbruchzeiten aufgestellt werden. Ihre Schwankung liegt im Bereich mehrerer Größenordnungen.

Tabelle 6.17 gibt für einige Gase die Durchbruchzeiten unter Standardbedingungen wieder. Bei vorgegebener Prüfgaskonzentration ist die Durchbruchzeit angegeben, bei der sich hinter dem Filter die aufgeführte Schadgaskonzentration einstellt. Sie wurde teilweise deutlich unter dem MAK-Wert gewählt, teilweise ist sie mit diesem identisch.

Die tatsächlichen Durchbruchzeiten sind für die betrieblichen Gefahrstoffe nur schwer abschätzbar. Aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren können sie bei ähnlichen Stoffen bereits um eine Größenordnung schwanken. Tabelle 6.16 kann somit nur einen Anhaltspunkt für die Durchbruchzeiten liefern. Im konkreten Einzelfall muss durch experimentelle Überprüfung die Durchbruchzeit ermittelt werden. Da dies jedoch nur selten durchführbar ist, müssen alternative Strategien zur Sicherheit der Mitarbeiter gewählt werden. Häufig werden aus diesem Grund die Filter weit vor dem Erreichen ihrer physikalischen Grenze ausgetauscht. Die Filterlieferanten können für spezielle Anwendungszwecke ebenfalls konkrete Entscheidungshilfen geben.

Bei längerem Gebrauch von Gasfiltern wird empfohlen, sie nur gegen Gase und Dämpfe einzusetzen, die der Gerätebenutzer bei Durchbruch des Gases riechen oder schmecken kann. Bei geruchlosen Schadgasen müssen spezielle Regeln beachtet werden.

In Behältern und engen Räumen (Bunkern, Kesselwagen, Gruben und Kanälen) ist das Tragen von Gasfiltergeräten nur zulässig, wenn durch gezielte Lüftungsmaßnahmen ein ausreichender Schutz gegen Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube sichergestellt ist. Die maximale Schadstoffkonzentration muss bekannt und Sauerstoffmangel ausgeschlossen sein. Kann dies nicht gewährleistet werden, müssen Isoliergeräte eingesetzt werden.

Tabelle 6.17 Durchbruchverhalten von Gasfiltern unter Standardprüfbedingungen.

Filter	Prüfgas	Durchbruchskriterium [ppm]	Mindestdurchbruchzeiten in min für Gasfilter		
			Klasse 1 ¹⁾	Klasse 2 ²⁾	Klasse 3 ³⁾
A	CCl ₄	10	80	40	60
B	Cl ₂	1	20	20	30
	H ₂ S	10	40	40	60
	HCN	10	25	25	35
E	SO ₂	5	20	20	30
K	NH ₃	25	50	40	60

¹⁾ Prüfkonzentration 0,1 %

²⁾ Prüfkonzentration 0,5 %

³⁾ Prüfkonzentration 1,0 %

Die Nutzungsdauer der Gasfilter hängt neben den bereits erwähnten Faktoren ebenfalls

- vom Luftbedarf des Trägers,
- von der Schwere der Arbeit,
- der Feuchtigkeit als auch
- der Lufttemperatur ab.

6.4.1.2.4 Mehrbereichs- und Kombinationsfilter

Da in der betrieblichen Praxis häufig mehrere Schadstoffe gleichzeitig auftreten, werden Gasfilter mit Schutz gegen mehrere Gefahrstoffe benötigt. Bei den **Mehrbereichsfiltern** werden hierfür verschiedene Adsorptionsmaterialien hintereinander geschaltet. Für jede Filterzone verbleibt jedoch nur eine begrenzte Filterschicht. Die Durchbruchzeiten sind deshalb deutlich geringer im Vergleich zu den Eingasfiltern.

Der am häufigsten verwendete Mehrbereichsfilter ABEK kann zum Schutz vor

- organischen,
- anorganischen,
- sauren und
- basischen Gasen

eingesetzt werden.

Kombinationsfilter können zum Schutz vor Gasen, Dämpfen und Partikeln eingesetzt werden. Bei Feststoffen mit hohem Dampfdruck (z. B. *Naphthalin*, *Acrylamid*, *ε-Caprolactam*) bieten weder Gas- noch Partikelfilter einen ausreichenden Schutz. Abbildung 6.23 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Kombinationsfilters.

Die Kennzeichnung von Kombinationsfiltern gibt die Gasfilterklasse für die gasförmigen Stoffe und die Schutzstufe gegenüber Partikeln an. So bezeichnet ein Kombinationsfilter

A2B2P3

einen Gasfilter gegen organische und anorganische Gase und Dämpfe mit jeweils mittlerem Rückhaltevermögen und gleichzeitiger Eignung gegen Partikel mit hohem Rückhaltevermögen. Für Kombinationsfilter gelten hinsichtlich Anwendungsbereich, Auswahl, Nutzungsdauer, Tragezeiten sowie Vorsorgeuntersuchungen die gleichen Regeln wie für Partikel- und Gasfilter.

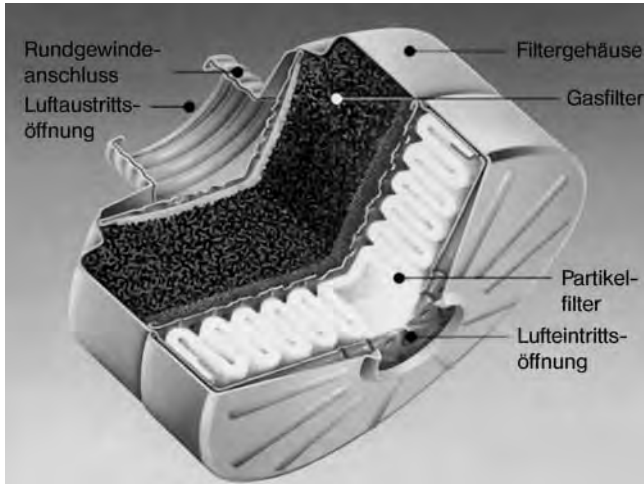


Abb. 6.23 Schnitt durch einen Kombinationsfilter

6.4.1.2.5 Filtergeräte mit Gebläse

Filtergeräte mit Gebläse sind von der Umgebungsluft abhängige Atemschutzgeräte. Man unterscheidet zwischen

- Filtergeräten mit Gebläse und Vollmaske, Halbmaske oder Viertelmaske gemäß DIN EN 12942 sowie
- Filtergeräten mit Gebläse und Helm oder Haube gemäß DIN EN 12941.

Als Filter können sowohl Partikelfilter, Gasfilter als auch Kombinationsfilter eingesetzt werden. Sie bestehen aus einer Atemschutzmaske, einem Helm oder einer Haube, einem Atemluftanschluss, einem batteriebetriebenen Gebläse sowie einem oder mehreren Atemluftfiltern. Mittels Gebläse wird die Atemluft angesaugt, gefiltert und der Maske, Haube oder dem Helm zugeführt. Als Konsequenz wird der Atemwiderstand deutlich verringert und es können Filter mit größeren Filterschichten und höherem Rückhaltevermögen eingesetzt werden. Die Ausatemluft und überschüssige Luft strömen durch Ausatemventile ab. Bei niedrigen Lufttemperaturen kann es durch die überschüssige Luft zu Zugerscheinungen kommen. Bei voll aufgeladenen Batterien und neuen Filtern beträgt die Gebläselaufzeit mindestens vier Stunden. Je nach Einsatzbedingungen ist jedoch vor Erschöpfen der Batterien ein Filterwechsel notwendig! Als Kennbuchstaben werden benutzt:

- T: Turbo (Gebläse),
- M: Maske: Viertel-, Halb- oder Vollmaske,
- H: Helm oder Haube,
- P: Partikel.

Die wichtigsten Gebläsefilter werden somit wie folgt bezeichnet:

- TM:** Gasfiltergerät mit Gebläse und Maske,
- TMP:** Partikelfiltergerät mit Gebläse und Maske,
- TH:** Gasfiltergerät mit Gebläse und Helm / Haube,
- THP:** Partikelfiltergerät mit Gebläse und Helm / Haube.

Abbildung 6.24 zeigt eine Auswahl der Filtergeräte mit Gebläse, Haube oder Helm. Je nach Leckrate werden die Gebläsefilter in drei Geräteklassen unterteilt.

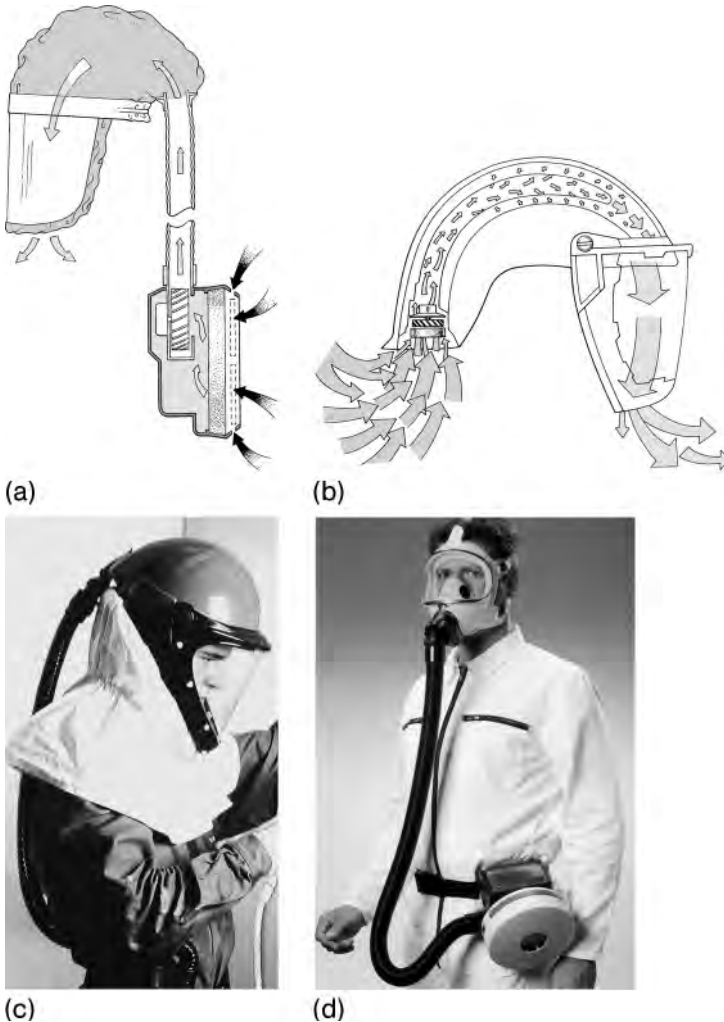


Abb. 6.24 Filtergeräte mit Gebläse: a) Funktionsskizze Atemschutzhaube, b) Funktionsskizze Atemschutzhelm, c) Leichthaube mit Gebläse, d) Vollmaske mit Gebläse und Filtergerät

Tabelle 6.18 Höchstzulässige Gefahrstoffkonzentration von Gebläsefiltern mit Voll-, Halb- oder Viertelmaske.

Geräteklasse	Höchstzulässige Gaskonzentration	Verwendung nicht erlaubt gegen
TM1 ¹⁾	10 * GW	radioaktive Gase
TMP1	10 * GW	radioaktive Stoffe, Viren, Enzyme
TM2 ¹⁾	100 * GW	
TMP2	100 * GW	
TM3 ¹⁾	500 * GW	
TMP3	500 * GW	

¹⁾ gültig für Gasfilterklasse 1, 2 und 3
GW: Grenzwert

Tabelle 6.19 Höchstzulässige Gefahrstoffkonzentration von Gebläsefiltern mit Helm oder Haube.

Geräteklasse	Höchstzulässige Gaskonzentration	Verwendung nicht erlaubt gegen
TH1 ¹⁾	5 * AGW	krebserzeugende, sehr giftige und radioaktive Stoffe, Mikroorganismen und Enzyme
THP1	5 * AGW	krebserzeugende, sehr giftige und radioaktive Stoffe, Mikroorganismen und Enzyme
TH2 ¹⁾	20 * AGW	
THP2	20 * AGW	
TH3 ¹⁾	100 * AGW	
THP3	100 * AGW	

¹⁾ gültig für Gasfilterklasse 1, 2 und 3
AGW: Arbeitsplatzgrenzwert

Da Gebläsefilter mit Masken geringere Leckraten besitzen, dürfen sie für höhere Gaskonzentrationen als die Gebläsefilter mit Helm oder Haube eingesetzt werden (siehe Tabelle 6.18 und 6.19). Die in den vorgenannten Tabellen erwähnten relativen Schadstoffkonzentrationen geben wiederum die maximalen Konzentrationen unter Berücksichtigung der Masken bzw. der Haube und des Helms an. Resultieren aus den Gasfilterklassen niedrigere Konzentrationen (siehe Abschnitt 6.4.1.2, Tabelle 6.14), müssen diese eingehalten werden.

6.4.2

Isoliergeräte

Isoliergeräte entnehmen die notwendige Atemluft nicht der Umgebungsluft. Der Geräteträger ist somit, je nach verwendetem Atemschutzgerät, vollständig von der Zusammensetzung der Umgebungsluft unabhängig. Der Einsatz von Isoliergeräten empfiehlt sich insbesondere bei



Abb. 6.25 Einteilung der Isoliergeräte

- hohen Gefahrstoffkonzentrationen,
- unbekannter Gefahrstoffzusammensetzung,
- Sauerstoffmangel oder
- komplexen Gefahrstoffmischungen von Hoch- und Niedrigsiedern.

Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften der verschiedenen Isoliergeräte muss das jeweils optimale Gerät aus der großen Vielzahl der verfügbaren Systeme ausgewählt werden. Während nicht frei tragbare Geräte die Bewegungsfreiheit einschränken, müssen für frei tragbare Isoliergeräte Verwendungsbeschränkungen berücksichtigt werden. Neben dem begrenzten Atemluftvorrat müssen spezielle arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen beachtet werden. Abbildung 6.25 gibt einen Überblick über die Einteilung der Isoliergeräte.

6.4.2.1 Schlauchgeräte

Werden Isoliergeräte unter den oben genannten Gründen eingesetzt, sind meist zusätzliche Sicherungsmaßnahmen notwendig. In diesen Fällen sollten Sicherungsposten mit der Überwachung der Arbeiten betraut werden, die im Gefahrenfall entweder Hilfe herbeirufen oder mittels bereitgestellter frei tragbarer Isoliergeräte selbst eingreifen können. In letzterem Fall muss der Sicherungsposten selbst atmenschutztauglich sein.

Bei Schlauchgeräten wird die Atemluft mittels Schlauch dem Atemschutzgerät zugeführt. Die zugeführte Atemluft muss den Anforderungen der DIN EN 132 genügen. Sie kann einer

- unbelasteten Atmosphäre → Frischluft-Saugschlauchgerät oder einem
- Atemluftreservoir → Druckluft-Schlauchgerät

entnommen werden.

Bei Frischluft-Schlauchgeräten kann die Atemluft dem Geräteträger entweder mittels Lungenkraft (Frischluft-Saugschlauchgeräte) oder mittels Gebläse zur Unterstützung (Frischluft-Druckschlauchgeräte) zugeführt werden.

Das Atemluftreservoir bei Druckluft-Schlauchgeräten kann entweder aus Atemluftflaschen, einem Atemluftnetz oder einem Luftverdichter entnommen werden.

6.4.2.1.1 Frischluft-Schlauchgeräte

Bei Frischluft-Saugschlauchgeräten muss die Atemluft mittels Lungenkraft aus einer unbelasteten Umgebung angesaugt werden. Beträgt der Schlauchdurchmesser mindestens 25 mm, können üblicherweise Schlauchlängen von ca. 20 m problemlos eingesetzt werden. Da bei Beschädigung des Schlauches möglicherweise kontaminierte Luft angesaugt wird, ist auf eine sichere Verlegung eines absolut fehlerfreien Schlauches zu achten. Die Verlängerung eines vorhandenen Schlauches durch Aneinanderkuppeln mehrerer Einzelschläuche ist wegen möglicher Undichtigkeiten nicht zulässig. Das Ansaugende des Schlauches ist mit einem Grobstaubfilter zu versehen. Die gerätetechnischen Anforderungen sind in der DIN EN 138 festgelegt.

Saugschlauchgeräte dürfen nicht mit Atemschutzhelmen oder -hauben kombiniert werden, üblicherweise werden sie nur mit Vollmasken benutzt.

Der Einsatz ist bis zum **1.000fachen Grenzwert** zulässig.

In Tabelle 6.20 sind die höchstzulässigen Gefahrstoffkonzentrationen von Frischluft-Schlauchgeräten aufgeführt.

Frischluft-Druckschlauchgeräte unterscheiden sich nicht wesentlich von Frischluft-Saugschlauchgeräten. Die aus einer unbelasteten Umgebung entnommene Luft wird mit einem motor- oder handbetriebenen Frischluftgebläse mit leichtem Überdruck dem Atemluftsystem zugeführt. Eventuell vorhandene Überschussluft, bei Helmen und Hauben zwingend erforderlich, wird mit der Ausatemluft über ein Regelventil an die Umgebung abgegeben. Ein Volumenstrom von mindestens 300 l Luft/min muss bei diesen Geräten gewährleistet sein. Neben Frischluft-

Tabelle 6.20 Einsatzbereiche von Frischluft-Schlauchgeräten.

Frischluft-Gerät	Maske	max. Konzentration	nicht erlaubt gegen
Saugschlauchgerät	Vollmaske	1.000 * GW	
Druckschlauchgerät	Vollmaske	1.000 * GW	
	Halbmaske, Mundstück	100 * GW	
	Helm, Haube	100 * GW	krebserzeugende, sehr giftige, radioaktive Stoffe, Mikroorganismen, Enzyme

GW: Grenzwert (AGW, MAK-Wert etc.)

Tabelle 6.21 Einsatzbereiche von Druckluft-Schlauchgeräten mit Voll- und Halbmaske.

Atemluftanschluss	Maske	max. Konzentration
Regelventil	Vollmaske	1.000 * GW
Regelventil	Halbmaske	100 * GW
Lungenautomat	Vollmaske	ohne Begrenzung
Lungenautomat	Halbmaske	30 * GW

GW: Grenzwert (AGW, MAK-Wert etc.)

Druckschlauchgeräten kommen auch Frischluftflaschen mit Druckminderern und Injektor in Frage. Schlauchgeräte mit einer Schlauchlänge von 50 m (bei einem Schlauchdurchmesser von 25 mm) sind in der Praxis üblich.

Bei Kombination mit einer Vollmaske ist der Einsatz in einer bis zum 1000fachen Grenzwert belasteten Atmosphäre zulässig, bei Verwendung einer Halbmaske nur bis zum 100fachen Grenzwert. Frischlufthelm oder -haube können bis zum 100fachen Grenzwert eingesetzt werden. Sind keine Warneinrichtungen gegen Schwächerwerden oder Ausfall der Luftversorgung vorhanden, ist der Einsatz zum Schutz gegen krebserzeugende, sehr giftige oder radioaktive Stoffe sowie gegen Mikroorganismen und Enzyme nicht erlaubt (siehe Tabelle 6.21).

6.4.2.1.2 Druckluft-Schlauchgeräte

Bei Druckluft-Schlauchgeräten wird die Atemluft mit einem Überdruck bis zu 10 bar bis an das Gerät herangeführt. Die Reduzierung der Luft auf Einatemniveau kann mittels Regelventil oder Lungenautomat unmittelbar vor dem Atemschutzgerät erfolgen. Bei Verwendung eines Regelventils darf dieses nicht vollständig geschlossen werden, ein Mindestvolumenstrom von 120 L/min ist sicherzustellen. Bei Entnahme der Atemluft aus Druckluftflaschen muss bei Unterschreitung eines Restdruckes von 30 bar eine akustische Warneinrichtung den Geräteträger alarmieren. Druckschläuche sind flexibler und können mit kleinerem Innendurchmesser (üblicherweise 8 mm) verwendet werden. Das Verlängern der Schläuche ist nur mit selbstschließenden Kupplungen erlaubt. Anders als bei den Regelventilen wird die Atemluft bei Lungenautomaten durch eine atemgesteuerte Dosiereinrichtung dem Bedarf angepasst. Der Einsatz von Druckluft-Schlauchgeräten variiert in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Atemschutzmasken über zwei Größenordnungen (siehe Tabelle 6.21). Die Anforderungen sind in DIN EN 14594 festgelegt.

Atemschutzhauben oder -helme werden am häufigsten in Kombination mit Druckluft-Schlauchgeräten eingesetzt. Bei erhöhtem Luftbedarf ist, im Gegensatz zur Verwendung mit Filtergeräten und Gebläse, ein Nachregeln des Volumensstromes möglich. Der Einsatz zum Schutz gegen krebserzeugende, sehr giftige und radioaktive Stoffe, Mikroorganismen und Enzyme ist nur gestattet, wenn eine Warneinrichtung für Ausfall oder Schwächerwerden der Luftversorgung vorhanden ist. Druckluft-Schlauchgeräte mit Atemschutzhauben werden aufgrund unterschiedlicher mechanischer Stabilität in verschiedenen Ausführungen angeboten.

Tabelle 6.22 Atemschutzhauben in leichter Ausführung für Druckluft-Schlauchgeräte.

Klasse	max. Konzentration
Klasse 1	5 * AGW
Klasse 2	20 * AGW
Klasse 3	100 * AGW



(a)



(b)



(c)

Abb. 6.26 Leichtslauchgeräte

Für Farbspritzarbeiten werden häufig Druckluft-Schlauchgeräte in leichter Ausführung (sogenannte **Leichtschlauchgeräte**) eingesetzt. Aufgrund unterschiedlicher Gesamtleckagen werden sie in drei Klassen unterteilt, die jeweiligen höchstzulässigen Umgebungsluftkonzentrationen können Tabelle 6.22 entnommen werden. Für andere Arbeiten als Farbspritzarbeiten sollten diese Hauben nicht eingesetzt werden, der Einsatz zum Schutz gegen krebserzeugende, sehr giftige, radioaktive Stoffe, Mikroorganismen und Enzyme ist nicht zulässig. Abbildung 6.26 zeigt unterschiedliche Leichtschlauchgeräte.

6.4.2.2 Behältergeräte

Bei Behältergeräten mit Druckluft, meist als **Pressluftatmer** bezeichnet, wird die Atemluft aus einer oder zwei Atemluftflaschen zugeführt. Der Fülldruck der Flaschen beträgt typischerweise 200 oder 300 bar. Da bei Pressluftatmern beim Einatmen ein geringer Unterdruck in der Maske (erlaubt sind nur Vollmasken) erzeugt wird, können Schadgase bei einer Leckage in die Atemluft gelangen. Zur Vermeidung von Verwechslungen unterscheiden sich die Atemluftanschlüsse von Pressluftatmern mit Überdruck und Normaldruck. In der DIN EN 137 sind die grundlegenden Anforderungen festgelegt.

Der Einsatzbereich von Pressluftatmern mit Überdruck ist nur durch den begrenzten Atemluftvorrat eingeschränkt. Konzentrationsgrenzen müssen bei gut gewarteten Geräten nicht beachtet werden, d. h. sie können grundsätzlich bei allen Schadstoffkonzentrationen benutzt werden. Die Gebrauchsdauer der Pressluftatmer schwankt in Abhängigkeit von der physischen (Schwere der Arbeit) und der psychischen Belastung stark. Als Anhaltspunkt dient für eine Atemluftflasche mit 1600 l Atemluft eine Gebrauchsdauer von 20 bis 50 min. Größere Atemluftflaschen werden in speziellen Tragegestellen auf dem Rücken getragen, kleinere Flaschen können entweder am Gürtel befestigt oder einfach umgehängt werden. Aufgrund des hohen Atemwiderstandes und der körperlichen Belastung dürfen Pressluftatmer nur eingesetzt werden, wenn eine Tauglichkeit gemäß dem arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungsgrundsatz G26-3 vorliegt. Aufgrund der hohen Anforderungen sind diese Geräte für den normalen Betriebseinsatz nur in Ausnahmefällen sinnvoll und üblicherweise den Rettungskräften vorbehalten.

6.4.2.3 Regenerationsgeräte

Im Gegensatz zu den Pressluftatmern wird bei den Regenerationsgeräten die Ausatemluft nicht an die Umgebung abgegeben, sondern wieder regeneriert. Hierzu wird das *Kohlendioxid* der Ausatemluft gebunden und der verbrauchte Sauerstoff aus einem Vorrat wieder auf mindestens 21 Vol.-% ergänzt. Der hierzu benötigte Sauerstoff wird bei den

- Sauerstoffschutzgeräten einem Vorrat von Drucksauerstoff,
- Chemikaliensauerstoffgeräten chemisch gebundenem Sauerstoff und
- Flüssigsauerstoffgeräten einer Patrone mit flüssigem Sauerstoff

entnommen. In Abhängigkeit vom Sauerstoffvorrat und dem *Kohlendioxid*-Abscheidevermögen sind Geräte mit einer Gebrauchsdauer von 15 Minuten bis zu mehreren Stunden verfügbar. Die Gerätegewichte schwanken aus den vorgenannten Gründen zwischen 2 und 16 kg. Bedingt durch die Abscheidung des *Kohlendioxids* steigt die Temperatur der regenerierten Einatemluft auf bis zu 45 °C an.

Bei den **Regenerationsgeräten mit Drucksauerstoff (Sauerstoffschutzgeräten)** wird das *Kohlendioxid* der Ausatemluft in der Regenerationspatrone chemisch gebunden. Die gereinigte Ausatemluft strömt anschließend in den Atembeutel, wo der verbrauchte Sauerstoff der Sauerstoffflasche ersetzt wird. Die im Handel erhältlichen Geräte besitzen Druckgasflaschen mit 0,5–2 l Volumen bei einem Fülldruck von meist 200 bar. Somit steht ein Sauerstoffvorrat von 100–400 l zur Verfügung. Die hieraus resultierenden Einsatzzeiten können Tabelle 6.23 entnommen werden. Sie übersteigen, insbesondere die Vier-Stunden-Geräte, bei Weitem die der Pressluftgeräte. Das maximale Gerätegewicht beträgt bei voller Sauerstoffflasche 16 kg. Regenerationsgeräte mit Drucksauerstoff sind entweder mit Vollmaske oder mit Mundstückgarnitur versehen, detaillierte Anforderungen sind in DIN EN 145 geregelt.

Tabelle 6.23 Einsatzzeiten von Sauerstoffschutzgeräten.

Geräteklasse	Mindestsauerstoffvorrat
Stunden-Gerät	150 l
2-Stunden-Gerät	240 l
4-Stunden-Gerät	360 l

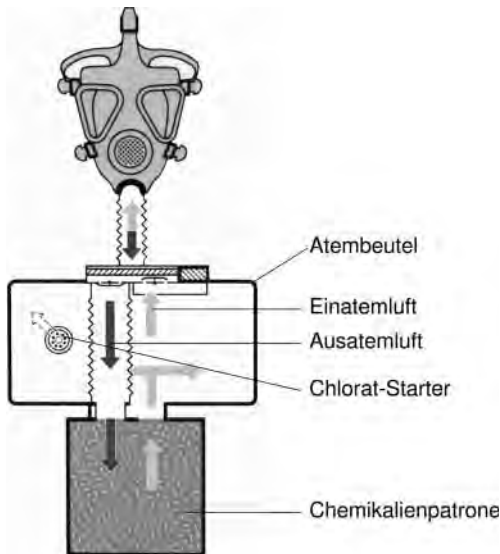


Abb. 6.27 Aufbau von Chemikaliensauerstoffgeräten

Regenerationsgeräte mit chemisch gebundenem Sauerstoff (Chemikaliensauerstoffgeräte) unterscheiden sich im Aufbau und in der Wirkungsweise nicht grundsätzlich von den Sauerstoffschutzgeräten (siehe Abbildung 6.27). Der zusätzlich benötigte Atemsauerstoff wird aus einer Chemikalienpatrone freigesetzt. Bei den heute üblichen Geräten wird in den Chemikalienpatronen das *Kohlendioxid* der Ausatemluft von Kaliumhyperoxid (KO_2) unter gleichzeitiger Freisetzung von Sauerstoff gebunden. Zur ausreichenden Sauerstoffversorgung in der Anfangsphase besitzen diese Geräte noch einen sogenannten Chlorat-Starter, der vor Beginn der Beatmung ausgelöst werden muss.

6.4.3

Atemschutzgeräte für Selbstrettung

Atemschutzgeräte für die Selbstrettung werden im üblichen Betriebsalltag als **Selbstretter** oder **Fluchtgeräte** bezeichnet. Aus dieser Namensgebung ist ersichtlich, dass sie nur zur Flucht aus dem Gefahrenbereich eingesetzt werden dürfen. Hierbei können noch schnelle gefahrmindernde Tätigkeiten, wie z. B. das Bedienen von Ventilen, Pumpen oder sonstigen Apparaten, ausgeführt werden, wenn damit keine Erhöhung der Gefahr für den Flüchtenden verbunden ist. Die Benutzung von Fluchtgeräten anstelle von Isoliergeräten zur Durchführung von Rettungsmaßnahmen ist nicht zulässig.

Im Gefahrfall müssen Fluchtfilter leicht erreichbar sein, bei besonderen Gefahrensituationen ist das permanente Mitführen notwendig, z. B. in Phosgen verarbeitenden Betrieben. Zur mehrjährigen gebrauchssicheren Aufbewahrung werden sie luftdicht verpackt, im Gefahrfall muss die Schutzhülle schnell entfernt werden können.

Da Fluchtgeräte im Gefahrfall ohne unnötige Zeitverzögerung aufgesetzt werden müssen, sollte das korrekte Aufsetzen regelmäßig geübt werden. Hierfür stellen die meisten Hersteller geeignete Übungsgeräte zur Verfügung. Im Ernstfall kann

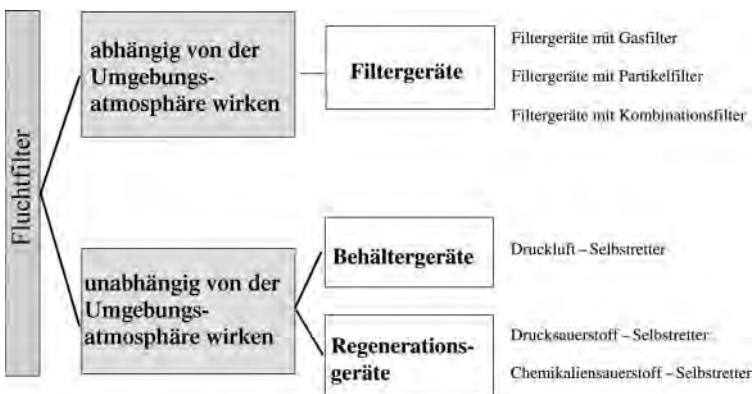


Abb. 6.28 Atemschutzgeräte für Selbstrettung

die schnelle Benutzung entscheidender als das Rückhaltevermögen eines Geräts sein. Die Fluchtgeräte sind aufgrund der Konzentration der im Gefahrfall zu erwartenden Schadgase auszuwählen. Analog den Atemschutzgeräten für Arbeit und Rettung unterscheidet man bei den Fluchtgeräten zwischen Filtergeräten und Isoliergeräten (siehe Abbildung 6.28).

6.4.3.1 Filtergeräte für Selbstretter

Geräte mit Mundstückgarnitur als Atemanschluss zählen zu den am weitesten verbreiteten **Fluchtfiltern**. Als Filter sind sowohl Gas-, Partikel- als auch Kombinationsfilter im Einsatz. Für bekannte Schadgase stehen Spezialfilter zur Verfügung. Mundstückgarnituren können problemlos außerdem von Barträgern benutzt werden. Hierbei muss durch das Mundstück eingeatmet werden, die Nase wird daher mittels Nasenklemme zur Verhinderung der gewohnten Nasenatmung verschlossen. Während der Benutzung darf keinesfalls gesprochen werden, sonst werden unwillkürlich Schadgase eingeatmet. Abbildung 6.29a zeigt einen typischen Fluchtfilter, der nicht bei Sauerstoffmangel benutzt werden darf! Für die Einsatzbedingungen gelten die gleichen Einschränkungen wie in Abschnitt 6.4.1 ausgeführt. Als Filter werden meist Kombinationsfilter verwendet.

Fluchthauben, ausgestattet mit einem Kombinationsfilter, bieten zusätzlich Schutz von Kopf und Schulter. Als Nachteil ist zu vermerken, dass aufgrund der geringen Dichtheit mehr Fremdluft eingeatmet wird und sie somit nur bei niedrigeren Schadstoffkonzentrationen benutzt werden dürfen. Die größeren Geräteabmessungen erlauben ferner nicht das permanente Mitführen der Fluchthauben. Bei Verwendung eines Filters mit Schutz gegen *Kohlenmonoxid* bieten **Brandfluchthauben** einen Schutz für ca. 15 Minuten (siehe Abbildung 6.29c).

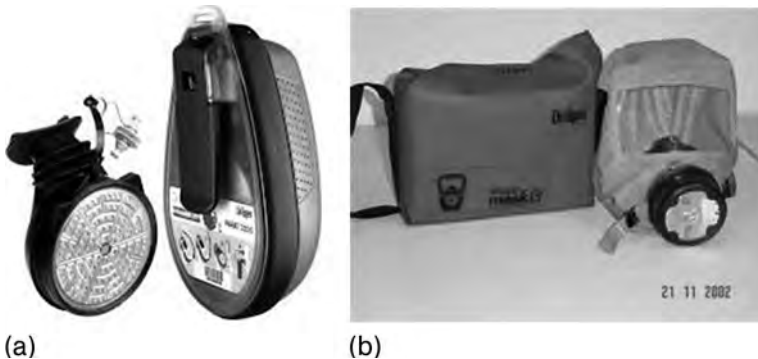


Abb. 6.29 Filtergeräte für Selbstretter: a) Fluchtfilter, b) Brandschutzhaube

6.4.3.2 Isoliergeräte für Selbstretter

Isoliergeräte für die Selbstrettung werden in

- Behältergeräte mit Druckluft, sogenannte Druckluft-Selbstretter,
- Regenerationsgeräte mit Drucksauerstoff, Drucksauerstoff-Selbstretter, und in
- Regenerationsgeräte mit Chemikaliensauerstoff, kurz Chemikaliensauerstoff-Selbstretter

unterteilt. Meist werden diese Geräte mit einer Vollmaske oder einer Mundstückgarnitur verwendet.

Der Atemluftvorrat dieser Geräte von 200–300 l erlaubt lediglich Einsatzzeiten von ca. 5 bis 10 Minuten. Da das Gerätegewicht der Druckluftselbstretter unter 5 kg liegt, ist keine Vorsorgeuntersuchung gemäß G 26, 3 notwendig.

Der Aufbau und die Wirkungsweise dieser Geräte unterscheiden sich nicht grundsätzlich von den Sauerstoffschutzgeräten: Das *Kohlendioxid* der Ausatemluft wird mittels Regenerationspatrone chemisch gebunden, der Sauerstoffgehalt der Einatemluft wird durch die Sauerstoffflasche wieder auf über 21 % aufgefüllt. Drucksauerstoffselbstretter stehen für Nenngebrauchszeiten von 5 bis 30 Minuten bei Gerätegewichten von 3–6 kg zur Verfügung. Für längere Einsatzzeiten sind SpezialfluchtfILTER erhältlich.

Chemikaliensauerstoff-Selbstretter werden auf der Basis von

- *Kaliumhyperoxid* (KO_2) und
- *Natriumchlorat* (NaClO_3)



Abb. 6.30 Sauerstoff-Selbstretter

hergestellt. Die grundsätzliche Funktionsweise der Chemikaliensauerstoff-Selbstretter unterscheidet sich nicht von den Chemikaliensauerstoffgeräten (siehe Abschnitt 6.4.2.3). Die Nenngebrauchszeiten betragen 5–30 min, Geräte mit längeren Gebrauchszeiten sind ebenfalls erhältlich. Grundlegende Anforderungen an Isoliergeräte für die Selbstrettung sind in DIN EN 13794 und DIN EN 1146 festgelegt. Abbildung 6.30 zeigt einen Sauerstoffselbstretter in verpacktem und geöffnetem Zustand.

Als Hilfe zur Auswahl des richtigen Atemschutzgeräts bei bekannter Schadgaskonzentration kann Abbildung 6.31 dienen.

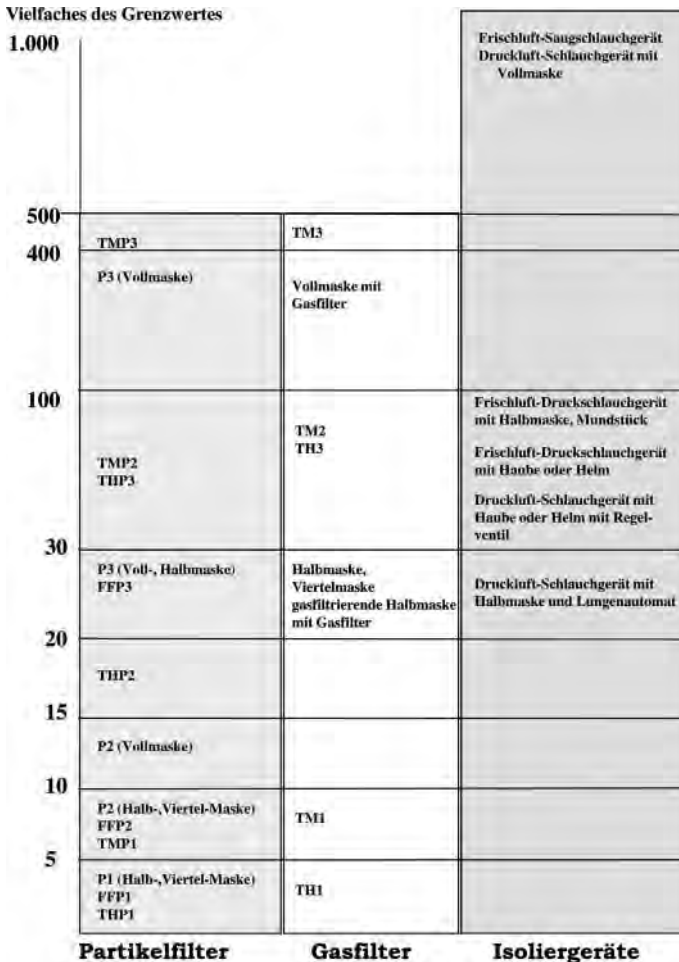


Abb. 6.31 Einsatzbereiche der verschiedenen Atemschutzgeräte

7

Lagerung von Gefahrstoffen und Tätigkeiten mit ortsbeweglichen Druckgasbehältern

Die Lagerung von Gefahrstoffen ist für einen gefahrlosen Umgang von großer Bedeutung. Bei unsachgemäßer Lagerung können Gefährdungen für das Lagerpersonal, Brand, Stofffreisetzungen und Umweltgefahren resultieren. Mehrere Schadensereignisse wie der Lagerhallenbrand 1986 in Schweizerhalle bei Sandoz oder der Tanklagerbrand von 20 Treibstofftanks 2005 in Hemel Hempstead in der Nähe von London, der letzten Jahre zeigen die Risiken, die bei nicht sachgemäßer bzw. fahrlässiger Lagerung zu befürchten sind.

Neben der Gefahrstoffverordnung enthalten mehrere weitere Gesetze und Verordnungen Lagerrichtlinien. Die wichtigsten Regelungen sind:

- die Gefahrstoffverordnung [1],
- die Betriebssicherheitsverordnung [2],
- die Störfallverordnung [3] und
- das Wasserhaushaltsgesetz [4].

Während die Regelungen der Gefahrstoffverordnung allgemein gültig sind, gelten die Vorschriften der **Betriebssicherheitsverordnung** [2] erst ab einer Lagerkapazität ab 10 m³ brennbarer Flüssigkeiten. Flüssigkeiten gelten als brennbar, wenn sie gemäß den Einstufungskriterien der Stoffrichtlinie 67/548/EWG [5] als entzündlich, leichtentzündlich oder hochentzündlich eingestuft sind; die Umstellung auf die Einstufungskriterien der CLP-Verordnung [6] sind zurzeit noch nicht erfolgt.

Die Vorschriften der Störfallverordnung [3] sind in Abschnitt 5.7.4 beschrieben. Die Regelungen für wassergefährdende Stoffe sind im Wasserhaushaltsgesetz [4] festgelegt, eine Übersicht findet sich in Abschnitt 5.8. Weitere Spezialvorschriften zur Lagerung bestimmter Stoffe finden sich

- für Ammoniumnitrat und ammoniumnitrathaltige Düngemittel im Anhang V der Gefahrstoffverordnung [1] sowie in der TRGS 511 [7],
- für organische Peroxide in BGV B4 „Organische Peroxide“ [8] sowie
- für Sprengstoffe im Sprengstoffgesetz [9].

Die zurzeit noch geltende Unfallverhütungsvorschrift Gase [10] sowie die zahlreichen technischen Regeln Druckgase (TRG) werden in einer gemeinsamen Projekt-

gruppe des Ausschusses für Gefahrstoffe (AGS) sowie des Ausschusses für Betriebssicherheit (ABS) in ein neues Regelwerk überführt. Bis zu dessen Verabschiedung stellen diese weiterhin den Stand von Wissenschaft und Technik dar.

Gemäß dem Vermutungsprinzip der technischen Regeln für Gefahrstoffe kann bei Einhaltung der TRGS 510 davon ausgegangen werden, dass die Forderungen der Gefahrstoffverordnung zur sicheren Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern erfüllt sind. Da das Wasserhaushaltsgesetz als Umweltschutzvorschrift eine eigene Gesetzesmaterie darstellt, werden deren Anforderungen nicht in der TRGS umgesetzt; sie werden daher auch im Rahmen dieses Buches nicht weiter behandelt. Insbesondere beim Umschlag und bei der Lagerung wassergefährdender Flüssigkeiten müssen diese zusätzlich beachtet werden.

Gemäß § 8 Abs. 4 und 5 Gefahrstoffverordnung sind bei der Lagerung von Gefahrstoffen, unabhängig ihrer Stoffeigenschaften, folgende Grundmaßnahmen zu beachten:

(4) „Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass durch Verwendung verschließbarer Behälter eine sichere Lagerung, Handhabung und Beförderung von Gefahrstoffen auch bei der Abfallentsorgung gewährleistet ist“.

(5) „Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Gefahrstoffe so aufbewahrt oder gelagert werden, dass sie weder die menschliche Gesundheit noch die Umwelt gefährden. Er hat dabei wirksame Vorkehrungen zu treffen, um Missbrauch oder Fehlgebrauch zu verhindern. Insbesondere dürfen Gefahrstoffe nicht in solchen Behältern aufbewahrt oder gelagert werden, durch deren Form oder Bezeichnung der Inhalt mit Lebensmitteln verwechselt werden kann. Sie dürfen nur übersichtlich geordnet und nicht in unmittelbarer Nähe von Arznei-, Lebens- oder Futtermitteln, einschließlich deren Zusatzstoffe, aufbewahrt oder gelagert werden. Bei der Aufbewahrung zur Abgabe oder zur sofortigen Verwendung muss eine Kennzeichnung nach Abs. 2 deutlich sichtbar und lesbar angebracht sein“.

Ergänzend ist für Stoffe, die mit T+ oder T gekennzeichnet sind, nach § 8 Abs. 7 zu beachten:

§ 8 (7): „Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass als giftig, sehr giftig, krebserzeugend Kategorie 1 oder 2, erbgutverändernd Kategorie 1 oder 2 oder fortpflanzungsgefährdend Kategorie 1 oder 2 eingestufte Stoffe und Zubereitungen unter Verschluss oder so aufbewahrt oder gelagert werden, dass nur fachkundige und zuverlässige Personen Zugang haben. Tätigkeiten mit diesen Stoffen und Zubereitungen sowie mit atemwegssensibilisierenden Stoffen und Zubereitungen dürfen nur von fachkundigen oder besonders unterwiesenen Personen ausgeführt werden. Die Sätze 1 und 2 gelten nicht für Kraftstoffe an Tankstellen.“

Die Konkretisierung der vorgenannten Vorschriften erfolgt für die Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern in der TRGS 510 [11] sowie für die Lagerung in stationären Anlagen, einschließlich der Befüll- und Entleervorgänge, im Rahmen der TRGS 509 [12]. TRGS 509 und 510 regeln die Lagerung von allen Gefahrstoffeigenschaften. Die Lagerung von Gasen in stationären Anlagen wird zurzeit neu geregelt; zum Zeitpunkt der Drucklegung liegt noch kein verabschiedungsreifer Entwurf vor. Bis zum Inkrafttreten der neuen Vorschriften gelten die bisherigen Vorschriften als Stand von Wissenschaft und Technik weiter, auch wenn keine dezidierte gesetzliche Grundlage vorhanden ist.

7.1

Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern

7.1.1

Anwendungsbereich und Aufbau der TRGS

Die Vorschriften zur Lagerung von Gefahrstoffen wurden mit der TRGS 510 [11] und 509 umfassend neu geregelt. Im Gegensatz zu TRGS 509 enthält TRGS 510 zusätzlich Vorschriften zur Lagerung von Gasen.

TRGS 510 gilt nicht oder nur eingeschränkt für

- explosionsgefährliche Stoffe und Gemische, soweit sie unter die Vorschriften des Sprengstoffgesetzes fallen,
- Ammoniumnitrat und ammoniumhaltige Düngemittel, die in Anhang I Nr. 5 der Gefahrstoffverordnung sowie in TRGS 511 [7] geregelt sind,
- organische Peroxide, soweit diese unter den Anwendungsbereich der BGV B4 fallen, mit Ausnahme der allgemeinen Lagervorschriften von Nr. 3 und 4 der TRGS,
- Schüttgüter in loser Schüttung und
- radioaktive Stoffe, die dem Atomgesetz bzw. der Strahlenschutzverordnung unterliegen, sowie ansteckungsgefährliche Stoffe.

Die TRGS 510 regelt ausschließlich das sogenannte passive Lagern. Werden

- Umfüllarbeiten,
- Produktentnahme,
- Probenahme,
- Reinigungsarbeiten,
- Wartungsarbeiten oder
- Instandhaltungsarbeiten

durchgeführt, sind diese separat nach TRGS 400 [13] zu beurteilen und die Schutzmaßnahmen entsprechend festzulegen. Die Vermutungswirkung kann für diese Tätigkeiten nicht in Anspruch genommen werden. Desgleichen gilt die

Anwendungsbereich	
➔	Lagerung von Gefahrstoffen in <u>ortsbeweglichen</u> Behältern
➔	ohne weitere Tätigkeiten (passive Lagerung).
Die TRGS gilt nicht für:	
⇒	stationäre Behälter
⇒	Schüttgüter
⇒	zusätzliche Regelungen gelten für:
	- explosionsgefährliche Stoffe
	- Sprengstoffe
	- organische Peroxide
	- radioaktive Stoffe
⇒	Umfüllarbeiten
⇒	Produktennahme
⇒	Probenahme
⇒	Reinigung von Behältern
⇒	Wartungsarbeiten
⇒	Instandhaltungsarbeiten
⇒	Stoffe im Produktionsgang

Abb. 7.1 Anwendungsbereich TRGS 510

TRGS nicht bei der Verwendung von Stoffen im Produktionsgang. Abbildung 7.1 fasst den Anwendungsbereich zusammen.

Als Lager gelten Gebäude, Bereiche oder Räume in Gebäuden oder Bereiche im Freien, die dazu bestimmt sind, in ihnen Gefahrstoffe zu lagern. Hierzu zählen auch Container oder Schränke. Ein Lagerabschnitt ist der Teil eines Lagers, der von anderen Lagerabschnitten oder angrenzenden Räumen

- in Gebäuden durch Wände und Decken, die die sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllen, oder
- im Freien durch entsprechende Abstände oder durch Wände getrennt ist.

Unabhängig des Lagervolumens gelten Behälter als ortsbeweglich, die nicht mit dem Boden fest verbunden sind, und entweder manuell oder mit technischen Hilfsmitteln bewegt werden, wie z. B. Fässer, IBCs, Aerosolpackungen, Druckgaskartuschen, Tankcontainer, Tankfahrzeuge oder Eisenbahnkesselwagen. Abbildung 7.2 zeigt exemplarisch einige Beispiele typischer ortsbeweglicher Behälter.

Lagergüter werden zusammen gelagert, wenn sie sich in einem Lagerabschnitt, Container, Sicherheitsschrank oder Auffangraum befinden.

Im Gegensatz zu den bisherigen Regelungen der TRGS 514, TRGS 515 oder TRbF 20 ist die TRGS 510 grundsätzlich für alle Gefahrstoffe anzuwenden. In Abhängigkeit der Eigenschaften der gelagerten Produkte sind abgestuft zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen. Die bisher geltenden, materiellen Anforderungen bei der Lagerung von

- Gefahrstoffen, die mit dem Gefahrensymbol T oder T+ gekennzeichnet sind (giftig, sehr giftig, krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend – jeweils Kategorie 1 oder 2) nach der bisherigen TRGS 514,
- brandfördernden Gefahrstoffen nach der außer Kraft gesetzten TRGS 515,



Abb. 7.2 Beispiele ortsbeweglicher Behälter

- brennbaren Flüssigkeiten (entzündlich, leichtentzündlich, hochentzündlich) nach der früheren TRbF 20,
- Gasen nach den technischen Regeln Gase sowie
- Druckgaskartuschen oder Druckgas-aerosole

wurden ohne grundlegende Änderungen übernommen.

Während die Grundmaßnahmen generell zu beachten sind, gelten in Abhängigkeit der Stoffeigenschaften abgestufte Maßnahmen mit zunehmenden Lagermengen für spezielle Stoffeigenschaften siehe Tabelle 7.1.

Gemäß den Vorgaben der Gefahrstoffverordnung beschreibt Nummer 3 die bei der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigenden Kriterien und Einflussfaktoren. Bei Einhaltung der Vorgaben der TRGS darf gemäß dem Vermutungsprinzip der technischen Regeln davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen der Verordnung erfüllt sind; die eigene Gefährdungsbeurteilung kann auf die Überprüfung der Einhaltung der TRGS reduziert werden.

Die Schutzmaßnahmen sind stufenweise aufgebaut:

- allgemeine Maßnahmen der Nummern 3 und 4 sind stets zu beachten und geben grundlegende Regeln zur sicheren Lagerung wieder,
- zusätzliche Schutzmaßnahmen nach Nummer 5 für akut und chronisch toxische, oxidierende und entzündbare Gefahrstoffe,

- Brandschutzmaßnahmen nach Nummer 6 sind grundsätzlich zu beachten,
- Zusammenlagerungsverbote und -beschränkungen nach Nummer 7,
- Lagerung von Gefahrstoffen mit speziellen Eigenschaften gemäß
 - Nr. 8 für akut toxische Flüssigkeiten und Feststoffe,
 - Nr. 9 für oxidierende Flüssigkeiten und Feststoffe,
 - Nr. 10 für Gase unter Druck,
 - Nr. 11 für Aerosole in Aerosolpackungen und Druckgaskartuschen und
 - Nr. 12 für entzündbare Flüssigkeiten.

Die allgemeingültigen Grundmaßnahmen sind in Nummer 4.1 zusammengefasst, Nummer 4.2 beschreibt zusätzliche Schutzmaßnahmen für spezielle Gefahrstoffeigenschaften, die in Kleinmengen gelagert werden. Die für größere Lagermengen geltenden Maßnahmen sind in Nummer 4.3 dargestellt, ohne dass bereits die erweiterten Maßnahmen für die speziellen Stoffeigenschaften der Nummern 8 bis 12 notwendig sind.

Tabelle 7.1 gibt den Anwendungsbereich der verschiedenen Bereiche der TRGS wieder.

Anlage 1 listet Kriterien auf, die bei der Gefährdungsbeurteilung zu beachten sind, und stellt eine konkrete Hilfestellung dar.

In **Anlage 2** wurden die bisher bereits geltenden spezifischen Vorschriften bei der Lagerung von entzündbaren Gefahrstoffen in Wohnhäusern und Verkaufsräumen ohne relevante Änderungen übernommen.

Die Vorschriften zur Lagerung in Sicherheitsschränken wurden von Anlage L der TRbF 20 in **Anlage 3** überführt.

Der Leitfaden zur Festlegung der für das Zusammenlagerungskonzept benötigten Lagerklassen ist in **Anlage 4** dargestellt.

Die spezifischen Explosionsschutzmaßnahmen bei der Lagerung entzündbarer Gefahrstoffe sind in **Anlage 5** in Anlehnung an die Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung zusammengefasst.

Anlage 6 soll eine Liste von besonders reaktionsfähigen und oxidierenden Stoffen erhalten, für die die gleichen Maßnahmen wie für die oxidierenden Stoffe der Kategorie 1 gelten, obwohl sie gemäß den Kriterien der CLP-Verordnung in Kategorie 2 eingestuft sind.

Die Einstufungskriterien von TRGS 510 als auch von TRGS 509 nehmen Bezug sowohl auf die CLP-Verordnung [6] als auch auf die Stoffrichtlinie [5]. Nach Ablauf der Übergangsvorschriften der Stoffrichtlinie sind daher keine inhaltlichen Änderungen notwendig, im Interesse flexibler Vorschriften kann bis zum Ablauf der Übergangsvorschriften der Anwender zwischen beiden Einstufungsgrundsätzen wählen.

Abbildung 7.1 Anwendungsbereich der verschiedenen Nummern der TRGS 510.

Gefährdung / Eigenschaft	H-Sätze nach CLP-VO	R-Sätze nach EG-RL	außerhalb von Lager und Nr. 4.2	Zusätzliche und besondere Schutzmaßnahmen
Gefahrstoffe			soweit nicht genannt: bis 1.000 kg bis 50 kg	Nr. 4.3 ab 1.000 kg, Nr. 7 ab 200 kg
akut toxisch	H300, H301, H310, H311, H330 oder H331 ¹⁾	R23 bis R28	bis 50 kg	Nr. 5 und Nr. 8 jeweils > 200 kg
krebserregend, keimzellmutagen, reproduktionstoxisch	H340, H350, H350i, H360	R45, R49, R46, R60, R61	bis 50 kg	Nr. 5 > 200 kg
mit anderen besonderen toxischen Eigenschaften	H370, H372	R39/23 bis R39/28, R48/23 bis R48/28	bis 50 kg	Nr. 5 > 200 kg
sehr leicht entzündbar, leicht entzündbar, oxidierend	H224, H225 H226 ⁴⁾ H271 Kat. 1 H271, H272	R11, R12 R10 R8, R9	bis 20 kg bis 100 kg bis 1 kg bis 50 kg	Nr. 5, Nr. 6 und Nr. 12 jeweils ab 200 kg Nr. 5, Nr. 6 und Nr. 12 jeweils ab 1.000 kg Nr. 5 u. Nr. 9 jeweils ab 5 kg Nr. 5 u. Nr. 9 jeweils ab 200 kg
in Druckgasbehältern	H280, H281 H220, H221 H270	- R12 R8	bis 2,5 l bis 2,5 l bis 2,5 l	Nr. 10 ab 2,5 l Nr. 5 ab 200 kg, Nr. 10 ab 2,5 l Nr. 5 ab 200 kg, Nr. 10 ab 2,5 l
in Aerosol- / Druckgaskartuschen	H220, H221 ²⁾ H222, H223 ³⁾	R12 -	bis 20 kg bis 20 kg	Nr. 6 ab 200 kg, Nr. 11 ab 20 kg Nr. 6 ab 200 kg, Nr. 11 ab 20 kg
Gefahrstoffe, die erfahrungsgemäß nicht entzündbar sind	H250 H260, H261	R17 R15	bis 200 kg bis 200 kg	Nr. 5 und Nr. 6 ab 200 kg Nr. 6 ab 200 kg
entzündbare Flüssigkeiten ⁵⁾	LGK 10		bis 1.000 kg	Nr. 6 ab 1.000 kg

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung kann der Arbeitgeber diejenigen Stoffe und Gemische, die nicht als giftig oder sehr giftig im Sinne der Richtlinie 609/EEC einzustufen sind, für die Festlegung von Schutzmaßnahmen für akut toxische Stoffe außer Betracht lassen.
Diese Regelungen gelten auch für nicht gekennzeichnete Aerosolpackungen und Druckgaskartuschen.
Zusätzlich sind die Anlagen 2, 3 und 5 zu beachten.
Bei der ausschließlichen Lagerung entzündbarer Flüssigkeiten mit Flammpunkt > 55 °C müssen die Vorschriften nicht beachtet werden.
Soweit keiner der aufgeführten H- oder R-Sätze zutrifft.

7.1.2

Gefährdungsbeurteilung

Bei der Gefährdungsbeurteilung sind zu berücksichtigen:

- Eigenschaften und Aggregatzustand der gelagerten Gefahrstoffe,
- Menge der gelagerten Gefahrstoffe,
- Art der Lagerung,
- Tätigkeiten,
- Zusammenlagerung von Gefahrstoffen sowie
- Arbeits- und Umgebungsbedingungen, insbesondere Bauweise des Lagers, Raumgröße, klimatische Verhältnisse, äußere Einwirkungen und Lagerdauer.

In Anlage 1 der TRGS sind weitere Punkte aufgeführt, die bei der Gefährdungsbeurteilung von Bedeutung sein können. Insbesondere sind Tätigkeiten zu berücksichtigen, aus denen eine Gefährdung der Beschäftigten entstehen kann, wie z. B. beim Ein- und Auslagern oder Transport innerhalb des Lagers.

Bei ausschließlicher passiver Lagerung muss keine eigene Gefährdungsbeurteilung durchgeführt werden, wenn die Maßnahmen der TRGS eingehalten sind. Im Rahmen der Dokumentation ist dies schriftlich festzuhalten.

7.1.3

Grundlegende Maßnahmen bei der Lagerung von Gefahrstoffen

Gemäß dem allgemeinen Prinzip der Gefahrstoffverordnung ist die Gefährdung der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten und anderer Personen sowie der Umwelt durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen oder auf ein Minimum zu reduzieren.

Im Gefahrstofflager muss ein Gefahrstoffverzeichnis gemäß § 6 Abs. 10 Gefahrstoffverordnung geführt werden, nähere Ausführungen sind Abschnitt 5.2.3 zu entnehmen. Das Verzeichnis sollte möglichst außerhalb des Lagers mit Angabe der Lagerklassen und der dazugehörigen Lagermenge aufbewahrt werden.

Gefahrstoffe sind in geschlossenen Verpackungen oder Behältern, möglichst in Originalverpackungen oder Originalbehältern, zu lagern. Werden keine gefahrtrechtlich zugelassenen Verpackungen und Behälter verwendet, ist sicherzustellen, dass diese geeignet sind, und nichts ungewollt austreten kann.

Gefahrstoffe dürfen nicht in Behältern aufbewahrt werden, durch deren Form oder Bezeichnung der Inhalt mit Lebensmitteln verwechselt werden kann.

Gemäß Gefahrstoffverordnung dürfen Gefahrstoffe nicht in unmittelbarer Nähe von Arzneimitteln, Lebens- oder Futtermitteln einschließlich deren Zusatzstoffe, Kosmetika und Genussmitteln aufbewahrt oder gelagert werden. Akut toxische Gefahrstoffe der Kategorie 1, 2 und 3 (sehr giftig oder giftig nach Stoffrichtlinie) sowie karzinogene, keimzellmutagene und reproduktionstoxische Stoffe der Kategorie 1A oder 1B nach CLP-Verordnung dürfen in Umsetzung dieser Forderung nicht im selben Raum aufbewahrt oder gelagert werden. Ist bei allen anderen

Gefahrstoffen die separate Lagerung in einem getrennten Raum nicht möglich oder zumutbar, müssen diese zumindest durch einen horizontalen Abstand größer 2 m getrennt sein.

Die Lagerung von Gefahrstoffen ist nicht zulässig an Orten, die eine zusätzliche Gefährdung auslösen, siehe Abbildung 7.3, wie z. B.

- Verkehrswege, beispielsweise Treppenträume, Flucht- und Rettungswege, Durchgänge, Durchfahrten und enge Höfe sowie
- Pausen-, Bereitschafts-, Sanitär-, Sanitätsräume oder Tagesunterkünfte.

Extrem entzündbare (H224), leicht entzündbare (H225) und entzündbare (H226) Flüssigkeiten (bzw. R12, R11, R10 nach Stoff-RL) dürfen außerhalb von Lagern in

- zerbrechlichen Behältern bis maximal 2,5 l Fassungsvermögen je Behälter,
- in nicht zerbrechlichen Behältern bis maximal 10 l Fassungsvermögen je Behälter

gelagert werden, sofern die Gefährdungsbeurteilung keine erhöhte Brandgefahr ergibt. Die Gesamtlagermenge an extrem- und leichtentzündbaren Flüssigkeiten darf 20 l nicht übersteigen, dabei dürfen maximal 10 Liter extrem entzündbare Flüssigkeit enthalten sein. Die Lagerung entzündbarer Flüssigkeiten in Sicherheitsschränken nach Anlage 3 der TRGS wird empfohlen.

➔ **Gefahrstoffe dürfen grundsätzlich nicht gelagert werden in**

- ⇨ Treppenträumen,
Fluren,
Flucht- und Rettungswegen
sowie in



- ⇨ Pausen-, Bereitschaftsräumen
Sanitär-,
Sanitätsräumen,
Tagesunterkünften.



Abb. 7.3 Nicht zulässige Lagerorte

Behälter mit flüssigen Gefahrstoffen müssen in eine Auffangeinrichtung eingestellt werden, die mindestens den Rauminhalt des größten Gebindes aufnehmen kann, in Abbildung 7.4 sind einige Praxisbeispiele abgebildet. Kann eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nicht ausgeschlossen werden, müssen auch die Auffangeinrichtungen elektrostatisch ableitfähig sein.

Die Lagerung in Arbeitsräumen ist nur zulässig, wenn in der Gefährdungsbeurteilung (hierfür ist eine separate Beurteilung notwendig) festgestellt wurde, dass dadurch keine zusätzliche Gefährdung besteht; ggf. sind zusätzliche Schutzeinrichtungen notwendig. In Produktionsbetrieben ist die Lagerung von Gefahrstoffen nicht zulässig; den Tagesbedarf übersteigende Stoffmengen sollten in einem separaten Lager bereitgehalten werden.

Gefüllte Aerosolpackungen und Druckgaskartuschen dürfen nicht einer Erwärmung von mehr als 50 °C durch Sonnenbestrahlung oder andere Wärmequellen ausgesetzt werden.

Müssen Druckgaskartuschen mit brennbaren Inhaltsstoffen mit angeschlossener Entnahmeeinrichtung gelagert werden, sind wegen möglicher Undichtigkeiten an den Anschlüssen zusätzliche Schutzmaßnahmen zur Vermeidung einer explosionsfähigen Atmosphäre notwendig, z. B. durch wirksame Lüftungsöffnungen von mindestens 100 cm².

→ Gefahrstoffe sind

- ⇒ übersichtlich geordnet,
- ⇒ in geschlossenen Gebinden,
- ⇒ dass freiwerdende Stoffe erkannt und beseitigt werden können
- zu lagern!



→ Gefahrstofflager sind in ordnungsgemäßem Zustand zu halten,

- von den Beschäftigten zu beachtende Maßnahmen sind in der Betriebsanweisung festzulegen.



Abb. 7.4 Maßnahmen zur sicheren Lagerung von Gefahrstoffen

7.1.4

Grundlegende Schutzmaßnahmen in Gefahrstofflagern

Bei Überschreitung der folgender Mengen:

- Gase in Druckgasbehältern mit einem Nennvolumen ab 2,5 Liter,
- brennbare Flüssigkeiten,
 - 20 kg extrem und leicht entzündbare Flüssigkeiten, davon nicht mehr als 10 l extrem entzündbare Flüssigkeiten,
 - 100 kg entzündbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt bis 55 °C,
 - 1.000 kg brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt größer 55 °C,
- 20 kg Gase in Druckgaskartuschen,
- 20 kg Aerosolpackungen (Nettomasse),
- 50 kg Gefahrstoffe, die eingestuft sind als akut toxisch Kat. 1, 2 oder 3 oder STOT Kat. 1 oder karzinogen, keimzellmutagen, reproduktionstoxisch jeweils Kat. 1A oder 1B,
- 1 kg oxidierende Gefahrstoffe Kat. 1 sowie die in Anlage 6 aufgeführten Gefahrstoffe,
- 50 kg oxidierende Gefahrstoffe Kat. 2 oder 3, sofern diese nicht in Anlage 6 aufgeführt sind,
- 200 kg pyrophore Gefahrstoffe, gekennzeichnet mit H250,
- 200 kg Gefahrstoffe, die mit Wasser entzündbare Gase freisetzen (H260, H261) sowie
- 1.000 kg Nettolagermasse für Gefahrstoffe, die keine der vorgenannten Eigenschaften besitzen,

müssen Gefahrstoffe in einem separaten Lager aufbewahrt werden, das die unten aufgeführten Anforderungen erfüllt. Die besonderen sicherheitstechnischen Anforderungen der Speziallager gemäß den Nummern 8 bis 12 der TRGS (siehe Abschnitt 7.1.8 bis 7.1.12) sind jedoch nicht notwendig. Übersteigt die Gesamtlagermenge 1.500 kg, ist ebenfalls ein separates Gefahrstofflager notwendig.

Bei der Lagerung von Gefahrstoffen mit den oben bezeichneten Eigenschaften bis zu den aufgeführten Mengen müssen die folgenden grundlegenden Anforderungen erfüllt werden:

- Lagerorganisation
 - übersichtliche und geordnete Lagerung
 - Lager sind in ordnungsgemäßem Zustand zu halten
 - freiwerdende Stoffe müssen erkannt werden können
 - Behälter und Verpackungen sind gemäß den festgelegten Fristen auf Beschädigungen zu überprüfen
 - notwendige Instandsetzungsmaßnahmen sind unverzüglich vorzunehmen
 - Rauchverbot sowie Verbot des Konsums von Nahrungs- oder Genussmitteln

- Sicherung des Lagergutes
 - Beachtung der Ausrichtungspfeile von Behältern
 - standsichere und ausreichend statisch belastbare Lagereinrichtungen, einschließlich Sicherung gegen Heraus- oder Herabfallen sowie Anfahrerschutz
 - Stapelung unter Beachtung der Standsicherheit
- Qualifizierung der Beschäftigten
 - regelmäßige Unterweisung anhand der schriftlichen Betriebsanweisungen
- Maßnahmen zur Alarmierung bei unmittelbar erheblicher Gefährdung
- Persönliche Schutzausrüstung ist in Abhängigkeit der gelagerten Produkte bereitzuhalten
- Hygienische Maßnahmen
 - Waschgelegenheit und ggf. getrennte Aufbewahrungsmöglichkeit für Straßen- und Arbeitskleidung
- Erste-Hilfe-Maßnahmen und Einrichtungen müssen in Abhängigkeit der Tätigkeiten und der gelagerten Produkte bereitgestellt werden
- Prüfungen
 - alle Lagereinrichtungen müssen erstmalig und anschließend regelmäßig in angemessenen Abständen auf ihre ausreichende Funktion, Zuverlässigkeit und Wirksamkeit überprüft werden

Abbildung 7.5 zeigt Beispiele sicherer Lagereinrichtungen.



Abb. 7.5 Sichere Lagereinrichtungen

7.1.5

Zusätzliche Maßnahmen für spezielle Gefahrstoffe

Die folgenden zusätzlichen Maßnahmen sind bei Lagerung nach Nr. 5 von TRGS 510 von jeweils über 200 kg von Gefahrstoffen mit folgenden Eigenschaften zu ergreifen:

- akut toxische Gefahrstoffe der Kategorie 1, 2 oder 3 nach CLP-Verordnung bzw. sehr giftig und giftig nach Stoffrichtlinie (H300, H301, H310, H311, H330, H331 bzw. R23 bis R28),
- karzinogen Kategorie 1A und 1B bzw. krebserzeugend Kategorie 1 und 2 (H350 bzw. R45, R49),
- keimzellmutagen Kategorie 1A und 1B bzw. erbgutverändernd Kategorie 1 und 2 (H340 bzw. R46),
- spezifisch Zielorgan schädigend (H370, H372 bzw. R39/ , R48/),
- oxidierend Kategorie 1 oder 2 bzw. brandfördernd (H22, H221 bzw. R8, R9),
- Gase (H220, H221 bzw. R12)
- entzündbare Flüssigkeiten (H224, H225, H226 bzw. R10, R11, R12); für Flüssigkeiten mit H226 bzw. R10 gilt abweichend eine Mengenschwelle von 1.000 kg sowie
- pyrophore Flüssigkeiten und Feststoffe (H250 bzw. R17).

Während an die Lager nach Abschnitt 7.1.4 keine besonderen baulichen Anforderungen gestellt sind,

- muss eine feuerhemmende Abgrenzung (Feuerwiderstandsdauer mindestens 30 Minuten) zu angrenzenden Räumen vorhanden sein,
- muss der Auffangraum undurchlässig für die Lagergüter sein, aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen und mindestens das größte Gebinde aufnehmen können,
- dürfen die Lagerräume keine Bodenabläufe mit direkter Verbindung zur öffentlichen Kanalisation oder Vorfluter haben und
- ist der Zugang nur für befugte Personen erlaubt, entsprechende Zugangsbeschränkungen, baulicher oder organisatorischer Art, müssen implementiert werden. Ergänzend ist mittels Verbotsschild P006 auf das Zutrittsverbot für Unbefugte hinzuweisen. Für Lager, die unter die Störfallverordnung [3] fallen, sind die dort genannten Zugangsbeschränkungen zu beachten.

Für den Fall von Betriebsstörungen im Brand- und Leckagefall muss ein Alarmplan mit Angaben zum Verhalten bei Feuer, Unfall, Betriebsstörung und Produktaustritt mit folgenden Mindestangaben vorhanden sein:

- 1) Telefonnummern von Feuerwehr, Rettungsdienst, Arzt, Krankenhaus, Krankentransport, Polizei
- 2) Telefonnummern des Betriebsleiters, Meisters und sonstiger verantwortlicher Personen

- 3) Angaben zu Alarmsignalen, Sammelplatz und Anwesenheitskontrolle der Belegschaft, Abschalten von Energien, Benutzung von Flucht- und Rettungswegen, Brandbekämpfung

Für die Einsatzkräfte sind stoffspezifische Informationen, z. B. die Sicherheitsdatenblätter, zur Verfügung zu halten. In regelmäßigen, angemessenen Abständen sind Notfallübungen durchzuführen und die Rettungsmaßnahmen mit den Beschäftigten zu üben. Abbildung 7.6 fasst die wesentlichen Vorschriften kurz zusammen.

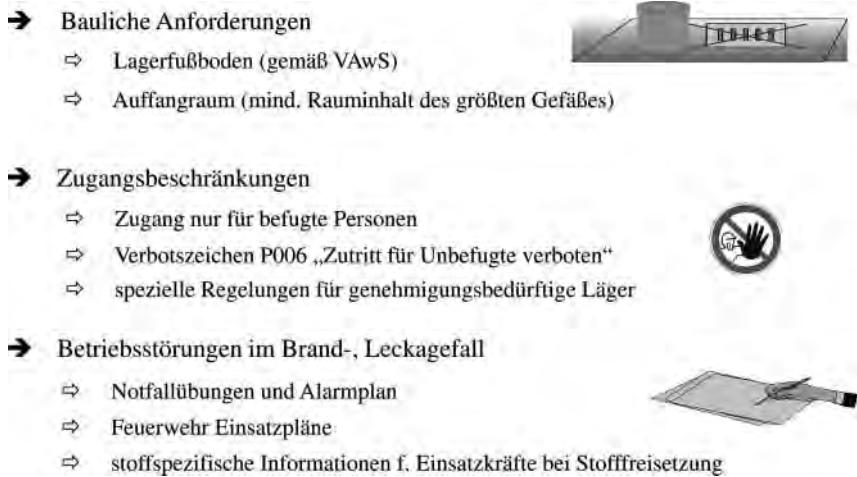


Abb. 7.6 Ergänzende Maßnahmen für spezielle Gefahrstoffe nach Nr. 5 von TGRGS 510

7.1.6

Brandschutz

Bei der Lagerung

- entzündbarer Gase, Flüssigkeiten, Feststoffe,
- pyrophorer Flüssigkeiten und Feststoffe,
- selbsterhitzungsfähiger Stoffe und Gemische,
- selbstzersetzlicher Stoffe und Gemische,
- von Stoffen und Gemischen, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln sowie
- anderer erfahrungsgemäß brennbarer Gefahrstoffe und / oder Materialien

sind Maßnahmen zum Brandschutz zu ergreifen. Unter Materialien, die erfahrungsgemäß brennbar sind und keine der zuvor aufgeführten Eigenschaften besitzen, fallen Flüssigkeiten der Lagerklasse 10 mit einem Flammpunkt zwischen

→ Baulicher Brandschutz

- ⇒ baulicher Brandschutz notwendig, wenn Stoffe in „gefährdenden Mengen“ gelagert werden
- ⇒ Bedachungen müssen gegen Brandbeanspruchung von außen widerstandsfähig sein
- ⇒ Blitzschutz



→ Feuerlöscheinrichtungen

- ⇒ müssen geeignet und ausreichend vorhanden sein, z. B. Feuerlöscher, Wandhydranten, Löschanlagen
- ⇒ ab 9 m Lagerguthöhe halbstationäre Löschanlagen



Abb. 7.7 Brandschutzmaßnahmen

55 °C und 370 °C sowie Feststoffe der Lagerklasse 11, wie z. B. Papier, Holz, Polyethylen, Polystyrol.

Bedachungen müssen gegen eine Brandbeanspruchung von außen durch Flugfeuer und strahlende Wärme ausreichend lange widerstandsfähig sein (harte Bedachung).

In Abhängigkeit von Art und Größe des Lagers sind Feuerwehrezufahrten und -umfahrungen, Aufstellflächen und Rauch- und Wärmeabzugseinrichtungen vorzusehen. Flucht- und Rettungswege müssen die einschlägigen Anforderungen der Arbeitsstättenrichtlinien und ggf. der Industrierichtlinie erfüllen. Geeignete Feuerlöscheinrichtungen müssen in ausreichender Anzahl vorhanden sein; die Löschwassermenge muss gemäß den einschlägigen Vorschriften zur Verfügung stehen. Bei Lagerguthöhen über 7,5 m müssen ortsfeste oder teilbewegliche (halbstationäre) Löschanlagen vorhanden sein.

Abbildung 7.7 fasst die wesentlichen Vorschriften des Brandschutzes kurz zusammen.

7.1.7

Zusammenlagerungskonzept

Die TRGS 510 hat das bisherige VCI-Zusammenlagerungskonzept übernommen. Eine Zusammenlagerung von Gefahrstoffen ist nur zulässig, wenn damit keine Gefährdungserhöhung verbunden ist. Dies ist üblicherweise der Fall, wenn die Zusammenlagerungsvorschriften beachtet werden. Hierzu werden die Lagergüter in Abhängigkeit ihrer Eigenschaften in folgende **Lagerklassen** (LGK) eingeteilt:

LGK 1: Explosive Gefahrstoffe

LGK 2A: Gase

- LGK 2B: Aerosole
- LGK 3: Entzündbare Flüssigkeiten
- LGK 4.1A: Sonstige explosionsgefährliche Gefahrstoffe
- LGK 4.1B: Entzündbare feste Gefahrstoffe
- LGK 4.2A: Pyrophore oder selbsterhitzungsfähige Gefahrstoffe
- LGK 4.3: Gefahrstoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln
- LGK 5.1A: Stark oxidierende Gefahrstoffe
- LGK 5.1B: Oxidierende Gefahrstoffe
- LGK 5.1C: Ammoniumnitrat und ammoniumnitrathaltige Zubereitungen
- LGK 5.2: Organische Peroxide und selbstzersetzliche Gefahrstoffe
- LGK 6.1A: Brennbare, akut toxische Kat. 1 und 2 / sehr giftige Gefahrstoffe
- LGK 6.1B: Nicht brennbare, akut toxische Kat. 1 und 2 / sehr giftige Gefahrstoffe
- LGK 6.1C: Brennbare, akut toxische Kat. 3 / giftige oder chronisch wirkende Gefahrstoffe
- LGK 6.1D: Nicht brennbare, akut toxische Kat. 3 / giftige oder chronisch wirkende Gefahrstoffe
- LGK 6.2: Ansteckungsgefährliche Stoffe
- LGK 7: Radioaktive Stoffe
- LGK 8A: Brennbare ätzende Gefahrstoffe
- LGK 8B: Nicht brennbare ätzende Gefahrstoffe
- LGK 9: Nicht besetzt
- LGK 10: Brennbare Flüssigkeiten, die keiner der vorgenannten LGK zuzuordnen sind
- LGK 11: Brennbare Feststoffe, die keiner der vorgenannten LGK zuzuordnen sind
- LGK 12: Nicht brennbare Flüssigkeiten, die keiner der vorgenannten LGK zuzuordnen sind)
- LGK 13: Nicht brennbare Feststoffe, die keiner der vorgenannten LGK zuzuordnen sind

Die Definition der Lagerklassen unterscheidet sich nicht wesentlich von den bisherigen Lagerklassen nach dem VCI-Schema. Die Festlegung der Lagerklassen erfolgt gemäß dem in Anlage 4 der TRGS aufgeführten Ablaufschema, Abbildung 7.8 zeigt ein vereinfachtes Fließschema. Sie orientiert sich primär an den physikalisch-chemischen, nachrangig an den toxikologischen Eigenschaften. Gemäß dem Ablaufschema wird dem Lagergut die Lagerklasse zugeordnet, die im Ablaufschema zuerst zutrifft. Nicht herangezogen werden folgende Eigenschaften:

- akut toxisch Kategorie 4 (gesundheitsschädlich),
- sensibilisierend,
- reizend sowie
- gewässergefährdend, umweltgefährlich.

Eine Zusammenlagerung liegt vor, wenn Lagergüter im gleichen Lagerabschnitt gelagert werden. Bei einer Getrenntlagerung werden unterschiedliche Lagergüter im gleichen Lagerabschnitt durch ausreichende Abstände oder Barrieren voneinander getrennt. Als Barrieren können Lagergüter der LGK 10 bis 13 verwendet

explosive / explosionsgefährliche Stoffe	LGK 1
↓	
ansteckungsgefährliche Stoffe	LGK 6.2
↓	
radioaktive Stoffe	LGK 7
↓	
Gase	LGK 2
↓	
selbstentzündliche, selbsterhitzungsfähige Stoffe	LGK 4.2, 4.3
↓	
organische Peroxide, selbstzersetzlich	LGK 5.2
↓	
oxidierende / brandfördernde Stoffe	LGK 5.1
↓	
entzündbare / entzündliche Stoffe	LGK 3
↓	
sehr giftige Stoffe (brennbar/nicht-brennbar)	LGK 6.1 A,B
↓	
giftige / cmr Stoffe (brennbar/nicht-brennbar)	LGK 6.1 C,D
↓	
ätzend	LGK 8
↓	
keine der vorgenannten Eigenschaften	LGK 10 - 13

Abb. 7.8 Vereinfachtes Ablaufschema zur Festlegung der Lagerklassen

werden. Bei der Separatlagerung muss die Lagerung in unterschiedlichen Lagerabschnitten erfolgen, die durch bauliche Maßnahmen mit einer Feuerwiderstandsdauer oder -fähigkeit von mindestens 90 Minuten getrennt sind. Abbildung 7.9 stellt die unterschiedlichen Möglichkeiten von Getrennt-, Separat- und Zusammenlagerung grafisch dar.

⇒ **Zusammenlagerung:** Lagerung im gleichen Lagerabschnitt



⇒ **Getrenntlagerung:** Lagerung im gleichen Lagerabschnitt, aber getrennt durch nicht brennbare Barrieren (z.B. nicht brennbare Materialien)



⇒ **Separatlagerung:** Lagerung in unterschiedlichen Lagerabschnitten

Abb. 7.9 Separat-, Getrennt- und Zusammenlagerung

Lagerklasse		10-13	13	12	11	10	8 B	8 A	7	6.2	6.1 D
Explosive Stoffe	1										
Gase	2 A	2			2			2			
Aerosole	2 B										
Entzündbare flüssige Stoffe	3	5			5						5
Sonstige explosionsgefährliche Stoffe	4.1 A	1	1	1	1	1	1	1			
Entzündbare feste oder desensibilisierter explosiver Stoffe	4.1 B										5
Pyrophore oder selbsterhitzungsfähige Stoffe	4.2	5			5	5	5	5			5
Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündliche Gase bilden	4.3	5		5	5	5	5	5			5
Stark oxidierende Stoffe	5.1 A										
Oxidierende Stoffe	5.1 B	7			7	7		7			5
Ammoniumnitrat und ammoniumnitratenthaltige Zubereitungen	5.1 C	1	1	1	1	1	1	1			
Organische Peroxide und selbstzersetzliche Stoffe	5.2	1			1	1					
Brennbare akut toxische Stoffe	6.1 A	5			5						
Nichtbrennbare akut toxische Stoffe	6.1 B	5			5						
Brennbare akut toxische oder chronische Stoffe	6.1 C										
Nichtbrennbare akut toxische oder chronische wirkende Stoffe	6.1 D										
Ansteckungsgefährliche Stoffe	6.2										
Radioaktive Stoffe	7								1		
Brennbare ätzende Stoffe	8 A										
Nichtbrennbare ätzende Stoffe	8 B										
Brennbare Flüssigkeiten	10										
Brennbare Feststoffe	11										
Nichtbrennbare Flüssigkeiten	12										
Nichtbrennbare Feststoffe	13										
Sonstige brennbare und nichtbrennbare Stoffe	10-13										

Abb. 7.10 Zusammenlagerungstabelle

6.1C	6.1B	6.1A	5.2	5.1C	5.1B	5.1A	4.3	4.2	4.1B	4.1A	3	2B	2A	1
														1
				1								2	3	
				1										
					4									
			1						1	1				
		4	1		4		6	6						
6							6							
6														
6	4	4		1										
				1										



Separatlagerung ist erforderlich



Zusammenlagerung ist erlaubt



Die Zusammenlagerung ist nur eingeschränkt erlaubt (siehe Ziffer)

Die Zusammenlagerungsvorschriften sind anzuwenden wenn

- mehr als 400 kg Gefahrstoffe oder
- von einer Lagerklasse mehr als 200 kg

gelagert werden.

Eine Zusammenlagerung von Lagergütern mit unterschiedlichen LGK ist nicht zulässig, wenn gemäß Zusammenlagerungstabelle, siehe Abbildung 7.10, eine Separatlagerung vorgeschrieben ist. Die Zulagerung ist unter Beachtung zusätzlicher Schutzmaßnahmen möglich, wenn die unter den jeweiligen Ziffern in Abbildung 7.10 aufgeführten Voraussetzungen erfüllt sind. Da diese teilweise sehr umfassend und speziell sind, wird auf die Wiedergabe verzichtet.

Lagergüter derselben LGK oder Lagergüter unterschiedlicher LGK, für die keine Separatlagerung vorgeschrieben ist, dürfen ebenfalls nicht zusammengelagert werden, wenn dies zu einer wesentlichen Gefährdungserhöhung führen kann. Diese ist gegeben, wenn die Lagergüter z. B.

- unterschiedliche Löschmittel benötigen,
- unterschiedliche Temperaturbedingungen erfordern,
- miteinander unter Bildung entzündbarer oder giftiger Gase reagieren oder
- miteinander unter Entstehung eines Brandes reagieren.

Desgleichen ist z. B. bei ätzenden Gefahrstoffen zu prüfen, ob Säuren oder Laugen zumindest in unterschiedlichen Auffangräumen gelagert werden sollten. Dies gilt insbesondere für die starken Mineralsäuren und Alkalien.

Ausnahmen von Zusammenlagerungsverboten bestehen, wenn

- Gefahrstoffe in transportrechtlich zugelassenen Behältern in einem abgeschlossenen Werksgelände gelagert werden,
 - die Transportbehälter täglich auf ordnungsgemäßen Zustand überprüft werden,
 - die Transportbehälter nicht geöffnet werden,
 - die Lagerdauer drei Monate nicht übersteigt und
- verpackte Stoffe unter Beachtung der Zusammenladungsvorschriften nach den transportrechtlichen Vorschriften in geschlossenen Frachtcontainern

gelagert werden.

Die Lagerklassen sind gemäß BekGS 220 [14] im Sicherheitsdatenblatt, entweder in Abschnitt 7 oder 15, aufzuführen.

7.1.8

Lagerung akut toxischer Flüssigkeiten und Feststoffe

Bei der Lagerung von mehr als 200 kg

- akut toxischer Gefahrstoffe der Kategorien 1, 2 und 3 nach CLP-Verordnung (gekennzeichnet mit H300, H301, H310, H311, H330 oder H331), bzw.
- giftiger und sehr giftiger Gefahrstoffe (gekennzeichnet mit R23 bis R28) nach Stoffrichtlinie

sind zusätzliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Diese Vorschriften ergänzen die Regelungen von Nummer 5 der TRGS um spezifische Regelungen, siehe Abschnitt 7.1.5, und wurden weitgehend der früheren TRGS 514 entnommen.

Für Stoffe und Gemische, die nach CLP-Verordnung in Kategorie 2 oder 3 eingestuft sind, aber als gesundheitsschädlich nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG gelten, sind die zusätzlichen Maßnahmen optional.

Gemäß Gefahrstoffverordnung müssen Stoffe, die mit T+ oder T gekennzeichnet sind, unter Verschluss bzw. so aufbewahrt werden, dass nur fachkundige und zuverlässige Personen Zugang haben.

Dies kann erfolgen durch

- Lagerung in einem geeigneten, abschließbaren Schrank,
- Lagerung in einem abschließbaren Gebäude oder abschließbaren Raum, wenn das Gebäude von unterschiedlichen Gruppen genutzt wird oder
- Lagerung auf einem Betriebsgelände mit Werkszaun und Zugangskontrolle, einschließlich Industriepark.

Gefahrstofflager in Gebäuden müssen gegenüber anderen Räumen sowie Lagerabschnitten mit feuerbeständigen Bauteilen mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten abgetrennt werden, bei einer Lagerfläche von mehr als

➔ Anwendungsbereich

- ⇒ akut toxisch (H300, H301, H310, H311, H330)
- ⇒ sehr giftig, giftig (R23, R24, R25, R26, R27, R28)
- ⇒ 200 kg Lagermenge



➔ Aufbewahrung unter Verschluss:

- ⇒ Lagerung im abgeschlossenen Chemikalienschrank
- ⇒ Lagerung in einem abschließbaren Gebäude
- ⇒ Lagerung auf umzäuntem Betriebsgelände mit Zugangskontrolle, einschließlich Industriepark

➔ Brandschutz (falls nicht ausschließlich nicht-brennbare Stoffe)

- ⇒ feuerbeständige Abtrennung der Lagerabschnitte
- ⇒ ab 10 t: automatische Brandmeldeanlagen
- ⇒ Mindestabstand im Freien: 10 m

Abb. 7.11 Zusätzliche Schutzmaßnahmen bei der Lagerung giftiger und sehr giftiger Gefahrstoffe

1.600 m² durch Brandwände. Ab einer Lagermenge von 20 t pro Lagerabschnitt sind automatische Brandmeldeanlagen notwendig.

Bei Lagerung im Freien müssen entweder ausreichend große Abstände (10 Meter, können auf 5 Meter durch technische Maßnahmen verkürzt werden) eingehalten werden, falls keine Brandwände vorhanden sind.

In genehmigungsbedürftigen Lagern, die unter die 4. BImSchV fallen, sind zusätzliche Brandschutz- und Sicherungsmaßnahmen vorgeschrieben.

Abbildung 7.11 fasst die zusätzlichen Schutzmaßnahmen zusammen.

7.1.9

Lagerung oxidierender Stoffe

Werden mehr als 200 kg

- oxidierende Gefahrstoffe der Kategorie 1, 2 oder 3, gekennzeichnet mit H271 oder H272,
- brandfördernde Flüssigkeiten oder Feststoffe, gekennzeichnet mit R8 oder R9, sowie
- entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe der Klasse 5.1 nach Gefahrgutrecht

gelagert, sind die zusätzlichen Vorschriften von Nummer 9 der TRGS zu beachten.

Abweichend hiervon gelten diese Vorschriften bereits ab 1 kg für Stoffe der LGK 5.1A (gekennzeichnet mit H271) sowie für die in Anlage 6 der TRGS bezeichneten Stoffe. Die Lagerung dieser Stoffe in mehrgeschossigen Gebäuden ist zulässig, wenn durch zusätzliche Schutzmaßnahmen, z. B. Brandmeldeanlagen, keine Gefahrerhöhung befürchtet werden muss. Anlage 6 enthält zurzeit noch keine

→ Anwendungsbereich

- ⇒ oxidierend Kat. 1, 2 + 3 (H271, H272)
- ⇒ brandfördernd (R8, R9)
- ⇒ Klasse 5.1 nach Gefahrgutrecht
- ⇒ 200 kg Lagermenge



→ Organisatorische Maßnahmen

- ⇒ keine Bodenabläufe, Fußboden muss undurchlässig sein
- ⇒ keine Bindemittel aus brennbaren Materialien

→ Brandschutz

- ⇒ feuerbeständige Abtrennung der Lagerabschnitte
- ⇒ Mindestabstand im Freien: 5 m
- ⇒ Stoffe nach Anlage 8 dürfen nur in eingeschossigen Gebäuden gelagert werden

Abb. 7.12 Vorschriften zur Lagerung oxidierender Gefahrstoffe

Stoffeinträge; diese werden basierend auf der Stoffliste der früheren TRGS 515 nach einer Stoffbewertung aufgenommen.

Gefahrstofflager in Gebäuden müssen gegenüber anderen Räumen sowie Lagerabschnitten mit feuerbeständigen Bauteilen mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten abgetrennt werden, bei einer Lagerfläche von mehr als 1.600 m² durch Brandwände. Ab einer Lagermenge von 20 t pro Lagerabschnitt sind automatische Brandmeldeanlagen vorgeschrieben.

Im Freien müssen die Lagerabschnitte einen Abstand von mindestens 5 Meter besitzen oder durch feuerbeständige Wände getrennt sein. Abbildung 7.12 fasst die wesentlichen Vorschriften zusammen.

7.1.10

Lagerung von Gasen

Unabhängig weiterer Eigenschaften gelten ab 2,5 l für

- brennbare Gase, gekennzeichnet mit H220, H221,
- oxidierende Gase, gekennzeichnet mit H270 sowie
- Gase unter Druck oder tiefkalt verflüssigte Gase, gekennzeichnet mit H280 oder H281

die Vorschriften von Nummer 10 der TRGS. Abbildung 7.13 zeigt typische Beispiele von Druckgasbehältern. Neben den klassischen Sicherheitsmaßnahmen,

- Sichern gegen Umfallen oder Herabfallen,
- Schutz der Ventile mit geeigneten Schutzeinrichtungen, wie z. B. Schutzkappe, Schutzkorb,



Abb. 7.13 Ortsbewegliche Druckgasbehälter

→ Anwendungsbereich

⇒ GHS/CLP gekennzeichnet mit H220, H221, H270, H280, H281



→ Schutzmaßnahmen

- ⇒ Sicherung gegen Umfallen
- ⇒ kein Umfüllen, keine Instandhaltungsarbeiten im Lager
- ⇒ keine Gruben, Kanäle, Abflüsse ohne Flüssigkeitsverschluss
- ⇒ keine Kellerzugänge, Öffnungen zu Schornsteinen
- ⇒ in Räumen unter Erdgleiche bis 50 Druckgasbehälter zulässig:
 - ⇒ technische Lüftung: 2-facher Luftwechsel
 - ⇒ natürliche Lüftung: 10 % Lüftungsöffnungen bezogen auf Grundfläche

Abb. 7.14 Anforderungen zur Lagerung von Druckgasbehältern

dürfen Druckgasbehälter nicht in Räumen gelagert werden, die zu einer gefährlichen Gasansammlung im Leckagefall führen können. In Abbildung 7.14 sind die wesentlichen Sicherheitsmaßnahmen zusammen gefasst.

Aufgrund der besonderen Gefährdung im Brandfall, insbesondere für die Feuerwehreinsetzungskräfte, sind Gase nach dem Zusammenlagerungskonzept stets getrennt von anderen Gefahrstoffen zu lagern, siehe Abbildung 7.10. Die baulichen Anforderungen resultieren daher primär aus Brandschutzgründen. Lagerräume müssen von angrenzenden Räumen feuerhemmend bzw. feuerbeständig (Feuerwiderstandsdauer mindestens 30 bzw. 90 Minuten) abgetrennt werden, die Dach- und Deckung muss widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sein und die Fußbodenbeläge mindestens schwerentflammbar.

Lagerräume müssen über eine ausreichende Lüftung verfügen, die in Abhängigkeit der gelagerten Gase und der baulichen Gegebenheiten festzulegen ist.

In Arbeitsräumen sind Druckgasbehälter in Sicherheitsschränken mit einer Feuerwiderstandsdauer von mindestens 30 Minuten zu lagern. Für akut toxische Gase Kategorie 1 bis 3 bzw. sehr giftige und giftige Gase ist ein 120-facher Luftwechsel pro Stunde, für oxidierende und entzündbare Gase ein mindestens 10-facher Luftwechsel pro Stunde gefordert.

Zur Vermeidung einer gefährlichen Ansammlung oder Ausbreitung von Gasen dürfen sich keine Gruben, Kanäle oder Abflüsse zu Kanälen ohne Flüssigkeitsverschluss sowie keine Kellerzugänge oder sonstige offenen Verbindungen zu Kellerräumen oder anderen Räumen befinden. Bei der Lagerung unter Erdgleiche sind spezielle Anforderungen zu beachten. Abbildung 7.15 zeigt in der Praxis bewährte Gaslagersysteme.



Abb. 7.15 Druckgasbehälter

Bei der Lagerung von

- sehr giftigen Gasen (gekennzeichnet mit H330 bzw. R26)

müssen die Räume über eine Gaswarneinrichtung verfügen, die bei Überschreitung der zulässigen Arbeitsplatzgrenzwerte akustisch und optisch alarmiert. Atemschutzgeräte sind beim Betreten der Lager mitzuführen.

Werden Druckgasbehälter im Freien gelagert, muss zu benachbarten Anlagen und Einrichtungen, von denen eine Brandgefährdung ausgehen kann, ein Abstand von mindestens 5 m eingehalten werden, falls keine mindestens 2 m hohe und ausreichend breite Schutzwand aus nichtbrennbaren Baustoffen vorhanden ist.

7.1.11

Aerosolpackungen und Druckgaskartuschen

Ab einer Nettomasse von 20 kg gelten die Lagervorschriften für

- Aerosolpackungen, gekennzeichnet mit H222 oder H223 und
- Druckgaskartuschen, gekennzeichnet mit H220 oder H221.

Für nicht eingestufte Aerosolpackungen und Druckgaskartuschen sind die nachfolgenden Sicherheitsmaßnahmen ab 200 kg anzuwenden. Abbildung 7.16 zeigt exemplarisch eine Auswahl von Aerosolpackungen und Druckgaskartuschen.



Abb. 7.16 Beispiele von Aerosolpackungen und Druckgaskartuschen

In Lagerräumen darf das Nettovolumen der Aerosolpackungen und Druckgaskartuschen 100 m^3 nicht überschreiten. Sie dürfen nicht in bewohnten Gebäuden liegen, müssen gegen andere Räume durch feuerbeständige Bauteile abgetrennt werden, der Fußboden muss aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen und eine ausreichende Lüftung besitzen. Ab 1.600 m^2 Lagerfläche sind die Lager durch Brandwände voneinander abzutrennen.

Angebrochene Druckgaskartuschen müssen in Arbeitsräumen in Sicherheits-schränken gelagert werden.

Abbildung 7.17 fasst die wesentlichen Vorschriften zusammen.

➔ Anwendungsbereich

- ⇒ GHS/CLP gekennzeichnet mit H222, H223



➔ Allgemeine Bestimmungen

- ⇒ max. Temperatur: 50 °C
- ⇒ ab 500 m² spezielles Lager notwendig
- ⇒ max. Nettovolumen/Lagerabschnitt mit brennbaren Flüssigkeiten: 100.000 l
- ⇒ in Lagerräumen ab 60 m² Grundfläche gelten Sonderbestimmungen

Abb. 7.17 Vorschriften zur Lagerung von Aerosolpackungen und Druckgaskartuschen

7.1.12

Lagerung entzündbarer Flüssigkeiten

Die spezifischen Vorschriften zur Lagerung brennbarer Flüssigkeiten in ortsbeweglichen Behältern aus der bisherigen TRbF 20 wurden in Nummer 12 der TRGS überführt und gelten ab einer Lagermenge von 200 kg für

- entzündbare, gekennzeichnet mit H224, H225 oder H226, bzw. entzündliche Flüssigkeiten, gekennzeichnet mit R12, R11 oder R10.

Bei der Lagerung ausschließlich entzündbarer bzw. entzündlicher Flüssigkeiten, gekennzeichnet mit H226 bzw. R10, sind diese Vorschriften abweichend erst ab 1.000 kg anzuwenden. Sie müssen nicht beachtet werden, wenn ausschließlich entzündbare Flüssigkeiten mit Flammpunkt über 55 °C, beispielsweise Heizöl oder Diesel, gelagert werden. Restentleerte, ungereinigte Behälter sind hinsichtlich der Schutzmaßnahmen wie gefüllte Behälter zu betrachten.

Pro Lagerraum darf die Gesamtlagermenge 100 t nicht übersteigen, bei der Lagerung zusammen mit ortsfesten Tanks 150 t.

Werden zusätzlich Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt zwischen 55 und 100 °C gelagert, so ist deren Menge mit 20 % bei der Berechnung der zulässigen Lagermengen zu berücksichtigen. Die Lagermenge entleerter Behälter darf mit 0,5 % angesetzt werden, wenn sie weniger als 0,5 % Restmenge enthalten.

Die grundsätzlichen Anforderungen an die Lagerung entzündbarer Flüssigkeiten sind weitgehend der früheren TRbF 20 entnommen, spezifische Detailregelungen können dem Verbandsmerkblatt des VDTÜV [15] entnommen werden.

Die wesentlichen baulichen und brandschutztechnischen Anforderungen sind:

- Wände, Decken und Türen von Lagerräumen müssen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen,
- Lagerräume mit einer Lagermenge bis 1.000 kg müssen von angrenzenden Räumen feuerhemmend (F 30), darüber hinaus feuerbeständig (F 90), abgetrennt sein,

- Durchbrüche durch Wände und Decken in angrenzende Räume müssen durch Schottungen mit der gleichen Feuerwiderstandsdauer gesichert sein,
- Auffangwannen müssen für die gelagerten Flüssigkeiten undurchlässig sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen,
- Abläufe, Öffnungen und Durchführungen zu tiefer gelegenen Räumen, Kellern, Gruben, Schächten müssen gegen das Eindringen der Flüssigkeiten und deren Dämpfe geschützt sein,
- Schornsteine dürfen innerhalb der Lagerräume keine Öffnungen haben,
- Lagerräume mit einer Lagermenge über 10 t dürfen an Aufenthalts- oder Arbeitsräume (die nicht für das Lagerpersonal dienen) nur angrenzen, wenn sie von diesen Räumen durch eine öffnungslose Brandwand und ggf. mit feuerbeständigen Decken (F 90) abgetrennt sind,
- Lagerräume mit einer Lagermenge über 20 t müssen mit einer automatischen Feuerlöschanlage ausgerüstet sein.

Abbildung 7.18 fasst die wichtigsten sicherheitstechnischen Maßnahmen zusammen. Lagerbehälter müssen in Auffangräumen aufgestellt sein, die gegen die gelagerten Flüssigkeiten ausreichend beständig und auch im Brandfall flüssigkeitsundurchlässig sind. Auffangräume in Räumen müssen grundsätzlich nach oben offen sein (keine Verdämmung, ausreichende Belüftung) und dürfen keine Abläufe haben. Die Größe des Auffangraums muss in Abhängigkeit der Lagermenge zwischen 2 und 10 % des Rauminhalts der gelagerten Behälter betragen.

Auffangräume im Freien müssen mit absper- oder abschaltbaren Einrichtungen zur Entfernung von Wasser versehen sein und dürfen nur hierzu benutzt werden.

→ Anwendungsbereich

- ⇒ entzündbare Flüssigkeiten mit H224, H225, H226)
- ⇒ entzündliche Flüssigkeiten mit R10, R11, R12
- ⇒ mit Flammpunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$



→ Zulässige Lagermengen

- ⇒ 100.000 l pro Lagerraum, falls nur ortsbewegliche Behälter
- ⇒ 150.000 l pro Lagerraum, falls ortsfeste Tanks und ortsbewegliche Behälter
- ⇒ Überschreitung mit Sondermaßnahmen möglich

→ Bauliche Anforderungen an Lagerräume

- ⇒ Wände, Decken Türen: nichtbrennbare Baustoffe
- ⇒ keine Bodenabläufe
- ⇒ Fußboden: dicht und aus nichtbrennbaren Materialien bestehen
- ⇒ ab 10.000 l dürfen sie nicht an Aufenthaltsräume angrenzen
- ⇒ Schutzvorrichtungen zu tiefer gelegenen Räumen, Kellern, Kanälen von
 - ⇒ Öffnungen, Abläufen, Durchführungen

Abb. 7.18 Sicherheitstechnische Maßnahmen für entzündbare Flüssigkeiten

Abläufe sind grundsätzlich nicht zulässig. Verunreinigtes Wasser ist entsprechend den wasserrechtlichen Vorschriften zu behandeln.

Zur Vermeidung einer explosionsfähigen Atmosphäre müssen Lagerräume ausreichend mit in Bodennähe wirksamer Lüftung versehen werden. Für Behälter mit einem Nettovolumen bis 1.000 l muss

- bei einem Rauminhalt bis 100 m³
 - ein mindestens 0,4-facher Luftwechsel pro Stunde gewährleistet sein, der gesamte Raum gilt als Zone 2,
- bei einem Rauminhalt über 100 m³
 - ein mindestens 0,4-facher Luftwechsel pro Stunde gewährleistet sein, bis in einer Höhe von 1,5 m gilt Zone 2 oder
 - ein mindestens 2-facher Luftwechsel pro Stunde gewährleistet sein, wenn kein explosionsgefährdeter Bereich festgelegt wird.

Auf die Festlegung eines explosionsgefährdeten Bereichs kann verzichtet werden, wenn im Lagerraum eine fest installierte Gaswarneinrichtung vorhanden ist, die im Gefahrenfall die Lüftung auf mindestens den 2fachen Luftwechsel erhöht.

Werden im Lagerraum Ab- und Umfülltätigkeiten, Behälterreinigungen, Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt, muss ein mindestens 5facher Luftwechsel garantiert werden.

Bei der Lagerung im Freien müssen folgende Abstände von Gebäuden in Abhängigkeit von der Gesamtlagermenge eingehalten werden, falls keine zusätzlichen baulichen oder sicherheitstechnischen Maßnahmen ergriffen werden:

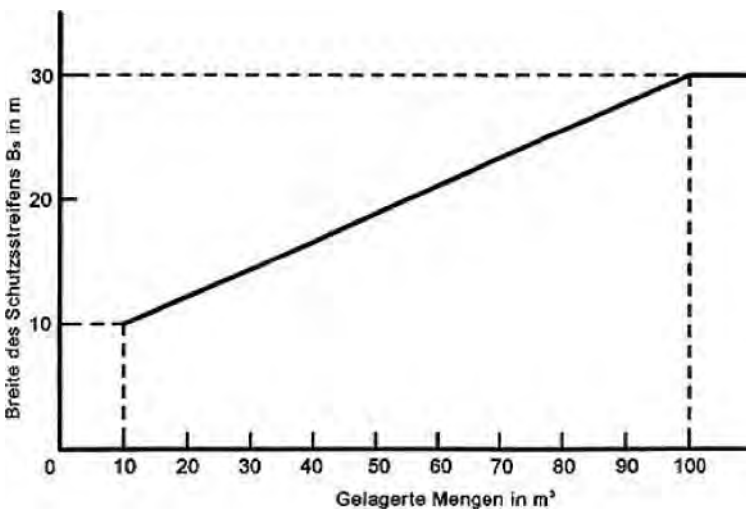


Abb. 7.19 Schutzstreifen bei der Lagerung im Freien

- 3 m bis 200 l,
- 5 m bis 1.000 l,
- 10 m über 1.000 l.

Auffangräume müssen von einem Schutzstreifen umgeben sein, die Breite des Schutzstreifens in Abhängigkeit der Lagermenge kann Abbildung 7.19 entnommen werden.

7.2

Lagerung von Gefahrstoffen in ortsfesten Anlagen sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter

Analog TRGS 510 wurden die Vorschriften zur Lagerung von Gefahrstoffen in stationären Anlagen in der TRGS 509 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsfesten Anlagen sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter“ geregelt. Nach Außerkraftsetzung der TRbF 20 und 30 zum Jahresende 2012 wurden die substantiellen Vorschriften zur sicheren Lagerung brennbarer Flüssigkeiten in die neue TRGS 509 überführt, ergänzt um Regelungen brennbarer Feststoffe sowie Gefahrstoffe mit anderen gefährlichen Eigenschaften.

Im Gegensatz zur TRGS 510 regelt die TRGS 509 nicht nur die rein passive Lagerung. Da Befüll- und Entleervorgänge für stationäre Behälter unabdingbar sind, werden diese mit geregelt, desgleichen die Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter.

Die Lagerung von Gasen in ortsfesten Anlagen ist im Gegensatz zur TRGS 510 nicht eingeschlossen, hierfür sind separate technische Regeln zurzeit in Ausarbeitung, siehe Abschnitt 7.3.

Nicht im Anwendungsbereich der TRGS 509 ist analog zur TRGS 510 die Lagerung von

- Ammoniumnitrat und ammoniumnitrat-haltigen Gemischen / Zubereitungen,
- explosionsgefährlichen Stoffe, die unter das Sprengstoffgesetz fallen,
- organischen Peroxiden, soweit sie in den Anwendungsbereich der BGV B4 fallen,
- radioaktiven Stoffen, die dem Atomgesetz bzw. der Strahlenschutzverordnung unterliegen,
- ansteckungsgefährlichen Stoffen,
- Stoffen, die sich im Produktions- oder Arbeitsgang befinden, sowie
- Schüttgütern in loser Schüttung, in Lagerhallen oder ähnlichen baulichen Einrichtungen, die zur Entnahme des Füllgutes von der Seite her betriebsmäßig betreten oder mit Geräten befahren werden können.

Die Bereitstellung im Produktions- oder Arbeitsgang, das Reinigen der Behälter, Probenahme sowie Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten werden ebenfalls nicht in der TRGS geregelt. Aufgrund der besonderen Anforderungen werden Schüttgüter in loser Schüttung, in Lagerhallen oder ähnlichen baulichen Einrich-

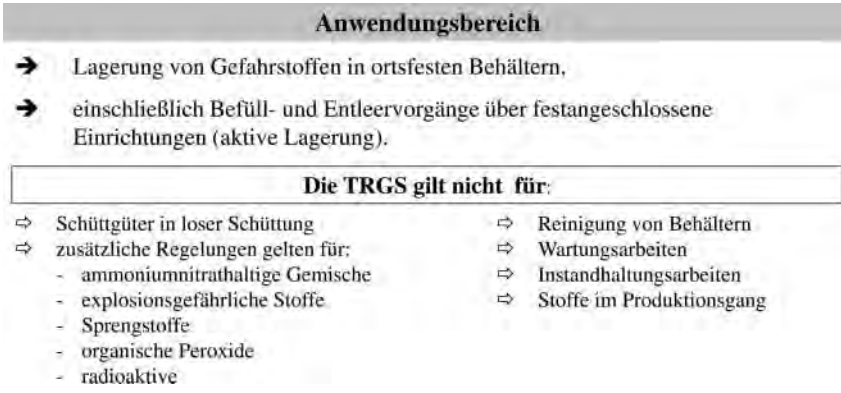


Abb. 7.20 Anwendungsbereich TRGS 509

tungen, die zur Entnahme des Füllgutes von der Seite her betriebsmäßig begangen oder mit Geräten befahren werden können, ebenfalls nicht in der TRGS behandelt. Abbildung 7.20 fasst den Anwendungsbereich zusammen.

Als **ortsfeste Behälter** gelten alle Anlagen, die für eine stationäre Lagerung von flüssigen und festen Gefahrstoffen genutzt werden. Hierzu gehören Behälter, Tanks, Silos und Bunker, in Abbildung 7.21 sind typische Beispiele dargestellt.

Befüll- und Entnahmeeinrichtungen sind feste Anschlüsse an den ortsfesten Behältern, über die Behälter betrieblich befüllt oder entleert werden.



Tanks



Behälter



Silo

Abb. 7.21 Stationäre Behälter

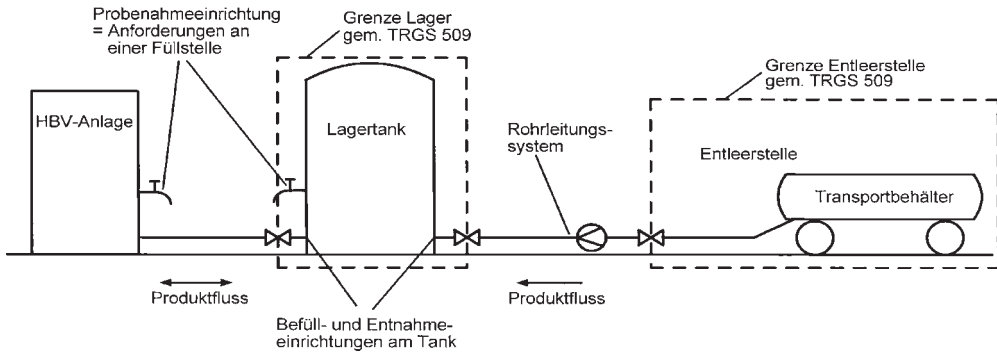


Abb. 7.22 Befüll- und Entnahmeeinrichtungen, Füll- und Entleerstellen

Füllstellen sind ortsfeste Anlagen, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen Transportbehälter mit Feststoffen oder Flüssigkeiten befüllt werden. Zur Füllstelle gehören die Füllanlagen, die aus sicherheitstechnischen Gründen erforderlichen Bereiche (z. B. Schutzabstände, Flucht- und Rettungswege, explosionsgefährdete Bereiche) sowie Rückhalte- und Ableitungen.

Entleerstellen sind ortsfeste Bereiche oder Anlagen, die dazu bestimmt sind, dass in ihnen mit Flüssigkeiten oder Feststoffen gefüllte Transportbehälter entleert werden.

Abbildung 7.22 verdeutlicht die Unterschiede zwischen Befüll- und Entnahmeeinrichtungen sowie Füll- und Entleerstellen.

Ableitflächen sind dazu bestimmt, auslaufende Flüssigkeiten aufzufangen und einem Auffangraum zuzuleiten, sie bilden mit dem Auffangraum eine bauliche Einheit, sind aber nicht zur längerfristigen Rückhaltung des Lagergutes bestimmt.

Gefahrstoffe befinden sich im Produktions- oder Arbeitsgang, wenn sie gezielt durch physikalische oder chemische Prozesse Art, Eigenschaft oder Zustand ändern oder für eine offene Tätigkeit (z. B. Tauchbecken) vorgehalten werden.

7.2.1

Allgemeine Maßnahmen

Ortsfeste Anlagen zur Lagerung von Gefahrstoffen müssen so installiert, montiert und ausgerüstet sein, dass keine Gefährdung der Beschäftigten und der Umwelt befürchtet werden muss. Die stoffbedingten Gefährdungen sind durch die folgenden Maßnahmen auszuschließen oder auf ein Minimum zu reduzieren:

- Gestaltung der Lageranlage und -einrichtungen,
- Organisation der Arbeitsabläufe,
- Bereitstellung geeigneter Arbeitsmittel für Tätigkeiten, die mit der Lagerung von Gefahrstoffen in Zusammenhang stehen,
- Begrenzung der Dauer und des Ausmaßes der Exposition, insbesondere bei betriebsbedingter Freisetzung,

- angemessene Hygienemaßnahmen, insbesondere regelmäßige Reinigung,
- Vermeidung des unbeabsichtigten Freisetzens von Gefahrstoffen und
- Bereithaltung von Mitteln zur Gefahrenabwehr.

Das Rauchen sowie der Konsum von Nahrungs- oder Genussmitteln ist in Lageranlagen verboten. Hierfür sind geeignete Räumlichkeiten zu schaffen.

Lagerorte und -räume müssen so ausgeführt sein, dass keine Gefährdung der Beschäftigten sowie von Dritten zu befürchten ist. Eine ausreichende Beleuchtung ist auch bei Lagern im Freien zu gewährleisten.

Lagerbehälter müssen

- standsicher gebaut, aufgestellt und betrieben werden,
- über Maßnahmen verfügen, die eine unbeabsichtigte Freisetzung verhindern,
- gegen mechanische Einwirkungen von außen geschützt sein,
- über eine Einrichtung verfügen, um im Gefahrfall die Förderung von einem sicheren Ort aus unterbrechen zu können,
- über geeignete Maßnahmen zur Vermeidung von Überfüllungen verfügen und
- so gekennzeichnet sein, dass eine Identifizierung der Gefahrstoffe möglich ist; bei eingestuftem Lagergütern muss die Kennzeichnung die Anforderungen von TRGS 201 erfüllen.

Durch technische Maßnahmen muss sichergestellt werden, dass sich Tanks, Rohrleitungen und andere Anlagenteile nicht gefährlich elektrostatisch aufladen können. Brennbare Lagergüter müssen über Brandschutzeinrichtungen und Löschwasser-rückhalteinrichtungen verfügen.

Die Anforderungen an die

- Qualifizierung der Beschäftigten,
- Maßnahmen für Notfälle,
- persönlichen Schutzeinrichtungen,
- hygienischen Maßnahmen sowie
- Zugangsbeschränkungen,

sind analog den Anforderungen von TRGS 510, siehe Abschnitt 7.1.4 geregelt.

7.2.2

Befüll- und Entnahmeeinrichtungen

Tanks müssen zum Befüllen und zur Entnahme über Einrichtungen verfügen, die den sicheren Anschluss einer festverlegten Rohrleitung oder einer abnehmbaren Leitung ermöglichen. Andere Befüll- und Entnahmeeinrichtungen dürfen nicht benutzt werden. Die Definition von Befüll- und Entnahmeeinrichtungen kann der Abbildung 7.22 entnommen werden.

Die Förderung von Stoffströmen muss von einem schnell und ungehindert erreichbaren Ort durch Stillsetzen jederzeit unterbrochen werden können.

Behälter dürfen nur über fest angeschlossene Rohrleitungen oder Schlauchleitungen entleert werden. Die Füllrichtungen müssen verschließbar sein, z. B. mittels dicht schließender Verschlusskappen.

Geeignete Befüll- und Entnahmeeinrichtungen von Feststoffen sind Greifer, Kübel, Saug- und Druckluftförderer, Füllrohre, Verladeschläuche, Rutschen, Schleuderbänder sowie Förderschnecken.

Pneumatisch befüllte Silos müssen über Einrichtungen verfügen, damit ein Überdruck von 0,1 bar nicht überschritten wird.

Bei Befüllung und Entnahme von Feststoffen sind Staubemissionen durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen zu vermeiden, beispielsweise durch

- Verwendung geschlossene Förderbänder (Schlauchgurtförderer, Schneckenförderer),
- Förderbänder ohne Stützrollen,
- Minimierung der Fallgeschwindigkeit und der freien Fallhöhe,
- Einsatz von Staubsperren bei Schüttgossen und Schütttrichtern,
- staubarme Bunker,
- Abschirmungen offener Förderbänder,
- Einhausung oder Abdeckung der Emissionsquellen,
- Filtersysteme für pneumatische Förderer,
- Besprühung mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten,
- Verringerung der Abwurfhöhe beim Abgeben des Materials,
- vollständiges Schließen des Greifers / der Schalen nach der Materialaufnahme,
- Vermeidung der Bandbeladung bis zu den Rändern oder
- Verringerung der Transportwege und der Windangriffsfläche.

7.2.3

Bauliche Anforderungen

Befüll- und Entnahmeeinrichtungen, Füll- und Entleerstellen, Ableitflächen und Auffangräume müssen gegen die gelagerten Stoffe ausreichend dicht und widerstandsfähig sein, austretende Stoffe müssen erkannt werden und dürfen nicht in andere Bereiche gelangen. Oberirdische Lagerbehälter sowie Füll- und Entleerstellen müssen gegen mechanische Beschädigungen von außen geschützt sein.

Für einen effektiven Brandschutz sind ausreichend dimensionierte und gekennzeichnete Wege für die Feuerwehr vorzusehen, desgleichen müssen notwendige Anlagenteile sowie Füll- und Entleerstellen schnell und ungehindert erreichbar sein.

Füll- und Entleerstellen sowie Befüll- und Entnahmeeinrichtungen

- im Freien müssen
 - im Gefahrenfall von Tankfahrzeugen, ortsbeweglichen Behältern auf Straßen-, Schienenfahrzeugen und Eisenbahnkesselwagen unverzüglich geräumt werden können,

- von Tankfahrzeugen und ortsbeweglichen Behältern auf Straßenfahrzeugen ohne Rangieren verlassen werden können;
- in Räumen müssen
 - ausreichend gegen eine Brandeinwirkung im Lagerraum oder durch einen Brand außerhalb des Lagerraums geschützt sein.

Auffangräume und Ableitflächen für Flüssigkeiten müssen

- für die Dauer der zu erwartenden Beaufschlagung mit Lagergut flüssigkeitsundurchlässig und gegen die gelagerten Flüssigkeiten ausreichend beständig sein,
- entsprechend den wasserrechtlichen Regelungen dimensioniert werden und
- für unterschiedliche Flüssigkeiten getrennt werden, wenn diese gefährlich miteinander reagieren können.

Unterirdische Tanks sollen einen Mindestabstand von

- 0,4 m voneinander und
- 1 m von nicht zum Lager gehörigen Grundstücken sowie von öffentlichen Versorgungsleitungen haben.

Auffangräume und Ableitflächen bei der Lagerung von Flüssigkeiten müssen so dimensioniert werden, dass sich sowohl die Lagerbehälter als auch die Befüll- und Entleerleitungen bis zur ersten Absperrarmatur innerhalb dieser Bereiche befinden. Der Mindestabstand zwischen der Wand der Tanks und der Auffangräume muss zwischen 40 und 100 cm betragen. Tankböden müssen zur Erkennung von Leckagen einen Abstand von der Aufstellfläche von mindestens $1/50$ des Tankdurchmessers besitzen.

7.2.4

Anforderungen an Ausrüstungsteile

Beim Befüllen und bei der Entnahme aus den Lagerbehältern als auch beim Füllen und Entleeren der ortsbeweglichen Behälter

- müssen verdrängte Dampf / Luft-Gemische gefahrlos abgeleitet werden, z. B. durch
 - Lüftungsleitungen ins Freie, soweit dies aufgrund der toxikologisch oder umweltgefährlichen Eigenschaften möglich ist,
 - Rückführung in den Tank, aus dem abgefüllt wird (Gaspindelung) oder
 - Zuführung in eine Abluftreinigungs- oder Rückgewinnungsanlage und
- dürfen verdrängte Dampf / Luft-Gemische keine gefährlichen Über- oder Unterdrücke bewirken, z. B. durch Erwärmung oder beim Entleeren.

Flüssigkeitsanzeige und Überfüllschutz müssen an jedem Tank vorhanden sein. Der zulässige Füllungsgrad ist so zu bemessen, dass weder ein Überlaufen noch Überdrücke auftreten können, die die Dichtheit oder Festigkeit beeinträchtigen können. Die Überfüllsicherung von entzündbaren sowie akut toxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1 bis 3 muss selbsttätig den Füllvorgang unterbrechen oder einen optischen und akustischen Alarm auslösen.

Rohrleitungsanschlüsse von Tanks müssen

- unterhalb des zulässigen Flüssigkeitsstandes mit einer Absperrinrichtung versehen sein und
- oberhalb des zulässigen Flüssigkeitsstandes mit einer Absperrinrichtung versehen sein, wenn durch die angeschlossene Rohrleitung ein Aushebern des Tanks möglich ist,

die jeweils möglichst nahe am Tank gut zugänglich und leicht zu bedienen ist.

Zugangs- und Besichtigungsöffnungen müssen zum Besichtigen oder ggf. zum Einsteigen ausreichend dimensioniert sein. Gemäß BGR 117-1 [16] müssen Einstiegsöffnungen einen Durchmesser in Abhängigkeit der Geometrie der Behälter von 500–800 mm besitzen.

7.2.5

Allgemeine Anforderungen für brennbare Flüssigkeiten und Feststoffe

Die zusätzlichen Anforderungen gelten bei der Lagerung und Abfüllung entzündbarer Flüssigkeiten, die

- a) mit H224 oder H225 bzw. R11 oder R12 gekennzeichnet sind, in Mengen über 200 kg,
- b) mit H226 bzw. R10 gekennzeichnet sind, in Mengen über 1.000 kg,
- c) nicht unter a) oder b) fallen, jedoch einen Flammpunkt haben in Mengen über 5.000 kg

Für den Brandschutz müssen folgende grundlegende Einrichtungen in Abhängigkeit von Eigenschaften und Menge der gelagerten Stoffe vorhanden sein:

- geeignete Feuerlöscheinrichtungen in ausreichender Anzahl,
- gegen Flugfeuer und strahlende Wärme ausreichend lange widerstandsfähige Bedachungen,
- Feuerwehrezufahrten und -umfahrten sowie Aufstellflächen,
- Rauch- und Wärmeabzugseinrichtungen,
- Flucht- und Rettungswege: maximaler Fluchtweg 35 m, Lagerräume sowie Räume mit Füll- und Entleerstellen müssen ab 200 m² Fläche zwei möglichst gegenüberliegende Ausgänge besitzen,
- in Abhängigkeit von Branderkennung und Feuerlöscheinrichtungen zu dimensionierende Löschwasserrückhalteinrichtungen.



Abb. 7.23 Verbotsschild „Mit Wasser löschen verboten“

Lager sowie Räume und Bereiche mit Füll- und Entleerstellen müssen ausreichende und geeignete Feuerlöscheinrichtungen (z. B. Feuerlöscher, Wandhydranten, Löschanlagen etc.) besitzen. Diese müssen, sofern sie nicht selbsttätig wirken, gekennzeichnet, leicht zugänglich und leicht zu handhaben sein.

Müssen andere Löschmittel als Wasser verwendet werden, sind diese in ausreichender Menge bereitzuhalten. Diese Bereiche sind mit dem Verbotsschild P004 „Mit Wasser löschen verboten“ zu kennzeichnen, siehe Abbildung 7.23.

Sind ortsfeste oder teilbewegliche Löschanlagen (z. B. Sprinkler- oder Sprühwasserlöschanlagen) installiert, muss das Lagergut unmittelbar vom Löschmittel erreicht werden. Halbstationäre Feuerlöscheinrichtungen sind nur zulässig, wenn eine anerkannte Werkfeuerwehr innerhalb von fünf Minuten nach Alarmierung zur Verfügung steht und eine frühzeitige Branderkennung mit Alarmierung installiert ist.

Gebäude müssen einen geeigneten Blitzschutz haben. Oberirdische Behälter und oberirdische Rohrleitungen sind blitzschutztechnisch auf kurzem Wege zu erden.

Bei Füll- und Entleerstellen sowie bei Befüll- und Entnahmeeinrichtungen ist in der Regel eine ausreichende Löschwasserrückhaltung notwendig. Die Dimensionierung ist in Abhängigkeit der Brandmeldeanlagen sowie der Feuerlöscheinrichtungen und der Eigenschaften der gelagerten Stoffe in Abstimmung mit den geltenden Umweltvorschriften festzulegen. Auffangräume dürfen zur Löschwasserrückhaltung mit benutzt werden.

Behälter mit innerem Überdruck müssen so betrieben werden, dass bei den maximal zu erwartenden Überdrücken im Behälter keine Freisetzungen von Gefahrstoffen zu erwarten sind. Dies ist erfüllt, wenn bei einem um 30 % höheren Prüfdruck gegenüber dem zulässigen Betriebsdruck keine Beschädigung eintritt.

7.2.6

Lagerung und Abfüllung brennbarer Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt $\leq 55\text{ °C}$

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen für brennbare Flüssigkeiten und Feststoffe gemäß Abschnitt 7.2.5 sind für Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt $\leq 55\text{ °C}$ zusätzliche Schutzmaßnahmen notwendig.

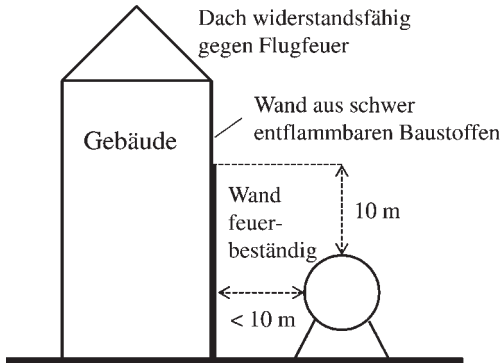


Abb. 7.24 Abstandsregelungen von Tanks

Zum Schutz vor Brandeinwirkung müssen

- oberirdische Tanks mindestens 10 m,
- Füllstellen im Freien mindestens 5 m

von Gebäuden entfernt sein. Diese Abstände können verkürzt werden oder entfallen, wenn geeignete feuerbeständige Wände vorhanden sind, siehe Abbildung 7.24.

Lageranlagen mit einem Lagervolumen von mehr als 30 m^3 in oberirdischen Tanks müssen von einem **Schutzstreifen** umgeben sein. Die Breite des Schutzstreifens ist in Abhängigkeit des Lagervolumens zu berechnen, Unterschiede zur Festlegung von TRGS 510 bestehen nicht, siehe Abbildung 7.25. Die Breite der Schutzstreifen ist bei Tanks von der Wandung der einzelnen Tanks an zu messen. Zusätzlich muss mindestens $\frac{2}{3}$ der Breite der Schutzstreifen nach Abbildung 7.26 außerhalb des Auffangraumes liegen. Die Notwendigkeit eines gemeinsamen Schutzstreifens bei benachbarten Auffangräumen ist in Abbildung 7.26 dargestellt. Die Breite des Schutzstreifens kann durch feuerbeständige Wände verringert werden. Die Schutzstreifen sind von Stoffen freizuhalten, die ihrer Art oder Menge nach geeignet sind, zur Entstehung oder Ausbreitung von Bränden zu führen. Hierzu zählen nicht Verpackungen oder Lager-, Transporthilfsmittel (z. B. Paletten, Schrumpffolie, Umverpackungen), die für die Lagerung von ortsbeweglichen Behältern benötigt werden.

Werden zusätzlich Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt zwischen 55 und $100 \text{ }^\circ\text{C}$ gelagert, sind sie bei der Berechnung des Lagervolumens mit 3 Fünftel ihres Volumens zu berücksichtigen.

Befinden sich im Auffangraum zusätzlich ortsbewegliche Behälter sind diese wie folgt zu berücksichtigen:

- Flammpunkt $\leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$: 1 l in ortsbeweglichen Behältern entspricht 10 l in Tanks,
- Flammpunkt zwischen 55 und $100 \text{ }^\circ\text{C}$: 1 l in ortsbeweglichen Behältern entspricht 3 l in Tanks.

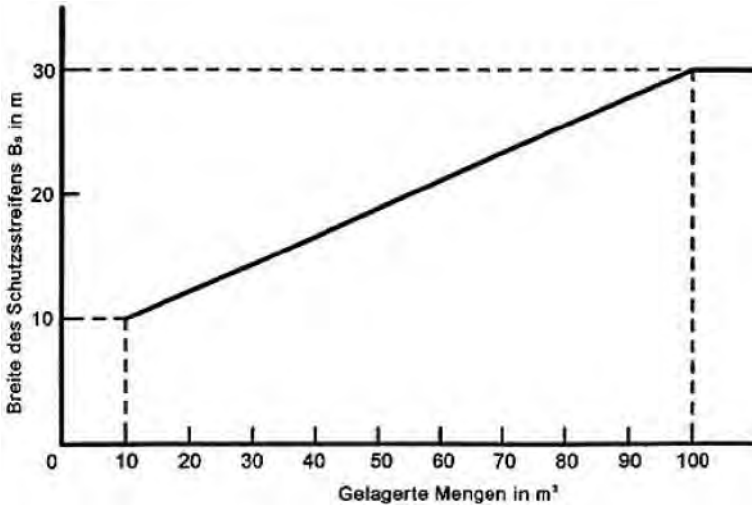


Abb. 7.25 Breite des Schutzstreifens

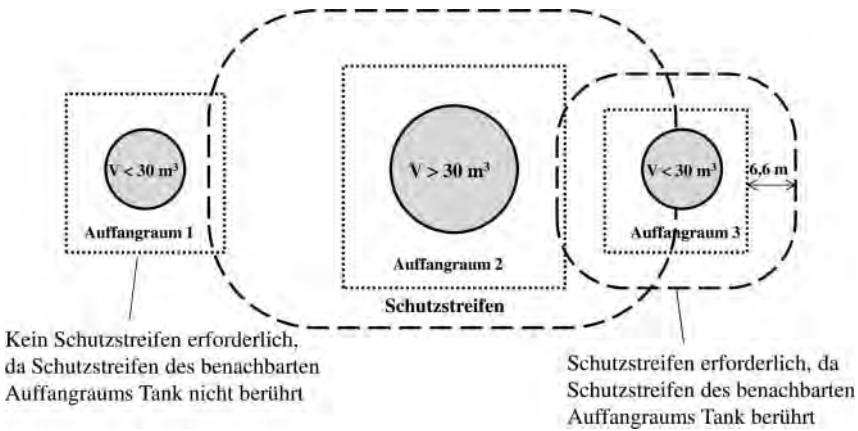


Abb. 7.26 Notwendigkeit von Schutzstreifen

7.2.6.1 Brandschutz

Die Standsicherheit oberirdischer Tanks muss bei Brandeinwirkung mindestens 30 Minuten betragen. Dies ist der Fall, wenn die Stützkonstruktion

- konstruktionsbedingt,
- ummantelt oder
- beschichtet

eine Feuerwiderstandsfähigkeit von mindestens 30 Minuten besitzt, alternativ kann dies auch durch eine behördlich anerkannte Werkfeuerwehr erreicht werden.

Tabelle 7.2 Tankabstände in Tankgruppen.

Anzahl der Tanks in einer Tankgruppe	Gesamtrauminhalt	Tankabstand
bis 4 Tanks beliebig aufgestellt oder beliebig viele Tanks in einer Reihe aufgestellt		
Festdachtanks	$> 50\,000\text{ m}^3$	$\geq 0,5\text{ D}$, mindestens jedoch 3 m
Schwimmdachtanks und inertisierte Festdachtanks	$> 50\,000\text{ m}^3$	$\geq 0,3\text{ D}$, mindestens jedoch 3 m
Tanks mit Ringmantel ¹⁾	$> 50\,000\text{ m}^3$	$\geq 0,3\text{ D}$, mindestens jedoch 3 m
bis 10 Tanks beliebiger Bauart		
	$\leq 2\,000\text{ m}^3$	$\geq 0,3\text{ D}$, mindestens jedoch 1 m
	$> 2\,000\text{ m}^3 \leq 50\,000\text{ m}^3$	$\geq 0,3\text{ D}$, mindestens jedoch 3 m

D: Durchmesser des größten benachbarten Tanks

¹⁾ : Höhe des Ringmantels muss mindestens 4/5 der Höhe des Tankmantels betragen sowie Tanks in gleich hohen Auffangräumen anderer Form

Aus Gründen der Zugänglichkeit und der Brandbekämpfung müssen in einem Lager die in Tabelle 7.2 festgelegten Abstände zwischen den einzelnen Tanks in einer Tankgruppe eingehalten werden. Für Rohöl und Schwefelkohlenstoff sind größere Abstände einzuhalten.

Für den Abstand A der Tankgruppen gilt, wenn der Durchmesser D des größten Tanks in der Tankgruppe beträgt:

- $A = D$, wenn $D \leq 20\text{ m}$,
- $A = 0,5\text{ D} + 20\text{ m}$, wenn $D > 20\text{ m}$.

Automatische Brandmeldeeinrichtungen sind in Lagerräumen mit einem Lager-
volumen

- bis 20 m^3 nur notwendig, wenn aufgrund der örtlichen oder betrieblichen Gegebenheiten besondere Brandschutzmaßnahmen notwendig sind, z. B. in der Nähe von Wohnbebauung,
- über 20 m^3 notwendig.

In Lagerräumen müssen

- ortsfeste Feuerlöscheinrichtungen bei der Lagerung
 - über 20 m^3 von nicht wasserlöslichen und
 - über 30 m^3 von wasserlöslichen Flüssigkeiten in Tanks und
- ortsfeste Berieselungsanlagen bei der Lagerung in mehreren Tanks von über 10 m^3

vorhanden sein, falls im Brandschutzkonzept keine alternativen Schutzmaßnahmen festgelegt wurden.

Auffangräume und Ableitflächen müssen für die Dauer der zu erwartenden Beaufschlagung mit entzündbaren Flüssigkeiten auch im Brandfall flüssigkeitsundurchlässig und gegen die gelagerten Flüssigkeiten ausreichend beständig sein.

Druckgasbehälter dürfen in den Auffangräumen nicht gelagert werden.

Die Grundfläche des Auffangraums darf bei der Aufstellung eines Tanks maximal 10.000 m² betragen, bei mehreren Tanks 7.000 m².

Wände, Decken und Türen bei Lagerräumen mit Tanks mit

- einem Lagervolumen bis 3.000 l oder Volumenströme bis 200 l/h müssen mindestens feuerhemmend (F 30 bzw. T30),
- einem Lagervolumen bis 10.000 l oder Volumenströme bis 1.000 l/h müssen widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sein,
- einem Lagervolumen über 10.000 l oder Volumenströme über 1.000 l/h müssen feuerbeständig abgetrennt sein und aus nicht brennbaren Materialien bestehen (F 90).

In einem Lagerraum mit ortsbeweglichen und ortsfesten Behältern ist die Gesamtlagermenge auf 150 m³ begrenzt.

7.2.6.2 Lagerräume mit Tanks und Räume mit Füllstellen

Bei Tanks mit einem Lagervolumen **bis 3 m³** oder Volumenströmen **bis 200 l/h** müssen die Wände, Decken und Türen mindestens feuerhemmend ausgeführt sein und aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen.

Grundsätzlich gilt für Lagerräume:

- Es dürfen keine Bodenausläufe vorhanden sein,
- Schornsteine dürfen keine Öffnungen in den Räumen haben,
- Abläufe, Öffnungen und Durchführungen zu tiefer gelegenen Räumen, Kellern, Gruben, Schächten sowie Kanäle müssen gegen das Eindringen von Flüssigkeiten und deren Dämpfe geschützt sein und
- Bodenflächen im Wirkungsbereich müssen Teil der Auffangräume oder Ableitflächen sein. Der Wirkungsbereich beträgt 2,5 m um
 - die Füllstelle,
 - die Anschlussstelle der Transportbehälter oder
 - die betrieblich zu lösende Anschlussstelle der beweglichen Leitung zur festverlegten Rohrleitung bzw. zum Behälteranschlussstutzen.

Für Lagerräume mit Tanks mit einem Lagervolumen **bis 10 m³** oder Volumenströmen **bis 1.000 l/h** müssen zusätzlich die

- Bedachungen widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sein,
- Fußböden gegen die gelagerten Flüssigkeiten undurchlässig sein und aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen,
- Durchbrüche durch Wände und Decken in angrenzende Räume durch Schotungen in der Feuerwiderstandsdauer der durchbrochenen Wand bzw. Decke

gegen Brandübertragung und gegen den Durchtritt von Dämpfen gesichert sein und

- sie dürfen nicht anderweitig genutzt werden.

Lagerräume mit Tanks mit einem Lagervolumen **über 10 m³** oder Volumenströme **über 1.000 l/h**

- müssen zusätzlich von anderen Räumen feuerbeständig abgesichert sein und aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen,
- dürfen nur an
 - Wohn- und Beherbergungsräume,
 - sonstige Schlafräume,
 - Räume angrenzen, die nicht nur dem vorübergehenden Aufenthalt von Personen dienen, mit Ausnahme des Betriebspersonals,
 - wenn sie mit einer öffnungslosen Brandwand, mit feuerbeständigen Decken und die Außenwände des Lagerraums, einschließlich Fenster, Türen und sonstigen Öffnungen mindestens feuerbeständig ausgeführt sind und
 - wenn sich oberhalb des Lagerraums Aufenthalts- und Arbeitsräume mit Fensteröffnungen befinden.

Werden in Lagerräumen zusammen mit Tanks ortsbewegliche Behälter gelagert, müssen zusätzlich zu den Anforderungen von TRGS 510 (siehe Abschnitt 7.1), in Abhängigkeit der verdrängten Menge und der abgefüllten Stoffe sowie des vorhandenen Abfüllsystems, die verdrängten Dampf / Luft-Gemische aufgenommen, fortgeleitet und ggf. behandelt werden. Dies kann durch

- Raumlüftung,
- Objektabsaugung,
- formschlüssige Lüftungseinrichtungen (z. B. Einsteckkonus, Absaughaube)
- Füllkabinen oder
- festangeschlossene Lüftungseinrichtungen (z. B. Dämpfependel- oder Dämpfeableitungsanschlüsse

erfolgen. Der Ausfall der vorgenannten Lüftungseinrichtungen muss detektiert und alarmiert werden.

Die Füllstellen müssen mit Einrichtungen versehen sein, die eine Überfüllung zuverlässig vermeiden. In Abhängigkeit der Art der ortsbeweglichen Behälter können hierfür unterschiedliche technische und organisatorische Maßnahmen verwendet werden.

7.2.7

Lagerung von Feststoffen mit hoher Brandgefährdung

Die folgenden Regelungen gelten bei der Lagerung von entzündbaren Feststoffen

- der Kategorie 1 und 2, gekennzeichnet mit H228,

- für pyrophore Feststoffe, gekennzeichnet mit H250, oder
- selbsterhitzungsfähige Feststoffe, gekennzeichnet mit H251 oder H252,

mit einer hohen Brandgefährdung gemäß den Vorgaben der TRGS 800.

In den Lagerräumen müssen Einrichtungen zur Warnung von Personen vorhanden sein, deren Signale an jeder Stelle des Raumes wahrnehmbar sind.

Bei der Förderung mit Druckluft sollte die Temperatur des Staubes max. 70 % der Zündtemperatur nicht überschreiten.

Werden ortsfeste Behälter inertisiert betrieben, müssen diese mit Messgeräten ausgerüstet sein, die die Sauerstoffkonzentration im Inertgas direkt anzeigen und fortlaufend aufzeichnen. Die Zuführung von Stäuben ist erst zulässig, wenn die maximale Sauerstoffkonzentration unterschritten ist.

Zur Früherkennung von verdeckten und offenen Bränden im Inneren der Behälter sind Einrichtungen zur Früherkennung von Bränden notwendig, die bei Überschreitung der Alarmgrenzen, z. B. maximale Temperatur oder Kohlendioxidkonzentration, den Befüllvorgang selbsttätig unterbrechen.

7.2.8

Explosionsschutzmaßnahmen

Falls im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung keine abweichenden Festlegungen begründet werden können, gilt folgende Zoneneinteilung von explosionsgefährdeten Bereichen, wenn entzündbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt < 55 °C gelagert werden:

- Zone 0: das Innere von Behältern, Apparaturen und Rohrleitungen
- Zone 1:
 - Bereich von 1 m um den Bereich der Zone 0
 - Lagerräume und Räume mit Füll- und Entleerstellen mit einem geringeren als dem 5fachen Luftwechsel
 - Bereich von 5 m im Freien und 10 m in Räumen um Füll- und Entleerstellen sowie Ein- und Auslagerungsstellen
 - Bereich von 3 m um Verbindungen, die betriebsmäßig gelöst oder geöffnet werden
 - Bereich von 5 m um Pumpen und andere Apparate mit Stopfbuchsen
 - Bereich von 3 m um die Mündung von Entlüftungsleitungen mit einem Volumenstrom < 1 m³/min, ansonsten der Bereich von 14 m, herabreichend bis zur Kontur des Tanks bzw. bis zur Erdgleiche
 - Dom-, Fernfüll-, Pumpen- und Verteilerschächte von Lageranlagen sowie Auffangräume von Tanks
 - Auffangräume bis zur Höhe der Begrenzung
- Zone 2:
 - Bereiche von weiteren 5 m um den Bereich, der die Zonen 0 und 1 umgibt
 - Lagerräume mit einem mindestens 5fachen Luftwechsel

- Bereiche von 1 m horizontal um die lösbare Verbindung von Rohrleitungen sowie der darunterliegende Raum
- Bereiche von 1 m um die Konturen von Lagerbehältern bis zum Boden
- der Bereich von 5 m um die äußeren Tankabmessungen mit einem Volumenstrom $< 1 \text{ m}^3/\text{min}$ des maximalen Entlüftungsvolumenstromes, ansonsten der Bereich von 50 m, herabreichend bis zur Kontur des Tanks bzw. bis zur Erdgleiche
- Ableitflächen zu Auffangräumen bis zu einer Höhe von 1 m

Für Lageranlagen mit brennbaren Stäuben sind mindestens folgende explosionsgefährdete Bereiche anzunehmen:

- Zone 20:
 - Silos und Bunker mit pneumatischer Befüllung
 - Aufgabestellen bei offener Lagerung in Schüttguthallen und -speichern
 - Filteranlagen (einschl. Zyklone und Abscheider) im Rohluftbereich
- Zone 21:
 - Silos und Bunker mit Befüllung im freien Fall, z. B. über eine mechanische Fördereinrichtung
 - Schüttguthallen und -speicher zur offenen Lagerung von Schüttgütern,
 - Sackaufgabe / Einfüllstellen / Beschickungs- und Entnahmeöffnungen im Umkreis von 1 m
 - Bereiche mit sichtbaren Staubablagerungen
 - Bereiche von 1 m um den Bereich der Zone 20, sofern diese nicht das Innere einer geschlossenen Anlage sind
- Zone 22:
 - Reinluftbereich nach Filter, wenn die ausreichende Reinigung nicht durch z. B. eine Reststaubüberwachung sichergestellt ist, und
 - Bereiche von 1 m um den Bereich, der die Zonen 20 und 21 umgibt

In den explosionsgefährdeten Bereichen sind zu vermeiden:

- in Zone 2 und 22: Zündquellen, die ständig oder häufig auftreten können
- in Zone 1 und 21: neben den für Zone 2 und 22 genannten Zündquellen auch Zündquellen, die gelegentlich auftreten können, z. B. bei vorhersehbaren Störungen eines Arbeitsmittels und
- in Zone 0 und 20: neben den für Zone 1 und 21 genannten Zündquellen auch Zündquellen, die selten auftreten können

Nähere Ausführungen zu den Zündquellen sind in TRBS 2152 Teil 3 [17] zu finden.

In explosionsgefährdeten Bereichen dürfen Schutzsysteme benutzt werden, die die Anforderungen der 11. ProdSV (Explosionsschutzverordnung) [18] erfüllen und für den vorgesehenen Einsatzfall geeignet sind. Folgende Ausführungen können nach TRBS 2152 eingesetzt werden:

- Explosionsfeste Bauweise
- Explosionsdruckentlastung
- Explosionsunterdrückung oder
- Explosionstechnische Entkopplung (von Flammen und Druck)

Grundsätzlich sind alle Öffnungen von stationären Behältern mit einer Flammendurchschlagsicherung auszurüsten. In Abhängigkeit der Betriebsverhältnisse und der Einbauart können Deflagrations- oder Detonationssicherungen zum Einsatz kommen. Neben Füll-, Entleerungs- und Gaspendelanschlüssen können hierzu auch Ansaugöffnung und Auspuff von Verbrennungsmotoren gehören.

Fahrzeuge und Flurförderzeuge (z. B. Gabelstapler, Hubwagen, Plattformwagen) dürfen nur betrieben werden in

- Zone 1, wenn sie der Gerätekategorie 2G,
- Zone 2, wenn sie der Gerätekategorie 3G,
- Zone 21, wenn sie der Gerätekategorie 2D und in
- Zone 22, wenn sie der Gerätekategorie 3D

entsprechen.

7.2.9

Zusammenlagerungsverbote

Folgende Gefahrstoffe dürfen in Mengen über 5.000 kg nicht im gleichen Auffangraum gelagert werden:

- entzündbare Flüssigkeiten, gekennzeichnet mit H224, H225 oder H226,
- akut toxische Gefahrstoffe, Kategorie 1, 2 oder 3 sowie
- oxidierende Gefahrstoffe der Kategorie 1 oder 2.

7.3

Lagerung von Gasen in ortsfesten Anlagen

7.3.1

Allgemeines und Gefährdungsbeurteilung

TRGS 510 regelt ausschließlich die Lagerung von Gasen in ortsbeweglichen Behältern. Keine Regelungen und Vorschriften sind enthalten bezüglich der

- Entnahme von Gasen aus Druckgasbehältern,
- Befüllung von Druckgasbehältern und
- Lagerung von Gasen in ortsfesten Anlagen.

Diese werden zurzeit separat sowohl in TRGS (Technische Regeln für Gefahrstoffe) als auch in TRBS (Technische Regeln für Betriebssicherheit) geregelt.

Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung und Entleeren sollen künftig in der TRBS 3145 [19] geregelt werden, die technische Regel zur Lagerung von Gasen in ortsfesten Anlagen [20] befindet sich noch im Entwurfsstadium und kann noch nicht abschließend kommentiert werden.

Gase sind übergreifend definiert als Stoffe oder Gemische / Zubereitungen, die

- bei 50 °C einen Dampfdruck von 300 kPa (3 bar) haben oder
- bei 20 °C und dem Standarddruck von 101,3 kPa vollständig gasförmig sind.

Gemäß dieser Definition ist beispielsweise Cyanwasserstoff kein Gas, sondern eine Flüssigkeit, da aufgrund des Siedepunktes von 28 °C keins der vorgenannten Kriterien zutrifft. Gleichwohl wird er aufgrund des hohen Dampfdrucks in die Regelungen für Gase aufgenommen.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind die Eigenschaften der gelagerten Gase zu ermitteln und die notwendigen Schutzmaßnahmen festzulegen. Die TRGS „Tätigkeiten mit Gasen“ [21] listet die Eigenschaften für viele technisch bedeutsame Gase auf, die insbesondere bei Reparatur- und Wartungsarbeiten sowie beim Verwenden der Gase wichtig für die Festlegung der Maßnahmen sind. Die Wiedergabe würde den Umfang dieses Lehrbuchs bei Weitem sprengen.

Den Tabellen 7.3 bis 7.5 können über die Klassifizierungs-codes nach Gefahrrecht, siehe Kapitel 8, wichtige Stoffeigenschaften entnommen werden.

Tabelle 7.3 Auswahl wichtiger Permanentgase.

Gas	T _k in °C	Sdp. in °C	Rel. Dichte	KC
Argon	-122,4	-185,9	1,38	1A, 3A
Fluor	-129,0	-188,1	1,31	1TOC
Helium	-268,0	-268,9	0,14	1A, 3A
Krypton	-63,8	-153,4	2,90	1A, 3A
Neon	-228,8	-246,0	0,70	1A, 3A
Sauerstoff	-118,4	-183,0	1,10	1O, 3O
Stickstoff	-146,9	-195,8	0,97	1A, 3A
Stickstoffmonoxid	-92,9	-151,8	1,04	1TOC
Kohlenmonoxid	-140,2	-191,5	0,97	1TF
Methan	-82,5	-161,5	0,55	1F, 3F
Wasserstoff	-239,9	-252,8	0,07	1F, 3F

1= verdichtetes Gas, 2 = verflüssigtes Gas, 3 = tiefgekühlt verflüssigtes Gas, 4 = gelöstes Gas

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

Tabelle 7.4 Unter hohem Druck zu verflüssigende Gase.

Gas	T _k in °C	Sdp. in °C	Rel. Dichte	KC
Chlorwasserstoff	+51,5	-85,0	1,27	2TC
Distickstoffoxid	+36,4	-88,5	1,53	2O
Kohlendioxid	+31,0	-78,5 ¹⁾	1,53	2A, 3A
Schwefelhexafluorid	+45,6	-63,81	5,11	2A
Xenon	+16,6	-108,1	4,56	2A, 3A
Ethan	+32,3	-88,6	1,05	2F, 3F
Ethylen	+9,2	-103,8	0,97	2F, 3F
Phosphin	+51,9	-87,8	1,18	2TC

¹⁾ Sublimationspunkt

1= verdichtetes Gas, 2 = verflüssigtes Gas, 3 = tiefgekühlt verflüssigtes Gas, 4 = gelöstes Gas

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

Tabelle 7.5 Unter geringem Druck zu verflüssigende Gase.

Gas	T _k in °C	Sdp. in °C	Rel. Dichte	KC
Bromwasserstoff	+89,9	-66,7	2,82	2TC
Chlor	+144,0	-34,1	2,49	2TOC
Phosgen	+182,3	+7,4	3,50	2TC
Schwefeldioxid	+157,5	-10,0	2,26	2TC
Stickstofftetroxid	+158,2	+21,1	2,83	2TOC
Ammoniak	+132,4	-33,4	0,60	2TC
n-Butan	+152,0	-0,5	2,11	2F
Dimethylether	+126,9	-24,8	1,63	2F
Propan	+96,8	-42,1	1,55	2F
Propen	+91,8	-47,7	1,48	2F
Schwefelwasserstoff	+100,4	-60,2	1,19	2TF
Ethylenoxid	+195,8	+10,5	1,52	2TF
1,3-Butadien	+152,0	-4,5	1,92	2F
Acetylen	+35,2	-84,0 ¹⁾	0,91	4F, 2F

¹⁾ Sublimationspunkt

1= verdichtetes Gas, 2 = verflüssigtes Gas, 3 = tiefgekühlt verflüssigtes Gas, 4 = gelöstes Gas

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

Die TRGS unterteilt Gase in

- Permanentgase, die eine kritische Temperatur T_k unter -50 °C besitzen und auch unter hohem Druck nicht verflüssigt werden können, siehe Tabelle 7.3,
- Gase mit einer kritischen Temperatur $-50\text{ °C} < T_k \leq +65\text{ °C}$., die unter hohem Druck verflüssigt werden können, siehe Tabelle 7.4, und
- Gase mit einer kritischen Temperatur T_k größer $+65\text{ °C}$, die mit geringem Druck verflüssigt werden können, siehe Tabelle 7.5.

7.3.2

Stationäre Druckanlagen für Gase

Die neue TRGS / TRBS „Stationäre Druckanlage für Gase“ basiert auf einer bereits im Ausschuss für Betriebssicherheit erarbeiteten Vorlage mit dem Arbeitstitel „TRBS 314x...“. Im Rahmen der Neustrukturierung der Lagervorschriften wird diese jetzt an die Terminologie und Struktur von TRGS 509 und 510 angepasst. Im Laufe der weiteren Beratungen sind selbstverständlich noch, zum Teil auch gravierende, Änderungen möglich. Aufgrund des vorgegebenen Rahmens durch die bereits abgeschlossene TRGS 510 und die weit fortgeschrittene TRGS 509 kann jedoch davon ausgegangen werden, dass keine grundsätzlichen Änderungen mehr zu erwarten sind.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind bei stationären Druckanlagen zusätzlich Gefährdungen durch

- Austreten von Gasen,
- Materialversagen,
- Gas -/ Stoffunverträglichkeiten,
- Fehlbedienungen und
- weitere Schadensursachen

zu berücksichtigen.

In Übereinstimmung mit TRGS 509 dürfen ortsfeste Druckbehälter nicht in

- Durchgängen,
- Durchfahrten,
- allgemein zugänglichen Fluren,
- Treppenträumen oder an
- Treppen von Freianlagen

aufgestellt werden, desgleichen nicht in deren Nähe, wenn dadurch Fluchtwege eingeschränkt werden.

Druckbehälter sind vor unbefugtem Zugriff geschützt aufzustellen und zu betreiben, z. B. durch

- Umfriedung der Anlagen,

- Einschluss der Armaturen oder
- organisatorische Maßnahmen.

Oberirdische Druckbehälter müssen allseitig besichtigt werden können, für wiederkehrende Prüfungen gut zugänglich sein und so aufgestellt werden, dass das Fabrikschild gut erkennbar ist.

Oberirdische und erdgedeckte Lagerbehälter müssen so aufgestellt werden, dass für Reinigung, Wartung und Instandsetzung, für Flucht- und Rettungswege sowie für die Maßnahmen zur Kühlung mindestens ein Meter Abstand zwischen den Behältern oder zur Wand besteht, bei Behälterwandungen ohne Öffnungen reichen in der Regel auch 0,5 m.

Die Forderung hinsichtlich eines ausreichenden Abstandes für Reinigung, Wartung und Instandsetzung ist erfüllt, wenn der Abstand zum nächsten Behälter oder zu einer Wand mindestens 1 m beträgt, bei Behälterwandungen ohne Öffnung mindestens 0,5 m, wenn keine betrieblichen Belange, z. B. Prüfmaßnahmen, einen größeren Abstand erfordern.

Druckbehälter für tiefgekühlt verflüssigte Gase, die bei einem Betriebsüberdruck unter 0,5 bar gelagert werden sowie für Gase schwerer als Luft, dürfen 5 m um betriebsbedingte Austrittsstellen keine

- offenen Kanäle,
- gegen Gaseintritt ungeschützten Kanaleinläufe,
- offenen Schächte,
- Öffnungen zu tiefer liegenden Räumen oder
- Luftansaugöffnungen

vorhanden sein.

Grundsätzlich sollten Druckgasbehälter nicht in Räumen aufgestellt werden. Ist die Aufstellung betriebstechnisch notwendig, sind zusätzliche Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Befinden sich neben, unter oder über Lagerräumen mit Druckbehältern für entzündbare Gase Räume, die dem dauernden Aufenthalt von Menschen dienen, müssen die Trennwände gasdicht sein und eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten besitzen.

Räume mit Druckbehältern müssen ausreichend be- und entlüftet werden. Dies kann erfolgen durch

- natürliche Belüftung, wenn die Lüftungsöffnungen unmittelbar ins Freie führen und einen Gesamtquerschnitt von mindestens 1 % der Bodenfläche des Raumes besitzen – bei der Anordnung der Lüftungsöffnungen muss die Dichte der Gase berücksichtigt werden
- technische Lüftung, wenn mindestens ein zweifacher Luftwechsel pro Stunde gewährleistet ist.

7.3.2.1 Lagerbehälter im Freien

Druckbehälter im Freien sowie erdgedeckte Behälter müssen vor mechanischer Beschädigung geschützt werden. Hierbei ist insbesondere Beschädigungen durch Fahrzeuge wirksam vorzubeugen.

Druckbehälter einschließlich der Stützen oder Standzargen sind gegen eine mögliche Brandlast von außen zu schützen. Hierfür stehen mehrere Brandschutzmaßnahmen zur Auswahl, die zulässige Werkstofftemperatur des Druckbehälters nach Anlage 1 der TRGS, (siehe Abbildung 7.27) darf nicht überschritten werden, unabhängig davon, ob als Maßnahme ein Schutzabstand, Brandschutzdämmung oder Brandschutzisolierung, Wasserberieselung oder andere Einrichtungen zur Kühlung eingesetzt werden.

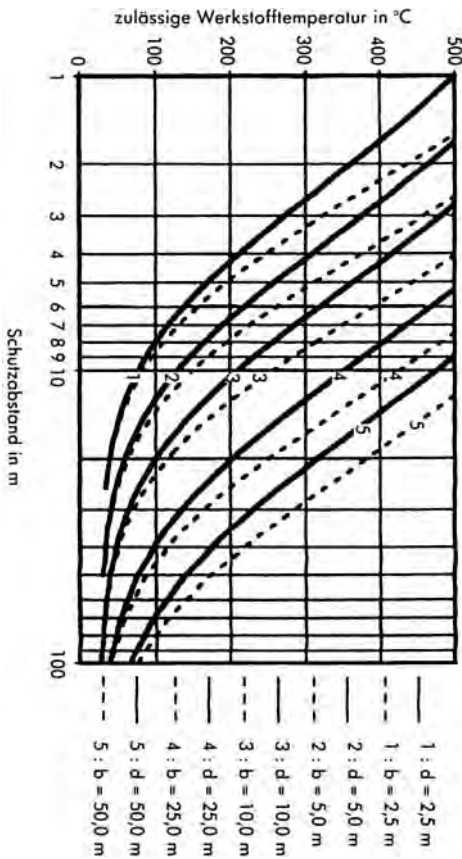


Abb. 7.27 Schutzabstand als Funktion der zulässigen Werkstofftemperatur

Werden als Brandschutzmaßnahme Schutzwand oder Erddeckung benutzt, darf die Temperatur der gelagerten Gase

- 50 °C bei oberirdischen Druckbehältern ohne besonderen Schutz gegen Erwärmung,
- 40 °C bei oberirdischen Behältern, die in Räumen aufgestellt sind oder einen besonderen Schutz gegen Erwärmung besitzen; gegen Sonneneinstrahlung reicht in der Regel ein heller Anstrich aus,
- 30 °C bei erdgedeckten Behältern, bei denen die Erddeckung mindestens 0,5 m beträgt,

nicht übersteigen.

Der Schutzabstand der Gasbehälter von vorhandenen Brandlasten muss gemäß Anlage 1 der TRGS in Abhängigkeit der zulässigen Werkstofftemperaturen der Behälter berechnet werden. Bei erdgedeckten Druckbehältern ist ein Schutzabstand zum Domschacht von

- 3 m bei einem Fassungsvermögen < 3 t und
- 5 m bei einem Fassungsvermögen \geq 3 t

ausreichend.

Zur Reduzierung der Schutzabstände können Schutzwände errichtet werden, die ausreichend dimensioniert die Anforderungen der TRGS erfüllen. Zum Schutz gegen eine Brandlast reicht bei erdbedeckten Druckbehältern eine allseitige Deckung von mindestens 0,5 m.

Eingesetzte Brandschutzdämmungen oder Brandschutzisolierungen müssen im Brandfall eine Schutzwirkung von mindestens 90 Minuten gewährleisten. Alternativ kann durch geeignete Wasserberieselung oder Wasserbeflutung ein ausreichender Brandschutz erreicht werden.

7.3.2.2 Lagerung entzündbarer Gase

Bei der Lagerung entzündbarer Gase sind die Vorschriften der TRBS 2152 [17] bezüglich des Explosionsschutzes zu beachten.

In den explosionsgefährdeten Bereichen dürfen nur Baulichkeiten und Einrichtungen, einschließlich Betriebs-, Werkstraßen sowie Werkgleise, angeordnet sein, die dem Betrieb der Druckbehälter dienen.

Grundsätzlich dürfen für eine natürliche Umlüftung Begrenzungen nur an einer oder zwei Seiten vorhanden sein. Bei Begrenzungen an mehr als zwei Seiten sind ergänzende Lüftungsmaßnahmen notwendig.

Falls bei einem störungsbedingtem Gasaustritt das entzündete Gas den Druckbehälter, seine Stützen oder seine Standzarge befeuern können, muss ein ausreichender Schutz gegen Selbstbefeuern vorhanden sein. Hierfür können nach der TRGS mehrere technische Möglichkeiten eingesetzt werden. Die Rohrleitungsanschlüsse müssen spezielle Anforderungen erfüllen, in Abhängigkeit der gela-

gerten Stoffe und Mengen, der örtlichen und personellen Gegebenheiten sind unterschiedliche Maßnahmen vorzusehen.

Der Fußboden von Lagerräumen für entzündbare verflüssigte Gase muss allseitig oberhalb der Erdgleiche liegen.

Oberirdisch aufgestellte Druckbehälter für entzündbare verflüssigte Gase müssen untereinander und zu anderen Druckbehältern einen für die Brandbekämpfung ausreichenden Abstand haben. Der Sicherheitsabstand muss mindestens betragen:

- bei zylindrischen Behältern die Hälfte des Durchmessers des Behälters mit dem größeren Durchmesser (bei Doppelmantelbehältern gilt der Durchmesser des Innenbehälters), mindestens jedoch 1 m,
- bei Kugelbehältern mindestens $\frac{3}{4}$ des Durchmessers,
- bei Kugelbehältern, die in mehr als zwei Reihen aufgestellt sind, der Abstand zur dritten Reihe, mindestens $7\text{ m} + \frac{3}{4}$ des Durchmessers der Kugelbehälter oder
- bei zylindrischen Behältern und Kugelbehältern mindestens $\frac{3}{4}$ des Durchmessers des größeren Behälters (gemessen zur Projektion der Behälter).

7.3.2.3 Zusätzliche Maßnahmen bei sehr giftigen oder giftigen Gasen

Bei folgenden Gasen sind die Lagermengen nach sicherheitstechnischen und verfahrenstechnischen Gesichtspunkten möglichst klein zu halten und die Druckbehälter bevorzugt in besonderen Räumen aufzustellen:

- Phosphorwasserstoff (Phosphan bzw. Phosphin),
- Schwefelwasserstoff,
- Carbonylchlorid (Chlorkohlenoxid, Phosgen),
- Fluor sowie
- Cyanwasserstoff (Blausäure).

Die sicherheitstechnische Ausstattung der Druckbehälter und Lagerräume muss spezielle, umfangreiche Anforderungen erfüllen. Die wesentlichen sind:

- Alle Füll-, Entnahme- und Gaspendelleitungen müssen mit einer Handabsperrearmatur und fernbetätigbarer Absperrarmatur mit mechanischem, pneumatischem oder elektrischem Stellungsanzeiger ausgerüstet sein.
- Probenahmestellen sind so auszuführen, dass nur geringe Mengen austreten können, z. B. mittels zwei hintereinander geschalteten Absperrarmaturen.
- Bei MSR-Leitungen ist eine Handabsperrearmatur sowohl an der Gas- als auch an der Flüssigphase vorzusehen.
- Stutzen ohne angeschlossene Rohrleitung sind bei giftigen Gasen ohne Armatur blindzusetzen oder mit doppelt abgedichteter oder dichtungsloser Armatur zu versehen und blindzusetzen, bei sehr giftigen Gasen ohne Flansch vorzusehen oder mit Flansch und Schweißlippendichtung dicht zu schweißen.

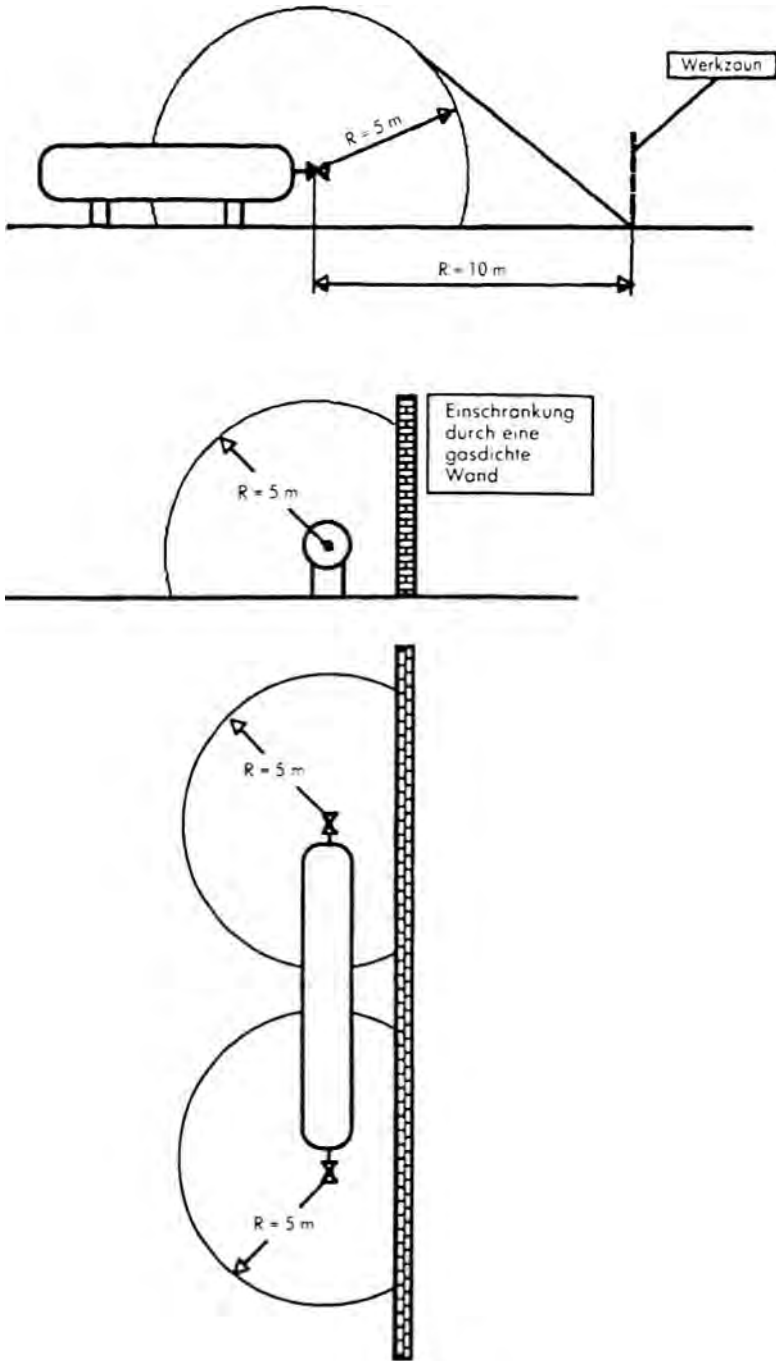


Abb. 7.28 Geometrische Darstellung der Bereiche mit möglicher Gesundheitsgefährdung



Abb. 7.29 Warnzeichen.

- An allen Stutzen des Druckbehälters müssen
 - die Wanddicken der Rohre mindestens 3,2 mm betragen,
 - die Flansche eine Nenndruckstufe höher ausgeführt sein als aufgrund des Dampfdruckes bei der höchstmöglichen Temperatur erforderlich wäre,
 - Flansche mit Nut und Feder oder Vor- und Rücksprung oder Schweißlippen-dichtung verwendet werden,
 - Flansche mit glatter Dichtleiste dürfen nur in Verbindung mit Metallweichstoffdichtungen oder Metalledichtungen eingesetzt werden.

Werden Druckbehälter im Freien aufgestellt, sind Bereiche mit einer möglichen Gesundheitsgefährdung festzulegen und mit dem Warnzeichen deutlich erkennbar und dauerhaft zu kennzeichnen (Abbildung 7.28 und 7.29).

7.3.2.4 Prüfungen und Kontrollen

Zur Prüfung der stationären Druckanlagen sind auch die TRBS 1201 [22] „Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“, TRBS 1201 Teil 1 „Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen und Überprüfung von Arbeitsplätzen in explosionsgefährdeten Bereichen“ und TRBS 1201 Teil 2 „Prüfungen bei Gefährdungen durch Dampf und Druck“ zu beachten.

Vor der ersten Inbetriebnahme müssen geprüft werden:

- Vorhandensein der erforderlichen Unterlagen,
- Einhaltung der Schutzabstände,
- Einhaltung der Abstände innerhalb der Anlagen,
- Festlegung und Kennzeichnung von explosionsgefährdeten Bereichen,
- Anordnung und Ausführung der Prozessleitwarten,
- Anforderung an die Umgebung von Gasanlagen hinsichtlich Öffnungen zu tiefer liegenden Räumen und Kanälen,
- Luftansaugöffnungen und
- vorbeugende Maßnahmen zum Schutz vor unzulässiger Erwärmung.

Die Prüffristen der sicherheitsrelevanten Anlagenteile müssen vom Betreiber eigenverantwortlich festgelegt werden.

Druckbehälter sind erstmalig, nach wesentlichen Änderungen sowie nach jeder Systemöffnung auf Dichtheit zu überprüfen. Neben dem Druckbehälter selbst müssen auch Rohre und Armaturen mit überprüft werden.

7.3.2.5 Betrieb der Druckbehälter

Druckbehälter müssen so sicher betrieben werden, dass weder Beschäftigte, Dritte oder die Umwelt gefährdet werden. Sie dürfen nur befüllt werden, wenn sichergestellt ist, dass ein Überfüllen sicher verhindert wird, z. B. durch eine Überfüllsicherung.

Die Betriebsanweisung nach § 14 Gefahrstoffverordnung muss zusätzlich folgende Angaben aufnehmen, falls

- der Betrieb eines Druckbehälters aus sicherheitstechnischen Gründen eine bestimmte Reihenfolge von Schaltvorgängen erforderlich macht,
- der Druckbehälter mit verflüssigten Gasen betrieben wird,
- der Druckbehälter mit Gasen unter Druck gefüllt ist oder
- der Druckbehälter vor einer Füllung bzw. vor dem Anfahren luftfrei gemacht werden muss, z. B. durch Spülen mit Inertgasen.

In der Unterweisung nach § 14 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung ist insbesondere einzugehen auf

- In- und Außerbetriebnahme,
- die Bedienung der Druckanlage unter Zugrundelegung der Betriebsanweisung,
- Wartung und Instandsetzung,
- besondere Gefahren beim Betrieb von Druckbehältern,
- zu treffende Maßnahmen bei Störungen, Schadensfällen und Unfällen,
- Verhalten bei außergewöhnlichen Vorkommnissen,
- Beseitigung von Störungen sowie
- die Handhabung von Feuerlöscheinrichtungen und persönlichen Schutzausrüstungen.

An Anlagenteilen mit Speicherfunktion für verflüssigte Gase müssen die Einrichtungen der Füllstandsbegrenzung so eingestellt werden, dass der Füllgrad bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur 95 % des Gesamtrauminhalts nicht überschreitet.

Bei verflüssigten Gasen ist dies die Temperatur der Flüssigphase.

Als maximal zulässige Betriebstemperatur des Gases durch Witterungseinflüsse gelten

- bei oberirdischen Anlagenteilen ohne besonderen Schutz gegen Erwärmung: 50 °C,
- bei oberirdischen Anlagenteilen, die in Räumen aufgestellt sind oder einen besonderen Schutz gegen Erwärmung besitzen: 40 °C,
- bei erdgedeckten Anlagenteilen, bei denen die Erddeckung mindestens 0,5 m beträgt: 30 °C.

7.4

Tätigkeiten mit ortsbeweglichen Druckgasbehältern

Da TRGS 510 nur die passive Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern regelt, mussten alle Regelungen mit Tätigkeiten mit Druckbehältern, einschließlich der aktiven Lagerung, neu geregelt werden. Grundlage dieser Ausführungen ist die Entwurfsfassung der technischen Regel mit dem Arbeitstitel TRGS 3145 „Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“ von Anfang 2013, erfahrungsgemäß sind daher Änderungen bis zur Verabschiedung nicht auszuschließen.

Die technische Regel ist bei Tätigkeiten mit Gasen in ortsbeweglichen Druckbehältern anzuwenden sowie für Cyanwasserstoff. Sie gilt nicht für

- das Lagern von Gasen
- das Bereithalten und Entleeren von Eisenbahnkesselwagen, Straßentankwagen und von Tankcontainern,
- das Entleeren von Treibgastanks,
- Tätigkeiten mit ortsbeweglichen Druckgasbehältern, die nach ihrer Herstellung ständig ortsfest betrieben werden.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind die Ursachen möglicher Gefährdungen zu ermitteln. Da sich diese nicht von den stationären Druckbehältern, siehe Abschnitt 7.3.2 unterscheiden, wird auf die Wiederholung an dieser Stelle verzichtet.

7.4.1

Allgemeine Schutzmaßnahmen

Gefüllte oder entleerte ortsbewegliche Druckgasbehälter, die nicht angeschlossen sind, müssen fest verschlossen und mit den vorgesehenen Schutzeinrichtungen versehen sein.

Druckgasbehälter dürfen nur in kontrollierter Weise erwärmt oder abgekühlt werden. Das Erwärmen darf nur mit Temperaturüberwachung des Wärmeträgers bis zu 50 °C erfolgen, zweckmäßigerweise mit Warmwasser oder angewärmter Luft. Offenes Feuer ist nicht zulässig.

Vereisungen an ortsbeweglichen Druckgasbehältern und Ausrüstungsteilen dürfen nur so beseitigt werden, dass keine gefährliche Erwärmung auftritt, die Verwendung von Feuer oder glühenden Gegenständen ist verboten. Bei entzündbaren Gasen muss eine Zündung sicher verhindert werden.

Druckgasbehälter müssen regelmäßig gewartet werden. Hierbei sind

- geringfügige Mängel wie z. B. das Erneuern von Dichtungen zu beseitigen,
- äußere Verunreinigungen, die eine Korrosion begünstigen, zu entfernen und
- ggf. das Behälterinnere zu reinigen.

Mängel an Ausrüstungsteilen, wie beispielsweise nicht mehr von Hand zu öffnende Absperreinrichtungen, müssen ordnungsgemäß instand gesetzt werden.

Instandsetzungsarbeiten dürfen nur von hierfür beauftragten Beschäftigten in geeigneten Werkstätten durchgeführt werden. Hierbei sind festzulegen:

- Art und Umfang der durchzuführenden Instandsetzungsarbeiten,
- erforderlichenfalls Vorgehensweise zum Entleeren und Reinigen,
- Sicherheitsmaßnahmen beim Öffnen von ortsbeweglichen Druckgasbehältern,
- persönliche Schutzmaßnahmen in Abhängigkeit der Gaseigenschaften sowie
- Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Gasunverträglichkeiten.

Ventile dürfen erst abgeschraubt werden, wenn die Druckgasbehälter vollständig drucklos sind.

Bei der Handhabung von Druckbehältern mit oxidierenden Gasen sind zur Vermeidung gefährlicher Reaktionen sowie von Brand- und Explosionsgefährdung zu beachten:

- Mit dem Gas in Berührung kommende Teile des Druckgasbehälters und die Ausrüstungsteile müssen frei von Öl und Fett gehalten werden.
- Absperreinrichtungen für Sauerstoff dürfen nicht schlag- oder ruckartig geöffnet oder verschlossen werden, da Druckstöße zu einer Temperaturerhöhung oder Entzündung führen können (adiabatische Kompression).
- Mit Sauerstoff benetzte Kleidung ist umgehend zu wechseln oder ausreichend zu lüften.
- Rohrleitungssysteme müssen vor Inbetriebnahme oder nach Reparaturen gereinigt und frei von Partikeln sein.

7.4.2

Füllen ortsbeweglicher Druckgasbehälter

Ortsbewegliche Druckgasbehälter dürfen nur gefüllt werden, wenn

- der Druckgasbehälter den Anforderungen der Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter entspricht,
- das Datum der nächsten wiederkehrenden Prüfung nicht verstrichen ist und
- der Druckgasbehälter, einschließlich seiner Ausrüstung, keine Mängel aufweist, die zu einer Gefährdung führen können.

Die Befüllung darf nach § 8 BetrSichV [2] nur durch beauftragte Beschäftigte erfolgen, die für diese Tätigkeit geeignet, zuverlässig und unterwiesen sind.

Räume, in denen Gase umgefüllt werden, dürfen nur von unterwiesenen oder fachkundigen Personen betreten werden.

Das Füllen mit anderen als auf dem Druckgasbehälter oder in der Füllanweisung angegebenen Gasen ist nicht zulässig.

Druckgasbehälter dürfen nur befüllt werden,

- wenn sie korrekt gekennzeichnet sind,
- dicht sind,
- die Absperrrichtungen korrekt funktionsfähig sind und
- die vorgeschriebenen Sicherheitseinrichtungen korrekt funktionieren.

Druckgasbehälter sind nach einer Wasserdruckprüfung sorgfältig zu trocknen, der Einbau des Ventils darf erst erfolgen, wenn die Innenseite vollständig trocken ist. Bei der Trocknung ist zu gewährleisten, dass die zulässige maximale Temperatur nicht überschritten wird.

Nach dem Füllvorgang sind zu prüfen:

- die Absperrrichtungen und deren Verbindung mit den Druckgasbehältern in geeigneter Weise bei geschlossener Armatur und ohne Verschlussmutter auf innere Dichtheit,
- bei entzündbaren Gasen die Ventile mit Spindeldurchführung oder Sicherheitseinrichtungen auf äußere Dichtheit. Die Kontrolle ist bei Offenstellung der Armatur und Blindverschluss der Seitenöffnung durchzuführen,
- auf Dichtheit per Sichtkontrolle, insbesondere die Schweißnähte bei geschweißten Flaschen.

Die Lagerung von gefüllten Druckgasbehältern an Füllanlagen ist nicht zulässig.

In einem Bereich von mind. 5 m um betriebsbedingte Austrittsstellen von Füllanlagen dürfen sich keine Gruben, Kanäle oder Abflüsse zu Kanälen ohne Flüssigkeitsverschluss sowie keine Kellerzugänge oder sonstige offene Verbindungen zu Kellerräumen oder Öffnungen in Wänden und Decken zu anderen Räumen befinden. Ferner dürfen sich dort auch keine Reinigungs- oder andere Öffnungen von Schornsteinen befinden.

7.4.3

Bereithalten von Druckgasbehältern

Grundsätzlich darf maximal die gleiche Anzahl von Druckgasbehältern bereitgehalten werden, wie zum Entleeren angeschlossen sind. Bereitgestellte und angeschlossene Druckgasbehälter müssen gegen Umfallen oder Herabfallen gesichert sein.

Druckgasflaschen über 1 l Inhalt mit verflüssigten Gasen, die entzündbar, oxidierend oder akut toxisch (Kategorie 1 oder 2) sind, müssen stehend bereitgehalten werden.

In Räumen dürfen Druckgasbehälter nur verwendet werden, wenn einer unkontrollierten Gasfreisetzung wirkungsvoll vorgebeugt wird, beispielsweise durch

- ausreichende natürliche Be- und Entlüftung,
- technische Lüftung (Zu- und Abluftanlage) oder
- Gaswarneinrichtung.



Abb. 7.30 Warnzeichen Gasflaschen

Ergänzend sind regelmäßige Dichtheitskontrollen durchzuführen.

In Räumen mit einer Grundfläche bis zu 12 m², die allseitig mit festen öffnungslosen Wänden von mehr als 1,5 m Höhe umgeben sind, dürfen nicht mehr als zwei Druckgasbehälter von je 14 l Inhalt bereitgehalten werden,

In Räumen unter Erdgleiche ist die Bereithaltung von Kohlendioxid, Stickstoff und Distickstoffoxid mit einem Gesamtvolumen bis 70 l nur zulässig, wenn eine Gefährdung durch geeignete Maßnahmen ausgeschlossen werden kann, beispielsweise durch eine

- natürliche Belüftung mit Lüftungsöffnungen, die so groß sind, dass sie eine Durchlüftung bewirken, und der Fußboden nicht mehr als 1,5 m unter der Erdgleiche liegt,
- technische Lüftung, die bei ständigem Betrieb einen 2fachen Luftwechsel / Stunde gewährleistet oder durch
- technische Lüftung, die bei Einschalten über Türkontaktzeitschalter oder geeignete Gaswarneinrichtung einen 10fachen Luftwechsel pro Stunde gewährleistet.

Im Zugangsbereich ist deutlich erkennbar und dauerhaft auf die Erstickungsgefahr und auf das Verbot die Tür nach dem Betreten des Raumes zu schließen durch ein Warnzeichen, ein Beispiel ist in Abbildung 7.30 dargestellt, hinzuweisen.

7.4.4

Entleeren von Druckgasbehältern

Druckgasbehälter dürfen nicht angeschlossen und bereitgehalten werden

- in Treppenträumen, Haus- und Stockwerksfluren, engen Höfen sowie Durchgängen und Durchfahrten oder in deren unmittelbarer Nähe,
- an Treppen von Freianlagen,
- an Rettungswegen und
- in Räumen unter Erdgleiche.

Ausnahmen hiervon sind nur zulässig

- zur Durchführung von zeitlich begrenzten, notwendigen Arbeiten (z. B. bei Instandsetzungen), wenn besondere Schutzmaßnahmen (z. B. Absperrung, Sicherung des Rettungsweges, Lüftung) getroffen werden,
- für Druckgasbehälter mit Kohlendioxid, Stickstoff und Distickstoffoxid mit einem Gesamtvolumen bis 70 l unter Beachtung der gleichen Maßnahmen wie beim Bereithalten (siehe Abschnitt 7.4.3),
- zur Ausführung von Bauarbeiten, deren Aufstellung unter Erdgleiche aus betriebstechnischen Gründen erforderlich ist, eine natürliche oder technische Lüftung die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre sowie die Bildung einer gesundheitsgefährlichen Gaskonzentration und Sauerstoffmangel verhindert und die Anlage unter ständiger Aufsicht steht.

Druckgasbehälter für Pressluft oder Sauerstoff können ebenfalls unter bestimmten Bedingungen an den vorgenannten Orten aufgestellt werden, wenn zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden, wie z. B. die Aufstellung in Sicherheitsschränken nach DIN EN 14470-2 [23], siehe Abbildung 7.31.

Die Entleerung darf nur über Entnahmeeinrichtungen erfolgen, die

- für das jeweilige Gas geeignet sind,
- einen sicheren und gasdichten Anschluss an den ortsbeweglichen Druckgasbehälter ermöglichen und
- keine Mängel aufweisen.

Druckgasbehälter mit verflüssigten Gasen müssen senkrecht aufgestellt werden, falls sie nicht für eine waagrechte Entleerung ausgerüstet sind.

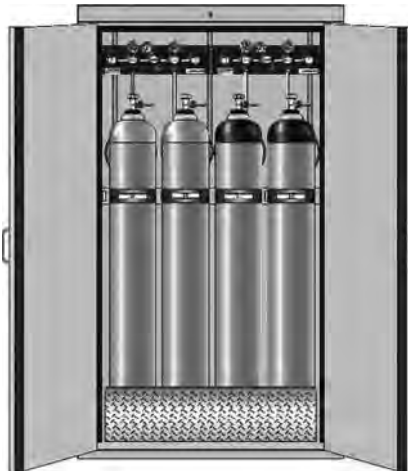


Abb. 7.31 Sicherheitsschränke für Gase

Grundsätzlich dürfen Druckgasbehälter nur entleert werden, wenn die Prüffrist für die wiederkehrende Prüfung noch nicht abgelaufen ist. Bis zur doppelten Prüffrist ist die Entleerung möglich, wenn ein Materialversagen ausgeschlossen werden kann.

In Arbeitsräumen dürfen nur die zum ununterbrochenen Fortgang der Arbeiten notwendigen Druckgasbehälter angeschlossen werden. Entzündbare Gase dürfen in Arbeitsräumen nur bis maximal 150 l angeschlossen sein, mit Ausnahme für Prozess- und Versuchsanlagen.

In Räumen, die der Öffentlichkeit zugänglich sind, dürfen

- akut toxische Gase (Kategorie 1 bis 3) nicht aufgestellt werden,
- entzündbare oder oxidierende Gase
 - nur bis zu einem Volumen von 150 l aufgestellt werden,
 - für medizinische Zwecke oder
 - wenn sie zur Ausführung von Arbeiten vorübergehend benötigt werden und entsprechende Sicherungsmaßnahmen getroffen sind, wie z. B. Lüftungsmaßnahmen oder Vorhalten eines Feuerlöschers.

In Arbeitsräumen dürfen entzündbare oder akut toxische Gase der Kategorie 1, 2 oder 3 nur bis maximal 6 Flaschen aufgestellt werden. Werden betriebstechnisch mehr Flaschen benötigt, sind diese entweder in Sicherheitsschränken, siehe Abbildung 7.31, in speziellen Aufstellungsräumen oder im Freien aufzustellen und die Gase per festverlegter Rohrleitung zuzuführen.

In besonderen Aufstellungsräumen und an Aufstellplätzen im Freien

- dürfen nicht mehr als die dreifache Anzahl (gefüllte und entleerte) der zum Entleeren angeschlossenen Druckgasbehälter vorhanden sein und
- müssen diese zusätzlich vorhandenen (gefüllten oder entleerten) Druckgasbehälter nach Gasarten getrennt aufgestellt werden.

Tabelle 7.6 Abmessungen der Bereiche mit möglicher Gefährdung für ortsbewegliche Druckgasbehälter mit akut toxischen Gasen der Kat. 1 (sehr giftig) beim Entleeren

Bei Entnahme aus		Höhe h im m und Radius r in m	Entlerren			
			Im Freien Gase		In Räumen Gase	
			leichter	schwerer als Luft	leichter	schwerer als Luft
der Gasphase	Einzelflasche oder Batterie	h	1	0,5	2	1
	mit 2 bis 6 Flaschen	r	1	1	2	2
	ortsbewegliche Druckgas- behälter > 150 l oder Batte- rie mit mehr als 6 Flaschen	h	2	0,5	3	1
		r		22	3	3
der Flüssigphase		h	2	0,5	3	ganzer Raum
		r	2	3	3	

Pyrophore Gase dürfen nicht im gleichen Raum mit anderen Gasen entleert werden.

Um Entleerstellen entzündbarer Gase sind gemäß TRGS 2152 [17] explosionsgefährdete Bereiche in Zonen einzuteilen und die entsprechenden Maßnahmen festzulegen.

Für akut toxische Gase der Kategorie 1 sind Bereiche mit möglicher Gefährdung gemäß Tabelle 7.6 und den Abbildungen 7.32 und 7.33 festzulegen. In diesen

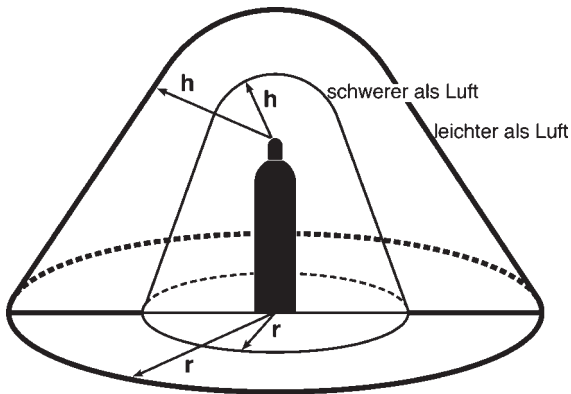


Abb. 7.32 Bereich möglicher Gefährdung durch akut toxische Gase, Kategorie 1

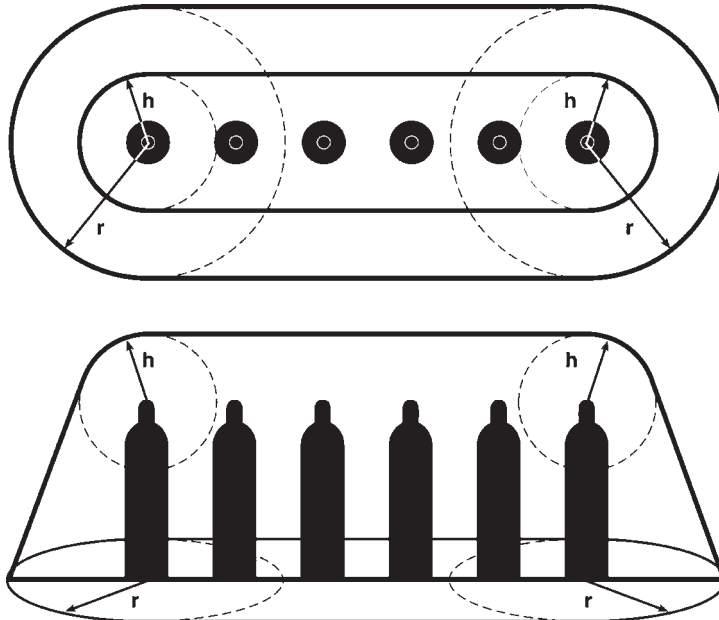


Abb. 7.33 Bereich möglicher Gefährdung durch akut toxische Gase, Kategorie 1



Abb. 7.34 Hinweisschild „Unbefugtes Betreten verboten“

Bereichen dürfen sich Beschäftigte nur zur Durchführung betriebsbedingter Arbeiten, wie z. B. Flaschenwechsel, aufhalten, wenn sie geeignete Fluchtfilter mitführen. Die Bereiche möglicher Gefährdung dürfen nicht in innerbetriebliche Verkehrswege, Rettungswege oder öffentliche Bereiche hineinragen.

Bei verflüssigten Gasen dürfen zur Druckerzeugung beim Entleeren nur Gase eingesetzt werden, die nicht zu einer gefährlichen Reaktion führen. Bei entzündbaren verflüssigten Gasen dürfen zur Druckerzeugung nur inerte oder entzündbare Gase eingesetzt werden, keinesfalls Druckluft oder oxidierende Gase.

Das Aufstellen von Druckgasbehältern in Bereichen, die der Öffentlichkeit zugänglich sind, darf bei

- akut toxischen Gasen nur erfolgen, wenn sie ständig beaufsichtigt werden und
- bei entzündbaren Gasen nur, wenn sie ständig beaufsichtigt werden oder durch Absperrung, Einfriedung oder Unterbringung in einem Flaschenschrank dem Zugriff Unbefugter nicht zugänglich sind.

Bei nur vorübergehender Aufstellung genügt ein Hinweisschild, z. B. gemäß Abbildung 7.34.

7.4.5

Innerbetriebliches Befördern

Für ortsbewegliche Druckgasbehälter gilt:

- Sie dürfen nur auf den dafür vorgesehenen Einrichtungen, z. B. Rollreifen, Flaschenfuß oder Konkavböden, gerollt werden.
- Sie dürfen nicht geworfen werden.
- Zum Befördern sind nur solche Lastaufnahmemittel zu verwenden, die eine Beschädigung oder ein Herabfallen zuverlässig ausschließen.
- Sie dürfen nicht an der Ventilschutzvorrichtung oder am Ventil angehoben werden, außer diese sind speziell dafür konstruiert.

Die Beförderung von Druckgasbehältern ist grundsätzlich nur mit aufgeschraubten Schutzkappen erlaubt. Abweichend hiervon ist die Beförderung mit angeschlossenen Verbrauchsgeräten zulässig, wenn die Absperrventile geschlossen sind.

Bei der Beförderung auf Fahrzeugen, Flurförderzeugen und bei der Beförderung mit Hebezeugen müssen die Druckgasbehälter so gesichert werden, dass sie sich nicht bewegen können. In geschlossenen Fahrzeugen, einschließlich solcher mit Fahrzeugplane, muss sowohl oben als auch unten genügend Lüftung erfolgen, z. B. durch Lüftungsschlitze, sodass keine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entstehen kann.

8

Transportvorschriften

Im Gegensatz zu den Vorschriften des Gefahrstoffrechts sind die Transportvorschriften gefährlicher Güter weitgehend international harmonisiert. Aufgrund der Besonderheiten der verschiedenen Transportwege (siehe Abbildung 8.1) existieren unterschiedliche Vorschriften für den Transport gefährlicher Güter

- auf Straßen,
- mit der Eisenbahn,
- auf Binnenschiffen,
- auf den Meeren sowie
- für den Luftverkehr.

Die Einteilung gefährlicher Güter in unterschiedliche Transportklassen ist für alle Transportwege einheitlich, die Vorschriften zur Einstufung sind weitestgehend mit den in Kapitel 2 beschriebenen GHS-Vorschriften identisch.

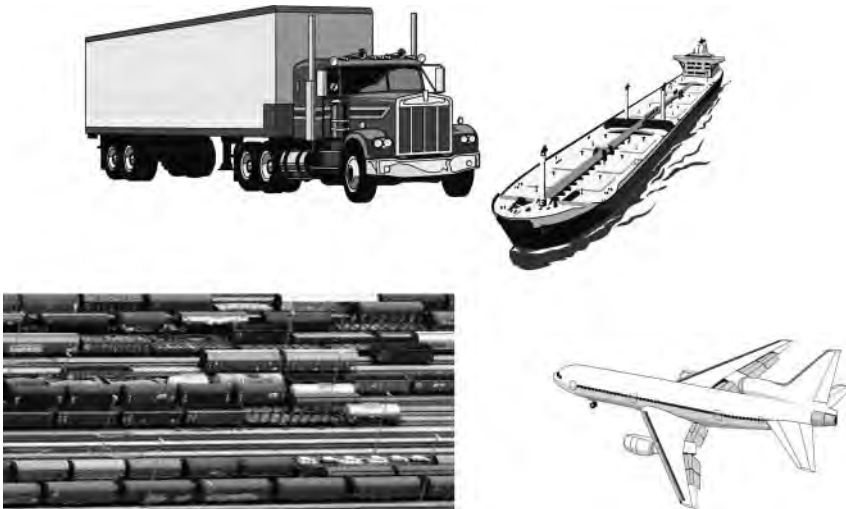


Abb. 8.1 Unterschiedliche Verkehrsträger

Die **Beförderung** im Sinne der Transportvorschriften umfasst sowohl den Vorgang des Transports als auch Übernahme und Ablieferung der Güter. Zeitweilige Unterbrechungen der Beförderung, z. B. zum Verpacken, Auspacken, Be- und Entladen, werden von der Beförderung mit eingeschlossen. Demgemäß sind die Transportvorschriften auch hierauf anzuwenden, gleichgültig ob sie vom Beförderer oder anderen Beteiligten durchgeführt werden.

8.1

Internationale Transportvorschriften

Bereits 1956 wurde von einem Sachverständigenausschuss der Vereinten Nationen (UN) eine Klassifizierung, listenmäßige Erfassung und Kennzeichnung gefährlicher Güter erarbeitet. Dieses Rahmenwerk mit den zwischenzeitlich erlassenen Änderungen stellt die Grundlage aller internationaler Transportregelungen dar. Diese „List of Dangerous Goods most commonly carried“ wird vom „Sachverständigenausschuss Beförderung gefährlicher Güter“ des „UNO Wirtschafts- und Sozialrates“ mit Sitz in Genf (Schweiz), abgekürzt ECOSOC (Economic and Social Council), fortgeschrieben.

Basis der internationalen Gefahrgutvorschriften sind die Model Regulations der „UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods“, die von UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) erlassen werden. Zurzeit gelten die Modellvorschriften in der 17. überarbeiteten Fassung, die als Basis der Verkehrsträger spezifischen Regelungen ADR, RID, ADN für deren Überarbeitung in 2013/2014 dient. Die 18. überarbeitete Fassung der UN-Modellvorschriften wird voraussichtlich Anfang 2013 veröffentlicht.

8.1.1

Eisenbahn

Internationale Regelungen für den Transport gefährlicher Güter werden seit über 100 Jahren im „Internationalen Übereinkommen über den Eisenbahnfrachtverkehr“ geregelt. Im Rahmen der europäischen Vertragswerke nimmt das RID-System als das älteste Regelwerk eine besondere Stellung ein. Seit dem 01.01.2013 ist die 17. Änderungsverordnung zum RID [1] in Kraft getreten. Die RID-Vorschriften sind in Deutschland über die Gefahrgutverordnung Straße Eisenbahn Binnenschifffahrt (GGVSEB) [2] in nationales Recht überführt worden.

- **RID:** Règlement International concernant le transport des marchandises dangereuses par chemins de fer

8.1.2

Straße

Bereits 1957 hat die europäische Gemeinschaft das internationale Übereinkommen zur Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße übernommen. Dieses ADR-Vertragswerk stellt bis heute die wesentlichste Grundlage der Straßenverkehrsregelungen in Europa dar. Die ADR-Regelungen werden von UNECE erlassen.

- **ADR:** Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route

Am 01.01.2013 trat die 22. Änderungsverordnung zum ADR [3] in Kraft, in Deutschland ist diese analog dem RID über die GGVSEB [2] rechtswirksam.

Neben den Staaten der Europäischen Union sind Albanien, Andorra, Aserbeidschan, Bosnien und Herzegowina, Kasachstan, Kroatien, Liechtenstein, Norwegen, Russische Föderation, Schweiz, Serbien, Tadschikistan, Türkei, Tunesien, Ukraine und Weißrussland dem ADR-Vertragswerk beigetreten.

8.1.3

Schifffahrt

Im Rahmen der Europäischen Gemeinschaft existieren für den Transport gefährlicher Güter auf Binnenschiffen die **ADN-Regelungen:** „Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voie de navigation intérieure“. Das Übereinkommen ist, nach der Ratifizierung Deutschlands am 29.02.2008 in Kraft getreten. Zurzeit gilt die Fassung der 3. Änderungsverordnung vom 01.01.2011 [4].

Vom Schiffsicherheitsausschuss der „International Governmental Maritime Organization“ (**IMO**) mit Sitz in London (Großbritannien) wurde ab 1960 ein Code für den Transport gefährlicher Güter auf den Seeschiffahrtswegen erarbeitet, der mittlerweile als **IMDG-Code** international angewendet wird. In diesem International Maritime Dangerous Goods-Code wurden die internationalen Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe sowie die wesentlichsten Grundsätze für den Transport gefährlicher Güter auf Schiffen festgelegt. Zurzeit gilt der IMDG-Code 2010 [5], der durch die Gefahrgutverordnung See [6] mit Wirkung vom 01.01.2012 in nationales Recht überführt wurde.

8.1.4

Luftverkehr

Der Transport gefährlicher Güter beim Flugverkehr ist zurzeit nicht staatlich geregelt. Die in der IATA (International Air Transport Association) zusammengeschlossenen Luftfahrtgesellschaften haben sich jedoch zur Einhaltung der Regelungen der IATA-DGR (IATA Dangerous Goods Regulations) verpflichtet.

Analog wurden im Auftrag der „Internationalen Zivilen Luftfahrtorganisation“ (ICAO – International Civil Aviation Organization) Technische Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter im Luftverkehr (Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air) erarbeitet, die von den ICAO-Mitgliedsstaaten seit 1984 eingehalten werden müssen. Eine Übernahme in deutsche Vorschriften ist bislang noch nicht erfolgt.

Abbildung 8.2 stellt die Zusammenhänge zwischen den wichtigsten internationalen und nationalen Regelungen für den Transport gefährlicher Güter dar.

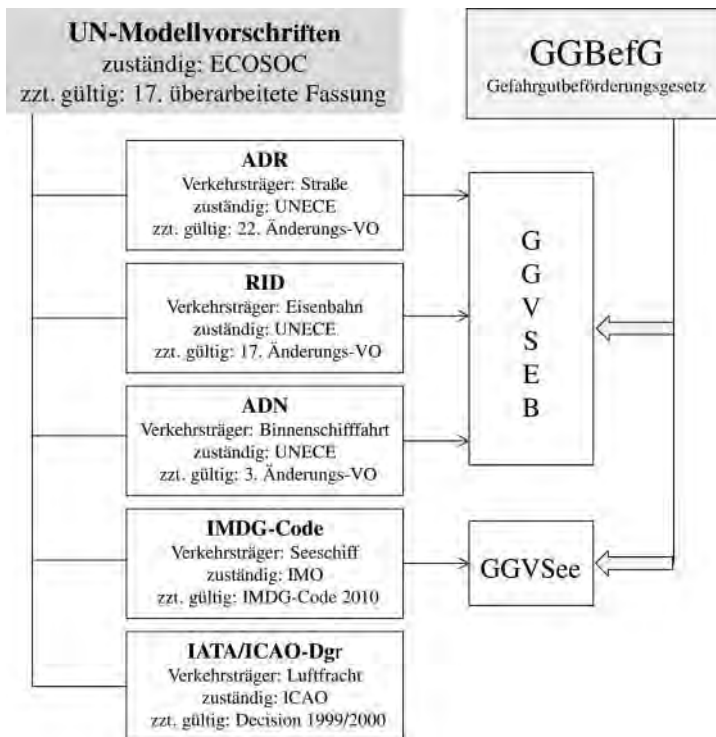


Abb. 8.2 Internationale und nationale Transportvorschriften

8.2

Klassifizierung gefährlicher Güter

8.2.1

Allgemeines

Gefährliche Güter im Sinne von § 2 Gefahrgutbeförderungsgesetz (GGBefG) [7]

...sind Stoffe und Gegenstände, von denen aufgrund 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.

Die Beförderung gemäß § 2 des GGBefG

...umfasst nicht nur den Vorgang der Ortsveränderung, sondern auch die Übernahme und die Ablieferung des Gutes sowie zeitweilige Aufenthalte im Verlauf der Beförderung, Vorbereitungs- und Abschlusshandlungen (Verpacken und Auspacken der Güter, Be- und Entladen), Herstellen, Einführen und Inverkehrbringen von Verpackungen, Beförderungsmitteln und Fahrzeugen für die Beförderung gefährlicher Güter, auch wenn diese Handlungen nicht vom Beförderer ausgeführt werden. Ein zeitweiliger Aufenthalt im Verlauf der Beförderung liegt vor, wenn dabei gefährliche Güter für den Wechsel der Beförderungsart oder des Beförderungsmittels (Umschlag) oder aus sonstigen transportbedingten Gründen zeitweilig abgestellt werden. Auf Verlangen sind Beförderungsdokumente vorzulegen, aus denen Versand- und Empfangsort feststellbar sind. Wird die Sendung nicht nach der Anlieferung entladen, gilt das Bereitstellen der Ladung beim Empfänger zur Entladung als Ende der Beförderung. Versandstücke, Tankcontainer, Tanks und Kesselwagen dürfen während des zeitweiligen Aufenthaltes nicht geöffnet werden.

Gefährliche Güter dürfen nur dann transportiert werden, wenn sie in Tabelle A von Kapitel 3.2, dem „Verzeichnis der gefährlichen Güter“, aufgeführt sind oder einer dort genannten Gruppe zugeordnet werden können.

Die Definitionen der Gefahrgutklassen nach ADR und RID unterscheiden sich zwar erheblich von den Definitionen der Gefährlichkeitsmerkmale nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG [8], jedoch nur unwesentlich von den Gefahrenklassen nach CLP-Verordnung 1272/2008/EG [9] (siehe Kapitel 2).

Im Transportrecht wurde von den Möglichkeiten der UN-GHS Verordnung Gebrauch gemacht, nicht alle Gefahrenklassen und Gefahrenkategorien zu übernehmen. Die Definition der übernommenen Gefahrenklassen, -kategorien entspricht nach dem GHS-Übereinkommen jedoch vollständig den GHS-Kriterien.

Gefahrgüter werden in neun Gefahrklassen unterteilt (siehe Tabelle 8.1). Im Verzeichnis der gefährlichen Güter (Tabelle A Kapitel 3.2 des ADR) ist jedem Eintrag eine UN-Nummer zugeordnet. Güter, die zum Transport zugelassen sind, müssen entweder einer Einzeleintragung (A) oder einer Sammeleintragung (B, C oder D) zugeordnet werden können:

- **A Einzeleintragung** für genau definierte Stoffe oder Gegenstände
Beispiele:
UN 1090 ACETON
- **B Gattungseintragung** für genau definierte Gruppen von Stoffen oder Gegenständen
Beispiele:
UN 1133 KLEBSTOFFE
UN 1266 PARFÜMERIEERZEUGNISSE
UN 2757 CARBAMATPESTIZID
UN 3101 ORGANISCHES PEROXID TYP B, FLÜSSIG
- **C Spezifische n.a.g.-Eintragungen** für Gruppen von nicht anderweitig genannten Stoffen oder Gegenständen einer bestimmten chemischen oder technischen Beschaffenheit
Beispiele:
UN 1477 NITRATE, ANORGANISCH, N.A.G
UN 1987 ALKOHOLE, ENTZÜNDBAR; N.A.G
- **D Allgemeine n.a.g.-Eintragungen** für Gruppen von nicht anderweitig genannten Stoffen oder Gegenständen einer oder mehrerer gefährlicher Eigenschaften
Beispiele:
UN 1477 ENTZÜNDBARER ORGANISCHER FESTER STOFF; N.A.G
UN 1987 ENTZÜNDBARER FESTER STOFF; N.A.G

Tabelle 8.1 Gefahrenklassen nach Gefahrstoffrecht.

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

Ätzende Stoffe mit Nebengefahr(en)			
entzündbar CF	flüssig ^{d)}	CF1	3470 FARBE, ÄTZEND, ENTZÜNDBAR (einschließlich Farbe, Lack, Emaille, Beize, Schellack, Firnis, Politur, flüssiger Füllstoff und flüssige Lackgrundlage) oder 3470 FARBZUBEHÖRSTOFFE, ÄTZEND, ENTZÜNDBAR (einschließlich Farbverdünnung und -lösemittel) 2734 AMINE, FLÜSSIG, ÄTZEND, ENTZÜNDBAR, N.A.G. oder 2734 POLYAMINE, FLÜSSIG, ÄTZEND, ENTZÜNDBAR, N.A.G.
			2986 CHLORSILANE, ÄTZEND, ENTZÜNDBAR, N.A.G. 2920 ÄTZENDER FLÜSSIGER STOFF, ENTZÜNDBAR, N.A.G.
	fest	CF2	2921 ÄTZENDER FESTER STOFF, ENTZÜNDBAR, N.A.G.
	selbsterhitzungsfähig CS	flüssig	CS1
fest		CS2	3095 ÄTZENDER FESTER STOFF, SELBSTERHITZUNGSFÄHIG, N.A.G.
mit Wasser reagierend CW	flüssig ^{d)}	CW1	3094 ÄTZENDER FLÜSSIGER STOFF, MIT WASSER REAGIEREND, N.A.G.
	fest	CW2	3096 ÄTZENDER FESTER STOFF, MIT WASSER REAGIEREND, N.A.G.
entzündend (oxidierend) wirkend CO	flüssig	CO1	3093 ÄTZENDER FLÜSSIGER STOFF, ENTZÜNDEND (OXIDIEREND) WIRKEND, N.A.G.
	fest	CO2	3084 ÄTZENDER FESTER STOFF, ENTZÜNDEND (OXIDIEREND) WIRKEND, N.A.G.
giftig ^{d)} CT	flüssig ^{d)}	CT1	3471 HYDROGENDIFLUORIDE, LOSUNG, N.A.G. 2922 ÄTZENDER FLÜSSIGER STOFF, GIFTIG, N.A.G.
	fest ^{d)}	CT2	2923 ÄTZENDER FESTER STOFF, GIFTIG, N.A.G.
entzündbar, giftig, flüssig ^{d)}		CFT	(keine Sammeleintragung mit diesem Klassifizierungscode vorhanden; soweit erforderlich Zuordnung zu einer Sammeleintragung mit einem Klassifizierungscode, der nach der Tabelle der überwiegenden Gefahr in Unterabschnitt 2.1.3.10 zu bestimmen ist)
entzündend (oxidierend) wirkend, giftig ^{d),e)}		COT	(keine Sammeleintragung mit diesem Klassifizierungscode vorhanden; soweit erforderlich Zuordnung zu einer Sammeleintragung mit einem Klassifizierungscode, der nach der Tabelle der überwiegenden Gefahr in Unterabschnitt 2.1.3.10 zu bestimmen ist)

Abb. 8.3 Zuordnung der UN-Nummer auf Basis der Unterklassen

Gemäß ihrem Gefährlichkeitspotenzial werden die gefährlichen Güter in drei Verpackungsgruppen unterteilt. Die **Verpackungsgruppen** bestimmen die zulässigen Verpackungsmittel, die Verpackung in eine niedrigere Verpackungsgruppe ist nicht zulässig.

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

Die neuen Einstufungsvorschriften für Gefahrgüter werden künftig, wie bereits mehrfach ausgeführt, mit den Vorschriften beim Inverkehrbringen harmonisiert. Auf eine eigene Behandlung unter Berücksichtigung der transportspezifischen Eigenheiten wird an dieser Stelle verzichtet.

Die Definition der Klassen nach den internationalen Transportvorschriften und dem UN-GHS unterscheiden sich nur insoweit als die jeweiligen definierten Building Blocks übernommen, nicht übernommen oder zusätzliche Kategorien aufgenommen wurden. Da im Stoffrecht keine Artikel bzw. Erzeugnisse geregelt werden, geht in diesem Punkt das Transportrecht über das Stoffrecht hinaus. Insbesondere bei Produkten der Klasse 1 sind viele Artikel enthalten, die keine Stoffe oder Gemische im Sinne der CLP-Verordnung [9] sind.

Gefahrgüter dürfen grundsätzlich nicht transportiert werden, wenn sie nicht einer UN-Nummer zugeordnet sind. Da die Anzahl der zur Verfügung stehenden Nummern nur ein Bruchteil der Anzahl der Gefahrgüter beträgt, wird der überwiegende Anteil der Stoffe und Gemische spezifischen n.a.g.-Eintragungen (C) oder allgemeinen n.a.g.-Eintragungen (D) zugeordnet. Für die korrekte Zuordnung zu den n.a.g.-Eintragungen sind die Unterklassen gemäß Abschnitt 8.2.2 bis 8.2.14 zu ermitteln und die UN-Nummer zu bestimmen. Abbildung 8.3 zeigt exemplarisch die Vorgehensweise.

8.2.2

Klasse 1: Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff

Unter die Klasse 1 fallen

- Explosive Stoffe: Feste oder flüssige Stoffe (oder Stoffgemische), die durch chemische Reaktion Gase solcher Temperatur, solchen Drucks und solcher Geschwindigkeit entwickeln können, dass hierdurch in der Umgebung Zerstörungen eintreten können.
 Pyrotechnische Sätze: Stoffe oder Stoffgemische, mit denen eine Wirkung in Form von Wärme, Licht, Schall, Gas, Nebel oder Rauch oder eine Kombination dieser Wirkungen als Folge nicht detonativer, selbstunterhaltender, exothermer chemischer Reaktionen erzielt werden soll.
- Gegenstände mit Explosivstoff: Gegenstände, die einen oder mehrere explosive Stoffe oder pyrotechnische Sätze enthalten.

- Stoffe und Gegenstände, die oben nicht genannt sind und die hergestellt worden sind, um eine praktische Wirkung durch Explosion oder eine pyrotechnische Wirkung hervorzurufen.

Klasse 1 ist in 6 Unterklassen unterteilt, die jeweiligen Definitionen unterscheiden sich nur unwesentlich von der CLP-Verordnung:

- Unterklasse 1.1: Stoffe und Gegenstände, die massenexplosionsfähig sind. (Eine Massenexplosion ist eine Explosion, die nahezu die gesamte Ladung praktisch gleichzeitig erfasst.)
- Unterklasse 1.2: Stoffe und Gegenstände, die die Gefahr der Bildung von Splittern, Spreng- und Wurfstücken aufweisen, aber nicht massenexplosionsfähig sind.
- Unterklasse 1.3: Stoffe und Gegenstände, die eine Feuergefahr besitzen und die entweder eine geringe Gefahr durch Luftdruck oder eine geringe Gefahr durch Splitter, Spreng- und Wurfstücke oder durch beides aufweisen, aber nicht massenexplosionsfähig sind,
 - 1) bei deren Verbrennung beträchtliche Strahlungswärme entsteht oder
 - 2) die nacheinander so abbrennen, dass eine geringe Luftdruckwirkung oder Splitter-, Sprengstück-, Wurfstückwirkung oder beide Wirkungen entstehen.
- Unterklasse 1.4: Stoffe und Gegenstände, die im Falle der Entzündung oder Zündung während der Beförderung nur eine geringe Explosionsgefahr darstellen. Die Auswirkungen bleiben im Wesentlichen auf das Versandstück beschränkt, und es ist nicht zu erwarten, dass Sprengstücke mit größeren Abmessungen oder größerer Reichweite entstehen. Ein von außen einwirkendes Feuer darf keine praktisch gleichzeitige Explosion des nahezu gesamten Inhalts des Versandstückes nach sich ziehen.
- Unterklasse 1.5: Sehr unempfindliche massenexplosionsfähige Stoffe, die so unempfindlich sind, dass die Wahrscheinlichkeit einer Zündung oder des Überganges eines Brandes in eine Detonation unter normalen Beförderungsbedingungen sehr gering ist. Als Minimalanforderung für diese Stoffe gilt, dass sie beim Außenbrandversuch nicht explodieren dürfen.
- Unterklasse 1.6: Extrem unempfindliche Gegenstände, die nicht massenexplosionsfähig sind. Diese Gegenstände enthalten nur extrem unempfindliche detonierende Stoffe und weisen eine zu vernachlässigende Wahrscheinlichkeit einer unbeabsichtigten Zündung oder Fortpflanzung der Explosion auf.

Gefahrgüter der Klasse 1 werden folgenden **Verträglichkeitsgruppen** zugeordnet:

- A: Zündstoff
- B: Gegenstand mit Zündstoff und weniger als zwei wirksamen Sicherungsvorrichtungen. Eingeschlossen sind einige Gegenstände, wie Sprengkapseln, Zündeinrichtungen für Sprengungen und Anzündhütchen, selbst wenn diese keinen Zündstoff enthalten.

- C: Treibstoff oder anderer deflagrierender explosiver Stoff oder Gegenstand mit solchem explosiven Stoff.
- D: Detonierender explosiver Stoff oder Schwarzpulver oder Gegenstand mit detonierendem explosiven Stoff, jeweils ohne Zündmittel und ohne treibende Ladung, oder Gegenstand mit Zündstoff mit mindestens zwei wirksamen Sicherungsvorrichtungen.
- E: Gegenstand mit detonierendem explosivem Stoff ohne Zündmittel mit treibender Ladung (andere als solche, die aus entzündbarer Flüssigkeit oder entzündbarem Gel oder Hypergolen bestehen).
- F: Gegenstand mit detonierendem explosivem Stoff mit seinem eigenen Zündmittel, mit treibender Ladung (andere als solche, die aus entzündbarer Flüssigkeit oder entzündbarem Gel oder Hypergolen bestehen) oder ohne treibende Ladung.
- G: Pyrotechnischer Stoff oder Gegenstand mit pyrotechnischem Stoff oder Gegenstand mit sowohl explosivem Stoff als auch Leucht-, Brand-, Augenreiz- oder Nebelstoff (außer Gegenständen, die durch Wasser aktiviert werden oder die weißen Phosphor, Phosphide, einen pyrophoren Stoff, eine entzündbare Flüssigkeit oder ein entzündbares Gel oder Hypergole enthalten).
- H: Gegenstand, der sowohl explosiven Stoff als auch weißen Phosphor enthält.
- J: Gegenstand, der sowohl explosiven Stoff als auch entzündbare Flüssigkeit oder entzündbares Gel enthält.
- K: Gegenstand, der sowohl explosiven Stoff als auch giftigen chemischen Wirkstoff enthält.
- L: Explosiver Stoff oder Gegenstand mit explosivem Stoff, der ein besonderes Risiko darstellt (z. B. wegen seiner Aktivierung bei Zutritt von Wasser oder wegen der Anwesenheit von Hypergolen, Phosphiden oder eines pyrophoren Stoffes) und eine Trennung jeder einzelnen Art erfordert.
- N: Gegenstand, der nur extrem unempfindliche detonierende Stoffe enthält.
- S: Stoff oder Gegenstand, der so verpackt oder gestaltet ist, dass jede durch nicht beabsichtigte Reaktion auftretende Wirkung auf das Versandstück beschränkt bleibt, außer das Versandstück wurde durch Brand beschädigt; in diesem Falle müssen die Luftdruck- und Splitterwirkung auf ein Maß beschränkt bleiben, sodass Feuerbekämpfungs- oder andere Notmaßnahmen in der unmittelbaren Nähe des Versandstückes weder wesentlich eingeschränkt noch verhindert werden.

Gefahrgüter der Klasse 1 müssen mit einem der in Abbildung 8.4 abgebildeten Zettel gekennzeichnet werden.

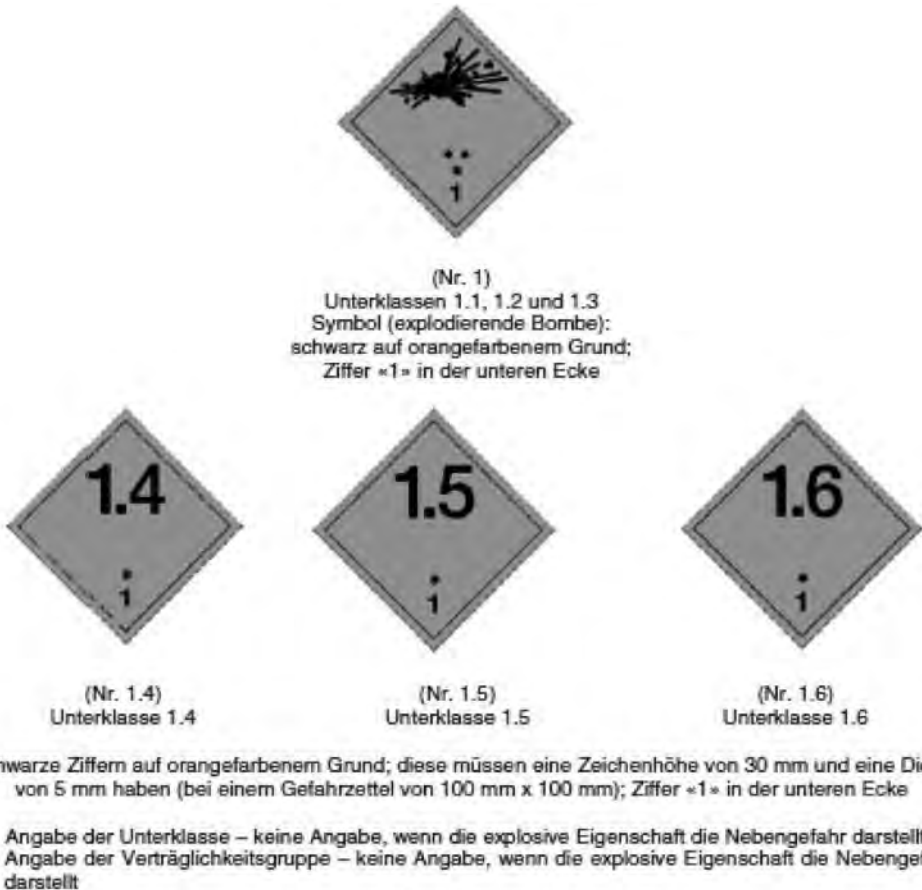


Abb. 8.4 Gefahrzettel der Klasse 1

8.2.3

Klasse 2: Gase

Klasse 2 wird in 7 Unterklassen unterteilt, wobei sich die Unterklassen 1 bis 5 nicht von den Einstufungskriterien nach CLP-Verordnung [9] unterscheiden, siehe Abschnitt 2.2.6. Zusätzlich sind die folgenden Unterklassen definiert:

- 1) Verdichtete Gase,
- 2) Verflüssigte Gase,
- 3) Tiefgekühlt verflüssigte Gase,
- 4) Gelöste Gase,
- 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).

Zur weiteren Charakterisierung der Eigenschaften werden sie einer der folgenden Gruppen zugeordnet:

- 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.



(Nr. 2.1)

Entzündbare Gase

Symbol (Flamme): schwarz oder weiß (mit Ausnahme der in Absatz 5.2.2.2.1.6 d) vorgesehenen Fälle) auf rotem Grund; Ziffer «2» in der unteren Ecke

(Nr. 2.2)

Nicht entzündbare, nicht giftige Gase

Symbol (Gasflasche): schwarz oder weiß auf grünem Grund; Ziffer «2» in der unteren Ecke



(Nr. 2.3)

Giftige Gase

Symbol (Totenkopf mit gekreuzten Gebeinen): schwarz auf weißem Grund; Ziffer «2» in der unteren Ecke

Abb. 8.5 Gefahrezettel Klasse 2

Für Druckgaspackungen gelten zusätzlich:

- C ätzend
- CO ätzend, oxidierend
- FC entzündbar, ätzend

Zur Beschreibung des physikalischen Zustandes wird als Klassifizierungscode die Nummer der Unterklasse den vorgenannten Gruppen vorangestellt.

In Abhängigkeit der Unterklasse sind die in Abbildung 8.5 aufgeführten Zettel zur Kennzeichnung zu verwenden.

8.2.4

Klasse 3: Entzündbare flüssige Stoffe

Die Definition von Klasse 3 unterscheidet sich nicht von den Kriterien der Gefahrenklasse „Entzündbare Flüssigkeiten“ nach CLP-Verordnung, siehe Abschnitt 2.2.2.4. Den Kategorien 1 bis 3 entsprechen die Verpackungsgruppen I, II und III.

Klasse 3 wird zusätzlich unterteilt in:

- F Entzündbare flüssige Stoffe ohne Nebengefahr
 - F1 Entzündbare flüssige Stoffe mit einem Flammpunkt kleiner gleich 61 °C
 - F2 Entzündbare flüssige Stoffe mit einem Flammpunkt über 61 °C, die bei Temperaturen über ihrem Flammpunkt transportiert werden
- FT Entzündbare flüssige Stoffe, giftig
 - FT1 Entzündbare flüssige Stoffe, giftig
 - FT2 Mittel zur Schädlingsbekämpfung (Pestizide)



(Nr. 3)

Symbol (Flamme): schwarz oder weiß auf rotem Grund;
Ziffer «3» in der unteren Ecke

Abb. 8.6 Gefahrzettel der Klasse 3

- FC Entzündbare flüssige Stoffe, ätzend
- FTC Entzündbare flüssige Stoffe, giftig, ätzend
- D Desensibilisierte explosive flüssige Stoffe

Die Gefahrzettel der Klasse 3 unterscheiden sich nicht von den Gefahrenpiktogrammen nach CLP-Verordnung, siehe Abbildung 8.6.

8.2.5

Klasse 4.1: Entzündbare feste Stoffe, selbstzersetzliche Stoffe und desensibilisierte explosive feste Stoffe

Klasse 4.1 entspricht der Gefahrenklasse „Selbstzersetzliche Stoffe oder Gemische“ nach CLP-Verordnung. Sie wird wie folgt unterteilt:

- F Entzündbare feste Stoffe ohne Nebengefahr
 - F1 Organische Stoffe
 - F2 Organische Stoffe, geschmolzen
 - F3 Anorganische Stoffe
- FO Entzündbare feste Stoffe, entzündend (oxidierend) wirkend
- FT Entzündbare feste Stoffe, giftig
 - FT1 Organische Stoffe, giftig
 - FT2 Anorganische Stoffe, giftig

Gefahr der Klasse 4.1
Entzündbare feste
Stoffe, selbstzersetz-
liche Stoffe und desen-
sibilisierte explosive
feste Stoffe



(Nr. 4.1)

Symbol (Flamme):
 schwarz auf weißem
 Grund mit sieben senk-
 rechten roten Streifen;
 Ziffer «4» in der unteren
 Ecke

Gefahr der Klasse 4.2
Selbstentzündliche
Stoffe



(Nr. 4.2)

Symbol (Flamme):
 schwarz auf weißem
 (obere Hälfte) und rotem
 Grund (untere Hälfte);
 Ziffer «4» in der unteren
 Ecke

Gefahr der Klasse 4.3
Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare
Gase entwickeln



(Nr. 4.3)

Symbol (Flamme): schwarz oder weiß auf blauem
 Grund; Ziffer «4» in der unteren Ecke



Abb. 8.7 Gefahrzettel Klasse 4

- 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

Die Zuordnung zu den Verpackungsgruppen erfolgt in Abhängigkeit ihres Abbrandverhaltens sowie ihrer chemischen Zerfallsneigung, aufgrund der sehr umfangreichen Vorschriften werden die Kriterien nicht wiedergegeben.

Der Gefahrenzettel von Klasse 4.1 weicht von den Gefahrenpiktogrammen nach CLP-Verordnung ab, siehe Abbildung 8.7.

8.2.6

Klasse 4.2: Selbstentzündliche Stoffe

Klasse 4.2 entspricht der Gefahrenklasse „Pyrophore Flüssigkeiten und Feststoffe“ nach CLP-Verordnung. Sie wird in die folgenden Unterklassen unterteilt:

- S Selbstentzündliche Stoffe ohne Nebengefahr
 - S1 Organische flüssige Stoffe
 - S2 Organische feste Stoffe
 - S3 Anorganische flüssige Stoffe
 - S4 Anorganische feste Stoffe
- SW Selbstentzündliche Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln
- SO Selbstentzündliche oxidierende Stoffe
- ST Selbstentzündliche giftige feste 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

Der Gefahrenzettel von Klasse 4.2 weicht von den Gefahrenpiktogrammen nach CLP-Verordnung ab, siehe Abbildung 8.7.

8.2.7

Klasse 4.3: Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln

Klasse 4.3 entspricht der gleichnamigen Gefahrenklasse nach CLP-Verordnung. Sie wird in die folgenden Unterklassen unterteilt

- W Stoffe, die in 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 in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, entzündbar, flüssig
- WF2 Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, entzündbar, fest
- WS Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, selbsterhitzungsfähig, fest
- WO Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, entzündend (oxidierend) wirken, fest
- WT Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, giftig
 - WT1 Flüssige Stoffe
 - WT2 Feste Stoffe
- WC Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, ätzend
 - WC1 Flüssige Stoffe
 - WC2 Feste Stoffe
- WFC Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, entzündbar, ätzend

Die Kriterien für die Verpackungsgruppen I, II und III entsprechen den Einstufungskriterien der Kategorien 1 bis 3 nach CLP-Verordnung.

Der Gefahrenzettel von Klasse 4.3 weicht von den Gefahrenpiktogrammen nach CLP-Verordnung ab, siehe Abbildung 8.7.

8.2.8

Klasse 5.1: Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe

Klasse 5.1 entspricht der gleichnamigen Gefahrenklasse nach CLP-Verordnung. Sie wird in die folgenden Unterklassen unterteilt:

- O Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe ohne Nebengefahr oder Gegenstände, die solche Stoffe enthalten
 - O1 Flüssige Stoffe
 - O2 Feste Stoffe
 - O3 Gegenstände

Gefahr der Klasse 5.1
Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe



(Nr. 5.1)

Symbol (Flamme über einem Kreis): schwarz auf gelbem Grund;
 Ziffer «5.1» in der unteren Ecke

Gefahr der Klasse 5.2
Organische Peroxide



(Nr. 5.2)

Symbol (Flamme): schwarz oder weiß auf rotem (obere Hälfte) und gelbem Grund (untere Hälfte);
 Ziffer «5.2» in der unteren Ecke

Abb. 8.8 Gefahrenzettel Klasse 5

- OF Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe, entzündbar
- OS Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe, selbsterhitzungsfähig
- OW Entzündend (oxidierend) wirkende 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

Die Kriterien für die Verpackungsgruppen I, II und III entsprechen den Einstufungskriterien der Kategorien 1 bis 3 nach CLP-Verordnung.

Der Gefahrenzettel von Klasse 5.1 weicht geringfügig von den Gefahrenpiktogrammen nach CLP-Verordnung ab, siehe Abbildung 8.8.

8.2.9

Klasse 5.2: Organische Peroxide

Klasse 5.2 entspricht der gleichnamigen Gefahrenklasse nach CLP-Verordnung. Sie wird in die folgenden Unterklassen unterteilt:

- P1: Organische Peroxide, für die keine Temperaturkontrolle erforderlich ist
- P2: Organische Peroxide, für die eine Temperaturkontrolle erforderlich ist

Die Unterteilung in die Typen A bis G entspricht der CLP-Einstufung. Im ADR ist eine ausführliche Liste aller organischen Peroxide aufgeführt, mit Angabe u. a. der Verpackungsmethode, des Verdünnungsmittels sowie der Kontrolltemperatur.

Der Gefahrenzettel von Klasse 5.2 weicht geringfügig von den Gefahrenpiktogrammen nach CLP-Verordnung ab, siehe Abbildung 8.7.

8.2.10

Klasse 6.1: Giftige Stoffe

Die Stoffe der Klasse 6.1 werden in die folgenden Gruppen unterteilt:

- T Giftige Stoffe ohne Nebengefahr
 - 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 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

Die grundsätzliche Zuordnung der Verpackungsgruppen I zu den Einstufungskriterien nach CLP-Verordnung kann Tabelle 8.2 entnommen werden. Im Gegensatz zur CLP-Verordnung erfolgt die Bestimmung der inhalativen Toxizität nach einer Expositionsdauer von einer Stunde. Liegt diese nicht vor, jedoch Unter-

Tabelle 8.2 Zuordnung der Verpackungsgruppen zu den Kategorien nach CLP-Verordnung.

Kategorie CLP-Verordnung	Verpackungsgruppe	Bezeichnung
1	I	sehr giftig
2	II	giftig
3	III	schwach giftig
4	kein Gefahrgut	–

suchungsergebnisse nach CLP-Verordnung mit vierstündiger Exposition, dürfen diese zur Einstufung verwendet werden durch Division durch den Faktor zwei.

Die Zuordnung von Dämpfen zu den Verpackungsgruppen erfolgt in Relation des Sättigungsdampfdrucks zum ermittelten LC50-Wert, jeweils bestimmt in ml/m^3 , siehe Abbildung 8.9.

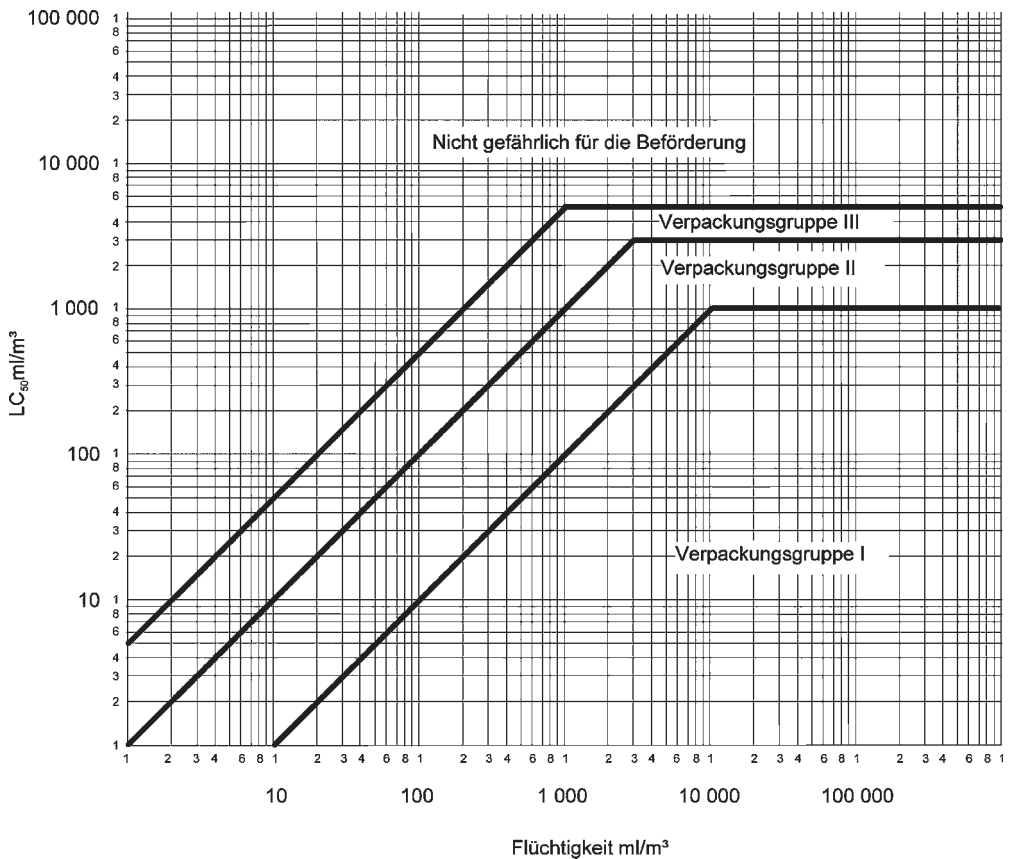


Abb. 8.9 Zuordnung von Dämpfen zu den Verpackungsgruppen in Abhängigkeit des Verhältnisses der Sättigungsdampfkonzentration zum

LC50-Wert. Abszisse: Mittlere letale Konzentration LC₅₀ in ml/m^3 , Ordinate: Flüchtigkeit in ml/m^3

Gefahr der Klasse 6.1
Giftige Stoffe



(Nr. 6.1)

Symbol (Totenkopf mit gekreuzten Gebeinen): schwarz auf weißem Grund; Ziffer «6» in der unteren Ecke

Gefahr der Klasse 6.2
Ansteckungsgefährliche Stoffe



(Nr. 6.2)

In der unteren Hälfte des Gefahrzettels darf angegeben sein: «ANSTECKUNGSGEFÄHRLICHE STOFFE» und «BEI BESCHÄDIGUNG ODER FREIWERDEN UNVERZÜGLICH GESUNDHEITSBEHÖRDEN VERSTÄNDIGEN»; Symbol (Kreis, der von drei sichelförmigen Zeichen überlagert wird) und Angaben: schwarz auf weißem Grund; Ziffer «6» in der unteren Ecke

Abb. 8.10 Gefahrenzettel Klasse 6

Die Methoden zur Bestimmung der Verpackungsgruppe von Gemischen unterscheiden sich teilweise von den Einstufungskriterien nach CLP-Verordnung. Für die inhalative Toxizität wird eine vereinfachte Schwellendosisuntersuchung mit 2×10 Albino-Ratten beschrieben; für die dermale und orale Einstufung ist ein Rechenverfahren analog der CLP-Verordnung zu verwenden.

Der Gefahrenzettel von Klasse 6.1 weicht geringfügig von den Gefahrenpiktogrammen nach CLP-Verordnung ab, siehe Abbildung 8.10.

8.2.11

Klasse 6.2: Ansteckungsgefährliche Stoffe

Ansteckungsgefährliche Stoffe im Sinne von Klasse 6.2 sind Stoffe, von denen bekannt oder anzunehmen ist, dass sie Krankheitserreger enthalten. Krankheitserreger sind Mikroorganismen (einschließlich Bakterien, Viren, Rickettsien, Parasiten und Pilze) und andere Erreger wie Prionen, die bei Menschen oder Tieren Krankheiten hervorrufen können.

Die Klasse 6.2 wird unterteilt in die folgenden Unterklassen

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

Kategorie A: Ein 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.

Die Unterklasse I1 wird UN-Nummer 2814 zugeordnet, I2 UN-Nummer 2900.

Kategorie B: Ein ansteckungsgefährlicher Stoff, der den Kriterien für eine Aufnahme in Kategorie A nicht entspricht. Ansteckungsgefährliche Stoffe der Kategorie B sind der UN-Nummer 3373 zuzuordnen.

Gefahrgüter der Klasse 6.2 werden mit dem Zettel „Biogefährdung“ gemäß Abbildung 8.10 gekennzeichnet.

8.2.12

Klasse 7: Radioaktive Stoffe

Radioaktive Stoffe sind Stoffe, die Radionuklide enthalten, bei denen sowohl die Aktivitätskonzentration als auch die Gesamtaktivität je Sendung die vorgeschriebenen Grenzwerte übersteigen.

Die radioaktiven Stoffe werden in weitere Gruppen unterteilt, detaillierte Informationen müssen dem ADR [3], Abschnitt 2.2.7, entnommen werden.

Es werden Stoffe mit geringer spezifischer Aktivität (LSA), unterteilt in

- LSA-I,
- LSA-II und
- LSA-III.

Oberflächenkontaminierte Gegenstände, unterteilt in

- SCO-I,
- SCO-II

und radioaktive Stoffe in besonderer Form unterschieden.

Radioaktive Stoffe Klasse 7 werden in Abhängigkeit ihrer spezifischen Aktivität mit den in Abbildung 8.11 dargestellten Zetteln gekennzeichnet.

8.2.13

Klasse 8: Ätzende Stoffe

Die Einstufungskriterien von Stoffen der Klasse 8 umfassen sowohl die Gefahrenklasse „hautätzend“ als auch „metallkorrosiv“ nach CLP-Verordnung. Sie wird in die folgenden Unterklassen unterteilt:

C1 – C10	Ätzende Stoffe ohne Nebengefahr
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
C9 – C10	Sonstige ätzende Stoffe
C9	Flüssige Stoffe
C10	Feste Stoffe
C11	Gegenstände
CF	Ätzende entzündbare Stoffe
CF1	Flüssige Stoffe
CF2	Feste Stoffe
CS	Ätzende selbsterhitzungsfähige Stoffe
CS1	Flüssige Stoffe
CS2	Feste Stoffe

**Gefahr der Klasse 7
Radioaktive Stoffe**



(Nr. 7A)

Kategorie I – WEISS

Strahlensymbol: schwarz auf weißem Grund; (vorgeschriebener)
Text: schwarz in der unteren Hälfte des Gefahrzettels:
«RADIOACTIVE»
«CONTENTS ...»
«ACTIVITY ...»;
dem Ausdruck «RADIOACTIVE» folgt ein senkrechter roter Streifen; Ziffer «7» in der unteren Ecke



(Nr. 7B)

Kategorie II – GELB

Strahlensymbol: schwarz auf gelbem Grund mit weißem Rand (obere Hälfte) und weißem Grund (untere Hälfte); (vorgeschriebener) Text: schwarz in der unteren Hälfte des Gefahrzettels:
«RADIOACTIVE»
«CONTENTS ...»
«ACTIVITY ...»;
in einem schwarz eingerahmten Feld: «TRANSPORT INDEX»;
dem Ausdruck «RADIOACTIVE» folgen zwei senkrechte rote Streifen; Ziffer «7» in der unteren Ecke



(Nr. 7C)

Kategorie III – GELB

dem Ausdruck «RADIOACTIVE» folgen drei senkrechte rote Streifen;

Abb. 8.11 Gefahrezettel Klasse 7

CW	Ätzende Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase bilden	CW1	Flüssige Stoffe
		CW2	Feste Stoffe
CO	Ätzende, entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe	CO1	Flüssige Stoffe
		CO2	Feste Stoffe
CT	Ätzende, giftige, Stoffe	CT1	Flüssige Stoffe
		CT2	Feste Stoffe
CFT	Ätzend entzündbare, giftige Stoffe		
COT	Ätzend entzündend (oxidierend) wirkende, giftige Stoffe		

Die römischen Ziffern der Verpackungsgruppen I, II und III entsprechen den Kategorien der hautätzenden Stoffe nach CLP-Verordnung, gekennzeichnet mit H214, siehe Kapitel 2. Zusätzlich sind die metallkorrosiven Stoffe, gekennzeichnet mit H280, der Verpackungsgruppe III zuzuordnen, falls nicht aufgrund der hautätzenden Wirkung eine andere Verpackungsgruppe zutrifft.

Der Gefahrenzettel von Klasse 8 weicht geringfügig von den Gefahrenpiktogrammen nach CLP-Verordnung ab, siehe Abbildung 8.12.

Gefahr der Klasse 8 Ätzende Stoffe



(Nr. 8)

Symbol (Flüssigkeiten, die aus zwei Reagenzgläsern ausgeschüttet werden und eine Hand und ein Metall angreifen): schwarz auf weißem Grund (obere Hälfte); schwarzer Grund mit weißem Rand (untere Hälfte); Ziffer «8» in der unteren Ecke

Abb. 8.12 Gefahrenzettel Klasse 8

8.2.14

Klasse 9: Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände

Klasse 9 fasst alle Stoffe zusammen, die in keine der vorgenannten Klassen aufgenommen werden konnten, aber gleichwohl zu einer Gefahr beim Transport Anlass geben können. Klasse 9 wird unterteilt in:

M1	Stoffe, die beim Einatmen als Feinstaub eine Gefahr darstellen können
M2	Stoffe und Geräte, 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, die bei der Beförderung eine Gefahr darstellen und nicht unter die Definition einer anderen Klasse fallen

Die Stoffe sind in die folgenden Aufteilungen einzuordnen:

- A Stoffe, die beim Einatmen von Feinstaub die Gesundheit gefährden
- B Stoffe und Geräte, die im Brandfall Dioxine bilden können
- C Stoffe, die entzündbare Dämpfe abgeben
- D Lithiumbatterien
- E Rettungsmittel
- F Umweltgefährdende Stoffe, fest oder flüssig
- F.1 Verflüssigte Metalle
- G Leere Verpackungen

Unter die Stoffe der Gruppe **M1** fallen Asbest bzw. asbesthaltige Gegenstände. Zu den dioxinbildenden Stoffen sind polyhalogenierte Biphenyle (PCB) und Terphenyle (PCT) aufgeführt; Transformatoren, Kondensatoren und hydraulische Geräte, die PCB oder PCT enthalten, fallen unter die Geräte nach Gruppe **M2**. Unter die Stoffe der Gruppe **M3** fallen schäumbare Polymere, die entzündbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 55 °C enthalten. Selbstaufblasende Rettungsmittel, z. B. Flugzeug-Notrutschen, Flugzeug-Überlebensausrüstungen und Seenotrettungsgeräte, sind in die Gruppe **M5** einzuordnen.

Zur Kategorisierung als umweltgefährdende Stoffe werden die analogen Einstufungskriterien wie nach CLP-Verordnung angewendet. In die Gruppen M6 bis M8 werden eingestuft:

- gewässergefährdend, akut, Kategorie 1, gekennzeichnet nach CLP-VO mit H400
- gewässergefährdend, langfristig, Kategorie 1, gekennzeichnet nach CLP-VO mit H410
- gewässergefährdend, langfristig, Kategorie 2, gekennzeichnet nach CLP-VO mit H411

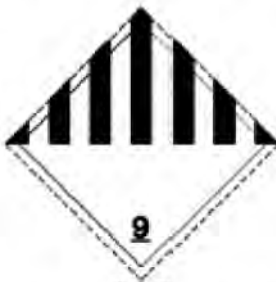
Desgleichen sind zur Berechnung von Gemischen die Regeln der CLP-Verordnung anzuwenden.

Zur Kennzeichnung von Gefahrgütern der Klasse 9 ist der in Abbildung 8.13 aufgeführte Gefahrzettel zu verwenden.

Da im Transportrecht typischerweise von einer einmaligen, kurzfristigen Expositionssituation mit schwerwiegender Gefährdung ausgegangen wird, wurde in Umsetzung von GHS die Möglichkeit im Building Block Approach genutzt, nicht alle Gefahrenklassen im Transportrecht zu übernehmen. Folgende Gefahrenklassen, definiert in der CLP-Verordnung [9] und in Kapitel 2 ausführlich beschrieben, wurden nicht als Gefahrenauslöser übernommen und definieren daher ein Transportgut **nicht** als Gefahrgut:

- karzinogen, Kategorie 1A, 1B und 2 (H350, H351)
- keimzellmutagen, Kategorie 1A, 1B und 2 (H340, H341)
- reproduktionstoxisch, Kategorie 1A, 1B und 2 (H360, H361)
- STOT akut und wiederholend, Kategorie 1 bis 3 (H370, H371, H372, H373, H335)
- atemwegssensibilisierend (H334)
- hautsensibilisierend (317)
- augenreizend, Kategorie 1 oder 2 (H318, H319)
- Aspirationsgefahr (H304)
- akut toxisch Kategorie 4 (H302, H312, H332)

Gefahr der Klasse 9
Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände



(Nr. 9)

Symbol (sieben senkrechte Streifen in der oberen Hälfte): schwarz auf weißem Grund; unterstrichene Ziffer «9» in der unteren Ecke

Abb. 8.13 Gefahrzettel Klasse 9

Daher darf nicht geschlossen werden, dass alle nach CLP-Verordnung eingestuft und gekennzeichneten Produkte unter die Anforderungen des Gefahrgutrechts fallen.

8.3

Das ADR

Zurzeit gilt die 21. ADR-Änderungsverordnung vom 25. November 2010, die in nationales Recht durch Bekanntmachung des Verkehrsministeriums im Bundesgesetzblatt vom 02.12.2010 [3] in nationales Recht überführt wurde. Das ADR gliedert sich in Anlage A und B, die in zahlreiche Teile und Nummern unterteilt sind.

Anlage A: Allgemeine Vorschriften für gefährliche Stoffe und Gegenstände

Teil 1: Allgemeine Vorschriften

- 1.1: Geltungsbereich, Anwendbarkeit
- 1.2: Begriffsbestimmungen und Maßeinheiten
- 1.3: Unterweisung von Personen, die an der Beförderung gefährlicher Güter beteiligt sind
- 1.4: Sicherheitspflichten der Beteiligten
- 1.5: Abweichungen
- 1.6: Übergangsvorschriften
- 1.7: Allgemeine Vorschriften für die Klasse 7
- 1.8: Maßnahmen zur Kontrolle und zur sonstigen Unterstützung der Einhaltung der Sicherheitsvorschriften
- 1.9: Beförderungseinschränkungen durch die Behörden

Teil 2: Klassifizierung

- 2.1: Allgemeine Vorschriften
- 2.2: Besondere Vorschriften für die einzelnen Klassen
- 2.3: Prüfverfahren

Teil 3: Verzeichnis der gefährlichen Güter, Sondervorschriften, Freistellungen in Zusammenhang mit der Beförderung von in begrenzten Mengen verpackten gefährlichen Gütern

- 3.1: Allgemeines
- 3.2: Verzeichnis der gefährlichen Güter
 - Tabelle A: Verzeichnis der gefährlichen Güter
 - Tabelle B: Alphabetisches Verzeichnis der Stoffe und Gegenstände des ADR
- 3.3: Für bestimmte Stoffe oder Gegenstände geltende Sondervorschriften
- 3.4: In begrenzten Mengen verpackte gefährliche Güter
- 3.5: In freigestellten Mengen verpackte gefährliche Güter

Teil 4: Vorschriften für die Verwendung von Verpackungen und Tanks

- 4.1: Verwendung von Verpackungen, einschließlich Großpackmitteln (IBC, Intermediate Bulk Container) und Großverpackungen

4.2: Verwendung ortsbeweglicher Tanks und UN-Gascontainern mit mehreren Elementen (MEGC)

4.3: Verwendung von festverbundenen Tanks (Tankfahrzeugen), Aufsetztanks, Tankcontainern und Tankwechsellaufbauten (Tankwechselbehältern), deren Tankkörper aus metallenen Werkstoffen hergestellt sind, sowie von Batterie-Fahrzeugen und Gascontainern mit mehreren Elementen (MEGC)

4.4: Verwendung von festverbundenen Tanks (Tankfahrzeugen), Aufsetztanks, Tankcontainern und Tankwechsellaufbauten (Tankwechselbehältern) aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK-Tanks)

4.5: Verwendung und Betrieb der Saug-Druck-Tanks für Abfälle

4.6: (unbesetzt)

4.7: Verwendung von mobilen Einheiten zur Herstellung von explosiven Stoffen oder Gegenständen mit Explosivstoffen (MEMU)

Teil 5: Vorschriften für den Versand

5.1: Allgemeine Vorschriften

5.2: Kennzeichnung und Bezeichnung

5.3: Anbringen von Großzetteln (Placards) und orangefarbene Kennzeichnung von Containern, MEGC, MEMU, Tankcontainern, ortsbeweglichen Tanks und Fahrzeugen

5.4: Dokumentation

5.5: Sondervorschriften

Teil 6: Bau- und Prüfvorschriften für Verpackungen, Großpackmittel (IBC), Großverpackungen und Tanks

6.1: Bau- und Prüfvorschriften für Verpackungen

6.2: Bau- und Prüfvorschriften für Druckgefäße, Druckgaspackungen, Gefäße, klein, mit Gas (Gaspatronen) und Brennstoffzellen-Kartuschen mit verflüssigtem entzündbarem Gas

6.3: Bau- und Prüfvorschriften für Verpackungen für ansteckungsgefährliche Stoffe der Kategorie A der Klasse 6.2

6.4: Bau-, Prüf- und Zulassungsvorschriften für Versandstücke und Stoffe der Klasse 7

6.5: Bau- und Prüfvorschriften für Großpackmittel (IBC)

6.6: Bau- und Prüfvorschriften für Großverpackungen

6.7: Vorschriften für die Auslegung, den Bau und die Prüfung von ortsbeweglichen Tanks und UN-Gascontainern mit mehreren Elementen (MEGC)

6.8: Vorschriften für den Bau, die Ausrüstung, die Zulassung des Baumusters, die Prüfung und die Kennzeichnung von festverbundenen Tanks (Tankfahrzeugen), Aufsetztanks, Tankcontainern und Tankwechsellaufbauten (Tankwechselbehältern), deren Tankkörper aus metallenen Werkstoffen hergestellt sind, sowie von Batterie-Fahrzeugen und Gascontainern mit mehreren Elementen (MEGC)

6.9: Vorschriften für die Auslegung, den Bau, die Ausrüstung, die Zulassung des Baumusters, die Prüfung und die Kennzeichnung von festverbundenen Tanks (Tankfahrzeugen), Aufsetztanks, Tankcontainern und Tankwechsellaufbauten (Tankwechselbehältern) aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK)

6.10: Vorschriften für den Bau, die Ausrüstung, die Zulassung, die Prüfung und die Kennzeichnung von Saug-Druck-Tanks für Abfälle

6.11: Vorschriften für die Auslegung, den Bau und die Prüfung von Schüttgut-Containern

6.12: Vorschriften für den Bau, die Ausrüstung, die Zulassung des Baumusters, die Prüfung und die Kennzeichnung von Tanks, Schüttgut-Containern und besonderen Laderäumen für explosive Stoffe oder Gegenstände mit Explosivstoff in mobilen Einheiten zur Herstellung von explosiven Stoffen oder Gegenständen mit Explosivstoff (MEMU)

Teil 7: Vorschriften für die Beförderung, Be- und Entladung und Handhabung

7.1: Allgemeine Vorschriften

7.2: Vorschriften für die Beförderung in Versandstücken

7.3: Vorschriften für die Beförderung in loser Schüttung

7.4: Vorschriften für die Beförderung in Tanks

7.5: Vorschriften für die Be- und Entladung und die Handhabung

Anlage B: Vorschriften für die Beförderungsausrüstung und die Durchführung der Beförderung

Teil 8: Vorschriften für die Fahrzeugbesetzungen, die Ausrüstung, den Betrieb der Fahrzeuge und der Dokumentation

8.1: Allgemeine Vorschriften für die Beförderungseinheiten und das Bordgerät

8.2: Vorschriften für die Ausbildung der Fahrzeugbesetzung

8.3: Verschiedene Vorschriften, die von der Fahrzeugbesetzung zu beachten sind

8.4: Vorschriften für die Überwachung der Fahrzeuge

8.5: Zusätzliche Vorschriften für besondere Klassen oder Güter

8.6: Straßentunnelbeschränkungen für die Durchfahrt von Fahrzeugen mit gefährlichen Gütern

Teil 9: Vorschriften für den Bau und die Zulassung der Fahrzeuge

9.1: Anwendungsbereich, Begriffsbestimmungen und Vorschriften für die Zulassung von Fahrzeugen

9.2: Vorschriften für den Bau von Fahrzeugen

9.3: Ergänzende Vorschriften für vollständige oder vervollständigte EX/II- und EX/III-Fahrzeuge zur Beförderung von explosiven Stoffen und Gegenständen mit Explosivstoff (Klasse 1) in Versandstücken

9.4: Ergänzende Vorschriften für die Herstellung der Aufbauten vollständiger oder vervollständigter Fahrzeuge (andere als EX/II- und EX/III-Fahrzeuge) zur Beförderung gefährlicher Güter in Versandstücken

9.5: Ergänzende Vorschriften für die Herstellung der Aufbauten vollständiger oder vervollständigter Fahrzeuge zur Beförderung fester gefährlicher Güter in loser Schüttung

9.6: Ergänzende Vorschriften für vollständige oder vervollständigte Fahrzeuge zur Beförderung von Stoffen unter Temperaturkontrolle

9.7: Ergänzende Vorschriften für Tankfahrzeuge (festverbundene Tanks), Batterie-Fahrzeuge und vollständige oder vervollständigte Fahrzeuge für die Beförderung gefährlicher Güter in Aufsetztanks mit einem Fassungsraum von mehr als 1 m³ oder in Tankcontainern, ortsbeweglichen Tanks oder MEGC mit einem Fassungsvermögen von mehr als 3 m³ (Fahrzeuge EX/III, Fl, OX und AT)

9.8: Ergänzende Vorschriften für vollständige oder vervollständigte MEMU

Das ADR regelt den internationalen und innerstaatlichen Transport von gefährlichen Gütern auf der Straße.

In Kapitel 1.2 werden zum Teil grundlegende Begriffsbestimmungen vorgenommen, die zur korrekten Interpretation wichtig sind; des Weiteren stellt es eine umfassende Erklärung wichtiger Begriffe dar.

8.3.1

Geltungsbereich und Anwendbarkeit

Das ADR legt fest, welche gefährlichen Güter international

- **nicht befördert** werden dürfen oder
- **befördert** werden dürfen,

unter Beachtung der Vorschriften über

- die Zuordnung, Klassifizierung der Güter, einschließlich der Zuordnungskriterien und der Prüfverfahren,
- die Verwendung von Verpackungen und der Zusammenpackung,
- die Befüllung und Verwendung von Tanks,
- die Kennzeichnung und Bezettelung der Versandstücke, das Anbringen von Großzetteln auf Beförderungsmitteln und die Kennzeichnung der Beförderungsmittel sowie der Beförderungspapiere,
- Bau, Prüfung und Zulassung der Verpackungen und der Tanks und
- Beladung, Zusammenladung und Entladung der Beförderungsmittel.

Die Regelungen des ADR gelten unter anderem **nicht**

- bei Beförderung von gefährlichen Gütern durch Privatpersonen in der Einzelhandelsverpackung für den persönlichen Gebrauch,
- für Gase, die in Behältern von Fahrzeugen oder in Ausrüstungsteilen enthalten sind und für den Antrieb oder Betrieb notwendig sind, z. B. Kühlanlage, Feuerlöscher, gasgefüllte Reifen,
- für erstickende oder oxidierende Gase (z. B. Luft oder Sauerstoff) bei einem maximalen Druck der Gase von 2 bar bei 15 °C und
- für Kraftstoffe in Kraftstoffbehältern oder Reservekanistern von Fahrzeugen, die für den Betrieb notwendig sind.

Tabelle 8.3 Sondervorschriften gemäß Spalte 6 von Tabelle A.

Nr.	Sondervorschrift
32	In anderer Form unterliegt dieser Stoff nicht den Vorschriften des ADR.
37	Dieser Stoff unterliegt nicht den Vorschriften des ADR, wenn er überzogen ist.
62	Dieser Stoff unterliegt nicht den Vorschriften des ADR, wenn er höchstens 4 % Natriumhydroxid enthält.
65	Wässrige Lösung mit weniger als 8 % Wasserstoffperoxid, unterliegt nicht den Vorschriften des ADR.
144	Wässrige Lösungen mit höchstens 24 Vol.-% Alkohol unterliegen nicht den Vorschriften des ADR.
145	Alkoholische Getränke der Verpackungsgruppe III unterliegen nicht den Vorschriften des ADR, wenn sie in Behältern mit einem Fassungsraum von höchstens 250 Litern befördert werden.
191	Gefäße, klein, mit Gas (Gaspatronen), mit einem Fassungsraum von höchstens 50 ml, die nur nicht giftige Stoffe enthalten, unterliegen nicht den Vorschriften des ADR.

Treffen die in Spalte 6 von Tabelle A aufgeführten Sondervorschriften zu, unterliegen diese nicht den Vorschriften des ADR. Tabelle 8.3 zeigt eine Auswahl der mehr allgemein gültigen Sondervorschriften.

8.3.2

Verzeichnis der gefährlichen Güter

Tabelle A in Kapitel 3.2 „Verzeichnis der gefährlichen Güter“ listet alle

- namentlich aufgeführten gefährlichen Güter,
- Gattungseinträge für genau definierte Gruppen von Stoffen und Gegenständen,
- spezifischen n.a.g.-Eintragungen, die Gruppen von nicht anderweitig genannten Stoffen oder Gegenständen einer bestimmten chemischen oder technischen Beschaffenheit und
- allgemeinen n.a.g.-Eintragungen, die Gruppen von nicht anderweitig genannten Stoffen oder Gegenständen mit einer oder mehreren gefährlichen Eigenschaften auf.

Sie enthält alle wesentliche Vorschriften, die beim Transport gefährlicher Güter zu beachten sind. Sie ist wie folgt aufgebaut:

- Spalte 1: UN-Nummer; entweder die stoffspezifisch zugeordnete Nummer, ein Gattungseintrag oder eine n.a.g.-Eintragung, (siehe Abschnitt 8.2.1).
- Spalte 2: Benennung und Beschreibung; es ist entweder der stoffspezifische Name, die Bezeichnung des Gattungseintrags oder des n.a.g.-Eintrags jeweils in Großbuchstaben aufgeführt (proper shipping name).
- Spalte 3a: Klasse; Nummer der Klasse, (siehe Abschnitt 8.2.2 bis 8.2.14).
- Spalte 3b: Klassifizierungscode, angegeben ist die Unterklasse, bei Gegenstände der Klasse 1 zusätzlich der Buchstabe der Verträglichkeitsgruppe.
- Spalte 4: Verpackungsgruppe
- Spalte 5: Gefahrzettel; die der jeweiligen Eintragung zugeordnet ist

- Spalte 6: Sondervorschriften; numerischer Code (15 bis 656) zur Angabe von Beförderungsverboten, Freistellungen von Vorschriften, zusätzliche Kennzeichnungs- und Bezettelungsvorschriften, einige Beispiele sind in Tabelle 8.3 aufgeführt.
- Spalte 7a: Begrenzte Mengen; Höchstmenge je Innenverpackung, um die Sonderregelungen für begrenzte Mengen in Anspruch nehmen zu können, siehe Abschnitt 8.3.3.
- Spalte 7b: Freigestellte Mengen; Codierung der Bedingungen zur Anwendung der freigestellten Mengen mit E 0 bis E 5 (siehe Abschnitt 8.3.3).
- Spalte 8: Verpackungsanweisungen; alphanumerischer Code (P, R, IBC, LP, PR gefolgt von dreistelliger Ziffer) zur Festlegung der zulässigen Verpackungen (siehe Abschnitt 8.3.5).
- Spalte 9a: Sondervorschriften für die Verpackung; alphanumerischer Code mit dreistelliger Ziffer PP und PR, B, L (siehe Abschnitt 8.3.5).
- Spalte 9b: Sondervorschriften für die Zusammenpackung; (siehe Abschnitt 8.3.5).
- Spalte 10 Anweisungen für ortsbewegliche Tanks und Schüttgut-Container; Angabe M: darf in UN-MEGC befördert werden, BK: Schüttgut-Container-Typen zulässig.
- Spalte 11 Sondervorschriften für ortsbewegliche Tanks und Schüttgut-Container; TP geben die zu beachtenden Sondervorschriften an.
- Spalte 12 Tankcodierungen für ADR-Tanks; nur zulässig, wenn eine Codierung eingetragen ist, S-feste Stoffe; L-Flüssigkeiten, M-Batteriefahrzeug oder MEGC, +-wechselweise Benutzung nur nach Bauartzulassung erlaubt.
- Spalte 13 Sondervorschriften für ADR-Tanks; Codierung mit TU, TC, TE, TA, TT, TM.
- Spalte 14 Fahrzeug für die Beförderung in Tanks
- Spalte 15 Beförderungskategorie / (Tunnelbeschränkungscode)
- Spalte 16 Sondervorschriften für die Beförderung – Versandstücke; vorgeschriebene Sondervorschriften für Versandstücke, Sondervorschriften mit Codierung mit „V“ plus Ziffer.
- Spalte 17 Sondervorschriften für die Beförderung – lose Schüttung, Sondervorschriften mit Codierung mit „VV“ plus Ziffer.
- Spalte 18 Sondervorschriften für die Beförderung – Be- und Entladung, Handhabung; Sondervorschriften mit Codierung mit „CV“ plus Ziffer
- Spalte 19 Sondervorschriften für die Beförderung – Betrieb; Sondervorschriften mit Codierung mit „S“ plus Ziffer
- Spalte 20 Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr; Kemlerzahl, (siehe Abschnitt 8.3.7.3)

UN-Nummer	Benennung und Beschreibung	Klasse	Klassifizierungscode	Verpackungsgruppe	Gefahrdetail	Sondervorschriften	Begrenzung und freigesetzte Mengen	Verpackung			Ortsbez. und G		
								Anweisungen	Sondervorschriften	Zusammenpackung		Anweisungen	
	3.1.2	2.2	2.2	3.1.1.3	5.2.2	3.3	3.4.6.5.1.2	4.1.4	4.1.4	4.1.10	4.2.5.2 7.3.2		
(1)	(2)	(3a)	(3b)	(4)	(5)	(6)	(7a) (7b)	(8)	(9a)	(9b)	(10)		
1224	KETONE, FLÜSSIG, N.A.G. (Dampfdruck bei 50 °C größer als 110 kPa)	3	F1	II	3	274	64DC	1 L	E2	P001		MP19	T7
1224	KETONE, FLÜSSIG, N.A.G. (Dampfdruck bei 50 °C höchstens 110 kPa)	3	F1	II	3	274	64DD	1 L	E2	P001 IBC02 R001		MP19	T7
1224	KETONE, FLÜSSIG, N.A.G.	3	F1	III	3	274		5 L	E1	P001 IBC03 LP01 R001		MP19	T4
1228	MERCAPTANE, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G. oder MERCAPTANE, MISCHUNG, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G.	3	FT1	II	3+6.1	274		1 L	E2	P001 IBC02		MP19	T11
1228	MERCAPTANE, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G. oder MERCAPTANE, MISCHUNG, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G.	3	FT1	III	3+6.1	274		5 L	E1	P001 IBC03 R001		MP19	T7
1229	MESITYLOXID	3	F1	III	3			5 L	E1	P001 IBC03 LP01 R001		MP19	T2
1230	METHANOL	3	FT1	II	3+6.1	279		1 L	E2	P001 IBC02		MP19	T7
1231	METHYLACETAT	3	F1	II	3			1 L	E2	P001 IBC02 R001		MP19	T4
1233	METHYLAMYLACETAT	3	F1	III	3			5 L	E1	P001 IBC03 LP01 R001		MP19	T2
1234	METHYLAL	3	F1	II	3			1 L	E2	P001 IBC02	B8	MP19	T7
1236	METHYLAMIN, WÄSSERIGE LÖSUNG	3	FC	II	3+8			1 L	E2	P001 IBC02		MP19	T7
1237	METHYLBUTYRAT	3	F1	II	3			1 L	E2	P001 IBC02 R001		MP19	T4
1238	METHYLCHLORFORMIAT	6.1	TFC	I	6.1+3 +8	354		0	E0	P602		MP8 MP17	T22
1239	METHYLCHLORMETHYL-ETHER	6.1	TF1	I	6.1+3	354		0	E0	P602		MP8 MP17	T22
1242	METHYLDICHLORSILAN	4.3	WFC	I	4.3+3 +8			0	E0	P401	RR7	MP2	T14
1243	METHYLFORMIAT	3	F1	I	3			0	E3	P001		MP7 MP17	T11
1244	METHYLHYDRAZIN	6.1	TFC	I	6.1+3 +8	354		0	E0	P602		MP8 MP17	T22
1245	METHYLISOBUTYLKETON	3	F1	II	3			1 L	E2	P001 IBC02 R001		MP19	T4
1246	METHYLISOPROPENYL-KETON, STABILISIERT	3	F1	II	3			1 L	E2	P001 IBC02 R001		MP19	T4

ADR-Tanks		Fahrzeug für die Beförderung in Tanks	Beförderungskategorie (Tunnelbeschränkungscode)	Sondervorschriften für die Beförderung				Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr	UN-Nummer	Name und Beschreibung
Tankcodierung	Sondervorschriften			Versandstücke	lose Schüttung	Be- und Entladung, Handhabung	Betrieb			
4.3	4.3.5, 4.3.4	9.1.12	1.1.34 (B/E)	7.2.4	7.2.5	7.5.11	8.8	8.1.23		3.1.2
(12)	(12)	(14)	(16)	(16)	(17)	(18)	(18)	(20)	(1)	(2)
L1,5BN		FL	2 (D/E)				S2 S20	33	1224	KETONE, FLÜSSIG, N.A.G. (Dampfdruck bei 50 °C größer als 110 kPa)
LG6F		FL	2 (D/E)				S2 S20	33	1224	KETONE, FLÜSSIG, N.A.G. (Dampfdruck bei 50 °C höchstens 110 kPa)
LG6F		FL	3 (D/E)	V12			S2	30	1224	KETONE, FLÜSSIG, N.A.G.
L4BH	TU15	FL	2 (D/E)			CV13 CV28	S2 S19	336	1228	MERCAPTANE, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G. oder MERCAPTANE, MISCHUNG, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G.
L4BH	TU15	FL	3 (D/E)	V12		CV13 CV28	S2	36	1228	MERCAPTANE, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G. oder MERCAPTANE, MISCHUNG, FLÜSSIG, ENTZÜNDBAR, GIFTIG, N.A.G.
LG6F		FL	3 (D/E)	V12			S2	30	1229	MESITYLOXID
L4BH	TU15	FL	2 (D/E)			CV13 CV28	S2 S19	336	1230	METHANOL
LG6F		FL	2 (D/E)				S2 S20	33	1231	METHYLACETAT
LG6F		FL	3 (D/E)	V12			S2	30	1233	METHYLAMYLACETAT
L1,5BN		FL	2 (D/E)				S2 S20	33	1234	METHYLAL
L4BH		FL	2 (D/E)				S2 S20	338	1235	METHYLAMIN, WÄSSERIGE LÖSUNG
LG6F		FL	2 (D/E)				S2 S20	33	1237	METHYLBUTYRAT
L15DH	TU14 TU15 TE19 TE21	FL	1 (C/D)			CV1 CV13 CV28	S2 S9 S14	663	1238	METHYLCHLORFORMIAT
L15DH	TU14 TU15 TE19 TE21	FL	1 (C/D)			CV1 CV13 CV28	S2 S9 S14	663	1239	METHYLCHLORMETHYL-ETHER
L10DH	TU14 TU24 TE21 TM2 TM3	FL	0 (B/E)	V1		CV23	S2 S20	X338	1242	METHYLDICHLORSILAN
L4BN		FL	1 (D/E)				S2 S20	33	1243	METHYLFORMIAT
L15DH	TU14 TU15 TE19 TE21	FL	1 (C/D)			CV1 CV13 CV28	S2 S9 S14	663	1244	METHYLHYDRAZIN
LG6F		FL	2 (D/E)				S2 S20	33	1245	METHYLSOBTYLYLKETON
LG6F		FL	2 (D/E)				S2 S20	339	1246	METHYLSOPROPENYL-KETON, STABILISIERT

Abb. 8.14 Verzeichnis gefährlicher Güter nach Nr. 3.2 Tabelle A des ADR

8.3.3

Begrenzte und freigestellte Mengen

Bei Unterschreitung der **begrenzten Mengen**, die in Spalte 7a von Tabelle A für jede UN-Nummer angegeben sind, gelten spezielle Erleichterungen von den Vorschriften des ADR. Ist eine „0“ eingetragen, kann von der Möglichkeit der begrenzten Mengen nicht Gebrauch gemacht werden.

Für in begrenzten Mengen verpackte gefährliche Güter, die den Vorschriften dieses Kapitels entsprechen, müssen nach Kapitel 3.4 des ADR nur die folgenden Vorschriften des ADR eingehalten werden:

- Unterweisung der Personen, die an der Beförderung gefährlicher Güter beteiligt sind, Umfang der Unterweisung ist abhängig von den durchzuführenden Aufgaben und den Verantwortlichkeiten,
- Beachtung der Sicherheitspflichten der Beteiligten (siehe Abschnitt 8.3.4),
- Beförderungseinschränkungen durch die zuständigen Behörden; u. a. Fahrstreckenbegrenzungen, Fahrzeiteinschränkungen, Tunnelbeschränkungen,
- die Verpackung muss die Grundpflichten erfüllen, d. h. von guter Qualität sein und den Belastungen während des Transports standhalten. Ferner darf die Innenverpackung nicht durch die gefährlichen Güter angegriffen oder geschwächt werden und keine Permeation ermöglichen, die zu einer Gefahr führen kann,
- bei Flüssigkeiten muss ein füllungsfreier Raum zur Ausdehnung bei Temperaturschwankungen verbleiben, in Abhängigkeit des Siedepunktes darf der Füllungsgrad maximal 90–98 % betragen.

Eine Zusammenpackung mit anderen gefährlichen Gütern ist nicht zulässig, wenn sie gefährlich miteinander reagieren können.

Umverpackungen müssen

- mit dem Aufdruck UMVERPACKUNG gekennzeichnet,
- mit Ausrichtungspfeilen an zwei gegenüberliegenden Seiten versehen werden und
- dürfen die Funktion der Verpackung nicht beeinträchtigen.
- Dem Beförderungspapier ist ein Container / Fahrzeugpackzertifikat gemäß dem IMDG-Code beizufügen, wenn der Beförderung eine Seebeförderung folgt.
- Die Anforderungen an Verpackungen gemäß Kapitel 4 des ADR zu Fässern, Kanistern, Kisten, Säcken, Kombinationsverpackungen sowie
- die allgemeinen Vorschriften für die Beförderung, die Be- und Entladung und die Handhabung sind zu erfüllen.
- Die Reinigung nach dem Entladen sowie das Rauchverbot.

Die Innenverpackungen gefährlicher Güter müssen in geeigneten Außenverpackungen eingesetzt werden. Die gesamte Bruttomasse des Versandstücks darf 30 kg nicht überschreiten.

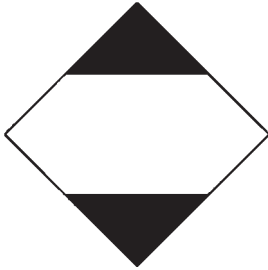


Abb. 8.15 Kennzeichen für Versandstücke in begrenzten Mengen

Tabelle 8.4 Freigestellte Mengen nach Tabelle A, Spalte 7b des ADR.

Code	höchste Nettomenge je Innenverpackung	höchste Nettomenge je Außenverpackung
E0	–	–
E 1	30	1000
E 2	30	500
E 3	30	300
E 4	1	500

Angaben für feste Stoffe in Gramm; Flüssigkeiten und Gase in ml, bei Zusammenpackung Summe aus Gramm und ml

Ausgenommen für die Luftbeförderung müssen Versandstücke mit gefährlichen Gütern in begrenzten Mengen mit der in Abbildung 8.15 dargestellten Kennzeichnung versehen werden.

Die Erleichterungen für **Freigestellte Mengen** können genutzt werden, wenn die Code E 1 bis E 5 von Tabelle A, Spalte 7b zugeordneten Mengen nicht überschritten werden, siehe Tabelle 8.4. Mit Ausnahme der folgenden Maßnahmen müssen keine weiteren Vorschriften beachtet werden:

- Unterweisung der Personen, die an der Beförderung gefährlicher Güter beteiligt sind, Umfang der Unterweisung ist abhängig von den durchzuführenden Aufgaben und den Verantwortlichkeiten,
- Beachtung der Sicherheitspflichten der Beteiligten (siehe Abschnitt 8.3.4),
- die Verpackung muss die Grundpflichten erfüllen, d. h. von guter Qualität sein und den Belastungen während des Transports standhalten. Ferner darf die Innenverpackung nicht durch die gefährlichen Güter angegriffen oder geschwächt werden und keine Permeation ermöglichen, die zu einer Gefahr führen kann.

Eine Zusammenpackung mit anderen gefährlichen Gütern ist nicht zulässig, wenn sie gefährlich miteinander reagieren können.

Verpackungen, die für die Beförderung gefährlicher Güter in freigestellten Mengen verwendet werden, müssen nachfolgende Vorschriften erfüllen:

- Sie müssen eine Innenverpackung enthalten, deren Verschluss sicher fixiert ist, Gefäße mit Schraubgewinde müssen eine flüssigkeitsdichte, beständige Schraubkappe haben.
- Die Innenverpackungen müssen mit Polstermaterial sicher in eine Zwischenverpackung verpackt werden, so dass es unter normalen Beförderungsbedingungen nicht zu einer Freisetzung kommen kann.
- Die Zwischenverpackung muss sicher in eine starke, starre Außenverpackung (z. B. Holz oder Pappe) verpackt sein.
- Jedes Versandstück-Baumuster muss den Vorschriften des Abschnitts 3.53 des ADR entsprechen.
- Die Versandstücke müssen so groß sein, dass ausreichend Platz für die Kennzeichnungen bleibt.
- Die Umverpackungen dürfen auch Versandstücke mit gefährlichen Gütern oder Gütern, die den Vorschriften des ADR nicht unterliegen, enthalten.
- Die Kennzeichnung freigestellter Mengen muss eine Kennzeichnung mit den Mindestmaßen 100 mm × 100 mm gemäß Abbildung 8.16 enthalten.



Kennzeichen für freigestellte Mengen

Schraffierung und Symbol in derselben Farbe, schwarz oder rot, auf weißem oder geeignetem kontrastierendem Grund

Abb. 8.16 Kennzeichen für freigestellte Mengen. *an dieser Stelle ist die erste Nummer des Gefahrezettels anzugeben, ** Name des Absenders oder Empfängers, falls nicht bereits an anderer Stelle auf dem Versandstück angegeben

8.3.4

Sicherheitspflichten der Beteiligten

In Abschnitt 1.4 des ADR werden die Sicherheitspflichten und Verantwortlichkeiten der am Transport beteiligten Personen detailliert beschrieben.

Als Absender gilt, wer mit dem Beförderer einen Beförderungsvertrag abschließt. Wird keiner abgeschlossen, gilt der Beförderer als Absender und muss alle

Pflichten und Verantwortungen von diesem übernehmen. Im Allgemeinen fungiert der Spediteur als Absender. Hauptbeteiligte gemäß Abschnitt 1.4.2 sind beim Transport der Absender, der Beförderer und der Empfänger. Verloader, Verpacker, Befüller und Betreiber eines Tankcontainers oder ortsbeweglichen Tanks gelten nach Abschnitt 1.4.3 als andere Beteiligte.

8.3.4.1 Der Absender

Der Absender muss gemäß 1.4.2 als ein Hauptbeteiligter zahlreiche Pflichten erfüllen. Insbesondere

- hat er sich zu vergewissern, dass die gefährlichen Güter gemäß ADR klassifiziert und zur Beförderung zugelassen sind,
- muss er dem Beförderer die erforderlichen Angaben und Informationen mitteilen und gegebenenfalls vorgeschriebene Beförderungs- und Begleitpapiere übergeben,
- darf er nur Verpackungen, Großverpackungen, Großpackmittel und Tanks verwenden, die für das jeweilige Gut zugelassen und geeignet sind und muss diese gemäß den Vorgaben des ADR kennzeichnen,
- muss er die Vorschriften über die Versandart und die Versandbeschränkungen beachten und
- hat er dafür zu sorgen, dass verunreinigte oder mit Produkten kontaminierte Tanks entsprechend gekennzeichnet und bezettelt und die adäquaten Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden.

8.3.4.2 Der Beförderer

Als Beförderer gilt das Unternehmen, das die Beförderung durchführt. Der Beförderer ist in aller Regel auch gleichzeitig Halter der Transportfahrzeuge. Der Beförderer

- ist verpflichtet, anhand vorgelegter Begleitpapiere nachzuprüfen, ob die gefährlichen Güter zur Beförderung zugelassen sind,
- darf Listengüter nur befördern, wenn eine Fahrwegbestimmung erteilt ist (Bescheinigungen sind dem Fahrzeugführer zu übergeben),
- darf gefährliche Güter nur in der zulässigen Beförderungsart befördern (z. B. Tanks, Container für den Transport in loser Schüttung),
- muss die Begleitpapiere und die vorgeschriebenen Ausrüstungsgegenstände dem Fahrzeugführer vor Beförderungsbeginn übergeben lassen,
- ist für die Auswahl von qualifiziertem Personal verantwortlich,
- hat die vorgeschriebenen Mengengrenzen einzuhalten,
- muss die Vorschriften über Beladen, Zusammenladen und Handhabung beachten und
- ist für das Entladen verantwortlich.

8.3.4.3 Der Empfänger

Als Empfänger gilt, wer die Güter in Empfang nimmt. Der Empfänger muss

- die Warntafeln und Gefahrzettel von vollständig entladenen, gereinigten und entgasten Containern entfernen und
- die vorgeschriebene Reinigung und gegebenenfalls die Entgiftung der Fahrzeuge und Container vornehmen.

8.3.4.4 **Der Verloader**

Der Verloader ist das Unternehmen, das die Güter dem Beförderer zum Transport übergibt; im Beförderungsvertrag können auch andere Festlegungen getroffen werden. Der Verloader

- darf gefährliche Güter dem Beförderer nur übergeben, wenn sie zur Beförderung zugelassen sind,
- muss bei der Übergabe prüfen, ob die Verpackung beschädigt ist,
- ist für das Anbringen der vorgeschriebenen Gefahrzettel an festverbundenen Tanks verantwortlich,
- darf gefährliche Güter zur Beförderung in loser Schüttung oder in Containern nur übergeben, wenn die Beförderungsart zulässig ist,
- muss dafür sorgen, dass die Unfallmerkblätter dem Fahrzeugführer übergeben werden,
- muss den Fahrzeugführer oder Beifahrer ggf. einweisen,
- muss bei Überschreitung des höchstzulässigen Füllungsgrades oder der höchstzulässigen Masse den Transport unterbinden,
- muss die Dichtheit der Verschlusseinrichtung prüfen,
- muss die Vorschriften über Beladen, Zusammenladen und Handhabung beachten und
- ist beim Verladen in Container für das Anbringen der vorgeschriebenen Gefahrzettel verantwortlich.

8.3.4.5 **Der Befüller**

Das Unternehmen, das die gefährlichen Güter in einen Tank (Tankfahrzeug, Aufsetztank, ortsbeweglicher Tank oder Tankcontainer), ein Fahrzeug, Batterie-fahrzeug, MEGC, einen Groß- oder Kleincontainer in loser Schüttung einfüllt, ist Befüller. Der Befüller

- muss sich vom ordnungsgemäßen Zustand der Tanks und der Ausrüstungsgegenstände überzeugen,
- darf nicht befüllen, wenn das Datum der nächsten Prüfung überschritten ist,
- darf Tanks nur mit den hierfür zugelassenen Gütern befüllen,
- muss den angegebenen höchstzulässigen Füllungsgrad bzw. die höchstzulässige Masse der Füllung je Liter Fassungsraum einhalten,
- hat bei Tankcontainern die Dichtheit der Verschlusseinrichtungen zu prüfen,
- darf Tankcontainer nicht mit Stoffen, die gefährlich miteinander reagieren können, in nebeneinander liegenden Tankabteilen einfüllen,
- muss dafür Sorge tragen, dass die befüllten Tanks außen nicht mit Produkten verunreinigt sind und

- ist für die ordnungsgemäße Kennzeichnung verantwortlich.

8.3.4.6 Der Betreiber von Tankcontainern oder ortsbeweglichen Tanks

Wer Tankcontainer oder ortsbewegliche Tanks verwendet, muss

- die Vorschriften über Bau, Ausrüstung, Prüfungen und Kennzeichnung der Container / Tanks beachten,
- die notwendigen Instandhaltungen zur Einhaltung der Vorschriften durchführen und
- außerordentliche Prüfungen durchführen lassen, wenn die Sicherheit des Tankkörpers oder seiner Ausrüstungen durch Ausbesserung, Umbau oder Unfall beeinträchtigt sein kann.

8.3.4.7 Der Verpacker

Als Verpacker gilt das Unternehmen, das die Güter in Verpackungen, einschließlich Großverpackungen und Großpackmittel, einfüllt und gegebenenfalls die Versandstücke zur Beförderung vorbereitet. Der Verpacker muss

- die Verpackungsvorschriften und die Vorschriften über die Zusammenpackung beachten und
- die Vorschriften über die Kennzeichnung und Bezeichnung von Versandstücken einhalten.

8.3.5

Die Verpackung

Die Verpackung ist ein Gefäß oder Behälter, der zur Aufnahme und zum Schutz des Inhalts eines Transportgutes dient. Ein Versandstück besteht aus Inhalt und Verpackung, so wie es für den Versand bereitgestellt wird.

Gefährliche Güter müssen in „Verpackungen guter Qualität“ verpackt sein. Neben den üblichen Anforderungen beim Transport muss die Verpackung auch den Belastungen beim Umschlag sowie bei Entnahme von einer Palette oder aus einer Umverpackung standhalten.

Der Inhalt darf auf dem gesamten Transportweg nicht austreten, unter Berücksichtigung von Vibrationen, Temperaturwechsel, Feuchtigkeits- oder Druckänderung (z. B. hervorgerufen durch Höhenunterschiede). Ferner ist darauf zu achten, dass an der Außenseite der Verpackung keine gefährlichen Produktreste anhaften.

Die Anforderungen an die Verpackung gefährlicher Güter, einschließlich Großpackmittel (IBC) und Großverpackungen, sind in Teil 4 des ADR geregelt. Die Verpackung muss grundsätzlich folgende Anforderungen erfüllen:

- einen ausreichenden Schutz des beförderten Gutes vor den unter normalen Beförderungsbedingungen auftretenden Beanspruchungen bieten,
- eine Bauartprüfung besitzen und zugelassen sein,
- außen frei von Verunreinigungen mit Produktresten sein,

- absolut dicht und so verschlossen sein, dass unter normalen Beförderungsbedingungen der Inhalt nicht austreten kann,
- für den Transport der gefährlichen Güter geeignet und zugelassen sein (keine gefährliche Reaktion mit dem Inhalt),
- einen Füllfreiraum beim Transport von Flüssigkeiten besitzen, der ein Ausdehnen des Inhalts durch Temperatur und Druckänderung ermöglicht, ohne dass Inhalt austritt oder eine dauerhafte Verformung erfolgt und
- sie darf keine Permeation der gefährlichen Güter ermöglichen, die unter normalen Beförderungsbedingungen eine Gefahr darstellen könnte.

In Abhängigkeit der Gefährlichkeit eines Produktes sind nur bestimmte Verpackungen für den Transport zugelassen!

Die Qualität der Verpackung wird durch einen Buchstabencode mit folgender Bedeutung ausgedrückt:

X: sehr hohe Qualität, zugelassen für alle Verpackungsgruppen, für Gruppe I bindend

Y: hohe Qualität, zugelassen für Verpackungsgruppe II oder III

Z: Standardqualität, nur zugelassen für Verpackungsgruppe III

Werden als Innenverpackung zerbrechliche Gefäße, z. B. aus Glas oder Porzellan, verwendet, müssen sie in saugfähige Polstermaterialien eingebettet werden. Vor jedem Neubefüllen muss die Verpackung einer äußeren Sichtprüfung zur Feststellung von Korrosion, Verunreinigung mit Produktresten, Verformungen oder Leckagen unterzogen werden.

Verpackung und Transportgut bilden gemeinsam das Versandstück, das letztendlich im ADR geregelt ist. Die Nettomasse von Versandstücken im engeren Sinne beträgt maximal 400 kg bzw. 450 l Fassungsraum, das Höchstvolumen von Großverpackungen ist auf 3 m³ beschränkt, der Fassungsraum von Großpackmitteln (IBC) auf ebenfalls 3 m³.

Der Umfang der Baumusterprüfung wird durch die Verpackungsart bestimmt, die zugelassen werden soll. Kapitel 6.1 des ADR enthält detaillierte Prüfvorschriften.

Die Verpackung flüssiger Stoffe muss gegen die unter den Transportbedingungen möglichen Innendrucke beständig sein. In Abhängigkeit des Dampfdrucks der Flüssigkeit wird der Prüfdruck der Innenverpackung festgelegt.

Bei Kunststoffverpackungen für Flüssigkeiten ist die chemische Verträglichkeit nachzuweisen. Um zu vermeiden, dass jede Flüssigkeit individuell geprüft werden muss, kann die Prüfung an Standardflüssigkeiten erfolgen. Gemäß diesem sogenannten **Assimilierungsverfahren** dürfen in einem Kunststoffgefäß alle Flüssigkeiten verpackt werden, die der gleichen Standardflüssigkeit zugeordnet sind. Abbildung 8.17 zeigt einen Ausschnitt aus der Assimilierungsliste nach Kapitel 4.1 des ADR.

UN-Nr.	offizielle Benennung für die Beförderung oder technische Benennung	Beschreibung	Klasse	Klassifizierungscode	Verpackungsgruppe	Standardflüssigkeit
(1)	3.1.2 (2a)	3.1.2 (2b)	2.2 (3a)	2.2 (3b)	2.1.1.3 (4)	(5)
1202	Heizöl, leicht	extra leicht	3	F1	III	Kohlenwasserstoffgemisch
1202	Heizöl, leicht	der Norm EN 590:2004 entsprechend oder mit einem Flammpunkt von höchstens 100 °C	3	F1	III	Kohlenwasserstoffgemisch
1203	Benzin oder Ottokraftstoff		3	F1	II	Kohlenwasserstoffgemisch
1206	Heptane	reine Isomere und Isomerenmisch	3	F1	II	Kohlenwasserstoffgemisch
1207	Hexaldehyd	n-Hexaldehyd	3	F1	III	Kohlenwasserstoffgemisch
1208	Hexane	reine Isomere und Isomerenmisch	3	F1	II	Kohlenwasserstoffgemisch
1210	Druckfarbe oder Druckfarbzubehörstoffe	entzündbar, einschließlich Druckfarbverdünnung und -lösemittel	3	F1	I/II/III	Regel für Sammel-eintragungen
1212	Isobutanol (Isobutylalkohol)		3	F1	III	Essigsäure
1213	Isobutylacetat		3	F1	II	n-Butylacetat/ mit n-Butylacetat gesättigte Netzmittellösung
1214	Isobutylamin		3	FC	II	Kohlenwasserstoffgemisch und Netzmittellösung

Abb. 8.17 Auszug aus der Assimilierungsliste nach Nr. 4.1.1.19.6 des ADR

8.3.5.1 Die Verpackungsarten

Zur Verpackung von Gefahrgütern können Einzelverpackungen oder Kombinationsverpackungen, die aus einer Innen- und Außenverpackung bestehen, verwendet werden.

Die Verpackungen werden unterschieden in

- Einzelverpackungen,
- Kombinationsverpackungen,
- zusammengesetzte Verpackungen und
- Feinstblechverpackungen.

Zur Charakterisierung der Verpackungsart werden die Verpackungen durch einen Code charakterisiert, der aus einer Ziffer besteht, die die Verpackungsart wiedergibt, einem nachgestellten Buchstaben für das Material der Verpackung sowie optional einer zusätzlichen Ziffer zur weiteren Spezifizierung unterschiedlicher Typen, siehe Tabelle 8.5.

Fässer, Ziffercode 1, sind zylindrische Verpackungen mit flachen oder gewölbten Böden, meist aus Metall, Pappe, Kunststoffen oder Sperrholz hergestellt. Als Sonderform sind auch eimerförmige Verpackungen oder solche mit kegelförmigem Hals bekannt (Beispiele siehe Abbildung 8.18).

Tabelle 8.5 Werkstoff, Code und Verpackungsart von Einzelverpackungen.

Verpackungsart	Werkstoff	Verpackungstyp	Code
1. Fass	A. Stahl	nicht abnehmbarer Deckel	1A1
		abnehmbarer Deckel	1A2
	B. Aluminium	nicht abnehmbarer Deckel	1B1
		abnehmbarer Deckel	1B2
	G. Pappe		1G
H. Kunststoff	nicht abnehmbarer Deckel	1H1	
	abnehmbarer Deckel	1H2	
3. Kanister	A. Stahl	nicht abnehmbarer Deckel	3A1
		abnehmbarer Deckel	3A2
	H. Kunststoff	nicht abnehmbarer Deckel	3H1
4. Kiste	A. Stahl	einfach	4A1
		mit Innenauskleidung	4A2
	B. Aluminium	einfach	4B1
		mit Innenauskleidung	4B2
	C. Naturholz	einfach	4C1
		mit staubdichten Wänden	4C2
	D. Sperrholz		4D
	F. Holzfaserverwerkstoff		4F
	G. Pappe		4G
	H. Kunststoff	Schaumstoffe	4H1
massive Kunststoffe		4H2	
5. Sack	H. Kunststoffgewebe	ohne Innensack, Innenauskleidung	5H1
		staubdicht	5H2
		wasserbeständig	5H3
	H. Kunststofffolie		5H4
	L. Textilgewebe	ohne Innensack, Innenauskleidung	5L1
		staubdicht	5L2
		wasserbeständig	5L3
	M. Papier	mehrlagig	5M1
		mehrlagig, wasserbeständig	5M2
6. Kombiverpackung	H. Kunststoffgefäß	fassförmige Außenverpackung aus Stahl	6HA1
		korb-, kistenförmige Außenverpackung aus Stahl	6HA2
	P. Gefäß aus Porzellan	fassförmige Außenverpackung aus Stahl	6PA1
	korb- oder kistenförmige Außenverpackung aus Stahl	6PA2	

Kanister, Ziffercode 3 sind rechteckige oder mehreckige Verpackungen aus Metall oder Kunststoff mit einer oder mehreren Öffnungen (Beispiele siehe Abbildung 8.19).

Kiste, Ziffercode 4, ist eine rechteckige oder mehreckige vollwandige Verpackung, meist aus Metall, Holz, Sperrholz, Holzfaserverwerkstoff, Pappe, Kunststoff oder einem anderen geeigneten Werkstoff (Beispiele siehe Abbildung 8.20).



Abb. 8.18 Fässer



Abb. 8.19 Kanister



Abb. 8.20 Kisten



Abb. 8.21 Säcke



Abb. 8.22 Kombinationsverpackungen

Sack, Ziffercode 5, ist eine flexible Verpackung aus Papier, Kunststofffolien, Textilien, gewebten oder anderen geeigneten Werkstoffen (Beispiele siehe Abbildung 8.21).

Kombinationsverpackung, Ziffercode 6, aus einem Innengefäß aus Glas, Porzellan, Steinzeug oder Kunststoff und einer Außenverpackung (aus Metall, Holz, Pappe, Kunststoff, Schaumstoff usw.) bestehende Verpackung. Ist sie einmal zusammengebaut, bildet sie eine untrennbare Einheit, die als solche gefüllt, gelagert, befördert und entleert wird. Eine besondere Ausführung stellen die IBC dar (Beispiele siehe Abbildung 8.22).

Feinstblechverpackungen, Ziffercode 0, sind runde, elliptische, rechteckige oder mehreckige Verpackungen sowie solche mit kegelförmigem Hals oder eimerförmige Verpackungen aus Metall mit einer Wanddicke unter 0,5 mm. Die Böden können flach oder gewölbt, mit einer oder mehreren Öffnungen ausgeführt sein. Fässer oder Kanister zählen nicht zu den Feinstblechverpackungen (Beispiele siehe Abbildung 8.23).

Die Werkstoffe der Verpackungen werden durch einen Buchstabencode mit folgender Bedeutung angegeben:

- A Stahl
- B Aluminium
- C Naturholz

- D Sperrholz
- F Holzfaserverwerkstoff
- G Pappe
- H Kunststoff, inkl. Schaumstoff
- L Textilgewebe
- M Papier, mehrlagig
- N Metall (außer Stahl oder Aluminium)
- P Glas, Porzellan, Steinzeug.

Darüber hinaus existieren die folgenden Sonderverpackungen:

- T Bergungsverpackung
- V Sonderverpackung
- W Verpackung mit abweichendem oder gleichwertigem Herstellungsverfahren

Abbildung 8.18 bis 8.21 zeigen einige typische Einzelverpackungen.

In Abbildung 8.24 ist ein Verpackungscode und seine Bedeutung wiedergegeben.

Großpackmittel (IBC) sind starre oder flexible, transportable Verpackungen, die nicht in Kapitel 6.1 aufgeführt sind, und einen Fassungsraum von

- höchstens 3,0 m³ für feste und flüssige Stoffe der Verpackungsgruppen II und III,
- höchstens 1,5 m³ für feste Stoffe der Verpackungsgruppe I, soweit diese in flexiblen IBC, Kunststoff-IBC, Kombinations-IBC, IBC aus Pappe oder aus Holz verpackt sind,



Abb. 8.23 Feinstblechverpackungen

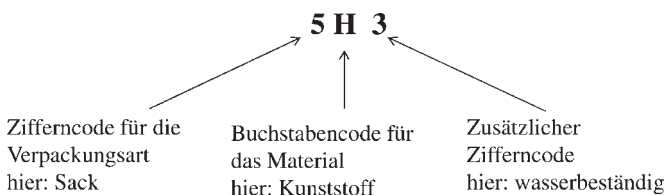


Abb. 8.24 Bedeutung des Verpackungscode

- höchstens 3,0 m³ für feste Stoffe der Verpackungsgruppe I, soweit diese in metallenen IBC verpackt sind und
- höchstens 3,0 m³ für radioaktive Stoffe der Klasse 7 haben

und die

- für mechanische Handhabung ausgelegt sind, sowie
- den Beanspruchungen bei der Handhabung und Beförderung standhalten können, was durch die in Kapitel 6.5 des ADR festgelegten Prüfungen zu bestätigen ist.

Man unterscheidet zwischen flexiblen IBC (häufig auch als Big Bag bezeichnet), IBC aus Holz, IBC aus Pappe, Kombinations-IBC mit Kunststoff-Innenbehälter, metallene IBC und starre Kunststoff-IBC. Abbildung 8.25 zeigt Beispiele unterschiedlicher IBC.

Zusammengesetzte Verpackungen bestehen aus mehreren trennbaren Einheiten, die nur zur Beförderung zusammengesetzt wurden. Sie können aus einer oder mehreren Innenverpackungen in einer Außenverpackung sowie eventuell notwendigen Füll- und Polsterstoffen bestehen, siehe Abbildung 8.26.



Abb. 8.25 Unterschiedliche Großpackmittel IBC



Abb. 8.26 Zusammengesetzte Verpackung

Tabelle A, Spalte 12 und 13 beinhaltet spezielle Vorschriften für ADR-Tanks, dabei gelten die folgenden Definitionen:

Tank Ein Tankkörper mit seiner Bedienungsausrüstung und baulichen Ausrüstung. Wenn der Begriff allein verwendet wird, umfasst er die in diesem Abschnitt definierten Tankcontainer, ortsbeweglichen Tanks, Aufsetztanks und festverbundenen Tanks sowie die Tanks als Elemente von Batterie-Fahrzeugen oder MEGC.

Tankcontainer Ein Beförderungsgerät, das

- der Begriffsbestimmung für Container entspricht,
- aus einem Tankkörper und den Ausrüstungsteilen besteht, einschließlich der Einrichtungen, die das Umsetzen des Tankcontainers ohne wesentliche Veränderung der Gleichgewichtslage erlauben,
- für die Beförderung von gasförmigen, flüssigen, pulverförmigen oder körnigen Stoffen verwendet wird und
- einen Fassungsraum von mehr als $0,45 \text{ m}^3$ (450 Liter) hat, wenn es für die Beförderung von in Absatz 2.2.2.1.1 definierten Gasen verwendet wird.

Großpackmittel (IBC) gelten nicht als Tankcontainer. Abbildung 8.27 zeigt unterschiedliche Ausführungen von Tankcontainern.

Tankfahrzeug Ein Fahrzeug mit einem oder mehreren festverbundenen Tanks zur Beförderung von flüssigen, gasförmigen, pulverförmigen oder körnigen Stoffen.



Abb. 8.27 Unterschiedliche Tankcontainer



Abb. 8.28 Tankfahrzeuge

Tabelle 8.6 Tankcodierung nach Tabelle A Spalte 12 und 13 des ADR.

Teil	Beschreibung	Tankcodierung
1	Tanktyp	L = Tank für Stoffe in flüssigem Zustand (flüssige Stoffe oder feste Stoffe, die in geschmolzenem Zustand zur Beförderung aufgegeben werden) S = Tank für Stoffe in festem (pulverförmigem oder körnigem) Zustand
2	Berechnungsdruck	G = Mindestberechnungsdruck gemäß den allgemeinen Vorschriften des Absatzes 6.8.2.1.14 1,5; 2,65; 4; 10; 15 oder 21 = Mindestberechnungsdruck in bar (siehe Absatz 6.8.2.1.14)
3	Öffnungen (siehe Absatz 6.8.2.2)	A = Tank mit Bodenöffnungen mit 2 Verschlüssen für das Befüllen oder Entleeren B = Tank mit Bodenöffnungen mit 3 Verschlüssen für das Befüllen oder Entleeren C = Tank mit oben liegenden Öffnungen, der unterhalb des Flüssigkeitsspiegels nur mit Reinigungsöffnungen versehen ist D = Tank mit oben liegenden Öffnungen ohne Öffnungen unterhalb des Flüssigkeitsspiegels
4	Sicherheitsventil / -einrichtung	V = Tank mit Lüftungseinrichtung gemäß Absatz 6.8.2.2.6 ohne Flammendurchschlag-sicherung oder nicht explosionsdruckstoßfester Tank F = Tank mit Lüftungseinrichtung gemäß Absatz 6.8.2.2.6 mit Flammendurchschlag-sicherung oder explosionsdruckstoßfester Tank N = Tank ohne Lüftungseinrichtung gemäß Absatz 6.8.2.2.6 und nicht luftdicht verschlossen H = luftdicht verschlossener Tank (siehe Begriffsbestimmung in Abschnitt 1.2.1)

Es besteht – außer dem eigentlichen Fahrzeug oder Fahrgestell – aus einem oder mehreren Tankkörpern, deren Ausrüstungsteilen und den Verbindungsteilen zum Fahrzeug oder zum Fahrgestell (siehe Abbildung 8.28)

Die Bedeutung der Tankcodierung von Spalte 12 und 13 der Tabelle A können Tabelle 8.6 entnommen werden:

In der Praxis werden häufig noch weitere, nicht gesetzeskonforme Begriffe zur Charakterisierung von Verpackungen benutzt. Die korrekten Bezeichnungen lauten für:

Eimer	Fass bzw. Feinstblechverpackung
Hobbocks	meist 60-l-Fass
Trommel	Fass aus Pappe oder Holz
Kanne	Fass, 30 oder 60 l Inhalt
Flachkanne	Fass, 30 oder 60 l Inhalt

8.3.5.2 Verpackungsanweisungen

Zur Festlegung der spezifischen Vorschriften der Verpackungen verschiedener gefährlicher Güter wurden unterschiedliche Verpackungsanweisungen definiert. Die Codierungen sind in Spalte 8 von Tabelle A des ADR aufgeführt und haben folgende Bedeutung:

P	Verpackungen, ausgenommen Großverpackung und IBC (P: Packaging)
R	Feinstblechverpackung
PR	Druckgefäß mit besonderer Verpackungsanweisung
PP, RR	Es gelten Sondervorschriften
IBC	IBC (Intermediate Bulk Container)
B	Großpackmittel
LP	Großverpackungen (LP: Large Packaging)
P	Sondervorschriften für Großverpackungen

Den vorgenannten Buchstabencodes folgt eine zwei- oder dreistellige Ziffer, der die Klasse des zugehörigen Transportgutes entnommen werden kann.

P001 – P099	klassenübergreifend
P101 – P144	gültig für Klasse 1
P200 – P206	gültig für Klasse 2
P300 – P302	gültig für Klasse 3
P400 – P411	gültig für Klasse 4
P500 – P520	gültig für Klasse 5
P600 – P650	gültig für Klasse 6
P800 – P803	gültig für Klasse 8
P900 – P906	gültig für Klasse 9

Darüber hinaus existieren spezielle Verpackungsanweisungen für das Zusammenpacken, abgekürzt mit .

MP Mixed Packaging

Die Verpackungsanweisungen für das Zusammenpacken regeln primär Volumenbeschränkungen der Innenverpackung und Zusammenpackungsverbote mit anderen Gütern.

Die für jede UN-Nummer zugelassene Verpackungsart, maximale Nennmenge sowie der Füllungsgrad werden in Tabelle A des ADR festgelegt, desgleichen werden bei zusammengesetzten Verpackungen die zulässigen Innenverpackungen mit aufgeführt. Die Sondervorschriften von Spalte 9a in Tabelle A enthalten teilweise Einschränkungen bei der Anwendung der Verpackungsanweisungen von Spalte A.

Abbildung 8.29 zeigt die Verpackungsanweisung P 001 für Flüssigkeiten.

P 001		VERPACKUNGSANWEISUNG (FLÜSSIGE STOFFE)			P 001	
Folgende Verpackungen sind zugelassen, wenn die allgemeinen Vorschriften der Abschnitte 4.1.1 und 4.1.3 erfüllt sind:						
zusammengesetzte Verpackungen				höchste(r) Fassungsraum/Nettomasse (siehe Unterabschnitt 4.1.3.3)		
Innenverpackungen		Außenverpackungen		Verpackungsgruppe I	Verpackungsgruppe II	
aus Glas 10 l aus Kunststoff 30 l aus Metall 40 l		Fässer aus Stahl (1A2) aus Aluminium (1B2) aus einem anderen Metall als Stahl oder Aluminium (1N2) aus Kunststoff (1H2) aus Sperrholz (1D) aus Pappe (1G)		250 kg 250 kg 250 kg 250 kg 150 kg 75 kg	400 kg 400 kg 400 kg 400 kg 400 kg 400 kg	
		Kisten aus Stahl (4A) aus Aluminium (4B) aus Naturholz (4C1, 4C2) aus Sperrholz (4D) aus Holzfaserverwerkstoff (4F) aus Pappe (4G) aus Schaumstoff (4H1) aus starrem Kunststoff (4H2)		250 kg 250 kg 150 kg 150 kg 75 kg 75 kg 60 kg 150 kg	400 kg 400 kg 400 kg 400 kg 400 kg 400 kg 60 kg 400 kg	400 kg 400 kg 400 kg 400 kg 400 kg 400 kg 60 kg 400 kg
		Kanister aus Stahl (3A2) aus Aluminium (3B2) aus Kunststoff (3H2)		120 kg 120 kg 120 kg	120 kg 120 kg 120 kg	120 kg 120 kg 120 kg
Einzelverpackungen						
Fässer						
aus Stahl, mit nicht abnehmbarem Deckel (1A1)				250 l	450 l	450 l
aus Stahl, mit abnehmbarem Deckel (1A2)				250 l ^{P)}	450 l	450 l
aus Aluminium, mit nicht abnehmbarem Deckel (1B1)				250 l	450 l	450 l
aus Aluminium, mit abnehmbarem Deckel (1B2)				250 l ^{P)}	450 l	450 l
aus einem anderen Metall als Stahl oder Aluminium, mit nicht abnehmbarem Deckel (1N1)				250 l	450 l	450 l
aus einem anderen Metall als Stahl oder Aluminium, mit abnehmbarem Deckel (1N2)				250 l ^{P)}	450 l	450 l
aus Kunststoff, mit nicht abnehmbarem Deckel (1H1)				250 l	450 l	450 l
aus Kunststoff, mit abnehmbarem Deckel (1H2)				250 l ^{P)}	450 l	450 l
Kanister						
aus Stahl, mit nicht abnehmbarem Deckel (3A1)				60 l	60 l	60 l
aus Stahl, mit abnehmbarem Deckel (3A2)				60 l ^{P)}	60 l	60 l
aus Aluminium, mit nicht abnehmbarem Deckel (3B1)				60 l	60 l	60 l
aus Aluminium, mit abnehmbarem Deckel (3B2)				60 l ^{P)}	60 l	60 l
aus Kunststoff, mit nicht abnehmbarem Deckel (3H1)				60 l	60 l	60 l
aus Kunststoff, mit abnehmbarem Deckel (3H2)				60 l ^{P)}	60 l	60 l

Abb. 8.29 Verpackungsanweisung für flüssige Stoffe

8.3.6

Zusammenpackung und Zusammenladung

Gefährliche Güter dürfen nicht mit anderen Gütern zusammen in dieselbe Außenverpackung oder in Großverpackungen verpackt werden, wenn sie miteinander gefährlich reagieren oder zu sonstigen Gefahren führen können, wie z. B.

- Verbrennung oder Entwicklung beträchtlicher Wärme,
- Entwicklung entzündbarer, erstickend wirkender, oxidierender oder giftiger Gase,
- Bildung ätzender Stoffe oder
- Bildung instabiler Stoffe.

Sondervorschriften für die Zusammenpackung werden durch die Sondervorschriften für die Zusammenpackungen mit den Codes MP 1 bis MP 24 ausgedrückt.

MP 1: Darf nur mit einem Gut desselben Typs und derselben Verträglichkeitsgruppe zusammengepackt werden.

MP 2: Darf nicht mit anderen Gütern zusammengepackt werden.

MP 3: Nur die Zusammenpackung von UN-Nummer 1873 und UN-Nummer 1802 ist zugelassen.

MP 4: Darf weder mit Gütern der übrigen Klassen noch mit Gütern, die den Vorschriften des ADR nicht unterliegen, zusammengepackt werden. Ist

Ge-fahr-zettel	1	1.4	1.5	1.6	2.1, 2.2, 2.3	3	4.1	4.1 + 1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.2 + 1	6.1	6.2	7A, 7B, 7C	8	9
1											d)							b)
1.4	siehe Unterabschnitt 7.5.2.2				a)	a)	a)		a)	a)	a)	a)		a)	a)	a)	a)	a), b), c)
1.5																		b)
1.6																		b)
2.1, 2.2, 2.3		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
3		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
4.1		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
4.1 + 1								X										
4.2		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
4.3		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
Ge-fahr-zettel	1	1.4	1.5	1.6	2.1, 2.2, 2.3	3	4.1	4.1 + 1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.2 + 1	6.1	6.2	7A, 7B, 7C	8	9
5.1	d)	a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
5.2		a)			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5.2 + 1												X	X					
6.1		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
6.2		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
7A, 7B, 7C		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
8		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
9	b)	a), b), c)	b)	b)	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X

Abb. 8.30 Zusammenladeverbote nach Kapitel 7.5.2 des ADR. Die Buchstaben a–d regeln sehr spezielle Sondervorschriften, auf die Wiedergabe wird daher verzichtet

Tabelle 8.7 Sondervorschriften für Versandstücke nach Tabelle A des ADR.

V-Nr.	Bedeutung
V 1	Die Versandstücke sind in gedeckte oder bedeckte Fahrzeuge oder in geschlossene oder bedeckte Container zu verladen.
V 2	Versandstücke dürfen nur in Fahrzeugen EX/II oder EX/III befördert werden.
V 3	Bei der Beförderung von pulverförmigen, rieselfähigen Stoffen sowie von Feuerwerkskörpern muss der Containerboden eine nicht metallene Oberfläche oder Abdeckung haben.
V 5	Die Versandstücke dürfen nicht in Kleincontainern befördert werden.
V 6	Flexible Großpackmittel (IBC) müssen in gedeckte Fahrzeuge oder geschlossene Container, in bedeckte Fahrzeuge oder bedeckte Container verladen werden. Die Plane muss aus undurchlässigem und nicht brennbarem Werkstoff bestehen.
V 8	Regelungen für temperaturstabilisierte Gefahrgüter.
V 10	Großpackmittel (IBC) sind in gedeckten oder bedeckten Fahrzeugen oder in geschlossenen oder bedeckten Containern zu befördern.
V 11	Großpackmittel (IBC), ausgenommen metallene IBC und starre Kunststoff-IBC, sind in gedeckten oder bedeckten Fahrzeugen oder in geschlossenen oder bedeckten Containern zu befördern.
V 12	Großpackmittel (IBC) des Typs 31HZ2 (31HA2, 31HB2, 31HN2, 31HD2 und 31HH2) sind in gedeckten Fahrzeugen oder geschlossenen Containern zu befördern.
V 13	Wenn der Stoff in Säcken 5H1, 5L1 oder 5M1 verpackt ist, so sind diese in gedeckten Fahrzeugen oder geschlossenen Containern zu befördern.
V 14	Druckgaspackungen, die gemäß Kapitel 3 Sondervorschrift 327 für Wiederaufarbeitungs- oder Entsorgungszwecke befördert werden, dürfen nur in belüfteten oder offenen Fahrzeugen oder Containern befördert werden.

dieses organische Peroxid jedoch ein Härter oder Mehrkomponentensystem für Stoffe der Klasse 3, ist eine Zusammenpackung mit diesen Stoffen der Klasse 3 zugelassen.

Analog den Zusammenlagerungsvorschriften gemäß TRGS 510, siehe Abschnitt 7.1, dürfen gefährliche Güter in der gleichen Beförderungseinheit nur zusammen geladen werden, wenn keine gefährliche Reaktion zu befürchten ist.

Die Zusammenladungsvorschriften sind in Kapitel 7.5.2 des ADR geregelt. Eine Zusammenladung ist zulässig, wenn in der Tabelle von Kapitel 7.5.4.1 des ADR in der jeweiligen Spalte „X“ eingetragen ist, siehe Abbildung 8.30.

Tabelle A der ADR-Vorschriften enthält in Spalte 16 Sondervorschriften für die Beförderung von Versandstücken, die in Tabelle 8.7 wiedergegeben sind.

8.3.7

Kennzeichnung von Versandstücken und Fahrzeugen

8.3.7.1 Bezettelung

Analog den Gefahrensymbolen der Gefahrstoffverordnung werden im Transportrecht die Hauptgefahren von Gütern durch Symbole dargestellt. Die Gefahrenzettel unterscheiden sich nicht grundsätzlich von den Gefahrenpiktogrammen nach der GHS-Verordnung, zur weiteren Differenzierung von Eigenschaften werden



Abb. 8.31 Gefahrzettel nach Angaben von Tabelle A des ADR

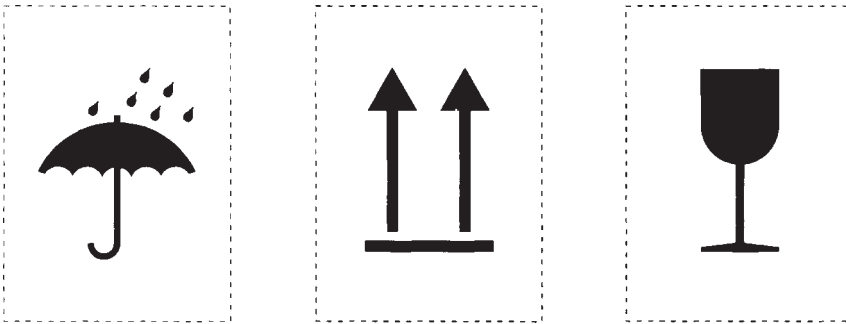


Abb. 8.32 Zettel 10, 11 und 12



Abb. 8.33 Zettel nach IMDG-Code für Marine Pollutant

allerdings zusätzliche Gestaltungselemente benutzt. Tabelle A des ADR listet die zu jeder UN-Nummer vorgeschriebenen Gefahrzettel auf, Abbildung 8.31 zeigt einen Auszug von Tabelle A mit den zugehörigen Gefahrenzetteln des markierten Stoffs. Die Zuordnung der Gefahrenzettel in Abhängigkeit der Stoffeigenschaften kann Abschnitt 8.3.2 entnommen werden.

Die Zettel Nr. 10 bis 12 (siehe Abbildung 8.32) dienen nicht zur Kennzeichnung von gefährlichen Gütern, gleichwohl beinhalten sie wichtige Informationen für den Transport.

Die Gefahrzettel für Meer-, See- und Lufttransporte weichen teilweise geringfügig in der Beschriftung von den Gefahrzetteln für Straße und Eisenbahn ab. Die zusätzlichen Gefahrzettel für meerwassergefährdende Stoffe sind in Abbildung 8.33 dargestellt.

Bei Überseetransporten werden Container häufig z. B. zur Vermeidung der Verschleppung von Krankheitserregern, nicht heimischen Lebewesen oder aus Qualitätsgründen begast. Beim Öffnen begasteter Container sind besondere Vorichtsmaßnahmen vorgeschrieben. Abbildung 8.34 zeigt die hierfür vorgeschriebene Kennzeichnung.

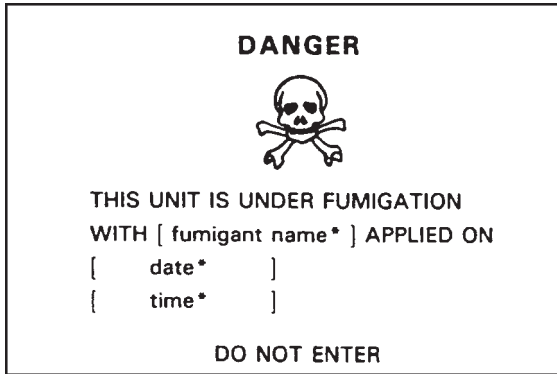


Abb. 8.34 Kennzeichen begaster Container



Abb. 8.35 Zettel zum Transport erwärmter Güter

Werden erwärmte Stoffe in Tankfahrzeugen, Tankcontainern, ortsbeweglichen Tanks, Spezialfahrzeugen oder -containern oder besonders ausgerüsteten Fahrzeugen oder Containern befördert, müssen sie mit dem Zettel gemäß Abbildung 8.35 gekennzeichnet werden.

Auf Versandstücken und gegebenenfalls an Gefahrgutfahrzeugen müssen die Gefahrzettel deutlich sichtbar angebracht sein.

Für die Gestaltung der Gefahrzettel gelten die folgenden Grundsätze:

- Die Zettel auf den Versandstücken müssen die Form eines auf eine Spitze gestellten Quadrates mit einer Seitenlänge von 100 mm haben. Ausnahme: Zettel 7D, 10, 11 und 10. Für Zettel 7D gilt: Seitenlänge mindestens 250 mm.
- Die Zettel 10, 11 und 12, siehe Abbildung 8.31, müssen die Form eines Rechtecks im Normalformat A5 haben.
- Wenn es die Größe und äußere Beschaffenheit des Versandstückes erfordern, dürfen die Zettel, mit Ausnahme von Zettel 7D, geringere Abmessungen haben.
- Das Aufkleben der Zettel auf Pappe oder Tafeln ist zulässig, wenn diese fest am Versandstück befestigt sind.
- In der unteren Hälfte der Gefahrzettel darf sich eine Aufschrift in Zahlen oder Buchstaben befinden, die auf die Art der Gefahr hinweist. Bei Übersee sind diese vorgeschrieben (als Bestandteil der entsprechenden Gefahrzettel).

- Aufschrift und Gefahrzettel müssen gut lesbar und unauslöslich (sie dürfen nicht einfach abgelöst werden können) angebracht werden.
- An Fahrzeugen mit festverbundenen Tanks oder Aufsetztanks, Tankcontainern und Großcontainern müssen die anzubringenden Gefahrzettel eine Seitenlänge von mindestens 250 mm haben.
- Tankcontainer und Gefäßbatterien müssen an beiden Seiten mit den vorgesehenen Gefahrzetteln versehen sein.
- Gefahrzettel, die sich nicht auf die beförderten Güter oder auf Reststoffe in Verpackungen beziehen, müssen entfernt oder verdeckt werden.

Die Großzettel (Placards) sind auf der äußeren Oberfläche von Containern, MEGC, Tankcontainern, ortsbeweglichen Tanks und Fahrzeugen anzubringen. Desgleichen müssen Placards an ungereinigten oder nicht entgasten leeren Tankfahrzeugen, Fahrzeugen mit Aufsetztanks, Batterie-Fahrzeugen, MEGC, Tankcontainern und ortsbeweglichen Tanks sowie ungereinigten leeren Fahrzeugen und Containern für die Beförderung in loser Schüttung gemäß der vorherigen Ladung angebracht werden. Großzettel müssen mindestens 250 × 250 mm betragen; Form, Farbe und Aussehen sind identisch mit denen der entsprechenden Zettel.

8.3.7.2 Kennzeichnung der Verpackungen

Aus der Kennzeichnung einer Verpackung müssen alle Informationen entnommen werden können, die für die Auswahl der zulässigen Transportgüter notwendig sind. Diese sind:

- Code-Nummer der Verpackungsart,
- Verpackungsgruppe,
- maximales spezifisches Gewicht des Füllgutes,
- Prüfdruck in Kilopascal,
- Jahr der Herstellung,
- Herstellland,
- Registriernummer der Verpackung und der
- Hersteller.

Abbildung 8.36 gibt ein vollständiges Kennzeichnungsbeispiel einer Verpackung der Verpackungsgruppe II wieder. Zusätzlich zu den vorgenannten Angaben müssen IBC zusätzlich mit den folgenden Angaben gekennzeichnet sein:

- Prüflast der Stapeldruckprüfung in kg,
- höchstzulässige Bruttomasse in kg,
- Eigenmasse in kg,
- Fassungsvermögen (= Nennvolumen) in Liter bei 20 °C,
- Datum der letzten Dichtheitsprüfung (Monat / Jahr),
- Datum der letzten Inspektion (Monat / Jahr) und
- höchstzulässiger Füll- und Entleerungsdruck in kPa.

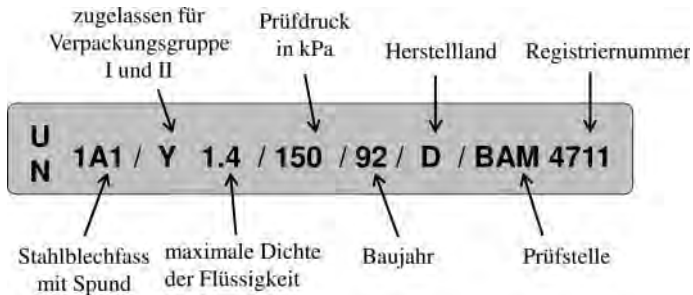


Abb. 8.36 Elemente des Kennzeichnungsschildes einer Verpackung

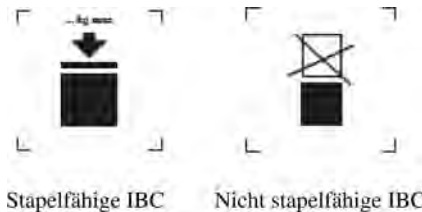


Abb. 8.37 Kennzeichen zur Stapelfähigkeit von IBC

Für **metallische IBC** müssen zusätzlich angegeben werden:

- verwendeter Werkstoff und Mindestdicke in mm und
- Seriennummer des Herstellers.

Für **starre Kunststoff-IBC** und **Kombi-IBC** ist außerdem die Angabe des Prüfdrucks in kPa vorgeschrieben.

Nicht alle IBC dürfen gestapelt werden. Die Stapelfähigkeit muss durch entsprechende Zusatzkennzeichen mit einer Mindestgröße von 100 × 100 mm gemäß Abbildung 8.37 angegeben werden.

Alle Großpackmittel mit einem Volumen über 450 l müssen auf zwei gegenüberliegenden Seiten mit der UN-Nummer und dem Gefahrenzettel gekennzeichnet sein. Abbildung 8.38 zeigt einen entsprechend gekennzeichneten IBC.

8.3.7.3 Die orangefarbene Kennzeichnung

Beim Transport von Gefahrgütern müssen die Fahrzeuge zumindest mit zwei rechteckigen rückstrahlenden orangefarbenen Kennzeichnungen, meist vereinfacht als Warntafeln bezeichnet, versehen sein, wenn

- die „begrenzten Mengen“ überschritten sind,
- entzündbare flüssige Stoffe der Klasse 3, Buchstaben a) und b),
- gefährliche Güter in Tanks oder
- ungereinigte leere Tanks befördert werden.

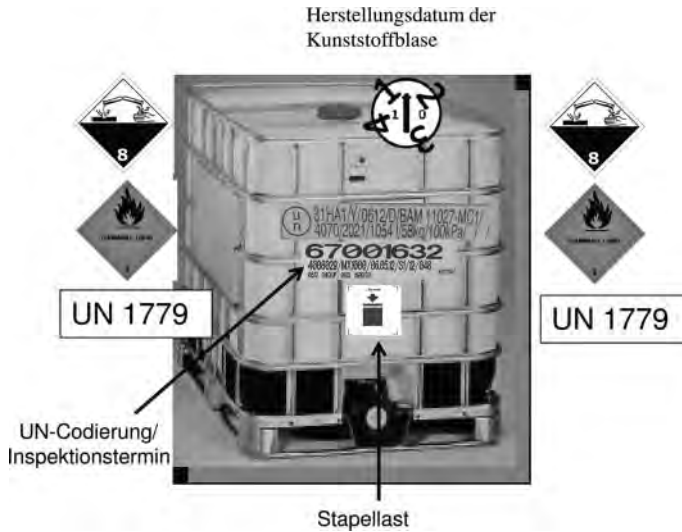


Abb. 8.38 Kennzeichnung von Großpackmitteln

Wenn keine Gefahrgüter transportiert werden, müssen die Warntafeln entweder entfernt oder verdeckt sein. Unterhalb der „begrenzten Mengen“ ist das Anbringen von Warntafeln nicht vorgeschrieben, vorhandene zutreffende Warntafeln müssen jedoch nicht entfernt werden. Sie müssen mindestens 40 cm lang und 30 cm hoch und vorne und hinten an jeder Beförderungseinheit angebracht sein, siehe Abbildung 8.39.

Bei Stückgutfahrzeugen, die Gefahrgüter unterschiedlicher Einstufungen befördern, müssen die orangefarbenen Kennzeichen angebracht werden.

Bei Tankfahrzeugen oder Beförderungseinheiten mit mindestens einem Tank müssen zusätzlich an den Längsseiten der Tanks oder Tankabteils die orangefarbenen Warntafeln mit Angabe der UN-Nummer und der Gefahrnummer angebracht werden.

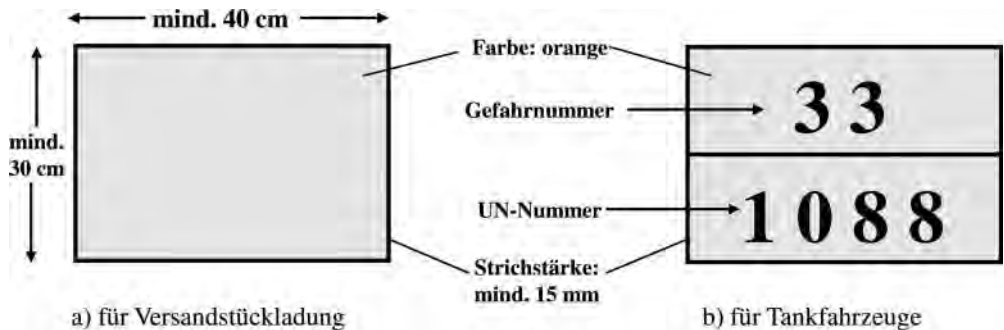


Abb. 8.39 Orangefarbene Kennzeichen

UN-Nummer und Gefahrennummer werden durch einen waagrechten Strich unterteilt, in der oberen Hälfte ist die Gefahrennummer eingetragen, in der unteren Hälfte die UN-Nummer.

Die UN-Nummer ist entsprechend den Eigenschaften und den Klassifizierungsmethoden des ADR festgelegt, siehe Abschnitt 8.2. Abbildung 8.39 zeigt ein Beispiel für den Transport von Versandstückladungen ohne Angaben der Gefahr- und UN-Nummer sowie eine vollständige Kennzeichnung.

Die Nummer zur **Kennzeichnung der Gefahr**, auch als Kemlerzahl bekannt, besteht aus zwei oder drei Ziffern. Die Bedeutung der Ziffern entspricht weitgehend der Definition der verschiedenen Gefahrklassen:

- 2 Entweichen von Gas durch Druck oder 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

Um spezielle Eigenschaften von gefährlichen Gütern mit einem Zifferncode prägnant ausdrücken zu können, sind die Gefahrennummern im Vergleich zu

Tabelle 8.8 Bedeutung spezieller Gefahrennummern (Kemlerzahlen)

Nr.	Bedeutung
22	tiefgekühltes Gas
323	entzündbarer flüssiger Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase entwickelt
333	pyrophorer flüssiger Stoff
362	entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase
X362	entzündbarer flüssiger Stoff, giftig, der mit Wasser gefährlich reagiert und entzündbare Gase entwickelt*)
382	selbsterhitzungsfähiger flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase bildet
X382	selbsterhitzungsfähiger flüssiger Stoff, ätzend, der mit Wasser gefährlich reagiert und entzündbare Gase bildet*)
423	fester Stoff, der mit Wasser reagiert und entzündbare Gase entwickelt
44	entzündbarer fester Stoff, der sich bei höherer 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
90	verschiedene gefährliche Stoffe

*) Wasser darf nur mit Genehmigung der zuständigen Behörde verwendet werden.

den Klassifizierungsnummern um zusätzliche Angaben erweitert. Tabelle 8.8 listet die Zifferncodes mit besonderer Bedeutung auf.

Warntafeln dürfen nur beim Transport von Gefahrgütern sichtbar am Fahrzeug angebracht sein. Bei gereinigten Behältern oder beim Transport von Gütern, die nicht unter die Gefahrgutverordnung fallen, sind sie unkenntlich zu machen. Zur Erkennung der Hauptgefahren können die folgenden Regeln dienen:

- wird die Gefahr ausreichend durch eine Ziffer ausgedrückt: anfügen einer Null
- Verdopplung einer Ziffer: Zunahme der entsprechenden Gefahr
- vorangestelltes „X“: gefährliche Reaktion mit Wasser
- Ziffern 22, 323, 333, 362, X362, 382, X382, 423, 44, 462, 482, 539 und 90 haben besondere Bedeutung, siehe Tabelle 8.8.

8.3.7.4 Die Begleitpapiere

Beim Transport von Gefahrgütern müssen

- die vorgeschriebenen Begleitpapiere,
- die Beförderungspapiere und die
- schriftlichen Weisungen

mitgeführt werden.

Die **Beförderungspapiere** sind vom Absender auszustellen und dem Beförderer zu übergeben. Beim Transport ungereinigter Tanks, Aufsetztanks und Tankcontainer sind die Beförderungspapiere ebenfalls notwendig. Folgende Angaben müssen die Beförderungspapiere enthalten:

- UN-Nummer,
- Bezeichnung des Gefahrgutes nach Tabelle A, gegebenenfalls ergänzt um zusätzlich chemische, biologische oder technische Benennung,
- Klasse des Gefahrgutes gemäß Spalte 6 Tabelle A,
- Verpackungsgruppe,
- Anzahl und Beschreibung der Versandstücke, ggf. ergänzt um Verpackungscode,
- Gesamtmenge jedes gefährlichen Gutes mit Angabe der UN-Nummer,
- Name und Anschrift des Absenders,
- Name und Anschrift des Empfängers,
- Erklärung entsprechend den Vorschriften einer Sondervereinbarung und
- Tunnelbeschränkungen gemäß Spalte 15 Tabelle A.

Beim Transport von Abfällen muss der offiziellen Benennung das Wort „ABFALL“ vorangestellt werden. Für den Transport von ungereinigten leeren Verpackungen, Fahrzeugen, Containern, Tanks, Batterie-Fahrzeugen und MEGC muss in den Beförderungspapieren vermerkt werden:

FORMULAR FÜR DIE MULTIMODALE BEFÖRDERUNG GEFÄHRLICHER GÜTER (rechter Rand schwarz schraffiert)

1. Absender		2. Nummer des Beförderungspapiers		
		3. Seite 1 von ... Seiten	4. Referenznummer des Betreibers	5. Referenznummer des Spediteurs
6. Empfänger		7. Beförderer (vom Betreiber auszufüllen)		
		ERKLÄRUNG DES ANFÄHRERS: Hiermit erkläre ich, dass ich Inhalt dieser Sendung vollständig und genau durch die oben angegebene offizielle Benennung für die Beförderung beschrieben und richtig klassifiziert, verpackt, gekennzeichnet, beschriftet und mit Ortsetzern (Placards) versehen ist und sich nach den anwendbaren internationalen und nationalen Vorschriften in einem für die Beförderung geeigneten Zustand befindet.		
8. Diese Sendung entspricht den vorgeschriebenen Grenzwerten für (nicht Luftbefördernde streichen)		9. Zusätzliche Informationen für die Handhabung		
PASSAGIER- UND FRACHTFLUGZEUG MUR FRACHTFLUGZEUG				
10. Schriftflugnummer und Datum	11. Hafen/Ladestelle			
12. Hafen/Entladestelle	13. Bestimmungsort			
14. Kennzeichen für die Beförderung: * Anzahl und Art der Versandstücke, Beschreibung der Güter, Bruttomasse (kg), Nettomasse, Rauminhalt (m ³) * FÜR GEFÄHRLICHE GÜTER: Es ist anzugeben: UN-Nummer, offizielle Benennung für die Beförderung, Gefahrenklasse, Verpackungsgruppe (soweit vorhanden) und alle sonstigen Informationsbestandteile, die durch geltende nationale oder internationale Regelwerke vorgeschrieben werden.				
15. Kennzeichnungsnummer des Containers/Zulassungsnummer des Fahrzeugs	16. Siegelnummer(n)	17. Abmessungen und Typ des Containers/Fahrzeugs	18. Tara (kg)	19. Bruttogesamtmass (einschließlich Tara) (kg)
CONTAINER- / FAHRZEUG-PACKZERTIFIKAT Hiermit erkläre ich, dass die oben beschriebenen Güter in den oben angegebenen Container/das oben angegebene Fahrzeug gemäß den geltenden Vorschriften* verpackt/verladen wurden. FÜR JEDE LADUNG IN CONTAINER/FAHRZEUGEN VON DER FÜR DAS PACKEN/VERLADEN VERANTWORTLICHEN PERSON ZU VERVOLLSTÄNDIGEN UND ZU UNTERZEICHNEN		21. EMPFÄHRERBESTÄTIGUNG Die oben bezeichnete Anzahl Versandstücke/Container/Anhänger in scheinbar gutem Zustand erhalten, mit Ausnahme von:		
20. Name der Firma	Name des Frachtführers	22. Name der Firma (DES ANFÄHRERS, DER DIESES DOKUMENT VORBEREITET)		
Name und Funktion des Erklärenden	Zulassungsnummer des Fahrzeugs	Name und Funktion des Erklärenden		
Ort und Datum	Unterschrift und Datum	Ort und Datum		
Unterschrift des Erklärenden	UNTERSCHRIFT DES FAHRZEUGFUHRERS	Unterschrift des Erklärenden		

Abb. 8.40 Muster Beförderungspapier

„LEERE VERPACKUNG“, „LEERES GEFÄSS“, „LEERES GROSSPACKMITTEL (IBC)“, „LEERES TANKFAHRZEUG“, „LEERES FAHRZEUG“, „LEERER AUFSATZTANK“, „LEERER ORTSBEWEGLICHER TANK“, „LEERER TANKCONTAINER“, „LEERER CONTAINER“, „LEERES BATTERIE-FAHRZEUG“ bzw. „LEERER MEGC“.

Die Durchführung von Transporten nach Ausnahme- oder Sonderbestimmungen sind ebenfalls im Beförderungspapier zu vermerken. Für die Gefahrenklassen 1, 2, 4.1, 5.2, 6.2 und 7 gelten spezielle Sonderregelungen, die ebenfalls in die Beförderungspapiere einzutragen sind.

Abbildung 8.40 zeigt die erste Seite eines Formulars, das als Beispiel für die multimodale Beförderung gefährlicher Güter, als kombiniertes Dokument für die Erklärung gefährlicher Güter und das Container-Packzertifikat nach ADR verwendet werden darf.

Dem Fahrzeugführer müssen vor Beförderungsbeginn vom Absender **schriftliche Weisungen** übergeben werden. Diese häufig als **Unfallmerkblätter** bezeichneten Informationen beinhalten wesentliche Angaben für das Verhalten bei Unfällen und Zwischenfällen, die sich beim Transport ereignen können. Die Unfallmerkblätter sind für jedes Gefahrgut zu erstellen, die Zusammenfassung von Stoffen mit gleichen oder ähnlichen Eigenschaften zu Gruppenmerkblättern ist zulässig, ebenso die Benutzung von Unfallmerkblättern einer Gefahrenklasse. Abbildung 8.40 gibt ein Beispiel einer schriftlichen Weisung wieder.

Folgende Angaben müssen gemäß Kapitel 5.4.2.4 des ADR in den schriftlichen Weisungen enthalten sein:

8.3.7.4.1 Maßnahmen bei einem Unfall oder Notfall

Bei einem Unfall oder Notfall, der sich während der Beförderung ereignen kann, müssen die Mitglieder der Fahrzeugbesatzung folgende Maßnahmen ergreifen, sofern diese sicher und praktisch durchgeführt werden können:

- Bremssystem betätigen, Motor abstellen und Batterie durch Bedienung des gegebenenfalls vorhandenen Hauptschalters trennen;
- Zündquellen vermeiden, insbesondere nicht rauchen und keine elektrische Ausrüstung einschalten;
- die entsprechenden Einsatzkräfte verständigen und dabei so viele Informationen wie möglich über den Unfall oder Zwischenfall und die betroffenen Stoffe liefern;
- Warnweste anlegen und selbststehende Warnzeichen an geeigneter Stelle aufstellen;
- Beförderungspapiere für die Ankunft der Einsatzkräfte bereithalten;
- nicht in ausgelaufene Stoffe treten oder diese berühren und das Einatmen von Dunst, Rauch, Staub und Dämpfen durch Aufhalten auf der dem Wind zugewandten Seite vermeiden;
- sofern dies gefahrlos möglich ist, Feuerlöscher verwenden, um kleine Brände / Entstehungsbrände an Reifen, Bremsen und im Motorraum zu bekämpfen;

- Brände in Ladeabteilen dürfen nicht von Mitgliedern der Fahrzeugbesatzung bekämpft werden;
- sofern dies gefahrlos möglich ist, Bordausrüstung verwenden, um das Eintreten von Stoffen in Gewässer oder in die Kanalisation zu verhindern und um ausgetretene Stoffe einzudämmen;
- sich aus der unmittelbaren Umgebung des Unfalls oder Notfalls entfernen, andere Personen auffordern sich zu entfernen und die Weisungen der Einsatzkräfte befolgen;
- kontaminierte Kleidung und gebrauchte kontaminierte Schutzausrüstung ausziehen und sicher entsorgen.

Die Unfallmerkkblätter können nach folgendem Muster abgefasst werden:

- **Ladung**
 - Offizielle Benennung der Stoffe oder Gegenstände im Beförderungspapier oder die Benennung der Gruppe von Gütern mit denselben Gefahren, mit Angabe der Klasse und der UN-Nummer und
 - gegebenenfalls Beschreibung einer Färbung oder eines Geruchs, um Leckagen und Undichtheiten zu erkennen.
- **Art der Gefahr**
 - Hauptgefahr,
 - Zusatzgefahren einschließlich möglicher Langzeitwirkungen und Gefahren für die Umwelt,
 - Verhalten bei Brand oder Erwärmung (Zersetzung, Explosion, Entwicklung giftiger Dämpfe usw.) und
 - gegebenenfalls Hinweis darauf, dass die beförderten Güter gefährlich mit Wasser reagieren.
- **Persönliche Schutzausrüstung**
 - Exakte Beschreibung der vom Fahrzeugführer mitzuführenden und zu benutzenden persönlichen Schutzausrüstungen.
- **Vom Fahrzeugführer zu treffende allgemeine Maßnahmen**
 - Motor abstellen,
 - keine offenen Flammen, Rauchverbot,
 - Warnzeichen auf der Straße aufstellen und andere Verkehrsteilnehmer und Passanten warnen,
 - Öffentlichkeit über die Gefahren informieren und darauf hinweisen, sich auf der dem Wind zugewandten Seite aufzuhalten und
 - Polizei und / oder Feuerwehr schnellstmöglich verständigen.
- **Vom Fahrzeugführer zu treffende zusätzliche und / oder besondere Maßnahmen**
 - Hierzu gehören geeignete Anweisungen sowie ein Verzeichnis der erforderlichen Ausrüstung (z. B. Schaufel, Auffangbehälter), die es dem Fahrzeugführer erlauben, die gemäß der (den) Klasse(n) der beförderten Güter erforderlichen zusätzlichen und / oder besonderen Maßnahmen zu treffen.
 - Es ist zu berücksichtigen, dass Fahrzeugführer unterwiesen und geschult werden müssen, um zusätzliche Maßnahmen bei kleineren Leckagen oder

Undichtheiten zur Verhinderung größerer Schäden ohne eigene Gefährdung durchführen zu können.

- Es ist zu beachten, dass jede vom Absender empfohlene besondere Maßnahme eine spezielle Schulung des Fahrzeugführers erfordert. Gegebenenfalls gehören hierzu entsprechende Anweisungen sowie ein Verzeichnis der für diese besonderen Maßnahmen erforderlichen Ausrüstung.

- **Feuer**

- Informationen für den Fahrzeugführer im Falle eines Brandes.

- **Erste Hilfe**

- Informationen für den Fahrzeugführer für den Fall, dass er mit dem (den) beförderten Stoff(en) in Berührung gekommen ist.

- **Zusätzliche Hinweise**

Für die Erstellung der Unfallmerkblätter hat sich der folgende Aufbau bewährt, der im Sinne einer einfachen und übersichtlichen Gliederung von den meisten Firmen beachtet wird:

- Stoffbezeichnung,
- Eigenschaften des Ladegutes,
- Gefahren,
- Schutzausrüstung,
- Notmaßnahmen,
- Leck,
- Feuer,
- Erste Hilfe,
- zusätzliche Hinweise des Herstellers oder Absenders und
- telefonische Rückfrage.

Die Unfallmerkblätter müssen in der Sprache des Ursprungslandes abgefasst werden. Beim grenzüberschreitenden Transport in oder durch ADR-Länder müssen sie auch in diesen Sprachen mitgeführt werden.

Insbesondere für die Gefahrklasse 3 hat sich die Benutzung von Gruppenmerkblättern bewährt, eventuell nach Streichung nicht zutreffender Angaben bzw. Ergänzung von Zusatzinformationen. Viele Angaben in den Unfallmerkblättern sind mit Informationen in den Betriebsanweisungen nach § 14 Gefahrstoffverordnung und den Sicherheitsdatenblättern identisch. An dieser Stelle kann somit auf eine intensive Diskussion der Kriterien zum Erstellen der Unfallmerkblätter verzichtet werden. Im Gegensatz zu den Betriebsanweisungen muss jedoch stets bedacht werden, dass bei einem Unfall in aller Regel kein speziell geschultes Personal schnell und effektiv Hilfe leisten kann. Für diese Fälle hat sich der „Unfallinformationsdienst“ der chemischen Industrie (TUIS: Transport-Unfall-Informationssystem) in den letzten Jahren sehr bewährt.

Die Unfallmerkblätter müssen in einfacher Ausfertigung im Führerhaus aufbewahrt werden.










Zusätzliche Hinweise für die Mitglieder der Fahrzeugbesatzung über die Gefahreigenschaften von gefährlichen Gütern nach Klassen und über die in Abhängigkeit von den vorherrschenden Umständen zu ergreifenden Maßnahmen		
Gefahrzettel und Großzettel (Placards)	Gefahreigenschaften	Zusätzliche Hinweise
(1)	(2)	(3)
Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff  1 1.5 1.6	Kann eine Fluthe von Eigenschaften und Auswirkungen wie Massendetonation, Splitterwirkung, starker Brand/Wärmeeffluss, Bildung von hellem Licht, Lärm oder Rauch haben. Schlagempfindlich und/oder stoßempfindlich und/oder wärmeempfindlich.	Schutz abseits von Fenstern suchen.
Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff  1.4	Leichte Explosions- und Brandgefahr.	Schutz suchen.
Entzündbare Gase  2.1	Brandgefahr. Explosionsgefahr. Kann unter Druck stehen. Erstickungsgefahr. Kann Verbrennungen und/oder Erfrierungen hervorrufen. Umschließungen können unter Hitzeeinwirkung bersten.	Schutz suchen. Nicht in tief liegenden Bereichen aufhalten.
Nicht entzündbare, nicht giftige Gase  2.2	Erstickungsgefahr. Kann unter Druck stehen. Kann Erfrierungen hervorrufen. Umschließungen können unter Hitzeeinwirkung bersten.	Schutz suchen. Nicht in tief liegenden Bereichen aufhalten.
Giftige Gase  2.3	Vergiftungsgefahr. Kann unter Druck stehen. Kann Verbrennungen und/oder Erfrierungen hervorrufen. Umschließungen können unter Hitzeeinwirkung bersten.	Notfallfluchtmaske verwenden. Schutz suchen. Nicht in tief liegenden Bereichen aufhalten.
Entzündbare flüssige Stoffe  3	Brandgefahr. Explosionsgefahr. Umschließungen können unter Hitzeeinwirkung bersten.	Schutz suchen. Nicht in tief liegenden Bereichen aufhalten.
Entzündbare feste Stoffe, selbstzersetzliche Stoffe und desensibilisierte explosive feste Stoffe  4.1	Brandgefahr. Entzündbar oder brennbar, kann sich bei Hitze, Funken oder Flammen entzünden. Kann selbstzersetzliche Stoffe enthalten, die unter Einwirkung von Hitze, bei Kontakt mit anderen Stoffen (wie Säuren, Schwermetallverbindungen oder Aminen), bei Reibung oder Stößen zu exothermer Zersetzung neigen. Dies kann zur Bildung gesundheitsgefährdender und entzündbarer Gase oder Dämpfe oder zur <u>Selbstentzündung</u> führen. Umschließungen können unter Hitzeeinwirkung bersten. Explosionsgefahr desensibilisierter explosiver Stoffe bei <u>Verlust des Desensibilisierungsmittels</u> .	
Selbstentzündliche Stoffe  4.2	Brandgefahr durch <u>Selbstentzündung</u> bei Beschädigung von Versandstücken oder Austritt von Füllgut. Kann heftig mit Wasser reagieren.	
Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln  4.3	Bei Kontakt mit Wasser Brand- und Explosionsgefahr.	Ausgetretene Stoffe sollten durch Abdecken trocken gehalten werden.

Abb. 8.41 Zusätzliche Hinweise für die Fahrzeugbesatzung

Leicht entzündbare Flüssigkeit

Flammpunkt unter 23 °C

- Nicht oder teilweise mischbar mit Wasser, leichter als Wasser

33

1993

Eigenschaften
des Ladegutes

Meist farblose Flüssigkeit mit wahrnehmbarem Geruch.
Nicht oder teilweise mischbar mit Wasser. Leichter als Wasser

Gefahren

Leicht entzündbar – leicht flüchtig
Dämpfe sind unsichtbar, schwerer als Luft und breiten sich am Boden aus.
Bildet mit Luft explosionsfähige Gemische, auch in leeren, ungereinigten Behältern.
Erhitzen führt zu Drucksteigerung: Berst- und Explosionsgefahr.
Dampf kann betäubend wirken.
Kontakt mit Flüssigkeit oder Dampf kann reizend wirken auf Augen, Haut und Atemwege

Schutzaus-
rüstung

Dichtschließende Schutzbrille. Antistatische Stiefel, Handschuhe aus Kunststoff oder Gummi, leichte Schutzkleidung, Schaufel.

NOTMASSNAHMEN

Sofort Feuerwehr benachrichtigen

- Motor abstellen.
 - Zündquellen fernhalten (z. B. offenes Feuer), Rauchverbot.
 - Straße sichern und andere Straßenbenutzer warnen.
 - Unbefugte fernhalten.
 - Explosionsgeschützte Leuchten und Elektrogeräte benutzen.
 - Auf windzugewandter Seite bleiben.
- Leck**
- Wenn möglich, Undichtheiten beseitigen.
 - Eindringen der Flüssigkeit in Kanalisation, Gruben und Keller verhindern; Dämpfe verursachen Explosionsgefahr.
 - Flüssigkeit mit Erde oder Sand oder anderen geeigneten Saugstoffen aufsaugen; Fachmann hinzuziehen.
 - Alle Personen vor Explosionsgefahr warnen; evakuieren, wenn notwendig.
 - Falls Produkt in Gewässer oder Kanalisation gelangt ist oder Erdboden oder Pflanzen verunreinigt hat, Feuerwehr oder Polizei darauf hinweisen.
- Feuer**
- Bei Feuereinwirkung Behälter mit Wassersprühstrahl kühlen.
 - Vorzugsweise löschen mit Löschpulver oder Schaum.
 - Niemals scharfen Wasserstrahl verwenden.
- Erste Hilfe**
- Falls Produkt in Augen gelangt ist, unverzüglich mit viel Wasser mehrere Minuten spülen.

Telefonische Rückfrage: _____

Zusätzliche Hinweise: _____

Abb. 8.42 Unfallmerkblatt Methanol

In Abhängigkeit der gefährlichen Eigenschaften sind zusätzliche Angaben in den schriftlichen Weisungen notwendig. Abbildung 8.41 zeigt zusätzliche Informationen, die in Abhängigkeit der Gefahrguteigenschaften aufzuführen sind. In Abbildung 8.42 ist beispielhaft das Unfallmerkblatt für Methanol dargestellt.

8.3.8

Vorschriften für die Beförderung

Gefährliche Güter dürfen nur in den erlaubten Beförderungsmitteln transportiert werden. Die Beförderungsmittel müssen den zu erwartenden Belastungen standhalten. Die verwendeten Fahrzeuge müssen hinsichtlich ihrer Auslegung, ihres Baus und gegebenenfalls ihrer Zulassung den jeweiligen Vorschriften des Teils 9 entsprechen. Es dürfen nur Container verwendet werden, die keine Beschädigungen aufweisen, oder den sicheren Transport beeinträchtigen können. Die Container sind vor der Beladung zu untersuchen, um sicherzustellen, dass sie frei von Rückständen früherer Ladungen und Boden und Wände innen frei von vorstehenden Teilen sind.

Versandstücke, die nicht nässeempfindlich sind, dürfen in

- gedeckten Fahrzeugen oder geschlossenen Containern,
- bedeckten Fahrzeugen oder bedeckten Containern oder
- offenen Fahrzeugen (ohne Plane) oder offenen Containern ohne Plane

befördert werden.

Abbildung 8.43 zeigt gedeckte, bedeckte und offene Fahrzeuge im Kontrast zu den Tankfahrzeugen.

Güter dürfen nur in loser Schüttung transportiert werden, wenn in Tabelle A Kapitel 3.2 in Spalte 16 eine der Sondervorschriften VV 1 bis VV 14 aufgeführt ist. Der Transport von Gütern in Tanks ist nur zulässig, wenn in Spalte 12 oder 13 von Tabelle A Kapitel 3.2 entsprechende Tankcodierungen vermerkt sind. Diese haben die folgende Bedeutung:

- AT** Fahrzeuge zum Transport gefährlicher Güter mit einem Fassungsraum über 3 m³
- FL** Fahrzeuge zum Transport brennbarer Flüssigkeiten (Flammpunkt < 61 °C) oder entzündbarer Gase in Tankcontainern, ortsbeweglichen Tanks oder MEGC mit einem Fassungsraum über 3 m³ bzw. in festverbundenen Tanks oder Aufsetztanks von < 1 m³
- OX** Fahrzeuge zum Transport von Wasserstoffperoxid mit einem Fassungsraum über 3 m³

8.3.8.1 Fahrzeugbesatzung und Fahrzeugausrüstung

Die folgenden Ausrüstungen müssen sich an Bord der Beförderungseinheit befinden, für spezielle Gefahrenzettel gültige Sondervorschriften sind nicht aufgeführt:

- Unterlegkeil je Fahrzeug, Abmessungen müssen der höchstzulässigen Gesamtmasse des Fahrzeugs und dem Durchmesser der Räder angepasst sein,
- zwei Warnzeichen,
- Augenspülflüssigkeit und

für jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung:

- Warnweste (z. B. gemäß EN 471),
- tragbares Beleuchtungsgerät,
- ein Paar Schutzhandschuhe und
- Augenschutzrüstung (z.B. Schutzbrille).

Für bestimmte Klassen sind zusätzliche Ausrüstungen vorgeschrieben:

- an Bord von Fahrzeugen für die Gefahrzettel-Nummer 2.3 oder 6.1 muss sich für jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung eine Notfallfluchtmaske befinden,
- eine Schaufel sowie
- eine Kanalabdeckung.

Mit gefährlichen Gütern beladene Beförderungseinheiten dürfen keinesfalls mehr als einen Anhänger oder Sattelanhänger besitzen. Die folgenden Papiere müssen je Beförderungseinheit mindestens mitgeführt werden:

- Beförderungspapiere,
- die schriftlichen Weisungen,
- evtl. festgelegte Sondervereinbarungen und
- falls erforderlich die Schulungsbescheinigungen des Fahrzeugführers.

Fahrzeugführer und Beifahrer dürfen die Versandstücke von gefährlichen Gütern während des Transports nicht öffnen. Bei der Beförderung gefährlicher Güter müssen pro Einheit folgende Ausrüstungsgegenstände mitgeführt werden:

- tragbarer Feuerlöscher, Mindestfassungsvermögen 2 kg Pulver zur Bekämpfung eines Motorbrandes,
- Feuerlöscher mit 6 kg Pulver, tragbar, zur Bekämpfung eines Reifenbrandes,
- mindestens einen Unterlegkeil je Fahrzeug,
- zwei selbststehende Warnzeichen,
- eine geeignete Warnweste oder Warnkleidung für jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung,
- eine Handlampe für jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung und
- die in den schriftlichen Weisungen aufgeführten zusätzlichen Ausrüstungen, z. B. Atemschutz, Handschutz oder Schutzschuhe.

Der Fahrzeugführer hat im Rahmen des Transportrechts eine weitreichende Verantwortung und umfassende Pflichten zu übernehmen. Als Fahrzeugführer gilt, wer im Besitz einer gültigen Fahrerlaubnis ist und das Fahrzeug lenkt.

Der Fahrzeugführer

- darf kein Versandstück befördern, dessen Verpackung beschädigt oder undicht ist, so dass gefährliches Gut austritt oder austreten kann,
- ist nach § 7 verpflichtet, die Fahrwegbestimmung zu beachten,
- hat bei der Beförderung von Listengütern den Bescheid über die Fahrwegbestimmung oder die Bescheinigung oder die Reservierungsbestätigung oder das Beförderungspapier für den Bahntransport mitzuführen,
- muss die Begleitpapiere, die Feuerlöschgeräte und die Ausrüstungsgegenstände mitführen,
- muss die Vorschriften über die Durchführung der Beförderung und die Überwachung beim Parken beachten,
- ist für das Anbringen oder Sichtbarmachen sowie für das Verdecken oder Entfernen der Kennzeichnung und Bezettelung an Fahrzeugen und Aufsetztanks verantwortlich,
- muss die Sondervorschriften beim Halten oder Parken beachten (Feststellbremse anziehen, bei schlechter Sicht und Ausfall der Fahrzeugbeleuchtung Warnleuchten aufstellen),
- muss die nächsten zuständigen Behörden (beim Halten und Parken eines Fahrzeugs, das eine besondere Gefahr darstellt) benachrichtigen oder benachrichtigen lassen,
- muss, wenn er den Tank selbst befüllt, den vom Verlader angegebenen höchstzulässigen Füllungsgrad oder die höchstzulässige Masse der Füllung je Liter Fassungsraum einhalten; kann der Verlader den höchstzulässigen Füllungsgrad für flüssige Stoffe nicht angeben, darf der Füllungsgrad höchstens 90 % betragen,
- muss die Dichtheit der Verschlusseinrichtungen prüfen,
- muss die Vorschriften über Beladen, Zusammenladen und Handhabung und
- die Vorschriften über das Entladen beachten.

Bei Gefahrguttransporten muss auch der Beifahrer über spezielle Kenntnisse verfügen. Der **Beifahrer** muss

- die Vorschriften über Beladen, Zusammenladen und Handhabung und
- die Vorschriften über das Entladen

beachten.

Fahrzeuge oder Container, in denen gefährliche Güter in loser Schüttung transportiert wurden, sind vor erneutem Beladen in geeigneter Weise zu reinigen, wenn die neue Ladung nicht aus dem gleichen gefährlichen Gut wie die vorhergehende besteht.

Die einzelnen Teile einer Ladung mit gefährlichen Gütern müssen auf dem Fahrzeug oder im Container so gesichert werden, dass sie ihre Lage zueinander oder zu den Wänden nur geringfügig verändern können.

Bei Ladearbeiten ist das Rauchen in der Nähe der Fahrzeuge oder Container und in den Fahrzeugen oder Containern untersagt.

Beim Transport von gefährlichen Gütern dürfen keine Fahrgäste befördert werden.

8.3.8.2 Fahrerausbildung

Fahrer von Gefahrgutfahrzeugen müssen eine Gefahrgutschulung besitzen. Fahrzeugführer von Tankfahrzeugen, Fahrzeugen mit Aufsetztanks, Gefäßbatterien und Tankcontainern mit einem Fassungsraum bei Tanks von insgesamt mehr als 3000 l bzw. alternativ mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 3,5 t benötigen eine spezielle Fahrerschulung. Die Lehrinhalte der Schulung umfassen Kenntnisse über

- die einschlägigen Vorschriften der Gefahrgutbeförderung,
- die Eigenschaften gefährlicher Güter,
- die Verhütungs- und Sicherheitsmaßnahmen in Abhängigkeit der Stoffeigenschaften,
- das Verhalten nach einem Unfall,
- die besonderen Pflichten des Fahrzeugführers,
- Zweck und Funktionsweise der technischen Ausrüstung der Fahrzeuge,
- das besondere Fahrverhalten von Fahrzeugen,
- die Zusammenladeverbote,
- die Vorsichtsmaßnahmen beim Be- und Entladen,
- die zivilrechtliche Haftung und
- den kombinierten Verkehr.

Der Basiskurs muss mindestens folgende Themen umfassen:

- allgemeine Vorschriften, die für die Beförderung gefährlicher Güter gelten,
- hauptsächliche Gefahrenarten,
- Informationen über den Schutz der Umwelt durch die Überwachung der Beförderungen von Abfällen,
- für die verschiedenen Gefahrenarten geeignete Vorsorge- und Sicherheitsmaßnahmen,
- Verhalten nach einem Unfall (Erste Hilfe, Verkehrssicherung, Grundkenntnisse über die Verwendung von Schutzausrüstungen, schriftliche Weisungen usw.),
- Kennzeichnung, Bezettelung, Anbringen von Großzetteln (Placards) und orangefarbene Kennzeichnung,
- was ein Fahrzeugführer bei der Beförderung gefährlicher Güter zu tun und zu lassen hat,
- Zweck und Funktionsweise der technischen Ausrüstung der Fahrzeuge,
- Verbote für die Zusammenladung in einem Fahrzeug oder in einem Container,

- beim Be- und Entladen gefährlicher Güter zu treffende Vorsichtsmaßnahmen,
- allgemeine Informationen über zivilrechtliche Haftung,
- Informationen über multimodale Transportvorgänge,
- Handhabung und Verstauung der Versandstücke,
- Verkehrsbeschränkungen in Tunneln und Anweisungen über das Verhalten in Tunneln (Vorbeugung von Zwischenfällen, Sicherheit, Maßnahmen im Brandfall oder bei anderen Notfällen usw.),
- Sensibilisierung für die Sicherung.

Der Aufbaukurs für die Beförderung in Tanks muss mindestens folgende Themen umfassen:

- Fahrverhalten der Fahrzeuge, einschließlich der Bewegungen der Ladung,
- besondere Vorschriften hinsichtlich der Fahrzeuge,
- allgemeine theoretische Kenntnisse über verschiedene Befüllungs- und Entleerungssysteme,
- besondere zusätzliche Vorschriften für die Verwendung dieser Fahrzeuge (Zulassungsbescheinigungen, Zulassungskennzeichen, Anbringen von Großzetteln (Placards) und orangefarbener Kennzeichnung usw.).

Die Mindestdauer des theoretischen Teils jedes Erstschulungskurses oder des Teils des Mehrzweckkurses muss sich wie folgt zusammensetzen:

Basiskurs	18 Unterrichtseinheiten
Aufbaukurs für die Beförderung in Tanks	12 Unterrichtseinheiten
Aufbaukurs für die Beförderung von Stoffen und Gegenständen der Klasse 1	8 Unterrichtseinheiten
Aufbaukurs für die Beförderung radioaktiver Stoffe der Klasse 7	8 Unterrichtseinheiten

8.4

Nationale Vorschriften

8.4.1

Das Gefahrgutbeförderungsgesetz

Basis der nationalen Regelungen zur Beförderung gefährlicher Güter ist das Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter, Kurzfassung Gefahrgutbeförderungsgesetz, abgekürzt **GGBefG** [7]. Das Gefahrgutbeförderungsgesetz regelt die Beförderung gefährlicher Güter mit Eisenbahn-, Schwebebahn-, Straßen-, Wasser- und Luftfahrzeugen sowie das Herstellen, Einführen und Inverkehrbringen von Verpackungen, Beförderungsbehältnissen und Fahrzeugen für die Beförderung gefährlicher Güter.

Gefährliche Güter werden in § 2 definiert als Stoffe und Gegenstände, von denen aufgrund

- 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.

Die Beförderung umfasst nicht nur die eigentliche

- Ortsveränderung, sondern auch die
- Übernahme und die Ablieferung,
- zeitweilige Aufenthalte im Verlauf der Beförderung, Vorbereitungs- und Abschlusshandlungen, wie z. B. das Verpacken und Auspacken der Güter, Be- und Entladen als auch das
- Herstellen, Einführen und Inverkehrbringen von Verpackungen, Beförderungsmitteln und Fahrzeugen für die Beförderung gefährlicher Güter, auch wenn diese Handlungen nicht vom Beförderer ausgeführt werden.

Ein zeitweiliger Aufenthalt im Verlauf der Beförderung liegt vor, wenn gefährliche Güter für den Wechsel der Beförderungsart oder des Beförderungsmittels (Umschlag) oder aus sonstigen transportbedingten Gründen zeitweilig abgestellt werden. Auf Verlangen sind Beförderungsdokumente vorzulegen, aus denen Versand- und Empfangsort feststellbar sind.

Wird die Sendung nicht nach der Anlieferung entladen, gilt das Bereitstellen der Ladung beim Empfänger zur Entladung als Ende der Beförderung.

Versandstücke, Tankcontainer, Tanks und Kesselwagen dürfen während des zeitweiligen Aufenthaltes nicht geöffnet werden.

§ 10 GGBefG regelt die umfangreichen Ordnungswidrigkeitstatbestände. Gemäß § 11 ist es ein Straftatbestand, wenn Verpackungen und Beförderungsmittel und die Fahrzeuge nicht gemäß den Vorschriften hergestellt, eingeführt und in Verkehr gebracht sowie betrieben und verwendet werden.

Kapitel 1.8 des ADR [3] beschreibt Maßnahmen zur Kontrolle und zur sonstigen Unterstützung der Einhaltung der Sicherheitsvorschriften. Diese sind

- Gefahrgutkontrollen,
- Amtshilfe
- Bestellung von Gefahrgutbeauftragten (im ADR Sicherheitsberater genannt),
- Meldungen von Ereignissen mit gefährlichen Gütern sowie
- administrative Kontrollen für die Anwendung der in Abschnitt 1.8.7 des ADR beschriebenen Konformitätsbewertungen, wiederkehrenden Prüfungen, Zwischenprüfungen und außerordentlichen Prüfungen.

Diese Vorschriften werden national in Verordnungen unter dem Gefahrgutbeförderungsgesetz geregelt.

8.4.1.1 Verordnungen des GGBefG

Die Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (**Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt – GGVSEB**) [2] setzt die Vorschriften des ADR, RID und ADN in nationale Vorschriften um sowie die EG-Richtlinien 2008/68/EG [10] in der Fassung von EG-Richtlinie 2010/61/EG [11].

Der Geltungsbereich von § 1 legt fest dass, die GGVSEB die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter, einschließlich der Beförderung von und nach Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (innergemeinschaftliche Beförderung),

- auf der Straße mit Fahrzeugen (Straßenverkehr) gemäß ADR,
- auf der Schiene mit Eisenbahnen (Eisenbahnverkehr) gemäß RID und
- auf allen schiffbaren Binnengewässern (Binnenschifffahrt) gemäß ADN

in Deutschland regelt. Sie regelt nicht die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen auf Seeschiffahrtsstraßen.

Die Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen (**Gefahrgutverordnung See – GGVSee**) [3] setzt den IMDG-Code in nationales Recht um. Die Regelungen unterscheiden sich nicht relevant vom IMDG-Code.

Die Verordnung über die Bestellung von Gefahrgutbeauftragten in Unternehmen (**Gefahrgutbeauftragtenverordnung – GbV**) [12] regelt die Pflichten der im ADR als Sicherheitsberater bezeichneten Person.

§ 3 regelt, dass jedes Unternehmen, das an der Beförderung gefährliche Güter beteiligt ist und dem Pflichten aus der GGVSEB oder GGVSee erwachsen, einen Gefahrgutbeauftragten schriftlich bestellen muss.

Der Gefahrgutbeauftragte muss alle fünf Jahre an einer Schulung teilnehmen. Die Dauer der Schulung beträgt 22 Stunden und 30 Minuten, für jeden weiteren Verkehrsträger zusätzlich sieben Stunden und 30 Minuten.

Zu seinen Pflichten zählen nach Unterabschnitt 1.8.3.3 des ADR insbesondere die

- Überwachung der Einhaltung der Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter,
- Beratung des Unternehmens bei den Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Beförderung gefährlicher Güter und
- Erstellung eines Jahresberichts für die Unternehmensleitung oder gegebenenfalls für eine örtliche Behörde über die Tätigkeiten des Unternehmens in Bezug auf die Beförderung gefährlicher Güter. Die Berichte sind fünf Jahre lang aufzubewahren und den einzelstaatlichen Behörden auf Verlangen vorzulegen.

Darüber hinaus ist der Gefahrgutbeauftragte für die Überprüfung des nachstehenden Vorgehens bzw. der nachstehenden Verfahren hinsichtlich der betroffenen Tätigkeiten verantwortlich:

- Verfahren, mit denen die Einhaltung der Vorschriften zur Identifizierung des beförderten gefährlichen Guts sichergestellt werden soll,
- Vorgehen des Unternehmens, um beim Kauf von Beförderungsmitteln den besonderen Erfordernissen in Bezug auf das beförderte gefährliche Gut Rechnung zu tragen,
- Verfahren, mit denen das für die Beförderung gefährlicher Güter oder für das Be- oder Entladen verwendete Material überprüft wird,
- ausreichende Schulung der betreffenden Arbeitnehmer des Unternehmens und Vermerk über diese Schulung in der Personalakte,
- Durchführung geeigneter Sofortmaßnahmen bei etwaigen Unfällen oder Zwischenfällen, die unter Umständen die Sicherheit während der Beförderung gefährlicher Güter oder während des Be- oder Entladens gefährden,
- Durchführung von Untersuchungen und, sofern erforderlich, Erstellung von Berichten über Unfälle, Zwischenfälle oder schwere Verstöße, die während der Beförderung gefährlicher Güter oder während des Be- oder Entladens festgestellt wurden,
- Einführung geeigneter Maßnahmen, mit denen das erneute Auftreten von Unfällen, Zwischenfällen oder schweren Verstößen verhindert werden soll,
- Berücksichtigung der Rechtsvorschriften und der besonderen Anforderungen der Beförderung gefährlicher Güter bei der Auswahl und dem Einsatz von Subunternehmern oder sonstigen Dritten,
- Überprüfung, ob das mit der Beförderung gefährlicher Güter oder dem Verladen oder dem Entladen der gefährlichen Güter betraute Personal über ausführliche Arbeitsanleitungen und Anweisungen verfügt,
- Einführung von Maßnahmen zur Aufklärung über die Gefahren bei der Beförderung gefährlicher Güter oder beim Verladen oder Entladen der gefährlichen Güter,
- Einführung von Maßnahmen zur Überprüfung des Vorhandenseins der im Beförderungsmittel mitzuführenden Papiere und Sicherheitsausrüstungen sowie der Vorschriftsmäßigkeit dieser Papiere und Ausrüstungen,
- Einführung von Verfahren zur Überprüfung der Einhaltung der Vorschriften für das Be- und Entladen sowie
- Vorhandensein des Sicherungsplanes.

Der Gefahrgutbeauftragte ist verpflichtet, schriftliche Aufzeichnungen über seine Überwachungstätigkeit zu führen und mindestens fünf Jahre aufzubewahren, mit Angabe des Zeitpunktes der Überwachung, der Namen der überwachten Personen und der überwachten Geschäftsvorgänge. Ergänzend ist ein Unfallbericht sowie ein Jahresbericht zu erstellen.

Die nach Unterabschnitt 1.8 geforderten Kontrollen werden in der **Verordnung über die Kontrollen von Gefahrguttransporten auf der Straße und in den Unternehmen** (GGKontrollV) [13] in nationales Recht umgesetzt.



Abb. 8.43 Prüfliste nach Anhang 1 der Gefahrgut-Kontrollverordnung

§ 3 der Verordnung regelt, dass ein repräsentativer Anteil der Gefahrguttransporte auf der Straße von den zuständigen Landesbehörden überprüft werden soll. Zum Umfang der Überprüfungen ist in Anhang 1 der Verordnung eine Prüfliste aufgeführt, siehe Abbildung 8.43.

Ergänzend können Überprüfungen in Unternehmen durchgeführt werden.

Die **Durchführungsrichtlinie – Gefahrgut**, vollständiger Titel lautet „Richtlinie zur Durchführung der Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt und weiterer gefahrgutrechtlicher Verordnungen (Durchführungsrichtlinien-Gefahrgut)“, abgekürzt **RSEB** [14], soll der einheitlichen Anwendung und Auslegung von GGVSEB, ADR, RID und ADN dienen. Als Richtlinie ist sie dem untergesetzlichen Regelwerk zuzuordnen und daher rechtlich nicht verbindlich.

Die **Gefahrgut-Ausnahmereverordnung** (GGAV), vollständiger Titel lautet „Verordnung über die Ausnahmen von den Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter“ [15], enthält Ausnahmen von den Vorschriften der GGVSEB und der GGVSee im Rahmen der Sondervorschriften des ADR, RID, ADN und des IMDG-Codes.

Literatur

Literatur

Kapitel 01

- 1 Eisenbrand, Metzler (1994) Toxikologie für Chemiker, Thieme Verlag, Stuttgart.
- 2 Dekant, W., Varnvakas, S. (1994) Toxikologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- 3 Birgersson, B., Sterner, O., Zimerson, E. (1988) Chemie und Gesundheit, VCH, Weinheim.
- 4 Klaassen, C.D. (1996) Toxicology, Mc Graw Hill, New York, 5. Aufl..
- 5 Vohr, H.W. (2010) Toxikologie, H.W. Wiley-VCH, Weinheim.
- 6 Doll, R., Peto, R. (1981) The cuses of cancer: quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *Hourn. Natl. Cancer Inst.*, **66**, 1192.
- 7 Becker, N., Wahrendorf, J. (1998) Krebsatlas der Bundesrepublik Deutschland 1981–1990, Springer Verlag, Heidelberg.
- 8 Ames, B.N., Gold, L.S. (1990) *Angew. Chemie*, **102**, 1233–1246.
- 9 (1993) DIN EN 481, Arbeitsplatzatmosphäre – Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel, Beuth, Berlin.
- 10 Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung – ChemVerbotsV) i.d.F. von BGBl. I 2012, S. 212.
- 11 BioStoffV, Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen, BGBl, I 2008, S. 2768.
- 12 2000/54/EG, Amtsblatt der EG L262/21 vom 17.10.2000.
- 13 Merkblatt B 001 der BG RCI, Jedermann-Verlag, Heidelberg.
- 14 Merkblatt B 006 der BG RCI, Jedermann-Verlag, Heidelberg.
- 15 Merkblatt B 004 der BG RCI, Jedermann-Verlag, Heidelberg.
- 16 Merkblatt B 005 der BG RCI, Jedermann-Verlag, Heidelberg.

Kapitel 02

- 1 EG-RL 67/548/EWG Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe, EG-Amtsblatt L 196, S1 von 1967, EG-RL 67/548/EWG i.d.F. der 28. ATP von EG-RL 2001/59/EG L225/1 bisher 32.
- 2 CLP 1272/2008 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 vom 16. 12.2008, ABl. EG vom 31.12.2008, Nr. L 353 S. 1
- 3 EG-RL 1999/45/EG, EG-Amtsblatt 1999, Nr. L 200 S. 1.
- 4 Rüdiger, H.W. (1990) *Arbeitsmed. Sozialmed. Präventionmed*, **25**, 277–282
- 5 (2012) MAK-Liste, Mitteilung 51 der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der deutschen Forschungsgemeinschaft, Wiley VCH, Weinheim.

- 6 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe, Ausgabe Mai 2008.
- 7 Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643), geändert durch BGBl. I S 1622 vom 28.07.2011.
- 8 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“.
- 9 EG-VO286/2011, EG-Amtsblatt 2011, L83,1.
- 10 Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 vom 18.12.2006, ABl. EG vom 30.12.2006, Nr. L 396 S. 1.
- 11 EG-VO 790/2009, EG-Amtsblatt 2009, L235/1
- 12 BekGS 220 Sicherheitsdatenblatt, Ausgabe 2011.
- 11 STN - Scientific Technical Networks Toxiline.
- 12 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“.
- 13 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 420 „Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung“.
- 14 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 505 „Blei“.
- 15 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 507 „Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern“.
- 16 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“.
- 17 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 511 „Ammoniumnitrat“.
- 18 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 512 „Begasungen“.
- 19 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 513 „Tätigkeiten mit Sterilisatoren mit Ethylenoxid und Formaldehyd“.

Kapitel 03

- 1 Arbeitsschutzgesetz, Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit, vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), i.d.F. vom 5. Februar 2009 (BGBl. I S. 160).
- 2 Gefahrstoffverordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643), geändert durch BGBl. I S 1622 vom 28.07.2011.
- 3 EG-RL 98/24/EG vom 7.4.1998, ABl. EG Nr L 131 vom 5.5.1998, S. 11.
- 4 CLP-Verordnung, Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 vom 16. 12.2008, ABl. EG vom 31.12.2008, Nr. L 353 S. 1
- 5 REACH-VO, Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 vom 18.12.2006, ABl. EG vom 30.12.2006, Nr. L 396 S. 1.
- 6 EG-RL 1999/45/EG vom 31.05.1999, ABl. EG L 200/1.
- 7 Hommel (2013) Handbuch der gefährlichen Güter, Springer Verlag, Heidelberg.
- 8 Gischem, www.gischem.de.
- 9 GESTIS, www.dguv.de/ifa/de/gestis/stoffdb/index.jsp.
- 10 RTECS, Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, US Department of Health and Human Services, Sliverblätter Chembank.
- 20 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 517 „Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Zubereitungen und Erzeugnissen“.
- 21 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 519 „Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten“.
- 22 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 520 „Errichtung und Betrieb von Sammelstellen und Zwischenlagern für Kleinmengen gefährlicher Abfälle“.
- 23 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 521 „Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle“.
- 24 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 522 „Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS)“.
- 25 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 523 „Schädlingsbekämpfungsmitteln mit sehr giftigen, giftigen und gesundheitsschädlichen Stoffen und Zubereitungen“.
- 26 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 524 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen“.
- 27 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 525 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen“.

- 28 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 526 „Laboratorien“.
- 29 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 528 „Schweißtechnische Arbeiten“.
- 30 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 530 „Friseurhandwerk“.
- 31 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 551 „Teer und andere Pyrolyseprodukte aus organischem Material“.
- 32 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 552 „N-Nitrosamine“.
- 33 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 553 „Holzstaub“.
- 34 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 554 „Abgase von Dieselmotoren“.
- 35 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“.
- 36 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 557 „Dioxine“.
- 37 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 558 „Tätigkeiten mit Hochtemperaturwolle“.
- 38 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 559 „Mineralischer Staub“.
- 39 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 560 „Luftrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben“.
- 40 BG-BIA-Empfehlungen, http://www.dguv.de/ifa/de/prg/bg_bgia_empfehlungen/index.jsp#.
- 41 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 500 „Schutzmaßnahmen“.
- 42 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“.
- 43 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 401 „Gefährdung durch Hautkontakt Ermittlung – Beurteilung – Maßnahmen“.
- 44 EG-RL 2004/37/EG vom 29.04.2004, Abl. EG L 158/50.
- 45 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 600 „Substitution“.
- 46 IFA Spaltenmodell, http://www.dguv.de/ifa/de/prg/ghs_spaltenmodell/spaltenmodell/spaltmod.pdf.
- 47 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“.
- 48 Bekanntmachung zu Gefahrstoffen (BekGS) 910 „Risikowerte und Exposition-Risiko-Beziehungen für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“.
- 49 1. Grenzwertrichtlinie 2000/39/EG, EG-RL 2000/39/EG vom 8.6.2000, ABl. EG L 142/47.
- 50 2. Grenzwertrichtlinie 2006/15/EG, EG-RL 2006/15/EG vom 7.2.2006, ABl. EG L 38/36.
- 51 3. Grenzwertrichtlinie 2009/161/EG, EG-RL 2009/161/EG vom 17.12.2009, AB. IEG L 338/87.
- 52 48. Mitteilung der MAK-Kommission.
- 53 (2013) Begründungen der MAK-Werte, Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten und Einstufungen, 48. Lieferung, Wiley-VCH, Weinheim.
- 54 ECHA TGD R8.
- 55 BekGS 409, Bekanntmachung zu Gefahrstoffen (BekGS) 409 „Nutzung der REACH Informationen für den Arbeitsschutz“.
- 56 Grenzwertliste IFA, http://www.dguv.de/ifa/de/gestis/limit_values/index.jsp.
- 57 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 903 „Biologische Grenzwerte“.
- 58 Exposition am Arbeitsplatz – Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe, EN 482:2012.
- 59 Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005).
- 60 Hartwig: Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Wiley-VCH.
- 61 IFA-Arbeitsmappe: Messung von Gefahrstoffen, Erich Schmidt Verlag.
- 62 BGI 505.31: Verfahren zur Bestimmung von lungengängigen Fasern – Lichtmikroskopisches Verfahren –.
- 63 VDI 3492: Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Messen von Immissionen – Messen anorganischer faserförmiger Partikeln – Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren.

Kapitel 04

- 1 67/548/EWG, Stoff-EL.

- 2 EINECS „European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances“ ABLEG Nr. C 146 A vom 15.6.1990.
- 3 ELINCS „European List of New Chemical Substances“ ABl. EG Nr. C 130 vom 10.5.1993, zuletzt geändert durch RL 2003/34/EG ABl. 2003 L156 S.14 vom 25. Juni 2003.
- 4 793/93/EWG, EU-Altstoffverordnung.
- 5 1906/2007, REACH-VO.
- 6 ECHA-Homepage (TGD + FAQ), <http://echa.europa.eu/de/guidance-documents/guidance-on-reach>.
- 7 Helpdesk BDI und VCI zu REACH-TGDs“> <https://www.vci.de/Themen/Chemikaliensicherheit/REACH/Seiten/Listenseite.aspx>.
- 8 Helpdesk BAuA, <http://www.reach-clp-helpdesk.de/de/Startseite.html>.
- 9 EG-RL 89/391/EWG vom 12. Juni 1989 ABl. EG L183, S. 1.
- 10 EG-RL 98/24/EG vom 7.4.1998, ABl. EG Nr L 131 vom 5.5.1998, S. 11.
- 11 EG-RL 2004/37/EG vom 29.04.2004, ABl. EG L 158/50.
- 12 RL 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1.
- 13 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 vom 16. 12.2008, ABl. EG vom 31.12.2008, Nr. L 353 S. 1.
- 14 ECHA Stellungnahme, dass 1%-Regel auf gesamten Artikel zu beziehen ist.
- 15 91/414/EWG ABl. L 230 vom 19.8.1991, S. 1, zuletzt geändert durch 2006/819/EG, ABl. 44 vom 15.2.2006, S. 15.
- 16 3600/92/EWG ABl. L 366 vom 15.12.1992, S. 10 und. ABl. L 259 vom 13.10.2000, S. 27.
- 17 703/2001/EG ABl. L 98, vom 7.4.2006, S. 6
- 18 /2002/EG ABl. L 224 vom 21.8.2002, S. 23
- 19 2003/565/EG, Entscheidung der Kommission zur Verlängerung des Zeitraums nach RL 91/414/EWG, ABl. L 192 vom 31.7.2003, S. 40
- 20 RL 98/8/EG ABl. L 123 vom 24.4.1998, S. 1.
- 21 ECHA-Homepage Kandidatenliste, <http://echa.europa.eu/de/candidate-list-table>.
- 22 EG-VO 453/2010 vom 20.05.2010, ABl. EG L133 / 1.
- 23 Bekanntmachung zu Gefahrstoffen (BekGS) 220 „Sicherheitsdatenblatt“.
- 24 TGD Sicherheitsdatenblatt der ECHA, http://echa.europa.eu/documents/10162/13643/sds_de.pdf.
- 25 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“.
- 26 EG-RL 1999/45/EG vom 31.05.1999, ABl. EG L 200/1.
- 27 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“.
- 28 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 903 „Biologische Grenzwerte“.
- 29 1. Grenzwertrichtlinie 2000/39/EG, EG-RL 2000/39/EG vom 8.6.2000, ABl. EG L 142/47.
- 30 2. Grenzwertrichtlinie 2006/15/EG, EG-RL 2006/15/EG vom 7.2.2006, ABl. EG L 38/36.
- 31 3. Grenzwertrichtlinie 2009/161/EG, EG-RL 2009/161/EG vom 17.12.2009, ABl. EG L 338/87.
- 32 EG-RL 2004/37/EG vom 29.04.2004, ABl. EG L 158/50.
- 33 EG-RL 96/82/EG vom 9.12.1996, ABl. EG L010 / 13.
- 34 Homepage für ECHA-Leitlinien, <http://echa.europa.eu/web/guest/regulations/reach>.
- 35 R 12, Leitlinien zu Informationsanforderungen und Stoffsicherheitsbeurteilung Kapitel R.12: System der Verwendungsdeskriptoren.
- 36 Bekanntmachung zu Gefahrstoffen (BekGS) 409 „Nutzung der REACH Informationen für den Arbeitsschutz“.
- 37 EG-VO 552/2009 vom 22.06.2009, ABl. EG L 164 / 7.
- 38 EG-VO 207/2011 vom 2.03.2011, ABl. EG L 558 / 27 .
- 39 EG-VO 276/2010 vom 31.03.2010, ABl. EG L 86 / 7.
- 40 EG-VO 366/2011 vom 14.04.2011, ABl. EG L 101 / 12 [4.1], 494/2011.
- 41 EG-VO 494/2011 vom 20.05.2011, ABl. EG L 134 / 2.
- 42 EG-VO 412/2012 vom 15.05.2012, ABl. EG L 128 / 1.
- 43 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“.

- 44 EG-VO 689/2008 vom 31.07.2008, Abl.EG L 204 / 1.
- 45 EG-VO 3677/90 vom 20.12.1990, Abl.EG L357 / 1.
- 46 EG-VO 2037/2000 vom 29.06.2000, ABL. EG L 2447 / 1.
- 47 EG-VO 850/2007 vom 29.04.2007, ABL.EG L 229 / 5.
- 48 EG-VO 127/2007 vom 16.02.2007, Abl.EG L 55 / 1.

Kapitel 05

- 1 ChemG, Chemikaliengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Juli 2008 (BGBl. I S. 1146), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 39 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist“.
- 2 Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 vom 18.12.2006, Abl. EG vom 30.12.2006, Nr. L 396 S. 1.
- 3 CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 vom 16. 12.2008, Abl. EG vom 31.12.2008, Nr. L 353 S. 1.
- 4 RL 98/8/EG Abl. L 123 vom 24.4.1998, S. 1.
- 5 ChemVerbotsV, Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz, i.d.F. vom 24.02.2012, BGBl. I S. 212.
- 6 GefStoffV, Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen, i.d.F. vom 28.07.2011, BGBl. I S. 1622.
- 7 ChemOzonSchichtV, Verordnung über Stoffe, die die Ozonschicht schädigen, 15. Februar 2012 (BGBl. I S. 409).
- 8 EG-VO 1005/2009, Verordnung über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen, Abl. L 286 vom 31.10.2009, S. 1.
- 9 Chemikalien-Klimaschutzverordnung, Verordnung zum Schutz des Klimas vor Veränderungen durch den Eintrag bestimmter fluorierter Treibhausgase, id.F. vom 24.02.2012, BGBl. I S 212.
- 10 EG-VO 842/2006, VO über bestimmte fluorierte Treibhausgase, Abl. EU Nr. L 161 S. 1.
- 11 Verordnung über die Meldung von Biozid-Produkten nach dem Chemikaliengesetz, Biozid-Meldeverordnung vom 14. Juni 2011 (BGBl. I) S. 1085.
- 12 Gif tinfor mationsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Juli 1996 (BGBl. I S. 1198), die zuletzt durch Artikel 4 der Verordnung vom 11. Juli 2006 (BGBl. I S. 1575) geändert worden ist“.
- 13 ChemVOCFarbV, Lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung vom 16. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3508), die zuletzt durch Lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung vom 16. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3508), die zuletzt durch Lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung vom 16. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3508), die zuletzt durch Artikel 4 der Verordnung vom 20. Dezember 2010 (BGBl. I S. 2194) geändert worden ist“.
- 14 EG-RL 2004/42/EG vom 21.04.2004, ABL. EG L 143 / 87.
- 15 ChemStrOwiV, „Chemikalien Straf- und Bußgeldverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Oktober 2005 (BGBl. I, S. 3111), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Mai 2011 (BGBl. I S. 892) geändert worden ist“.
- 16 EG-VO 850/2007 vom 29.04.2007, ABL.EG L 229 / 5.
- 17 EG-VO 304/2002 über die Aus- und Einfuhr gefährlicher Chemikalien.
- 18 Chemikalien-Kostenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 1. Juli 2002 (BGBl. I S. 2442), die zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 20. Mai 2008 (BGBl. I S. 922) geändert worden ist“.
- 19 BioStoffV, a) Biostoffverordnung vom 27. Januar 1999 (BGBl. I S. 50), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 18. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2768) geändert worden ist“, b) Referentenentwurf vom 3.8.11.
- 20 EG-RL 98/24/EG vom 7.4.1998, Abl. EG Nr L 131 vom 5.5.1998, S. 11.
- 21 EG-RL 2004/37/EG, EG-RL 2004/37/EG vom 29.04.2004, Abl. EG L 158/50.
- 22 EG-RL 67/548/EWG Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe, EG-Amtsblatt L 196, S1 von 1967, EG-RL 67/548/EWG i.d.F. der 28. ATP von EG-RL 2001/59/EG L225/1 bisher 32.
- 23 EG-RL 1999/45/EG, EG-Amtsblatt 1999, Nr. L 200 S. 1.

- 24 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe, Ausgabe Mai 2008.
- 25 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“.
- 26 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 200 „Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen“
- 27 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“.
- 28 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 526 „Laboratorien“.
- 29 BGI 850 „Sicheres Arbeiten in Laboratorien“.
- 30 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 420 „Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung“.
- 31 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 201 „Einstufung und Kennzeichnung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“, Okt 11.
- 32 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“.
- 33 TRGS 560, Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 560 „Lufrückführung bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Stäuben“.
- 34 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 720 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre“.
- 35 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 721 „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung“, (Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006)
- 36 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 722 „Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“.
- 37 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 800 „Brandschutzmaßnahmen“.
- 38 Sprengstoffgesetz, Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe, i.d.F. vom 22.12.2011, BGBl. I 3044.
- 39 BGV B 4 „Organische Peroxide“, vom Oktober 2000.
- 40 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“.
- 41 TRGS 519, Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 519 „Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten“.
- 42 TRGS 523, Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 523 „Schädlingsbekämpfungsmitteln mit sehr giftigen, giftigen und gesundheitsschädlichen Stoffen und Zubereitungen“.
- 43 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 513 „Tätigkeiten mit Sterilisatoren mit Ethylenoxid und Formaldehyd“.
- 44 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 512 „Begasungen“.
- 45 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 522Raumdesinfektion mit Formaldehyd .
- 46 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 511 „Ammoniumnitrat“.
- 47 Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 500 „Schutzmaßnahmen“.
- 48 2000/54/EG, EG-RL Biostoffe, Richtlinie über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit (7. Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Abs. 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. EG Nr. L 374 S. 1), geändert durch die Richtlinie 93/88/EWG des Rates vom 12. Oktober 1993 (ABl. EG Nr. L 268 S. 71), angepasst durch die Richtlinien der Kommission 95/30/EG vom 30. Juni 1995 (ABl. EG Nr. L 155 S. 41), 97/59/EG vom 7. Oktober 1997 (ABl. EG Nr. L 282 S. 33) und 97/65/EG vom 26. November 1997 (ABl. EG Nr. L 335 S. 17).
- 49 Merkblatt B 001, BGI 628.
- 50 Merkblatt B 002, BGI 629.
- 51 Merkblatt B 003, BGI 630.
- 52 Merkblatt B 004, BGI 631.
- 53 Merkblatt B 005, BGI 632.
- 54 Merkblatt B 006, BGI 633.
- 55 Technische Regel für biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 500 „Grundlegende Maßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen“.
- 56 Arbeitsmedizinverordnung, Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge, i.d.F. vom 26.11.2010 BGBl. I 1643.
- 57 EN 12469:2000; Biotechnik – Leistungskriterien für mikrobiologische Sicherheitswerkbanken.

- 58 EG-RL 92/85/EWG „Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes von schwangeren Arbeitnehmerinnen, Wöchnerinnen und stillenden Arbeitnehmerinnen am Arbeitsplatz, ABl. EU Nr. L 165, S. 21.
- 59 Mutterschutzverordnung, Verordnung zum Schutz der Mütter am Arbeitsplatz (MuSchArbV), i.d.F. vom 26. 11. 2010, BGBl. I S. 1643.
- 60 JArbSchG, Gesetz zum Schutz der arbeitenden Jugend (Jugendarbeitsschutzgesetz), i.d.F. vom 7.12.2011, BGBl. I S. 2592.
- 61 BetriebSichV, „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes Betriebs-sicherheitsverordnung, i.d.F. vom 8.11.2011, BGBl. I S.2178“.
- 62 ProdSG, Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz), i.d.F. vom 8. 11. 2011, BGBl. I S. 2179; 2012 I S. 131.
- 63 BImSchG, „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionschutzgesetz), i.d.F. vom 27.6.2012 BGBl. I S. 1421“.
- 64 EG-RL 96/82 Zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen, ABl. L 10 vom 14.1.1997, S. 13.
- 65 4. BImSchV, Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen), i.d.F. vom 17.8.2012 BGBl. I S. 1726.
- 66 12. BImSchV, Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (Störfallverordnung), i.d.F. vom 26.11.2010 BGBl. I S. 1643.
- 67 EG-RL 2012/18 Zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen, ABl. L 197 / 1 vom 24.07.2012.
- 68 WHG, Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz), i.d.F. vom v. 24.2.2012 BGBl. I S. 212.

- 69 VwVwS, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Änderung der Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe vom 27.07.2005, BAnz. Nr. 142a.

Kapitel 06

- 1 EG-RL 89/686/EWG Zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für persönliche Schutzausrüstungen, ABl. L 399 vom 30.12.1989, S. 18.
- 2 Achte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über die Bereitstellung von persönlichen Schutzausrüstungen auf dem Markt), i.d.F. vom 8.11.2011 BGB. I S. 2178.
- 3 BGR 192, Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz, Ausgabe Juli 2001.
- 4 DIN EN 166, Persönlicher Augenschutz - Anforderungen, 2002-04.
- 5 BGR 195, Einsatz von Schutzhandschuhen.
- 6 DIN EN 374, Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen.
- 7 DIN EN 420, Schutzhandschuhe, Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren.
- 8 Gefahrstoffverordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643), geändert durch BGBl. I S 1622 vom 28.07.2011.
- 9 BGR 192 „Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten“.
- 10 DIN EN 140, Atemschutzgerät, Halbmaske und Viertelmasks, Anforderungen.
- 11 DIN EN 149, Atemschutzgeräte – Filtrierende Halbmasken zum Schutz gegen Partikeln – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung.
- 12 Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge, DGUV Grundsatz G 26 „Atemschutzgeräte“.

Kapitel 07

- 1 Gefahrstoffverordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643), geändert durch BGBl. I S 1622 vom 28.07.2011.
- 2 BetriebSichV, „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim

- Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes/Betriebssicherheitsverordnung, i.d.F. vom 8.11.2011, BGBl. I S. 2178“.
- 3 12. BImSchV, Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfallverordnung), i.d.F. vom 26.11.2010 BGBl. I S. 1643.
 - 4 WHG, Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz), i.d.F. vom v. 24.2.2012 BGBl. I S. 212.
 - 5 EG-RL 67/548/EWG Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe, EG-Amtsblatt L 196, S1 von 1967, EG-RL 67/548/EWG i.d.F. der 28. ATP von EG-RL 2001/59/EG L225/1 bisher 32.
 - 6 CLP 1272/2008 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 vom 16. 12.2008, Abl. EG vom 31.12.2008, Nr. L 353 S. 1.
 - 7 TRGS 511, Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 511 „Ammoniumnitrat“.
 - 8 BGV B 4 „Organische Peroxide“, vom Oktober 2000.
 - 9 Sprengstoffgesetz, Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe, i.d.F. vom 22.12.2011, BGBl. I 3044.
 - 10 UVV Gase, BGV B 6, außer Kraft gesetzt am 1.1.2005.
 - 11 TRGS 510, Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“.
 - 12 TRGS 509, Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 509 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsfesten Anlagen“.
 - 13 TRGS 400, Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“.
 - 14 BekGS 220 Sicherheitsdatenblatt, Ausgabe 2011.
 - 15 VdTÜV-Merkblatt.
 - 16 BGR 117-1, „Behälter, Silos und enge Räume, Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“
 - 17 TRBS 2152, TRGS 722.
 - 18 Elfte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Explosionsschutzverordnung), i.d.F. vom 8.11.2011 BGBl. I S. 2178
 - 19 TRBS 3145.
 - 20 TRBS in Bearbeitung „Lagerung von Gasen in ortsfesten Anlagen“.
 - 21 TRGS „Tätigkeiten mit Gasen“.
 - 22 TRBS 1201, Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) 1201 „Prüfungen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen“.
 - 23 DIN EN 14470; Feuerwiderstandsfähige Lagerschränke.

Kapitel 08

- 1 RID-Änderungsverordnung – 17. RID-ÄndV, BGBl. 2012 Teil II Nr. 35, S. 1338.
- 2 GGVSEB, Gefahrgutverordnung Straße Eisenbahn Binnenschifffahrt.
- 3 ADR, BGBl. 2012 Teil II S. 954.
- 4 ADN, 3. Änderungsverordnung, BGBl. 2010 Teil II Nr. 38, S. 1550.
- 5 IMDG-Code, Verkehrsblatt, VklBl 2010, S. 554.
- 6 Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen (GGVSee), Gefahrgutverordnung See, BGBl. I S. 2715.
- 7 Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz – GGBefG) (BGBl. I) S. 1774, 3975.
- 8 Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe, EG-Amtsblatt L 196, S1 von 1967, EG-RL 67/548/EWG i.d. F. der 28. ATP von EG-RL 2001/59/EG L225/1.
- 9 CLP 1272/2008 Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 vom 16. 12.2008, Abl. EG vom 31.12.2008, Nr. L 353 S. 1.
- 10 2008/68/EG, Beförderung gefährlicher Güter im Binnenland, Amtsblatt der EG, L 260 / 13 vom 24.09.2008.
- 11 2010/61/EG, Amtsblatt der EG, L 233 / 27 vom 24.09.2010.
- 12 GbV Verordnung über die Bestellung von Gefahrgutbeauftragten in Unternehmen, Gefahrgutbeauftragtenverordnung vom 25.02.2011, BGBl. I 9 S. 341.
- 13 GgKontrollV, Verordnung über die Kontrollen von Gefahrguttransporten auf der Straße und in den Unternehmen, BGBl. 2005 Teil I Nr. 68, S. 3105.
- 14 RSEB, Durchführungsrichtlinie – Gefahrgut, Verkehrsblatt-Dokument B 2207 vom 29.04.2011.
- 15 GGAV, Gefahrgut-Ausnahmeverordnung, BGBl. 20011, Teil, S. 2803.

Glossar

Abgabebuch	Verzeichnis, in dem die für die Abgabe von mit T oder T+ gekennzeichneten Stoffen nach ChemVerbotsV notwendigen Angaben aufgeführt werden.
Abiotisch	unbelebt.
Absorbieren	aufsaugen.
ADI	Abkürzung für „Acceptable Daily Intake“; zulässige Höchstwerte an Pflanzenschutzmitteln, die ohne Gesundheitsbeeinträchtigung täglich lebenslang aufgenommen werden können; der ADI-Wert liegt somit unter dem NOAEL.
Adiabatisch	ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung, der gesamte Wärmeumsatz bleibt im System.
ADR	Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße.
Adsorption	Anlagerung von Gasen oder gelösten Stoffen an der Oberfläche eines Festkörpers, z. B. Aktivkohle, Kieselgel, Molekularsieb.
Aerosole	Gas (meist Luft), das feste oder flüssige Schwebstoffe mit einem Partikeldurchmesser kleiner 100 µm enthält.
AGS	Ausschuss für Gefahrstoffe, berät das BMAS in Fragen zu Gefahrstoffen
AGW	Arbeitsplatzgrenzwert; nach § 2 Gefahrstoffverordnung die Konzentration eines Stoffes, bei der keine akuten oder chronisch schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen zu befürchten sind, werden in der TRGS 900 veröffentlicht.
Akute Toxizität	giftige Wirkung eines Stoffes nach Verabreichung entweder als Einzeldosis, in mehreren Dosierungen innerhalb 24 Stunden oral oder dermal bzw. inhalativ als Gas / Dampf oder Aerosol innerhalb 1 Stunde oder 4 Stunden.
Allergie	Überempfindlichkeitsreaktion gegenüber bestimmten Stoffen als Abwehrreaktion des Immunsystems.

Altstoff	Stoffe, die vor dem 18.09.1981 erstmalig in Verkehr gebracht und nach der Stoffrichtlinie 67/548/EWG angemeldet wurden; sind im Altstoffinventar EINECS gelistet; mit Inkrafttreten der REACH-Verordnung 1907/2006 mussten alle Altstoffe registriert werden, wenn sie weiterhin hergestellt oder importiert werden sollen.
Alveolen	Lungenbläschen, Bereich der Lunge, in dem der Gasaustausch mit dem Blut erfolgt.
Angemeldeter Stoff	Stoff, der gemäß der Richtlinie 67/548/EWG angemeldet wurde und in Verkehr gebracht werden durfte.
Anmelder	Hersteller oder Importeur oder Gruppe von Herstellern oder Importeuren, die der Agentur Meldung erstatten.
Antigen	Moleküle oder Teile von Molekülen, die in einem Organismus die Bildung von Antikörpern als Immunantwort auslösen.
Antikörper	vom Immunsystem gebildete Immunglobuline nach Kontakt mit einem Antigen.
Arbeitsmittel	Werkzeuge, Geräte, Maschinen oder Anlagen.
ArbmittVV	Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Verwendung von Arbeitsmitteln und dem Betrieb von Anlagen; Anlagen- und Arbeitsmittelverwendungsverordnung, Nachfolger der Betriebssicherheitsverordnung.
Artikel	Definition nach CLP-VO: Gegenstand, dessen Gestalt, Oberfläche oder Form die Funktion mehr bestimmen als die chemische Zusammensetzung.
ARW	Arbeitsplatzrichtwert; Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz, abgeleitet nach dem vom AGS festgelegten Ableitungsverfahren.
ASI	Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten.
ASiG	Arbeitssicherheitsgesetz.
ATE	(acute toxicity estimate) Schätzwert der akuten Toxizität nach CLP-VO.
Atemgift	Gift, das über die Atemorgane in den Körper eindringt.
Atopie	Bereitschaft, gegen Substanzen aus der natürlichen Umwelt (z. B. Pollen, Sporen, Staub, Nahrungsmittel) eine allergische Reaktion vom Soforttyp (Typ-I-Allergie) auszulösen; somit krankhaft erhöhte Bildung von Immunglobulinen.
Ätzend	Fähigkeit von Stoffen lebendes Gewebe zu zerstören oder Materialien anzugreifen. Nach Stoffrichtlinie 67/5848/EWG Gefährlichkeitsmerkmal für Stoffe, die die Haut zerstören (R34 oder R35); nach CLP-VO zählen die Gefahrenklasse hautätzend (H314), schwere Augenschäden auslösend (H318) und metallkorrosiv (H280) hierzu.
Aufbewahren	kurzfristiges Lagern zur Wiederverwendung.

Ausgesetzt sein	Nach Gefahrstoffverordnung sind Arbeitnehmer Stoffen ausgesetzt, wenn eine über die Luftverunreinigung der Umgebungsluft hinausgehende inhalative Belastung oder wenn ein Hautkontakt gegenüber hautgefährdenden, hautresorptiven oder hautsensibilisierenden Gefahrstoffen besteht.
Autorisierung	Zulassungsverfahren nach Art. 55 der REACH-VO für Stoffe in Anhang XIV.
Bakteriophage	Virus, das Bakterien befällt und unter eigener Vermehrung auflöst, oft nur als Phage bezeichnet.
Bakterizid	Bakterien tötend.
BArbBl	Bundesarbeitsblatt; Publikationsorgan des BMAS bis 2006, u. a. für Technische Regeln für Gefahrstoffe, brennbare Flüssigkeiten, Betriebssicherheit, biologische Arbeitsstoffe.
BAT-Wert	Biologischer Arbeitsplatz-Toleranzwert, Grenzwert für Stoffe im Körper, festgelegt von der MAK-Kommission.
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Hauptsitz Dortmund. Nationale Bewertungsstelle für Chemikalien und Biozide.
Beförderer	Unternehmen, das die Beförderung von Gütern in eigener Verantwortung durchführt.
Begasungsmittel	Mittel, die zur Vernichtung von Schadorganismen oder zur Desinfektion eingesetzt werden; giftig eingestufte Begasungsmittel müssen zugelassen werden.
Berücksichtigungsgrenze	Schwellenwert für eingestufte Verunreinigungen, Beimengungen oder einzelne Stoff- oder Gemischbestandteile, bei dessen Überschreitung diese Verunreinigungen, Beimengungen oder Bestandteile bei der Ermittlung, ob der Stoff bzw. das Gemisch eingestuft werden muss, zu berücksichtigen sind.
Berufskrankheit	Krankheiten, die bei der Arbeitstätigkeit auftreten und mit der Arbeit in Zusammenhang stehen.
Beschäftigungsbeschränkungen	Beschränkungen, einschließlich Expositionsverböten, bei Tätigkeiten mit speziellen Gefahrstoffen von Jugendlichen, werdenden oder stillenden Müttern sowie gebärfähigen Frauen.
Besonders besorgniserregende Stoffe	siehe SVHC.
Betriebsanweisung	schriftliche Anweisungen für Arbeitnehmer bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen nach § 14 Gefahrstoffverordnung, TRGS 555.
Betriebssicherheitsverordnung	Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachtungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation

BfR:	des betrieblichen Arbeitsschutzes (BetrSichV), abgelöst durch Anlagen- und Arbeitsmittelverwendungsverordnung. Bundesinstitut für Risikobewertung, Bundesoberbehörde des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; berät das Ministerium in Fragen der Lebensmittel- und Produktsicherheit sowie weitere Ministerien zur Chemikaliensicherheit sowie Gefahrgüter.
BGBl	Bundesgesetzblatt, öffentliches Verkündungsblatt Deutschlands, Gesetze sind erst nach Veröffentlichung im BGBl gültig, seit 22.04.2009 im Internet verfügbar.
BGW	Biologischer Grenzwert, nach § 2 Gefahrstoffverordnung der Grenzwert für die toxikologisch-arbeitsmedizinisch abgeleitete Konzentration eines Stoffes, seiner Metaboliten oder eines Beanspruchungsindikators, bei dem die Gesundheit von Beschäftigten im Allgemeinen nicht beeinträchtigt wird.
Bioakkumulation	Vorgang, bei dem sich Stoffe im Organismus oder in der Umwelt anreichern.
Biobeständig	Eigenschaft von Stoffen, die im Organismus oder in der Umwelt nicht oder nur sehr langsam abgebaut werden.
Biomonitoring	Untersuchung des biologischen Materials (meist Urin) zur Bestimmung der Konzentration von Gefahrstoffen oder deren Metaboliten.
Bioverfügbar	Eigenschaft von Stoffen, die im Stoffwechsel wirksam werden können.
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung.
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Brandfördernd	Gefährlichkeitsmerkmal; Eigenschaft von Stoffen, auch bei Luftausschluss eine Verbrennung anderer Stoffe zu ermöglichen.
BSB	Biochemischer Sauerstoffbedarf, Kenngröße für den Gehalt an biologisch abbaubaren Stoffen im Wasser.
CAD	(chemical agent directive) Agenzienrichtlinie 98/24/EG.
Carcinogen	engl. für „krebserzeugend“
CAS-Nr	Registriernummer des Chemical Abstract Service, Identifikationsnummer von chemischen Stoffen.
ChemG	amtliche Abkürzung für Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen, Chemikaliengesetz.
ChemVerbotsV	amtliche Abkürzung für Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe,

	Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz, Chemikalien-Verbotsverordnung.
Chromosom	Träger der Erbinformation.
Chronische Toxizität	Giftigkeit, die sich bei wiederholter Aufnahme von Stoffen über einen längeren Zeitraum einstellt.
CKW	Abkürzung für Chlorkohlenwasserstoffe.
CLP	(classification, labelling and packaging), EG-Verordnung 1272/2008/EG zur Umsetzung des UN GHS-Systems.
cmr	Abkürzung für die Gefährlichkeitsmerkmale kanzerogen, mutagen, reproduktionstoxisch.
Container	dauerhafter und genügend widerstandsfähiger Behälter zur wiederholten Beförderung von Gütern.
CSA	(chemical substance assessment) Stoffsicherheitsbeurteilung nach der REACH-VO.
CSR	(chemical substance report) Stoffsicherheitsbericht nach der REACH-VO.
Definitionsprinzip	Einstufung von Stoffen oder Zubereitungen aufgrund ihrer gefährlichen Eigenschaft.
Dermale Aufnahme	Aufnahme von Stoffen durch die Haut.
Dioxine	chemische Verbindungsklasse, die halogenierten Dioxine sind sehr biobeständig und z. T. sehr starke Umweltgifte.
Direkt anzeigendes Probenahmesystem	Messverfahren mit direkter Anzeige der Konzentration von Gefahrstoffen in der Luft.
DNEL	(Derived No-Effekt Level), nach REACH-VO abzuleitende Konzentration, bei deren Einhalten bei inhalativer Exposition keine Gesundheitsgefahren befürchtet werden müssen.
DNS	Desoxyribonukleinsäure, Makromolekül, Träger der Erbinformation.
Dosis	Maßzahl für die Menge eines Stoffes, der dem Organismus zugeführt wird, Angabe z. B. in mg des Stoffes pro kg des Körpergewichts.
DPD	(dangerous preparation directive) Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG.
DSD	(dangerous substance directive) Stoffrichtlinie 67/548/EWG.
DU	(downstream user) nachgeschalteter Verwender in der Lieferkette.
ECHA	Europäische Chemikalienagentur mit Sitz in Helsinki, Anmeldeagentur gemäß REACH-VO.
EINECS	(European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances), Altstoffliste der EU unter der Stoffrichtlinie 67/548/EWG mit Inkrafttreten der REACH-VO ohne Bedeutung.
Einfuhr	physisches Verbringen in das Zollgebiet der EU.

Einstufung	Zuordnung von Gefährlichkeitsmerkmalen, die Einstufung gibt die gefährliche Eigenschaft von Stoffen wieder.
ELINCS	(European List of Notified Chemical Substances), Europäische Liste, unter der Stoffrichtlinie 67/548/EWG angemeldete Chemikalien von 1981 bis 2007, gelten als registriert im Sinne der REACH-VO)
Emission	Abgabe von Stoffen in die Umwelt, z. B. aus Schornsteinen, Verbrennungsmotoren.
EMKG	Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe der BAuA.
Emulsion	fein verteiltes Gemisch von nicht mischbaren Flüssigkeiten, z. B. Öl in Wasser.
Endokrine Disruptoren	Stoffe, die Veränderungen im Hormonhaushalt bewirken.
Endoparasiten	Lebewesen, die sich im Körper anderer Individuen (Wirte) vorübergehend (temporär) oder dauernd (stationär) aufhalten und sich auf deren Kosten ernähren.
Endotoxin	Gift (Toxin) bestimmter Mikroorganismen; die Freisetzung erfolgt bei der Auflösung (Lyse) der Zellstruktur.
Entzündlich	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG; Stoffe mit einem Flammpunkt zwischen 21 und 55 °C.
Epidemiologie	Lehre von Ursache, Folgen, Vorkommen und Verbreitung von Krankheiten.
Epithel	oberste Zellschicht des menschlichen und tierischen Haut- und Schleimhautgewebes.
Erbgutverändernd	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG, Eigenschaft von Stoffen, die Erbanlagen zu verändern.
ERC	(environmental release category) Angabe der Schutzmaßnahmen für die Umwelt in den Expositionsszenarien.
Ermittlungspflicht	Feststellung der Eigenschaften und Ersatzmöglichkeit von Gefahrstoffen vor der Verwendung.
Ersatzstoff	Stoff mit geringerem gesundheitlichen Risiko.
Erzeugnis	Definition nach Stoffrichtlinie: Gegenstand, dessen Gestalt, Oberfläche oder Form die Funktion mehr bestimmen als die chemische Zusammensetzung.
ES	Expositionsszenario (siehe dort).
Explosionsbereich	Konzentrationsbereich zwischen unterer (→ UEG) und oberer (→ OEG) Explosionsgrenze.
Explosionsfähig	brennbare feste Stoffe, die feinverteilt in Luft mit einer Zündquelle zur Explosion gebracht werden können, z. B. Mehl.
Explosionsfähige Atmosphäre	Gas / Dampf-Luft-Gemisch, das mit einer Zündquelle zur Explosion gebracht werden kann.
Explosionsgefährlich	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG, Eigenschaft eines Stoffes oder einer Zubereitung zur spontanen Zersetzung durch Temperatur, Schlag oder Reibung.

Exposition	ausgesetzt sein, die Aufnahme kann dermal oder inhalativ erfolgen.
Expositionsszenario	Zusammenstellung von Bedingungen einschließlich der Verwendungsbedingungen und Risikomanagementmaßnahmen, mit denen dargestellt wird, wie der Stoff hergestellt oder während seines Lebenszyklus verwendet wird und wie der Hersteller oder Importeur die Exposition von Mensch und Umwelt beherrscht oder den nachgeschalteten Anwendern zu beherrschen empfiehlt.
Ext-SDB	erweitertes Sicherheitsdatenblatt nach REACH-VO.
Ex-Zone	Bereich mit möglicherweise explosionsgefährlicher Atmosphäre.
Fachkunde	durch Berufsausbildung, Weiterbildung im bestehenden Beruf oder durch eine Tätigkeit erworbene Kenntnisse, die zur Durchführung bestimmter Tätigkeiten benötigt werden.
Fahrtwegbestimmung	Festlegung des Fahrtweges beim Transport von Listengütern nach GGVSEB.
Fasern	Feststoffpartikel mit nadeliger Form, nach WHO-Definition: Länge größer 5 µm, Durchmesser kleiner 3 µm, Verhältnis Länge zu Durchmesser > 3 zu 1.
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe.
Feinstaub	alveolengängige (→ Alveolen) Fraktion des einatembaren Staubs.
Flammpunkt	niedrigste Temperatur, bei der sich oberhalb eines Stoffes ein zündfähiges Dampf-Luft-Gemisch bildet.
Fluid	Oberbegriff für Flüssigkeiten und Gase.
Fortpflanzungsfähigend	auch reproduktionstoxisch, Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG; Eigenschaft von Stoffen, die entweder zur Minderung der Fruchtbarkeit oder zur Schädigung des ungeborenen Kindes, inkl. der nachgeburtlichen Entwicklung, führen kann.
Fruchtschädigend	Eigenschaft von Stoffen, das ungeborene Kind zu schädigen.
Gasfilter	Atemschutzfilter zum Schutz vor Gasen und Dämpfen.
Gefährdung	Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung ohne bestimmte Anforderungen an deren Ausmaß oder Eintrittswahrscheinlichkeit, entspricht dem engl. Ausdruck „risk“.
Gefährdungsbeurteilung	Systematische Untersuchung aller möglichen Gefährdungen vor der Aufnahme von Tätigkeiten und die Festlegung adäquater Schutzmaßnahmen.
Gefahrenbezeichnung	den Gefahrensymbolen nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG zugeordnete Begriffe, z. B. giftig, leichtentzündlich, ätzend.
Gefahrenhinweis	nach CLP-VO zur Beschreibung der Gefahrenklasse und Gefahrenkategorie, H-Satz.

Gefahrenkategorie	nach CLP-VO die Untergliederung nach Kriterien innerhalb der einzelnen Gefahrenklassen zur Angabe der Schwere der Gefahr.
Gefahrenklasse	nach CLP-VO Art der physikalischen Gefahr, der Gefahr für die menschliche Gesundheit oder der Gefahr für die Umwelt.
Gefahrenpiktogramm	bildhafte Darstellung gefährlicher Eigenschaften nach CLP-VO; auf einer Spitze stehendes Quadrat mit rotem Rand, z. B. Gasflasche, Totenkopf mit gekreuzten Knochen, Ausrufezeichen.
Gefahrensymbol	bildhafte Darstellung gefährlicher Eigenschaften nach Stoffrichtlinie, z. B. Totenkopf, Andreaskreuz.
Gefahrklasse	Einteilung gefährlicher Güter beim Transport aufgrund ihrer Eigenschaften in neun Hauptklassen.
Gefährliche Güter	Transportgüter, die aufgrund ihrer Eigenschaften in eine der neun Gefahrenklassen eingeteilt sind und den Gefahrgutvorschriften unterliegen.
Gefährlicher Stoff	Stoff, dem aufgrund seiner Eigenschaft ein Gefährlichkeitsmerkmal zugeordnet ist.
Gefährlichkeitsmerkmale	die 15 gefährlichen Eigenschaften nach der Stoffrichtlinie.
Gefahrstoff	Oberbegriff für „gefährliche Stoffe oder Zubereitungen“, „explosionsfähige Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse“, „Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse, die einen gefährlichen Stoff freisetzen“, „Stoffe und Zubereitungen, die aufgrund ihrer physikalisch-chemischen, chemischen oder toxischen Eigenschaften und der Art und Weise, wie sie am Arbeitsplatz vorhanden sind oder verwendet werden, die Gesundheit und die Sicherheit gefährden können“ und „alle Stoffe, die einen AGW besitzen“.
Gefahrzettel	Kennzeichnung der Verpackung und der Transportbehälter gefährlicher Güter.
GefStoffV	amtliche Abkürzung für Gefahrstoffverordnung.
Gemisch	Gemisch oder Lösung, mindestens zwei Stoffen bestehend, bedeutungsgleich mit Zubereitung.
Genom	Gesamtheit der genetischen Information eines Organismus, Organells oder Virus.
Gesundheitsschädlich	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie; Stoffe die zum Tode oder zu schwerwiegenden Gesundheitsschäden führen können (LD ₅₀ oral 200 – 2.000 mg/kg).
GGVSEB	Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt).

GHS	Globales Harmonisiertes System, vom zuständigen Komitee der UN erarbeitetes Einstufungs- und Kennzeichnungssystem für Stoffe.
Giftig	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie, Stoffe, die bereits in niedrigen Mengen zum Tode oder zu schwerwiegenden Gesundheitsschäden führen können, (LD ₅₀ oral 25 – 200 mg/kg).
GLP	(good laboratory practice), siehe Gute Labor Praxis.
Großcontainer	Container mit einem Fassungsraum von mehr als 3 m ³ .
Gute Labor Praxis	spezielles Qualitätszertifikat zur Ermittlung von Stoffeigenschaften.
Händler	natürliche oder juristische Person mit Sitz in der Europäischen Gemeinschaft, die einen Stoff als solchen oder in einem Gemisch lediglich lagert und an Dritte in Verkehr bringt; einschließlich Einzelhändler.
Hautresorption	Aufnahme von Stoffen durch die Haut in den Körper.
hazard	englische Bezeichnung für Gefahr.
HCH	Hexachlorcyclohexan, das gamma-Isomere von Lindan
Hochentzündlich	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie; Stoffe oder Zubereitungen mit einem Flammpunkt unter 0 °C und einem Siedepunkt unter 35 °C.
Hydrophil	wasserliebend, wasserfreundlich, meist in Wasser löslich.
Hydrophob	wasserabweisend, nicht in Wasser löslich.
IBC	(Intermediate Bulk Container), Großpackmittel mit einem Fassungsraum bis 3 m ³ .
Identifizierte Verwendung	Verwendung eines Stoffes als solchem oder in einem Gemisch oder Verwendung eines Gemischs, die ein Akteur der Lieferkette, auch zur eigenen Verwendung, beabsichtigt oder die ihm schriftlich von einem unmittelbar nachgeschalteten Anwender mitgeteilt wird.
IMDG-Code	Empfehlung der Internationalen Seeschiffahrtsorganisation (IMO) über gefährliche Güter, weitgehend mit ADR identisch.
Immission	Gesamtheit aller Einwirkung (Luftverunreinigungen, Geräusche, Wärme, Strahlung etc.) von Anlagen oder von Produkten auf ein Gebiet.
Immunglobulin	Glykoprotein mit meist Antikörpereigenschaften; es gibt verschiedene Immunglobulinklassen: A, D, E, G, M.
Importeur	natürliche oder juristische Person mit Sitz in der Europäischen Gemeinschaft, die für die Einfuhr verantwortlich ist.
in vitro	organische Vorgänge, die außerhalb eines Organismus unter künstlichen Bedingungen erfolgen, z. B. im Reagenzglas, Retorte.

in vivo	Vorgänge, die innerhalb eines Organismus ablaufen.
Inerte Gase	Chemisch nicht reagierende Gase, werden als Schutzgase zur Vermeidung einer explosionsfähigen Atmosphäre oder zur Vermeidung unerwünschter chemischer Reaktionen eingesetzt.
Inerte Stäube	Unlösliche Stäube, die keine spezifisch toxische Wirkung besitzen und die Atmungsorgane allein aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften schädigen können.
Inhalation	Einatmen von Gasen, Dämpfen, Stäuben.
Intoxikation	Vergiftung.
Inverkehrbringen	Abgabe von Produkten an Dritte oder die Bereitstellung für Dritte.
Inzidenz	Häufigkeit des Neuauftretens einer Erkrankung.
irreversibler Schaden	nicht mehr rückgängig zu machende Schäden, z. B. Krebs-erzeugung.
Isomere	Verbindungen mit der gleichen Summenformel, aber unterschiedlicher räumlicher Anordnung der Atome.
IUCLID	(International Uniform Chemical Information Database) Datenbank der EG zum Datenaustausch.
IUPAC	international gültige Nomenklatur für Chemikalien.
Kandidatenliste	Stoffe, die vorgeschlagen wurden zur Aufnahme in Anhang XIV der REACH-VO. Mit der Aufnahme sind Informationspflichten in der Lieferkette verbunden.
Kanzerogen	krebserzeugend.
Karzinogen	Gefahrenklasse nach CLP-VO, gekennzeichnet mit H350 (Kat. 1A, 1B) oder H351 (Kat. 2).
Kategorie	Einteilung der cmr-Eigenschaften nach Stoffrichtlinie in 3 Kategorien in Abhängigkeit der Erkenntnislage siehe auch: Gefahrenkategorie.
Kemler-Zahl	Gefahrnummer, obere Nummer auf den Warntafeln von gefährlichen Gütern.
Kennbuchstaben	dem Gefahrensymbol nach Stoffrichtlinie zugeordnete Buchstaben zur Identifizierung des Gefahrensymbols, z. B. T für Totenkopf, Xn für gesundheitsschädlich.
Kleincontainer	Container mit Außenabmessungen unter 1,5 m und Innenvolumen unter 3 m ³ .
Kontamination	Verunreinigung von Menschen, Tieren oder Gegenständen.
konventionelle Methode	Berechnung der Einstufung von Zubereitungen aufgrund vorgegebener Konzentrationsgrenzen.
K_{ow}	Verteilungskoeffizient n-Octanol-Wasser
Krebserzeugend	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie; Eigenschaft von Stoffen, ein unkontrolliertes Zellwachstum auszulösen.
Kumulative Wirkung	Anreicherung von Stoffen im Körper, wenn die Ausscheidungsrate kleiner als die Stoffaufnahme ist.
Label	engl. Bezeichnung für Gefahrzettel oder Kennzeichnung.

Lagern	Aufbewahrung zur späteren Verwendung sowie zur Abgabe an Dritte.
Latenzzeit	Zeit zwischen Aufnahme eines Stoffes und der einsetzenden Wirkung.
LC₅₀	mittlere letale Konzentration; Konzentration eines Stoffes in der Atemluft, bei dessen Einatmen die Hälfte der Versuchstiere zu Tode kommt (Einheit: mg/l).
LD₅₀	mittlere letale Dosis; Dosis, bei der die Hälfte der Tiere zu Tode kommt (Einheit: mg des Stoffes pro kg Körpergewicht).
Legal Entity	juristische Person, verantwortlich nach REACH-VO.
Leichtentzündlich	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie; Stoffe mit einem Flammpunkt unter 21 °C.
Letale Dosis	Dosis eines Stoffes, meist ausgedrückt in mg des Stoffes pro kg Körpergewicht, die zum Tode führt.
Lieferant	Hersteller, Importeur, nachgeschalteter Anwender oder Händler, der einen Stoff als solchen oder in einem Gemisch oder ein Gemisch in Verkehr bringt.
Lipophil	fettliebend.
Listenprinzip	Einstufung gefährlicher Stoffe aufgrund der Stoffliste nach Anhang VI der CLP-VO.
LNG	verflüssigtes Erdgas (liquid natural gases).
LOEL	Lowest observed effect level, niedrigste Dosis mit ermittelter toxischer Wirkung.
Lokale Wirkung	Wirkung von Stoffen an der Einwirkungsstelle, z. B. ätzend.
LPG	verflüssigte Petroleumgase (liquid petroleum gases).
Lymphozyten	weiße Blutkörperchen, sind u. a. an der Antikörperbildung oder an der spezifischen zellulären Immunabwehr beteiligt.
M-Faktor	ein Multiplikationsfaktor. Er wird auf die Konzentration eines als akut gewässergefährdend, Kategorie 1, oder als chronisch gewässergefährdend, Kategorie 1, eingestuften Stoffes angewandt und wird verwendet, damit anhand der Summiermethode die Einstufung eines Gemisches, in dem der Stoff vorhanden ist, vorgenommen werden kann.
Makrophagen	Bestandteile der weißen Blutkörperchen (Leukozyten), zählen zu den Fresszellen (Phagozyten); dienen der Beseitigung von Mikroorganismen durch Phagozytose.
MAK-Wert	maximale Arbeitsplatzkonzentration; Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, die die Gesundheit bei täglich achtstündiger Aufnahme nicht schädigt.
Margin of Exposure (MoE)	Abstand zwischen der aus tierexperimentellen Daten abgeleiteten Konzentration, die noch toxische Effekte auslöst, und der erwarteten bzw. durch Messungen ermittelten Konzentration, gegen die der Mensch exponiert ist.

Maximal tolerierbare Dosis (MTD)	Höchste Dosis im Tierexperiment, bei der keine gravierenden toxischen Effekte allgemeiner Art auftreten. Die MTD wird in der Regel anhand der Körpergewichtsentwicklung ermittelt. In Tierstudien, mit denen die mögliche krebs-erzeugende Wirkung einer Substanz untersucht wird, sollte die MTD erreicht, aber nicht überschritten werden.
Mesotheliom	Bösartiger Tumor des Bauchfells (Peritoneum), des Brust- / Rippenfells (Pleura) oder des Herzbeutels (Pericard). Pleuramesotheliome beim Menschen werden überwiegend durch Asbest ausgelöst.
Metabolismus	Stoffwechsel, Umwandlung von Stoffen im Organismus.
Metabolit	Umwandlungsprodukt eines Stoffes im Organismus.
MIK-Wert	maximale Immissionskonzentration.
Morbidität	Erkrankungshäufigkeit; Zahl der Erkrankten innerhalb einer Population.
Mortalität	Sterblichkeit; Zahl der Sterbefälle innerhalb einer Population.
Mutagen	erbgutverändernd.
Mutation	spontan auftretende Änderung des Erbgutes.
Mykotoxin	Pilzgift.
n.a.g.	nicht anderweitig genannt; Stoff, der in Tabelle A des ADR nicht namentlich aufgeführt und einem Sammel- oder Gruppeneintrag zugeordnet ist.
Nachgeschalteter Anwender	natürliche oder juristische Person mit Sitz in der Gemeinschaft, die im Rahmen ihrer industriellen oder gewerblichen Tätigkeit einen Stoff als solchen oder in einem Gemisch verwendet, mit Ausnahme des Herstellers oder Importeurs. Händler oder Verbraucher sind keine nachgeschalteten Anwender, jedoch ein Reimporteur.
NOAEC	(no adverse effect concentration), Konzentration eines Stoffes, bei der noch keine gesundheitsgefährdende Wirkung eintritt.
NOAEL	(no adverse effect level), Schwellenwert von Stoffen, bei dem noch keine gesundheitsgefährdende Wirkung eintritt.
Non-Phase-in-Stoffe	Stoffe, die nicht unter die Definition der Phase-In-Stoffe fallen. Stoffe dürfen weder hergestellt noch importiert werden in Mengen über 1 t/a ohne vorherige Registrierung.
OEG	obere Explosionsgrenze; höchste Konzentration eines brennbaren Stoffes in Luft, die noch durch Zündung zur Explosion gebracht werden kann.
OEL	(occupational exposure level) Grenzwert für die Exposition am Arbeitsplatz.
Ökologisch	umweltbezogen.
Onkogen	tumorauslösend.
Orale Aufnahme	Aufnahme durch den Mund, verschlucken.

OSHA	Europäische Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz.
p.o.	peroral, Aufnahme durch Verschlucken.
Packmittel	zusammenfassende Bezeichnung für Verpackungen.
PAH	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (polycyclic aromatic hydrocarbons), z. B. Benzo(a)pyren.
Partikelfilter	Atemschutzgeräte zum Schutz vor Stäuben oder Fasern in der Luft.
PAS	(Personal Air Sampling), Ermittlung der Exposition gegenüber Stoffen mittels persönlicher Probenahmegeräte.
Pathogen	krankheitserregend, z. B. durch Bakterien, Viren, Pilze.
PBT	persistenter, bioakkumulierbarer toxischer Stoff.
PCB	polychlorierte Biphenyle.
PCDD	polychlorierte Dibenzodioxine.
PCDF	polychlorierte Dibenzofurane.
PCP	Pentachlorphenol.
PCT	polychlorierte Terphenyle.
Perkutan	Aufnahme von Stoffen durch die Haut.
Persistent	Stoffe, die in der Umwelt nur sehr langsam abgebaut werden und sich anreichern können.
Phase-in-Stoff	Stoffe gelten als Phase-in-Stoffe, wenn sie a) im Europäischen Verzeichnis der auf dem Markt vorhandenen chemischen Stoffe (EINECS) aufgeführt sind, b) in der EU hergestellt, jedoch vor 1992 nicht mindestens einmal vom Hersteller oder Importeur in Verkehr gebracht wurden, c) nach der Stoffrichtlinie angemeldet wurden.
pH-Wert	Maß für die Säure- und Basenstärke, $\text{pH} = 7$ (Neutralpunkt), $\text{pH} < 7$ (sauer), $\text{pH} > 7$ (alkalisch).
PNEC	Predicted No-Effect Concentration, abgeschätzte Konzentration ohne nachteilige Effekte auf die Umwelt.
POD	(point of departure) Ausgangspunkt für die Ableitung von Arbeitsplatzgrenzwerten, z. B. DNEL.
POP	(persisten organic pollutant) langlebige organische Schadstoffe, unterliegen der POP-Konvention.
ppb	(parts per billion), Konzentrationsangabe von Stoffen, ein Teilchen pro eine Milliarde, z. B. $\mu\text{l}/\text{m}^3$, $\mu\text{g}/\text{kg}$.
ppm	(parts per million), Konzentrationsangabe von Stoffen, ein Teilchen pro eine Million, z. B. ml/m^3 , $\mu\text{l}/\text{l}$, mg/kg , g/T .
PPORD	(Products and process orientated research and development) Produkte für die prozessorientierte Forschung und Entwicklung.
Prävalenz	Bestand an Patienten mit einer definierten Erkrankung bezogen auf eine definierte Population zu einem Zeitpunkt oder kumulativ nach einer bestimmten Beobachtungsdauer einer Population.

PROC	(process category) Beschreibung der Schutzmaßnahmen in den Expositionsszenarien.
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig.
PVC	Polyvinylchlorid.
Pyrolyseprodukte	Stoffgemische, die bei der Pyrolyse (Erhitzen unter Sauerstoffmangel) von organischen Stoffen entstehen.
QSAR	(Quantitative structure-activity relationship) Quantitative Struktur-Wirkungs-Beziehung.
RAC	(risk assessment committee) Ausschuss für Risikobeurteilung bei der ECHA.
REACH	(registration evaluation and assessment of chemicals) EG-Verordnung 2007/1906/EG.
READ-Across	Zuordnung von intrinsischen Eigenschaften eines Stoffes mit denen einer ähnlichen Modellverbindung.
Recycling	Wiederverwendung von Stoffen.
Registrant	Hersteller oder Importeur eines Stoffes oder Produzent oder Importeur eines Erzeugnisses, der ein Registrierungsdossier für einen Stoff gemäß der REACH-VO einreicht.
Reizend	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie; Wirkung von Stoffen am Auge, den Atemorganen oder der Haut, die Reizwirkung ist eine reversible Reaktion.
Reproduktions-toxisch	fortpflanzungsgefährdend.
Reversibel	umkehrbar, reversible Körperreaktionen bewirken keine dauerhafte Veränderung.
RID	Internationales Übereinkommen zur Beförderung von gefährlichen Gütern mit der Eisenbahn.
RMM	(risk management measure) Risikomanagementmaßnahme.
R-Satz	Hinweis auf besondere Gefahren von Stoffen, Gefahrenhinweis nach Stoffrichtlinie.
Sachkunde	Spezialkenntnisse, die durch Teilnahme an einem behördlich anerkannten Sachkundelehrgang oder durch eine spezifische Berufsausbildung erworben und nachgewiesen wurden (z. B. zur Durchführung von Begasungen, Inverkehrbringen bestimmter Stoffe).
Schriftliche Weisung	siehe Unfallmerkblätter.
SDB	Sicherheitsdatenblatt.
SEAC	(socio-economic analysis committee) Ausschuss für sozioökonomische Analyse bei der ECHA.
Sehr giftig	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie; Stoffe, die bereits in sehr geringen Mengen zum Tode oder zu schwerwiegenden Gesundheitsschäden führen können, (LD ₅₀ oral ≤ 25 mg/kg).
Selbstretter	Atemschutzgeräte zur Flucht aus dem Gefahrenbereich.

Selektive Wirkung	ausgewählte Wirkung von Stoffen auf spezielle Organe oder Rezeptoren.
Sensibilisierend	Gefahrenklassen nach CLP-VO und Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie; Eigenschaft von Stoffen, die zu Allergien führen können.
Sepsis	Ausbreiten von Mikroorganismen über die Blutbahn.
Seveso-Gift	2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin, TCDD.
Seveso-RL	Richtlinie der EU zur Beherrschung schwerer Unfälle, in Deutschland durch Störfallverordnung umgesetzt.
Sicherheitsanalyse	Sicherheitsuntersuchung bestimmter genehmigungsbedürftiger Anlagen nach Störfall-Verordnung.
Sicherheitsdatenblatt	Produktinformation beim Inverkehrbringen von eingestufteten Stoffen und Gemischen nach Anhang II der REACH-VO.
Sicherheitshinweis	nach CLP-VO empfohlene Maßnahmen zur Vermeidung der schädlichen Eigenschaften, P-Satz.
SIEF	(substance information exchange forum) Forum zum Austausch von Stoffinformationen im Rahmen der Registrierung unter der REACH-VO.
Signalwort	Wort, das das Ausmaß der Gefahr wiedergibt: Achtung oder Gefahr.
Somazellen	Zellen eines Organismus mit Ausnahme der Keimbahnzellen.
S-Satz	Sicherheitshinweis nach Stoffrichtlinie, entspricht P-Satz nach CLP-VO.
Stand der Technik	Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung der Maßnahme zum Erreichen des Schutzziels gesichert erscheinen lässt.
Stoff	chemisches Element und seine Verbindungen in natürlicher Form oder gewonnen durch ein Herstellungsverfahren, einschließlich der zur Wahrung seiner Stabilität notwendigen Zusatzstoffe und der durch das angewandte Verfahren bedingten Verunreinigungen, aber mit Ausnahme von Lösungsmitteln, die von dem Stoff ohne Beeinträchtigung seiner Stabilität und ohne Änderung seiner Zusammensetzung abgetrennt werden können.
Störfallverordnung	12. Durchführungsverordnung des BImSchG, Umsetzung der EU Seveso-RL.
STOT	(specific target organ toxicity) spezifische Zielorgan-Toxizität.
SU	(sector of use category) Bezeichnung der identifizierten Verwendung im Rahmen der Expositionszenarien.

Subakut	Wirkung von Stoffen bei mehrmaliger Aufnahme über einen kürzeren Zeitraum, bei der subakuten tierexperimentellen Prüfung über 28 Tage.
Subkutan	unter die Haut.
Substitution	Ersatz eines Gefahrstoffs durch einen Ersatzstoff, von dem aufgrund seiner intrinsischen Eigenschaften und der Art und Weise, wie er verwendet wird, ein geringeres gesundheitliches und sicherheitstechnisches Risiko ausgeht.
Sunset date	letztes Datum zu dem Stoffe von Anhang XIV REACH-VO noch ohne Zulassung hergestellt oder in Verkehr gebracht werden dürfen.
Suspension SVHC	feinverteilte, ungelöste feste Teilchen in einer Flüssigkeit. (substance of very high concern) besonders besorgniserregende Stoffe, Stoffe, die cmr-Eigenschaften Kategorie 1A oder 1B, PBT- oder vPvB-Eigenschaften besitzen, können in die Kandidatenliste aufgenommen werden.
Synergistische Wirkung	gegenseitige Beeinflussung mehrerer Stoffe, die zu einer Wirkungsverstärkung oder Minderung führen.
Systemische Wirkung	Wirkung von Stoffen nicht nur an der Kontaktstelle, sondern auch an anderen Organen.
TA-Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Verwaltungsvorschrift zum BImSchG.
TCDD	2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin, Seveso-Gift.
Teratogen	Missbildungen durch Einwirkung auf das ungeborene Kind auslösend.
TGD	(technical guidance document) Leitlinie.
Toxikologie	Lehre von den Giften.
Toxin	(sehr) giftige Naturstoffe mit oft unbekannter Proteinstruktur.
Toxisch	giftig.
Toxizität	Giftigkeit; unterschieden in akute, subakute und chronische Toxizität.
TRBA	Technische Regel für biologische Arbeitsstoffe.
TRBS	Technische Regel für Betriebssicherheit.
TRGS	Technische Regel für Gefahrstoffe; interpretieren und konkretisieren die Gefahrstoffverordnung, besitzen die sogenannte Vermutungswirkung.
Tumorviren	Viren, die Tumore auslösen können; man unterscheidet zwischen RNA-Retroviren und DNA-Tumorviren.
T-Zellen	auch T-Lymphozyten, sind eine Untergruppe der Lymphozyten, die im Thymus heranreifen und zur Immunabwehr dienen.
UEG	untere Explosionsgrenze; niedrigste Konzentration eines brennbaren Stoffes in der Luft, bei der das Dampf-Luft-Gemisch noch gezündet werden kann.

Ultrafeinstaub	natürlich vorkommende Partikel, die unter die Definition von Nanopartikel fallen.
Umweltgefährlich	Gefährlichkeitsmerkmal nach Stoffrichtlinie; beschreibt schädliche Wirkung von Stoffen auf die Umwelt.
Unfallmerkblätter	Informationsblätter gefährlicher Güter beim Transport, die die wesentlichen Gefahren und Maßnahmen nach Unfällen beschreiben.
UN-Nr.	Ordnungsnummer von Stoffen im Transportrecht nach der internationalen UN-Liste.
UVCB	(Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials) Stoffe, deren qualitative und / oder quantitative Zusammensetzung mehr oder weniger unbekannt ist, z. B. komplexe Reaktionsgemische oder Extrakte.
UVV	Unfallverhütungsvorschriften; von den Berufsgenossenschaften erlassene Arbeitsschutzvorschriften.
VBG	Vorschriften des Hauptverbandes der Berufsgenossenschaften.
VEK	siehe Verwendungs- und Expositions-kategorie.
Vergiftung	von Giften verursachte Erkrankung.
Verordnung	vom Gesetzgeber erlassene Vorschrift auf Basis der Ermächtigung in einem Gesetz.
Verpackung	Behältnis, in das Stoffe oder Zubereitungen abgefüllt werden.
Verwenden	umfasst Gebrauchen, Verbrauchen, Lagern, Aufbewahren, Be- und Verarbeiten, Abfüllen, Umfüllen, Mischen, Entfernen, Vernichten und innerbetriebliches Befördern.
Verwendungs- und Expositions-kategorie	Expositionsszenarium, das ein breites Spektrum von Verfahren oder Verwendungen abdeckt, wobei die Verfahren oder Verwendungen zumindest in Form der kurzen, allgemeinen Angaben zur Verwendung bekannt gegeben werden.
vPvB	sehr persistente und sehr bioakkumulierende Stoffe (very persistent and very bioaccumulative).
VSK	verfahren- und stoffspezifisches Kriterium, in TRGS 420 aufgeführt, nach § 10 GefStoffV ist die Einhaltung eines VSK der Einhaltung des AGW gleichgestellt.
VwVwS	Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe unter dem Wasserhaushaltsgesetz.
Waiving	begründetes Auslassen von Tests.
Wassergefährdungs-kategorie	(WGK) Einteilung von Stoffen, die aufgrund ihrer wassergefährdenden Eigenschaft das Wasser gefährden.
WHG	Wasserhaushaltsgesetz.
Wirkstoff	chemischer Bestandteil eines Mittels, der für die Wirkung verantwortlich ist.

Zellgift	Gift, das unmittelbar die Körperzellen schädigt, z. B. durch Fällen von Eiweißen.
Zersetzungstemperatur	Temperatur, bei der eine Zersetzung einsetzt.
Zubereitung	gemäß Zubereitungs-RL aus zwei oder mehreren Stoffen bestehendes Gemenge, Gemisch oder Lösung.
Zulassung	Nach Titel VII der REACH-VO vorgeschriebenes Verfahren für Stoffe, die in Anhang XIV aufgenommen wurden.
Zündbereich	siehe Explosionsbereich.
Zündtemperatur	niedrigste Temperatur, bei der sich ein brennbarer Stoff an einer heißen Oberfläche ohne Anwesenheit einer Zündquelle entzünden kann.
Zwischenprodukt	Stoff, der für die chemische Weiterverarbeitung hergestellt und hierbei verbraucht oder verwendet wird, um in einen anderen Stoff umgewandelt zu werden.
Zytostatika	Stoffe, die das Zellwachstum hemmen; werden in der Medizin zur Chemotherapie eingesetzt.
Zytotoxizität	schädigende Wirkung auf Gewebezellen.

A

Anhang: H- und P-Sätze

A.1

H200-Reihe: Physikalische Gefahren

H200	Instabil, explosiv.
H201	Explosiv; Gefahr der Massenexplosion.
H202	Explosiv; große Gefahr durch Splitter, Spreng- und Wurfstücke.
H203	Explosiv; Gefahr durch Feuer, Luftdruck oder Splitter, Spreng- und Wurfstücke.
H204	Gefahr durch Feuer oder Splitter, Spreng- und Wurfstücke.
H205	Gefahr der Massenexplosion bei Feuer.
H220	Extrem entzündbares Gas.
H221	Entzündbares Gas.
H222	Extrem entzündbares Aerosol.
H223	Entzündbares Aerosol.
H224	Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar.
H225	Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.
H226	Flüssigkeit und Dampf entzündbar.
H228	Entzündbarer Feststoff.
H240	Erwärmung kann Explosion verursachen.
H241	Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen.
H242	Erwärmung kann Brand verursachen.
H250	Entzündet sich in Berührung mit Luft von selbst.
H251	Selbsterhitzungsfähig; kann in Brand geraten.
H252	In großen Mengen selbsterhitzungsfähig; kann in Brand geraten.
H260	In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase, die sich spontan entzünden können.
H261	In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase.
H270	Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.
H271	Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel.
H272	Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.
H280	Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.
H281	Enthält tiefgekühltes Gas; kann Kälteverbrennungen oder -verletzungen verursachen.

H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

A.2

H300-Reihe: Gesundheitsgefahren

- H300 Lebensgefahr bei Verschlucken.
 H301 Giftig bei Verschlucken.
 H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
 H304 Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.
 H310 Lebensgefahr bei Hautkontakt.
 H311 Giftig bei Hautkontakt.
 H312 Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt.
 H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.
 H315 Verursacht Hautreizungen.
 H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
 H318 Verursacht schwere Augenschäden.
 H319 Verursacht schwere Augenreizung.
 H330 Lebensgefahr bei Einatmen.
 H331 Giftig bei Einatmen.
 H332 Gesundheitsschädlich bei Einatmen.
 H334 Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen.
 H335 Kann die Atemwege reizen.
 H336 Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
 H340 Kann genetische Defekte verursachen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
 H341 Kann vermutlich genetische Defekte verursachen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
 H350 Kann Krebs erzeugen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
 H350 i Kann bei Einatmen Krebs erzeugen.
 H351 Kann vermutlich Krebs erzeugen (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
 H360 Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen (konkrete Wirkung angeben, sofern bekannt) (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass die Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).

- H360 F Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
- H360 D Kann das Kind im Mutterleib schädigen.
- H360 FD Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann das Kind im Mutterleib schädigen.
- H360 Fd Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen.
- H360Df Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
- H361 Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen (konkrete Wirkung angeben, sofern bekannt) (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass die Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
- H361 f Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
- H361 d Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen.
- H361 fd Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen.
- H362 Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen.
- H370 Schädigt die Organe (oder alle betroffenen Organe nennen, sofern bekannt) (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
- H371 Kann die Organe schädigen (oder alle betroffenen Organe nennen, sofern bekannt) (Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
- H372 Schädigt die Organe (alle betroffenen Organe nennen) bei längerer oder wiederholter Exposition (Expositionsweg angeben, wenn schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).
- H373 Kann die Organe schädigen (alle betroffenen Organe nennen, sofern bekannt) bei längerer oder wiederholter Exposition (Expositionsweg angeben, wenn schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht).

A.3

H400-Reihe: Umweltgefahren

- H400 Sehr giftig für Wasserorganismen.
- H410 Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
- H411 Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
- H412 Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
- H413 Kann für Wasserorganismen schädlich sein, mit langfristiger Wirkung.
- H420 Schädigt die öffentliche Gesundheit und die Umwelt durch Ozonabbau in der äußeren Atmosphäre.

A.4**EUH-Sätze**

- EUH 001 In trockenem Zustand explosiv.
- EUH 006 Mit und ohne Luft explosionsfähig.
- EUH 014 Reagiert heftig mit Wasser.
- EUH 018 Kann bei Verwendung explosionsfähige / entzündbare Dampf / Luft-Gemische bilden.
- EUH 019 Kann explosionsfähige Peroxide bilden.
- EUH 029 Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase.
- EUH 031 Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase.
- EUH 032 Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase.
- EUH 044 Explosionsgefahr bei Erhitzen unter Einschluss.
- EUH 059 Die Ozonschicht schädigend.
- EUH 066 Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.
- EUH 070 Giftig bei Berührung mit den Augen.
- EUH 071 Wirkt ätzend auf die Atemwege.
- EUH 201 Enthält Blei. Nicht für den Anstrich von Gegenständen verwenden, die von Kindern gekaut oder gelutscht werden könnten.
- EUH 201 A Achtung! Enthält Blei.
- EUH 202 Cyanacrylat. Gefahr. Klebt innerhalb von Sekunden Haut und Augenlider zusammen. Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.
- EUH 203 Enthält Chrom(VI). Kann allergische Reaktionen hervorrufen.
- EUH 204 Enthält Isocyanate. Kann allergische Reaktionen hervorrufen.
- EUH 205 Enthält epoxidhaltige Verbindungen. Kann allergische Reaktionen hervorrufen.
- EUH 206 Achtung! Nicht zusammen mit anderen Produkten verwenden, da gefährliche Gase (Chlor) freigesetzt werden können.
- EUH 207 Achtung! Enthält Cadmium. Bei der Verwendung entstehen gefährliche Dämpfe. Hinweise des Herstellers beachten. Sicherheitsanweisungen einhalten.
- EUH 208 Enthält (Name des sensibilisierenden Stoffes). Kann allergische Reaktionen hervorrufen.
- EUH 209 Kann bei Verwendung leicht entzündbar werden.
- EUH 209 A Kann bei Verwendung entzündbar werden.
- EUH 210 Sicherheitsdatenblatt auf Anfrage erhältlich.
- EUH 401 Zur Vermeidung von Risiken für Mensch und Umwelt die Gebrauchsanleitung einhalten.

A.5**Sicherheitshinweise – Allgemeines**

- P101 Ist ärztlicher Rat erforderlich, Verpackung oder Kennzeichnungsetikett bereithalten.
- P102 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.
- P103 Vor Gebrauch Kennzeichnungsetikett lesen.

A.6**Sicherheitshinweise – Prävention**

- P201 Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.
- P202 Vor Gebrauch alle Sicherheitshinweise lesen und verstehen.
- P210 Von Hitze / Funken / offener Flamme / heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.
- P211 Nicht gegen offene Flamme oder andere Zündquelle sprühen.
- P220 Von Kleidung / ... / brennbaren Materialien fernhalten / entfernt aufbewahren.
- P221 Mischen mit brennbaren Stoffen / ... unbedingt verhindern.
- P222 Kontakt mit Luft nicht zulassen.
- P223 Kontakt mit Wasser wegen heftiger Reaktion und möglichem Aufblammen unbedingt verhindern.
- P230 Feucht halten mit ...
- P231 Unter inertem Gas handhaben.
- P232 Vor Feuchtigkeit schützen.
- P233 Behälter dicht verschlossen halten.
- P234 Nur im Originalbehälter aufbewahren.
- P235 Kühl halten.
- P240 Behälter und zu befüllende Anlage erden.
- P241 Explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel / Lüftungsanlagen / Beleuchtung / ...verwenden.
- P242 Nur funkenfreies Werkzeug verwenden.
- P243 Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen.
- P244 Druckminderer frei von Fett und Öl halten.
- P250 Nicht schleifen / stoßen / ... / reiben.
- P251 Behälter steht unter Druck: Nicht durchstechen oder verbrennen, auch nicht nach der Verwendung.
- P260 Staub / Rauch / Gas / Nebel / Dampf / Aerosol nicht einatmen.
- P261 Einatmen von Staub / Rauch / Gas / Nebel / Dampf / Aerosol vermeiden.
- P262 Nicht in die Augen, auf die Haut oder auf die Kleidung gelangen lassen.
- P263 Kontakt während der Schwangerschaft/und der Stillzeit vermeiden.

- P264 Nach Gebrauch ... gründlich waschen.
- P270 Bei Gebrauch nicht essen, trinken oder rauchen.
- P271 Nur im Freien oder in gut belüfteten Räumen verwenden.
- P272 Kontaminierte Arbeitskleidung nicht außerhalb des Arbeitsplatzes tragen.
- P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
- P280 Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen.
- P281 Vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung verwenden.
- P282 Schutzhandschuhe / Gesichtsschild / Augenschutz mit Kälteisolierung tragen.
- P283 Schwer entflammbare / flammhemmende Kleidung tragen.
- P284 Atemschutz tragen.
- P285 Bei unzureichender Belüftung Atemschutz tragen.
- P231 + P232 Unter inertem Gas handhaben. Vor Feuchtigkeit schützen.
- P235 + P410 Kühl halten. Vor Sonnenbestrahlung schützen.

A.7

Sicherheitshinweise – Reaktion

- P301 Bei Verschlucken:
- P302 Bei Berührung mit der Haut:
- P303 Bei Berührung mit der Haut (oder dem Haar):
- P304 Bei Einatmen:
- P305 Bei Kontakt mit den Augen:
- P306 Bei kontaminierter Kleidung:
- P307 Bei Exposition:
- P308 Bei Exposition oder falls betroffen:
- P309 Bei Exposition oder Unwohlsein:
- P310 Sofort Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
- P311 Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
- P312 Bei Unwohlsein Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
- P313 Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P314 Bei Unwohlsein ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P315 Sofort ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P320 Besondere Behandlung dringend erforderlich (siehe ... auf diesem Kennzeichnungsetikett).
- P321 Besondere Behandlung (siehe ... auf diesem Kennzeichnungsetikett).
- P322 Gezielte Maßnahmen (siehe ... auf diesem Kennzeichnungsetikett).

- P330 Mund ausspülen.
- P331 Kein Erbrechen herbeiführen.
- P332 Bei Hautreizung:
- P333 Bei Hautreizung oder -ausschlag:
- P334 In kaltes Wasser tauchen / nassen Verband anlegen.
- P335 Lose Partikel von der Haut abbürsten.
- P336 Vereiste Bereiche mit lauwarmem Wasser auftauen. Betroffenen Bereich nicht reiben.
- P337 Bei anhaltender Augenreizung:
- P338 Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter ausspülen.
- P340 Die betroffene Person an die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.
- P341 Bei Atembeschwerden an die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.
- P342 Bei Symptomen der Atemwege:
- P350 Behutsam mit viel Wasser und Seife waschen.
- P351 Einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen.
- P352 Mit viel Wasser und Seife waschen.
- P353 Haut mit Wasser abwaschen / duschen.
- P360 Kontaminierte Kleidung und Haut sofort mit viel Wasser abwaschen und danach Kleidung ausziehen.
- P361 Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen.
- P362 Kontaminierte Kleidung ausziehen und vor erneutem Tragen waschen.
- P363 Kontaminierte Kleidung vor erneutem Tragen waschen.
- P370 Bei Brand:
- P371 Bei Großbrand und großen Mengen:
- P372 Explosionsgefahr bei Brand.
- P373 Keine Brandbekämpfung, wenn das Feuer explosive Stoffe / Gemische / Erzeugnisse erreicht.
- P374 Brandbekämpfung mit üblichen Vorsichtsmaßnahmen aus angemessener Entfernung.
- P375 Wegen Explosionsgefahr Brand aus der Entfernung bekämpfen.
- P376 Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.
- P377 Brand von ausströmendem Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.
- P378 ... zum Löschen verwenden.
- P380 Umgebung räumen.
- P381 Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.
- P390 Verschüttete Mengen aufnehmen, um Materialschaden zu vermeiden.
- P391 Verschüttete Mengen aufnehmen.
- P301 + P310

	Bei Verschlucken: Sofort Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
P301 + P312	Bei Verschlucken: Bei Unwohlsein Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
P301 + P330 + P331	Bei Verschlucken: Mund ausspülen. Kein Erbrechen herbeiführen.
P302 + P334	Bei Kontakt mit der Haut: In kaltes Wasser tauchen / nassen Verband anlegen.
P302 + P350	Bei Kontakt mit der Haut: Behutsam mit viel Wasser und Seife waschen.
P302 + P352	Bei Kontakt mit der Haut: Mit viel Wasser und Seife waschen.
P303 + P361 + P353	Bei Kontakt mit der Haut (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen / duschen.
P304 + P340	Bei Einatmen: An die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.
P304 + P341	Bei Einatmen: Bei Atembeschwerden an die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.
P305 + P351 + P338	Bei Kontakt mit den Augen: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.
P306 + P360	Bei Kontakt mit der Kleidung: Kontaminierte Kleidung und Haut sofort mit viel Wasser abwaschen und danach Kleidung ausziehen.
P307 + P311	Bei Exposition: Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
P308 + P313	Bei Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
P309 + P311	Bei Exposition oder Unwohlsein: Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
P332 + P313	Bei Hautreizung: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
P333 + P313	Bei Hautreizung oder -ausschlag: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
P335 + P334	Lose Partikel von der Haut abbürsten. In kaltes Wasser tauchen / nassen Verband anlegen.
P337 + P313	Bei anhaltender Augenreizung: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
P342 + P311	Bei Symptomen der Atemwege: Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.
P370 + P376	Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.
P370 + P378	Bei Brand: ... zum Löschen verwenden.
P370 + P380	Bei Brand: Umgebung räumen.

- P370 + P380 + P375 Bei Brand: Umgebung räumen. Wegen Explosionsgefahr Brand aus der Entfernung bekämpfen.
- P371 + P380 + P375 Bei Großbrand und großen Mengen: Umgebung räumen. Wegen Explosionsgefahr Brand aus der Entfernung bekämpfen.

A.8

Sicherheitshinweise – Aufbewahrung

- P401 ... aufbewahren.
- P402 An einem trockenen Ort aufbewahren.
- P403 An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.
- P404 In einem geschlossenen Behälter aufbewahren.
- P405 Unter Verschluss aufbewahren.
- P406 In korrosionsbeständigem /... Behälter mit korrosionsbeständiger Auskleidung aufbewahren.
- P407 Luftspalt zwischen Stapeln / Paletten lassen.
- P410 Vor Sonnenbestrahlung schützen.
- P411 Bei Temperaturen von nicht mehr als ... °C/... aufbewahren.
- P412 Nicht Temperaturen von mehr als 50 °C aussetzen.
- P413 Schüttgut in Mengen von mehr als ... kg bei Temperaturen von nicht mehr als ... °C aufbewahren.
- P420 Von anderen Materialien entfernt aufbewahren.
- P422 Inhalt in / unter ... aufbewahren.
- P402 + P404 In einem geschlossenen Behälter an einem trockenen Ort aufbewahren.
- P403 + P233 Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.
- P403 + P235 Kühl an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.
- P410 + P403 Vor Sonnenbestrahlung geschützt an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.
- P410 + P412 Vor Sonnenbestrahlung schützen und nicht Temperaturen von mehr als 50 °C aussetzen.
- P411 + P235 Kühl und bei Temperaturen von nicht mehr als ... °C aufbewahren.

A.9

Sicherheitshinweise – Entsorgung

- P501 Inhalt / Behälter ... zuführen.

Stichwortverzeichnis

a

- Abbaubarkeit 249
- Abfallbehandlung 251
- Abfüllung
 - brennbare Flüssigkeit mit einem Flammpunkt ≤ 55 °C 467
- Ableitfläche 462
 - bauliche Anforderung 464
- Absender 531
- AC, siehe Artikelkategorie
- Acetaldehyd 62, 97ff.
- Acetamid 97
- Acetanhydrid 63, 84
- Aceton 65
- Acetoncyanhydrin 79
- Acetonitril 80
- Acetylchlorid 84
- Acetylen 59
- Acrolein 79
- Acrylamid 92, 271, 417
- Acrylate 88
- Acrylsäure 63, 111
- ACSH (Advisory Committee for Safety and Health) 160
- additive Eigenschaft 114, 124
- ADN-Regelung (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voie de navigation intérieure) 497
- ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route) 497, 520ff.
 - Absender 531
 - Beförderer 531
 - Befüller 532
 - begrenzte Mengen 528
 - Betreiber von Tankcontainern oder ortsbeweglichen Tanks 533
 - Empfänger 531
 - freigestellte Mengen 528f.
 - Geltungsbereich und Anwendbarkeit 523
 - Sicherheitspflichten der Beteiligten 530
 - Verlader 532
 - Verpacker 533
 - Verpackung 533
- aerodynamische Durchmesser 29
- Aerosol 29
- Aerosolpackung 456
- Agenzienrichtlinie 272
- Aktinolith 264
- akut letal
 - Einstufungsgrenzwerte fester Zubereitungen 125
- akut toxisch nach CLP-Verordnung 77ff.
- Akzeptanzkonzentrationen nach BekGS 910 158
- Aldehyde 162
- Aldrin 109
- aliphatische Amine 96
- Alkohol 16, 65
- Alkylierungsmittel 96
- allergische Reaktion 12
- Allergisierung 166
- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (VwVwS) 380
- Allometriefaktor 170
- Allylalkohol 111
- Allylamin 80
- Allylglycidylether 63
- Aluminiumalkyle 84
- Aluminiumpulver 61, 73
- Ameisensäure 84
- Ames-Test 27
- 2-Amino-4,6-dinitrophenol 58
- 4-Aminobiphenyl 264, 331
- Aminofluorphenol 88

...

- Ammoniak 5, 80ff., 106ff., 162
- Ammonium-bis(2,4,6-trinitrophenyl)amin 58
- Ammoniumdichromat 58, 69
- Ammoniumhydrogensulfid 264
- Ammoniumnitrat (AN) 270, 330, 431
- Ammoniumperchlorat 69
- Ammoniumpersulfat 69
- Ammoniumpolysulfid 264
- Ammoniumsulfid 264
- Amosit 264
- iso-Amylalkohol 106
- Anilin 80, 97, 109ff.
- Anlage 369
 - Beschaffenheitsanforderung 371f.
 - genehmigungsbedürftige 370ff.
 - Lagerung von Gasen in ortsfesten Anlagen 475
 - ortsfeste 462, 475
 - Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen 373
- Anlagen- und Arbeitsmittelverwendungsverordnung 360
 - Erlaubnis 362
 - prüfbefähigte Personen 363
 - Prüfsachkundige 363
 - überwachungsbedürftige Anlagen 363
- ansteckungsgefährlicher Stoff 514
- Anthophyllit 264
- Anthracenöle 267
- Antimontrioxid 97
- Anwender
 - nachgeschalteter 200, 227
- aquatische Toxizität 110
- Arbeitsmittelverordnung 360
- Arbeitsplatz
 - Luftgrenzwert 154
 - Richtgrenzwert 159
- Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) 145ff.
 - Gebläsefilter 420
 - indikativer (Indicative Occupational Exposure Limit Value, IOELV) 159, 242
 - verbindlicher (Binding Occupational Exposure Limit Value, BOELV) 159
- Arbeitsplatzkonzentration 24f.
- Arbeitsstoff
 - chemischer 273
 - gefährlicher chemischer 273
- aromatische Amine 96
- aromatische Kohlenwasserstoffe 96
- Arsenik 94
- Arsenpentoxid 94
- Arsensäure 94
- Arsenverbindung 265
- Arsin 59
- Artikel
 - Definition 200
- Artikelkategorie (Article Category, AC) 259
- Asbest 34, 94, 264, 331
- Aspirationsgefahr 107ff.
 - Kennzeichnung 109
- Assessmentfaktor 169
- Assimilierungsliste 535
- Assimilierungsverfahren 534
- ATE-Wert (acute toxicity estimate) 78, 121ff.
 - Formel zur Berechnung 123
- Atemschutz 244, 401ff.
 - Einteilung 402
- Atemschutzanzug 405
- Atemschutzgerät
 - Auswahl 430
 - für Selbstrettung 427
- Atemschutzhaube 404
- Atemschutzhelm 404
- Atemschutzvollmaske 403
 - Anwendungsbereich 403
- Atrazin 93
- Atropin 79
- ätzend 4f., 83ff.
 - Einstufungsgrenzwerte fester Zubereitungen 125
 - Konzentrationsgrenzwert 122
 - nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG 86
 - Stoffe 84ff., 237ff., 317, 515
- Ätzwirkung 82ff.
 - auf die Haut nach CLP-Verordnung 82
- Auffangraum 443ff., 458ff.
 - bauliche Anforderung 464
- Aufnahme
 - dermale 3
 - inhalative 5
 - orale 3
- Aufnahmeweg 2ff.
- Augenschädigung/Augenreizung 384
 - nach CLP-Verordnung 85
- Augenschutz 244, 383
- Auramin 97
- Ausrüstungsteile
 - Anforderung 465
- Ausschuss für Risikobewertung der ECHA (RAC, risk assessment committee) 223
- Ausschuss für sozioökonomische Analyse (SEAC) 223
- AX-Filter 414
- 3-Azidosulfonfylbenzoesäure 72
- Azofarbstoffe 268

b

- bakterielle Erkrankung 16
- Bakterien 45ff.
 - Risikogruppen 48f.
- Bariumchlorat 69
- Bariumperchlorat 69
- Bariumperoxid 69
- BAT (biologischer Arbeitsplatztoleranzwert) 175
- Beförderer 531
- Befördern
 - innerbetriebliches 493
- Beförderung 496
 - nationale Vorschrift 564
 - Vorschrift 560
- Beförderungspapiere 553f.
- Befüll- und Entnahmeeinrichtungen 461ff.
 - bauliche Anforderung 464
- Befüller 532
- Begasung 329
- Begleitpapiere 553
- Behälter
 - Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern 433ff.
 - Lagerung von Gefahrstoffen in ortsfesten Anlagen sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter 460
 - ortsfeste 461
- Behältergerät 425
- Benomyl 93
- Benzidin 24, 94, 264, 331
- Benzo(a)pyren 92
- Benzol 63, 94, 109, 264
 - EKA-Wert 176
- p-Benzoquinon 111
- Benzotrithlorid 86
- Benzotrifluorid 63
- Benzoylperoxid 72
- Benzylbutylphthalat 269
- Benzylchlorid 86ff.
- Beratender Ausschuss für Sicherheit, Arbeits-hygiene und Gesundheitsschutz (ACSH, Advisory Committee for Safety and Health) 160
- Berylliumverbindungen 108
- Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen 370
- Betriebsanweisung 314ff.
 - Gefahrstoffverordnung 318
- Betriebsbereich 369
- Betriebssicherheitsverordnung 360, 431
- Betriebsstörung 313
- Betriebsunterweisung 323
- Beurteilungsgrundlage 135ff.
 - rechtliche Grundlagen 135
- Bewertungsstelle für Chemikalien 286
- Bezettelung 546
- BG/BGIA-Empfehlungen 141
- BGW (biologischer Grenzwert), siehe Grenzwert
- Bioakkumulationspotenzial 250
- Biogefährdung 350
- biologischer Arbeitsplatztoleranzwert, siehe BAT
- biologischer Arbeitsstoff 39ff.
 - allgemeine Hygieneanforderungen 349
 - Erlaubnis 358
 - Pilze 42ff.
 - Risikogruppen 40ff.
 - technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 349
 - Umgang 355f.
 - zusätzliche Maßnahmen 356
- biopersistente Fasern 331ff.
- Biostoffverordnung (BioStoffV) 295, 347
 - Gefährdungsbeurteilung 347
 - gezielte Tätigkeit 348
 - Grundprinzipien 347
 - nicht gezielte Tätigkeit 348
- Biozid-Meldeverordnung (ChemBiozidMeldeV) 293
- Biozidprodukt 287ff., 329
 - vereinfachtes Zulassungsverfahren 289
 - Zulassung 287
- Biphenyl 111
- Biphenyle
 - polychlorierte (PCB) 111, 282, 340
- Bis-chlormethylether 24
- Bis(4-methylbenzoyl)peroxid 72
- Bisphenol A 86
- Blausäure 164, 329, 482
- Bleiacetat 102
- Bleiazid 57
- Bleichromat 97
- Bleikarbonat (wasserfrei, neutral) 265
- Bleimethansulfonat 102
- Bleisulfate 265
- Bleiverbindungen 102ff.
- Boden
 - Mobilität 250
- BOELV (Binding Occupational Exposure Limit Value), siehe Arbeitsplatzgrenzwert
- Boroxide 103
- Bortrichlorid 79
- Bortrifluorid 84

- Brandbekämpfung
 - Maßnahmen 238
 - Brandfluchthaube 428
 - brandfördernd 67ff.
 - Brandschutz 327, 469
 - Lagerung 444
 - Lagerung von Feststoffen mit hoher Brandgefahr 472
 - Bridging Konzept 120
 - Brom 5, 79ff.
 - Bromessigsäure
 - flüchtige Ester 264
 - Bromoxynil 104
 - 2-Brompropan 102
 - Bromtrifluorid 84
 - Bromtrifluormethan 106
 - Bromwasserstoff 5
 - Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) 367ff.
 - Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 287
 - Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) 286ff.
 - Butadien 64
 - Butan 59ff.
 - iso-Butanol 106
 - n-Butanol 63
 - Butin-1,4-diol 80
 - Butocarboxim 80, 111
 - 2-(2-Butoxyethoxy)ethanol (DEGBE) 269
 - Butylacetat 63
 - Butylbromacetat 264
 - Butylchlorformiat 63
 - Butyldiglykol 106
- c**
- Cadmiumpulver 73
 - Cadmiumverbindungen 108
 - Calcium 64
 - Calciumdichromat 69
 - ε-Caprolactam 106, 417
 - Carbaryl 111
 - Carbenazim 93
 - Carbonylchlorid 482
 - Chargenanalgie 121
 - Chemikalie
 - Bewertungsstelle 286
 - Durchbruchzeit 392ff.
 - Prüfchemikalien für Chemikalienschutzhandschuhe 397
 - strengen Beschränkungen unterliegende Chemikalien 276
 - verbotene 276
 - Zielorgan 2ff.
 - Chemikalien-Klimaschutzverordnung (Chem-KlimaSchutzV) 292
 - Chemikalien-Kostenverordnung (Chem-KostV) 295
 - Chemikalien-Ozonschichtverordnung (ChemOzonSchichtV) 292
 - Chemikalien Straf- und Bußgeldverordnung (Chem-StrOWiV) 295
 - Chemikalien-Verbotsverordnung (ChemVerbotsV) 336f.
 - Anhang 338
 - Ordnungswidrigkeit 346
 - Sachkunde 345
 - Straftat 346
 - Chemikaliengesetz 285ff.
 - Chemikaliensauerstoffgerät 426f.
 - Chemikalienschutzanzug 401
 - Chlor 5, 67, 80, 106, 162
 - Chloracetylchlorid 109
 - Chlorameisensäureester 79
 - Chlorbenzol 63, 106
 - Chlordioxid 67
 - Chloressigsäure 80
 - 2-Chlorethanol 106
 - Chlorethen (Vinylchlorid) 59, 94, 263
 - Chloroform 97ff., 267
 - Chloropren 63
 - Chlorparaffine (kurzkettige C10 – C13) 268
 - α-Chlortoluol 104
 - Chlorwasserstoff 5, 106
 - Chrom-VI-Verbindungen 268
 - Chromate 88, 108
 - Chromosomenmutation 27f.
 - Chromtrioxid 69
 - Chromyldichlorid 69
 - Chrysotil 264
 - CLP-Verordnung (Classification Labelling Packaging) 53ff.
 - Kategorie 513
 - cmr-Eigenschaften (kanzerogen mutagen reproduktionstoxisch) 89f.
 - Konzentrationsgrenzwert 122
 - Cobaltverbindungen 110
 - Colecalciferol 79
 - CSA (Chemical Safety Assessment) 208
 - CSR (Chemical Safety Report) 206ff.
 - Cumol 63, 109
 - Cyanamid 88
 - Cyanide 6, 79
 - Cyanofenphos 108
 - Cyanwasserstoff 62, 329, 476ff.
 - Cyclohexan 63, 270

- Cyclohexanon 63, 106
 Cyclopentan 63
 Cyclopropan 59
- d**
- Dampfdruck 37
 Dämpfe
 – PAS-Methode (Personal Air Sampling) 185
 – Verpackungsgruppe 513
 Datenbank zur zentralen Erfassung gegen-
 über krebserzeugenden Stoffen exponierter
 Beschäftigter (ZED) 325
 DDT (1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(4-chlorphenyl)-et-
 han) 97, 109, 338
 Deflagration 39
 Degregation 389
 desensibilisierte explosive feste Stoffe 508
 Desinfektionsmittel 290
 Deutsche Regelungen 285ff.
 Di(2-ethylhexyl)phthalat 106, 269
 Di-isodecylphthalat 269
 Di-isononylphthalat 269
 Di-n-octylphthalat 269
 Diaminodiphenylmethan 108
 Diazinon 106
 Dibenzo-p-dioxine
 – polychlorierte (PCDD) 282
 Dibenzofurane
 – polychlorierte (PCDF) 282
 Dibenzoylperoxid 57
 1,2-Dibrom-3-chlorpropan 92ff.
 1,3-Dibrom-3-chlorpropan 102
 Dibutylether 63
 Dibutylphthalat 269
 Dibutylzinnhydrogenborat (DBB) 265
 Dichloracetylen 57, 97
 1,2-Dichlorbenzol 106
 1,4-Dichlorbenzol 106
 Dichlorcyanursäure 69
 Dichlordifluormethan 106
 1,1-Dichlorethan 63
 1,1-Dichlorethen 106, 267
 Dichlormethan (DCM) 270
 Dichlorvos 106
 Dichromate 88, 108
 Dicumylperoxid 76
 1,2,3,4-Diepoxybutan 79
 Diethyl(ethyl-dimethylsilanolato)aluminium
 73
 Diethylether 76
 Diethylsulfat 92
 Differentialthermoanalyse (DTA) 365
 Diffusionsröhrchen 189
 Diisocyanate 5
 1,4-Dihydroxybenzol 111
 N-Dimethyl-ethanolamin 63
 Dimethylacetamid 106
 Dimethylether 59
 Dimethylformamid (DMF) 4, 102f.
 Dimethylfumarat 271
 Dimethylnitrosamin 79
 Dimethylzink 73
 4,6-Dinitro-o-kresol 93
 Dinitrobenzol 79
 Dinitrophenole 103
 Dinoseb 103
 Dinoterb 103
 Dioxabenzofos 108
 Dioxan 76, 97ff.
 1,4-Dioxan 63
 Dioxine
 – halogenierte 339
 Diphenylether-Octabromderivate 268
 Dischwefeldichlorid 111
 DMEL (Derived Maximum Exposure Level)
 168ff.
 DNA-Viren 50
 DNEL (Derived No Effect Level) 168ff.
 – Luftgrenzwert 261
 Dosis
 – mittlere letale 9
 Dosis-Wirkungs-Kurve 10
 Druckanlage
 – Prüfungen und Kontrollen 484
 – stationäre Druckanlage für Gase 478
 – überwachungsbedürftige Anlage 364
 Druckerhöhung
 – adiabatische 367
 Druckgasbehälter 454f., 478ff.
 – Anforderungen zur Lagerung 454
 – Bereithalten 488
 – Betrieb der Druckbehälter 485
 – Entleeren 489
 – Füllen ortsbeweglicher Druckgasbehälter
 487
 – innerbetriebliches Befördern 493
 – Lagerbehälter im Freien 480
 – Tätigkeiten mit ortsbeweglichen Druckgas-
 behältern 431ff., 486
 Druckgaskartusche 456
 Druckgaspackung 505
 Druckluft-Schlauchgerät 423
 Durchbruchzeit 389ff.
 Durchführungsrichtlinie – Gefahrgut 568

- e**
- EBW (Exposure Based Waiving)-Konzept 216
 - ECETOC tiered approach 260
 - ECOSOC (Economic and Social Council) 496
 - EG-Grenzwert 159
 - EG-Richtlinie 67/548/EWG
 - explosionsgefährlich 57
 - EG-Richtlinie 2012/18/EG (Seveso III) 374ff.
 - EG-Seveso-Richtlinie 96/82/EG 374
 - EG-Verordnung, siehe auch Verordnung 279
 - Eigenschaften
 - additive 114, 124
 - ätzende/reizende 122
 - cmr-Eigenschaften (kanzerogen mutagen reproduktionstoxisch) 89f., 122
 - gefährliche 53ff., 246
 - nicht-additive 114, 124
 - physikalische und chemische 245
 - sensibilisierende 122
 - STOT 122
 - Einatmen 5
 - Einstufung 53, 115ff.
 - Gemisch nach Anhang I CLP-Verordnung 120
 - Stoff nach dem Definitionsprinzip 115
 - Stoff nach dem Listenprinzip 116
 - Zubereitung nach der Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG 123
 - Einstufungsgrenzwert
 - fester Zubereitungen aufgrund akut letaler Wirkung 125
 - fester Zubereitungen aufgrund ätzender, reizender Wirkung 125
 - Einzelverpackung 536
 - Eisenbahn
 - Transport 496
 - EKA-Wert (Expositionsäquivalent für krebs-erzeugende Arbeitsstoffe) 176
 - Benzol 176
 - elektrostatische Aufladung 37
 - Emission 369
 - Empfänger 531
 - Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) 141
 - Endverbraucher
 - Abgabe an den privaten Endverbraucher 340ff.
 - Erlaubnispflicht 342
 - Selbstbedienungsverbot 343
 - Entleerestelle 462
 - bauliche Anforderung 464
 - für ortsbewegliche Behälter 460
 - Lagerung von Gefahrstoffen 460
 - Entnahmeeinrichtung 461ff.
 - bauliche Anforderung 464
 - Entsorgung
 - Hinweis 251
 - sachgerechte 322
 - Entwicklungsschädigung 15
 - entwicklungsschädigend 105
 - Einstufung nach TRGS 905 100
 - entzündbar/entzündlich 58ff.
 - Stoff 267
 - entzündbare Aerosole 60
 - gemäß CLP-Verordnung 60
 - Kennzeichnung 60
 - entzündbare Feststoffe 508
 - gemäß CLP-Verordnung 60
 - Kennzeichnung 61
 - entzündbare flüssige Stoffe 507
 - entzündbare Flüssigkeiten
 - gemäß CLP-Verordnung 61
 - Kennzeichnung 62
 - Lagerung 457f.
 - sicherheitstechnische Maßnahmen 458
 - entzündbare Gase
 - gemäß CLP-Verordnung 58f.
 - Kennzeichnung 59
 - Lagerung 481
 - entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe 510
 - Epichlorhydrin 63, 80ff.
 - Epoxide 96
 - epoxidierbare Verbindungen 96
 - erbgutverändernd 89ff.
 - besondere Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit krebs-erzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeits-gefährdenden Gefahrstoffen 311
 - Einstufung nach TRGS 905 100
 - Stoff 91ff., 266
 - ERC, siehe Umweltexposition
 - Ergocalciferol 79
 - Erlaubnispflicht
 - Abgabe an den privaten Endverbraucher 342
 - Ausnahme 341
 - Ermächtigungsgrundlage 292
 - Ersatzstoff 153
 - Erste-Hilfe-Maßnahme 237, 321, 557
 - Erzeugnis
 - Definition 200
 - Essigsäure 63, 84
 - Ethanol 16, 63, 99
 - Ethanthiol 63
 - Ethylacetat 65
 - Ethylamin 59

- Ethylbromacetat 264
 - Ethylendiamin 63
 - Ethylenglykol 106
 - Ethylenimin 92
 - Ethylenoxid 8, 59, 92, 329
 - Ethylenthioharnstoff 102
 - Ethylglykol 102
 - 2-Ethylhexansäure 104
 - O-Ethylhydroxylamin 109
 - Ethylmercaptan 111
 - Ethylmethylether 59
 - Ethylnitrat 57
 - Ethylnitrit 57
 - EUH-Sätze 128
 - Europäische Regelungen 195ff.
 - Explosionsbereich 36
 - Explosionsdruck
 - maximaler 38
 - explosionsfähig 298
 - explosionsgefährdeter Bereich
 - Wahrscheinlichkeit 332
 - Zoneneinteilung 332, 473f.
 - Explosionsgefährdung
 - überwachungsbedürftige Anlagen 363
 - explosionsgefährlich 55
 - nach EG-Richtlinie 67/548/EWG 57
 - Explosionsgrenze
 - obere (OEG) 36, 335
 - untere (UEG) 36
 - Explosionsschutz 327ff.
 - Maßnahme 335, 473
 - mündliche Unterweisung 336
 - primärer 335
 - sekundärer 335f.
 - Explosionsschutzdokument 334
 - explosiv 55
 - gemäß CLP-Verordnung 55
 - explosive Stoffe 502
 - Kennzeichnung 56
 - Exposition
 - Begrenzung und Überwachung 241ff.
 - Berechnung 145
 - dermale 145
 - inhalative 145
 - expositionsbedingter Verzicht auf Untersuchungen 216
 - Expositionsermittlung
 - Methode 176
 - Expositionskategorie 200
 - Expositionsszenario (ES) 200, 255
 - erweitertes 254
 - Stoffsicherheitsbericht 255
 - Expositionsverzeichnis 325
 - Extrapolationsfaktor 170
- f**
- Fahrer Ausbildung 563
 - Fahrzeug
 - Kennzeichnung 546
 - Fahrzeugausrüstung 560
 - Fahrzeugbesatzung 560ff.
 - Beifahrer 562
 - zusätzliche Hinweise 557f.
 - Fahrzeugführer 562
 - zu treffende Maßnahmen 556
 - Faser 32f.
 - biopersistente 331
 - Fasermessung 193
 - Faserstaub 30
 - Fass 535
 - Feinstaubmessung 192
 - Feinstblechverpackung 538
 - Feststoff 73
 - brennbarer 466
 - entzündbarer 60f.
 - Lagerung akut toxischer Flüssigkeiten und Feststoffe 450
 - Lagerung von Feststoffen mit hoher Brandgefährdung 472
 - pyrophorer 73, 509
 - Feuer 557
 - Filtergerät 405
 - höchstzulässige Gefahrstoffkonzentration 420
 - mit Gebläse 418
 - Selbstretter 428
 - Firmen
 - Zusammenarbeit verschiedener Firmen 326
 - Flammpunkt 35
 - Lagerung und Abfüllung brennbarer Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt ≤ 55 °C 467
 - Fluchtfilter 428
 - Fluchtgerät 427
 - Fluchthaube 428
 - flüchtige organische Verbindung (VOC) 293
 - Fluor 67, 79, 482
 - Fluoressigsäure 79
 - fluorierte Treibhausgase 294
 - Fluorwasserstoff 5, 79ff.
 - Flüssigkeit
 - brennbare 466
 - brennbare Flüssigkeit mit einem Flammpunkt ≤ 55 °C 467
 - Einstufung 64

- entzündbare 61f., 457
 - Lagerung akut toxischer Flüssigkeiten und Feststoffe 450
 - Lagerung entzündbarer Flüssigkeiten 457f.
 - pyrophore 73, 509
 - Flusssäure 4
 - Formaldehyd 88ff., 106, 329
 - formaldehydhaltige Zubereitungen und Erzeugnisse 338
 - Forschung und Entwicklung
 - produkt- und verfahrensorientierte 213
 - REACH 213
 - wissenschaftliche 213
 - fortpflanzungsgefährdend 105
 - Stoff 91ff., 266
 - Forum zum Austausch von Stoffinformationen (SIEF, Substance Information Exchange Forum) 204
 - Freisetzung
 - Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung 239
 - Freisetzungspotenzial 149
 - Frischluf-Druckschlauchgerät 422
 - Frischluf-Schlauchgerät 422
 - Fruchtbarkeit 100ff.
 - fruchtbarkeitsschädigend 105
 - besondere Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen 311
 - Fruchtschädigung 15, 100ff.
 - Füllen ortsbeweglicher Druckgasbehälter 487
 - Füllstelle 462
 - bauliche Anforderung 464
 - für ortsbewegliche Behälter 460
 - Lagerung von Gefahrstoffen 460
 - Raum 471
 - 2-Furaldehyd 80
 - Furan 62
 - Furane
 - halogenierte 339
- g**
- Gas 58ff., 74, 505
 - akut toxisches 491f.
 - Einstufung 64
 - entzündbares 58f., 481
 - gelöstes 74, 505
 - giftiges 482
 - Gruppe 506
 - Lagerbehälter im Freien 480
 - Lagerung 453, 475ff.
 - PAS-Methode (Personal Air Sampling) 185
 - pyrophores 492
 - stationäre Druckanlage 478
 - Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln 63f., 510
 - Transport 505
 - tiefgekühlt verflüssigtes 74, 505
 - verdichtetes 74, 505
 - verflüssigtes 74, 477, 505
 - Gaschromatografie (GC-Analyse) 187
 - Gase unter Druck 74, 477
 - Kennzeichnung 74
 - Gasfilter 410ff.
 - Anwendungsbereich 412
 - Durchbruchverhalten 416
 - Einteilung 411
 - Kennfarbe 412
 - Rückhaltevermögen 412ff.
 - spezielle Gasfiltertypen 414
 - Gasfilterklasse 411
 - Gasflasche 489
 - innerbetriebliches Befördern 493
 - Sicherheitsschrank 490
 - Gassensor
 - elektrochemischer 183f.
 - Gebläsefilter 420
 - Gefahr
 - Art 556
 - ernste 375
 - für Mensch und Umwelt 319
 - Kennzeichnung 552
 - Gefährdung
 - geringe 302
 - Gefährdungsbeurteilung 135ff., 302, 438, 475
 - bei vorgegebenen Maßnahmen 140ff.
 - Dokumentation 145
 - Durchführung 136ff.
 - ohne vorgegebene Maßnahmen 144
 - rechtliche Grundlagen 135
 - Gefährdungsermittlung
 - Risikogruppe 348
 - Gefahrenhinweis 127
 - Gefahrenklasse 54
 - Gefahrennummer 552
 - Gefahrensymbol 64ff., 80ff., 93ff., 105ff., 113, 126ff., 307f.
 - Gefahrenzettel 546
 - Klasse 1 505
 - Klasse 2 506
 - Klasse 3 507
 - Klasse 4 508
 - Klasse 5 511
 - Klasse 6 514
 - Klasse 7 516

- Klasse 8 517
- Klasse 9 519
- Gefahrfall
- Verhalten 321
- Gefahrgut-Ausnahmeverordnung (GGAV) 568
- Gefahrgutbeauftragtenverordnung (GbV) 566
- Gefahrgutbeförderungsgesetz (GGBefG) 499, 564
- Verordnung 566
- Gefahrgutklasse 499ff.
- nach Gefahrgutrecht 500
- Gefahrgutverordnung See (GGVSee) 566
- Gefahrgutverordnung Straße Eisenbahn Binnenschifffahrt (GGVSEB) 496, 566
- gefährliche Eigenschaft 53ff., 246
- physikalische Eigenschaften 55
- gefährliche Güter 499, 565
- Beförderungspapiere 553
- Begleitpapiere 553
- Klassifizierung 499
- nationale Vorschrift 564
- Verzeichnis 524ff.
- Gefährlichkeitsmerkmal 55ff.
- Gefahrstoff, siehe auch Stoffe/Gemische 298
- einatembare partikelförmiger 327
- krebserzeugender, erbgutverändernder und fortpflanzungsgefährdender 340
- Lagerung 431ff.
- mineralfaserhaltiger 332
- verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände 518
- Verzeichnis 302
- zusätzliche Maßnahmen für spezielle Gefahrstoffe 443ff.
- Gefahrstoffexposition
- messtechnische Ermittlung 145
- Gefahrstoffinformation 301
- Gefahrstofflager
- grundlegende Schutzmaßnahme 441
- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) 295
- Anhang I 327
- Anwendungsbereich und Begriffsbestimmungen 296
- Betriebsanweisung 318
- Gefahrstoffverzeichnis 136
- Gemische, siehe auch Stoffe/Gemische
- Bezeichnung 233
- Chargenanalogie 121
- Definition 200f.
- Einstufung 234
- Einstufung nach Anhang I CLP-Verordnung 120
- flüssige 263
- toxikologische Wirkung 248
- Verdünnung 120
- Zubereitungsrichtlinie 234
- Zusammensetzung 235
- Genommutation 29
- Geruchsschwelle 162
- Gesamtstaubmessung 190
- Gesetz
- über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz, GGBefG) 499, 564
- zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge 367
- zur Ordnung des Wasserhaushalts 379
- Gesichtsschutz 383
- Gesundheitsgefahr 77
- gesundheitsschädlich 80
- nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG 80
- gewässerschädigend 111
- giftig 80
- nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG 80
- zusätzliche Schutzmaßnahmen bei der Lagerung giftiger und sehr giftiger Gefahrstoffe 451, 482
- giftige Naturstoffe 9
- giftige Stoffe 80f., 126, 317f., 329, 340ff., 512
- Giftigkeit 2
- Berechnungsformel 125f.
- Giftinformationsverordnung (ChemGiftInfoV) 293
- Glutaraldehyd 80
- Glycerintrinitrat (Nitroglycerin) 57
- Glycidol 80
- Glycidylether 88
- Glykolether 103
- granuläre biobeständige Stäube (GBS) 157
- Grenzwert
- biologischer (BGW) 173f.
- internationaler 172
- Grenzwerttrichlinien 242
- Großpackmittel (IBC) 539
- Kennzeichnung 551
- Kombi-IBC 550
- metallische 550
- starre Kunststoff-IBC 550
- Großzettel (Placards) 549
- Grundpflicht 304
- Biostoff 351
- Gruppenbetriebsanweisung 317

h

Halbmaske 404
 – gasfiltrierende 413
 – Partikelfilter 408
 Halogenkohlenwasserstoffe 96
 Handhabung 240
 Handlungsanweisung 315
 Handschutz 244
 Hartholzstäube 94
 Haut 3
 Hautallergene 166
 hautätzend 83, 122, 515
 HEPA-Filter (High Efficiency Particulate Air-
 filter) 354
 Hexachlorbenzol (HCB) 99, 109, 282
 γ -Hexachlorcyclohexan 99
 Hexachlorethan 267
 Hexachlorplatinate 88
 Hexamethylentetramin 61
 Hexamethylphosphorsäuretriamid 92
 n-Hexan 106
 Hinweisschild 493
 Hochdruckflüssigkeitschromatografie
 (HPLC) 187
 hochentzündlich 64f.
 – Stoff 267
 Holzstaub 264
 Hydrazin 80ff.
 Hydrazin-trinitromethan 72
 1,4-Hydrochinon 86
 Hydrogencyanid 329
 Hydroxylamin 75
 Hydroxylammoniumchlorid 75
 Hygiene 309
 Hygieneanforderung
 – biologischer Arbeitsstoff 349
 Hygienemaßnahme 244

i

IATA (International Air Transport Associati-
 on) 498
 IATA-DGR (IATA Dangerous Goods Regula-
 tions) 498
 IBC, siehe Großpackmittel
 IMDG-Code (International Maritime Dange-
 rous Goods-Code) 497
 Immission 369
 Indikatorpapier 181ff.
 Industriechemikalie 16
 – Sicherheitsmaßnahme 212
 Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK)
 167

International Governmental Maritime Or-
 ganization (IMO) 497
 Internationale Zivile Luftfahrtorganisation
 (ICAO, International Civil Aviation Organi-
 zation) 498
 Internationales Übereinkommen über den
 Eisenbahnfrachtverkehr 496
 Inverkehrbringen 286
 – Verbot 261, 337
 IOELV (Indicative Occupational Exposure Li-
 mit Value), siehe Arbeitsplatzgrenzwert
 Ioxynil 104
 Isoliergerät 420f.
 – für Selbstretter 429
 Isopren 62, 100
 2-Isopropoxyethanol 106

j

Jod 5
 Jodylbenzoat 76
 Jodylbenzol 58
 Jugendarbeitsschutzgesetz 359
 – Beschäftigungsbeschränkungen 360

k

Kalilauge 84
 Kaliumchlorat 69
 Kaliumcyanid 8
 Kaliumdichromat 69
 Kaliumnitrit 69
 Kaliumperchlorat 69
 Kaliumpermanganat 69
 Kaliumpersulfat 69
 Kanister 536
 Kanzerogen 18
 – chemisches 19ff.
 – genotoxisches 18
 – natürliches 25f.
 – nicht-genotoxisches 19
 – Potenz 23
 – Zielorgan 23, 95
 karzinogen 89ff.
 – nach CLP-Verordnung 94
 keimzellmutagen 89ff.
 Kemlerzahl 552
 Kennzahl
 – sicherheitstechnische 34
 Kennzeichnung 53, 126ff., 546ff.
 – Ausnahmen von den Vorschriften 134
 – Gefahr 552
 – Größe 132
 – Großpackmittel 551
 – innerbetriebliche 307

- nach CLP-Verordnung 127
 - nach Zubereitungsrichtlinie 129
 - orangefarbene 550f.
 - spezielle Vorschriften 132
 - Verpackung 549
 - Kennzeichnungselemente 235
 - innerbetriebliche 308
 - Kiste 536
 - Kohlendioxid 415ff.
 - Kohlendisulfid 104
 - Kohlenmonoxid 16, 102ff., 164, 410ff., 428
 - Kombinationsfilter 417
 - Kombinationsverpackung 538
 - Konzentration 155
 - Konzentrationsgrenzwert
 - ätzende/reizende Eigenschaften 122
 - cmr-, sensibilisierende und STOT Eigenschaften 122
 - Körperschutz 244, 398ff.
 - Korrosionsschutzmittel 331
 - Krebs 18ff.
 - biologischer Faktor 19
 - chemische Kanzerogene 19
 - endogener Faktor 20
 - Konzentration 24
 - physikalischer Faktor 19
 - krebserzeugend/krebsauslösend 94ff.
 - besondere Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen 311
 - besonders gefährliche krebserzeugende Stoffe 331
 - Einstufung nach TRGS 905 100
 - Einteilung durch die MAK-Kommission 99
 - MAK-Werte 165
 - Stoff 94ff., 266
 - Krebsrichtlinie 274
 - Kreosot 267
 - Kreosotöl 267
 - Krokydolith 264
 - Kühlschmierstoffe 331
- I**
- Ladung 556
 - Lagereinrichtung 442
 - Lagerklasse (LGK) 445ff.
 - Lagerraum
 - Tank 471
 - Lagerung 240, 309, 431ff.
 - akut toxische Flüssigkeit und Feststoff 450
 - allgemeine Anforderungen für brennbare Flüssigkeiten und Feststoffe 466
 - allgemeine Maßnahmen 462
 - brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt ≤ 55 °C 467
 - Druckgasbehälter 454
 - Feststoff mit hoher Brandgefährdung 472
 - Gas 453, 475ff.
 - Gas in ortsfesten Anlagen 475
 - Gefahrstoff 431ff.
 - Gefahrstoff in ortsbeweglichem Behälter 433
 - Gefahrstoff in ortsfesten Anlagen sowie Füll- und Entleerstellen für ortsbewegliche Behälter 460
 - grundlegende Maßnahmen 438
 - Maßnahmen zur sicheren Lagerung von Gefahrstoffen 440
 - oxidierende Stoffe 452
 - zusätzliche Maßnahmen für spezielle Gefahrstoffe 443ff.
 - leichtentzündlich 64f.
 - Stoff 267
 - Leichtschlauchgerät 424f.
 - Leptophos 108
 - Lieferantenpflicht 226
 - Lieferkette
 - Information 225ff.
 - Lindan (γ -Hexachlorcyclohexan) 97ff.
 - LOAEL (Lowest Observable Adverse Effect Level) 11
 - LOEL (Lowest Observable Effect Level, niedrigste Dosis, bei der eine toxische Wirkung festgestellt wurde) 162
 - lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung (ChemVOCFarbV) 293
 - LSA (geringe spezifische Aktivität) 515
 - Luftgrenzwert 261
 - Arbeitsplatz 154
 - Luftverkehr
 - Transport 498
 - Luftverunreinigung 369

m

 - Magnesiumpulver 61, 73
 - Magnusson-Kligmann-Test 13
 - MAK-Kommission
 - Grenzwert 161
 - MAK-Wert (maximale Arbeitsplatz-Konzentration) 161ff.
 - Grenze 167
 - krebserzeugend 165
 - Kriterien zur Ableitung 163
 - Maleinsäureanhydrid 106
 - Marine Pollutant 547

- Materialien
 - unverträgliche 247
 - Maximierungstest 13
 - Mehrbereichsfilter 413ff.
 - Mensch
 - Gefahren für Mensch und Umwelt 319
 - Messgerät
 - direktanzeigendes 178
 - Metabolismus 6f.
 - Metallhydrid 65
 - metallkorrosiv 75, 80, 108
 - Metam-Natrium 111
 - Methacrylate 88
 - Methanol 63, 80, 108
 - Unfallmerkblatt 559
 - Methomyl 79
 - 2-Methoxy-propanol 86
 - 2-(2-Methoxyethoxy)ethanol (DEGME) 269
 - 1-Methoxypropanol-2 106
 - 1-Methoxypropylacetat 106
 - Methylamin 62
 - Methylbromacetat 264
 - Methylbromid 80
 - 2-Methylbutadien 59
 - Methylbutylketon 109
 - Methylendiphenyl-Diisocyanat (MDI) 270
 - Methylformiat 62
 - Methylglykolacetat 102
 - Methylisocyanat 6
 - Methylmercaptan 59
 - Methylmethacrylat 106
 - 2-Methylpropanol 86
 - Methylquecksilber 79, 102
 - Methylvinylether 59
 - Milchsäureethylester 86
 - Mindestzündenergie (MZE) 36
 - mineralfaserhaltiger Gefahrstoff 332
 - Mineralsäure 75
 - Mipafox 108
 - Mitteilungspflicht 291ff.
 - Mobilität im Boden 250
 - Monochlordifluormethan 106
 - Monoisocyanate 5
 - Monomethyldibromdiphenylmethan (DBBT) 266
 - Monomethyldichlordiphenylmethan (Ugilec 121, Ugilec 21) 266
 - Monomethyl-tetrachlordiphenylmethan (Ugilec 141) 266
 - Morpholin 63
 - Mutation 27
 - Mutterschutzverordnung (MuSchArbV) 358
 - Beschäftigungsbeschränkung 359
 - Mykoallergose 42
 - Mykotoxikose 42
- n**
- Naphthalin 417
 - Naphthalinöle 267
 - Naphthol 86
 - β-Naphthylamin 24, 94
 - 2-Naphthylamin 264, 331
 - Natriumchlorat 69
 - Natriumdichromat 69
 - Natriumdithionit 76
 - Natriumhydrogensulfat 86
 - Natriumhydrosulfid 76
 - Natriumhydroxid 84
 - Natriumnitrit 69
 - Natriumperoxid 69
 - Natriumpersulfat 69
 - Natronlauge 84
 - Naturstoff
 - giftiger 9
 - nicht-additive Eigenschaft 114, 124
 - Nicht-Phase-In-Stoff 199
 - Nickel 266
 - Nickelcarbonat 97
 - Nickeldioxid 94
 - Nickelhydroxid 97
 - Nickelsulfid 94
 - Nickeltetracarbonyl 97
 - Nickeltrioxid 94
 - Nickelverbindungen 110
 - Nicotin 79
 - Niedrigsieder
 - Gruppe 1 414
 - Gruppe 2 414
 - Gruppe 3 415
 - Gruppe 4 415
 - Niedrigtemperatur-Kohlenteeralkalin 267
 - Nieswurz
 - Pulver aus der Wurzel der grünen Nieswurz 264
 - 4-Nitroanilin 106
 - o-Nitrobenzaldehyd 264
 - 4-Nitrobiphenyl 264, 331
 - Nitroglycerin 57
 - 1-Nitropropan 63
 - N-Nitrosamine 24, 96
 - Nitroverbindungen 96
 - NOAEL (No Adverse Effect Level) 10
 - Nonylphenol 268
 - Nonylphenolethoxylate 268
 - Notfall 313
 - Maßnahmen 555

o

oberflächenkontaminierte Gegenstände 515
 OEL-Grenzwert (Occupational Exposure Limit) 159
 Ordnungswidrigkeit
 – Chemikalien-Verbotsverordnung 346
 organische Peroxide 70ff., 431, 511
 – Typ 71
 OSOR (one substance, one registration) 205
 oxidierend 67
 oxidierend wirkender Stoff 510
 oxidierende Flüssigkeit
 – Kategorie 68
 – Kennzeichnung 68ff.
 – nach CLP-Verordnung 68
 – Typ 72
 oxidierende Gase
 – Kennzeichnung 67
 – nach CLP-Verordnung 67
 oxidierender Feststoff
 – nach CLP-Verordnung 69
 oxidierender Stoff
 – Lagerung 452
 Ozon 5
 Ozonschicht schädigend 111, 282
 – Verordnung über Stoffe, die die Ozonschicht schädigen (Chemikalien-Ozonschichtverordnung, ChemOzon-SchichtV) 292

p

PAK, siehe polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
 Panamarindenpulver 264
 Paraldehyd 63
 Parasiten 51
 Parathion 106
 Partikel
 – Bestimmung fester Partikel 190
 – lungengängige 29
 Partikelfilter 406ff.
 – Einsatzbereich 408
 – Nutzungsdauer 409
 partikelfiltrierende Halbmaske 408
 PAS-Methode (Personal Air Sampling) für Gase und Dämpfe 185ff.
 PBT, siehe persistente und bioakkumulierbare toxische Stoffe
 PC, siehe Produktkategorie
 PCB, siehe polychlorierte Biphenyle
 PCT, siehe polychlorierte Terphenyle
 Penetration 389
 Pentachlorbenzol 61

Pentachlorethan 109, 267
 Pentachlorphenol 265, 331
 n-Pentan 63
 Per 97
 Perchlorsäure 68
 Perfluoroctansulfonate (PFOS) 269
 Permeation 389
 Peroxide
 – organische 70ff., 431, 511
 Peroxodisulfate 88
 persistente organische Schadstoffe (POP, Persistent Organic Pollutant) 279ff.
 persistente und bioakkumulierbare toxische Stoffe (PBT) 209, 223
 – Beurteilung 251
 Persistenz 249
 Person
 – fachkundige 304
 Phase-in-Stoff 199
 Phenol 4, 80ff.
 Phenole 398
 Phenylhydrazin 109
 Phosgen 6, 79, 164
 Phosphamidon 93
 Phosphin 64, 79
 Phosphor
 – roter 61
 – weißer 73ff.
 Phosphorchloride 5
 Phosphorpentachlorid 84
 Phosphorpentasulfid 61
 Phosphorpentoxid 84
 Phosphorsäure 84
 Phosphortrichlorid 79ff.
 Phosphorylchlorid 109
 Phosphorwasserstoff 329, 482
 Photoionisationsdetektor (PID) 184
 Phthalsäureanhydrid 86ff.
 PIC-Übereinkommen (PIC, Prior Informed Consent) 275
 PIC-Verordnung
 – Tabelle 277f.
 Pikrinsäure 57, 76
 Piktogramm 56ff., 72ff., 83ff., 95ff., 107ff., 307, 396
 Pilze 42ff.
 – Risikogruppen 45
 Piperazin 84
 Piperidin 80ff.
 PNEC (Predicted No Effect Concentration) 168, 242
 POD, siehe Startstudie
 Polyacrylsäure (vernetzt) 99

- polybromierte Biphenyle (PBB) 264
 polychlorierte Biphenyle (PCB) 111, 282, 340
 polychlorierte Dibenz-p-dioxine (PCDD) 282
 polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) 282
 polychlorierte Terphenyle (PCT) 263, 340
 polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) 110, 269, 282
 POP-Verordnung 282
 PPORD, siehe produkt- und verfahrensorientierte Forschung und Entwicklung
 Pressluftatmer 425
 Probenahmepumpe 185ff.
 Probenahmeröhrchen 178
 – direktanzeigende 178
 – Farbreaktion 180
 – Redoxreaktion 180
 PROC, siehe Verwendungskategorie
 produkt- und verfahrensorientierte Forschung und Entwicklung (PPORD, Product and Process Oriented Research and Development) 213
 Produktidentifikator 127
 Produktkategorie (PC, Product Category) 257
 n-Propanol 86
 Propansulton 24
 Propargylalkohol 80
 1,3-Propiolacton 79
 Propionsäure 84
 Propylbromacetat 264
 Propylendiamin 84
 Propylenoxid 62
 Prüfchemikalien für Chemikalienschutzhandschuhe 397
 Prüfsachkundiger
 – Arbeitsmittel 363
 PSA, siehe Schutzausrüstung
 psychotrope Substanz 281
 Punktmutation 27
 pyrophore Flüssigkeiten und Feststoffe 73
 – Kennzeichnung 73
- q**
- Quecksilber 3, 265
 Quecksilberfulminat 57
 Quecksilberverbindungen 108ff., 265
 Quellbeständigkeit 389
- r**
- RAC (risk assessment committee) 223
 radioaktive Stoffe 515
 Raney-Nickel 66
 REACH (Registration Evaluation Authorisation Chemicals, Registrierung Bewertung Zulassung Chemikalien) 195ff.
 – Anhang IV REACH-Verordnung 218f.
 – Anwendungsbereich 197
 – Forschung und Entwicklung 213
 Reaktionsführung
 – sichere 365
 Reaktionskalorimeter 366
 Reaktivität 246
 Rechtsvorschrift 253
 Regenerationsgerät 425
 – mit chemisch gebundenem Sauerstoff 427
 – mit Drucksauerstoff 426
 Registrant 199
 Registrieranforderung
 – allgemeine 205f.
 – mengenabhängige 207
 Registrierung 203
 – Ausnahmen von der Registrierpflicht 217
 – Zulassungspflicht 220
 reizend
 – Einstufungsgrenzwerte fester Zubereitungen 125
 – Konzentrationsgrenzwert 122
 – nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG 87
 Reizwirkung
 – auf die Haut nach CLP-Verordnung 82
 reproduktionstoxisch 89
 – Einstufung der MAK-Kommission 105
 – nach CLP-Verordnung 100
 Richtlinie zur Durchführung der Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt und weiterer gefahrgutrechtlicher Verordnungen (RSEB) 568
 RID (Règlement International concernant le transport des marchandises dangereuses par chemins de fer) 496
 Risiko 150
 Risikobewertung 210
 Risikogruppe
 – Bakterien 48f.
 – biologischer Arbeitsstoff 40ff.
 – Biostoffverordnung 348ff.
 – Pilze 45
 – Schutzmaßnahmen für die Risikogruppe 2 bis 4 353
 – Viren 49ff.
 Risikokonzept 158
 Risikomanagementmaßnahme (RMM, risk management measure) 211
 RNA-Viren 50
 Rohöle 267

- Rotterdammer Übereinkommen 275ff.
 – Stoffe 280
- RSEB (Richtlinie zur Durchführung der Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt und weiterer gefahrgutrechtlicher Verordnungen) 568
- S**
- S-Sätze
 – obligatorisch nach EG-Richtlinie 131
- Sachkunde
 – Chemikalien-Verbotsverordnung 345
- Sack 538
- Salpetersäure 68, 84
- Salzsäure 84
- Sauerstoff 67
- Sauerstoffschutzgerät 426
- Schädlingsbekämpfung 328
- Schädlingsbekämpfungsmittel 290
- Schadorganismen 288
- Schätzwert der akuten Toxizität, siehe ATE-Wert
- Schichtmittelwert 154
- Schifffahrt
 – Transport 497
- Schlauchgerät 421
- Schürze 398
- Schutzanzug 398ff.
- Schutzrüstung
 – persönliche (PSA) 241ff., 305, 383ff., 556
- Schutzbrille 385f.
- Schutzhandschuh 389f.
 – allgemeine Regeln bei der Benutzung 391f.
 – Auswahl 392
 – Kennzeichnung 396
 – Schutzklasse 393
- Schutzmaßnahme 244, 319
 – allgemeine 306
 – bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fruchtbarkeitsgefährdenden Gefahrstoffen 311
 – besondere Schutzmaßnahmen gegen physikalisch-chemische Einwirkungen 313
 – grundlegende 351
 – für die Risikogruppe 2 bis 4 353
 – Rangfolge ((S)TOP) 305
 – weitergehende 353
 – zusätzliche 310
- Schutzmittel 290
- Schutzschirm 388
- Schwangerschaft 14f.
- Schwangerschaftsgruppe 105f.
- Schwefeldioxid 5, 80ff.
- Schwefelkohlenstoff 63, 109
- Schwefelsäure 84, 99
- Schwefeltetrachlorid 84
- Schwefelwasserstoff 79, 164, 482
- SCOEL (Scientific Committee for Occupational Exposure Limits) 160
- SEAC (Ausschuss für sozioökonomische Analyse) 223
- sehr giftig 80
 – nach EG-Stoffrichtlinie 67/548/EWG 80
- sehr persistente und sehr bioakkumulierbare Stoffe (vPvB) 209, 223
 – Beurteilung 251
- selbstentzündlicher Stoff 509
- Selbstretter 427
 – Filtergerät 428
 – Isoliergerät 429
- selbstersetzliche Stoffe und Gemische 70f., 508
- Senatskommission zur Prüfung gesundheits-schädlicher Arbeitsstoffe in der deutschen Forschungsgemeinschaft, siehe MAK-Kommission
- Sensibilisierung 166
 – Konzentrationsgrenzwert 122
 – nach CLP-Verordnung 87
 – nach Stoffrichtlinie 67/548/EWG 89
- Sensor
 – elektrochemischer 183
- Seveso III-Richtlinie 374ff.
- Sicherheitsanalyse 378
- Sicherheitsdatenblatt 229ff.
 – erweiterte 254
- Sicherheitshinweis 127
- Sicherheitsmaßnahme 211
 – abweichende (RMM) 228
 – Industriechemikalie 212
- Sicherheitsschrank
 – Gas 490
- Sicherheitstechnik
 – Stand 375
- sicherheitstechnische Kennzahl 34f.
- Sicherheitswerkbank
 – Klasse I 352
 – Klasse II 354
 – Klasse III 354ff.
- Sicherheitszeichen 312
- Sichtscheibe 384ff.
- SIEF (Substance Information Exchange Forum) 204
- Signalwort 127
- Spaltenmodell 150ff.
 – CLP-Einstufung 152

- spezifische Aktivität
 - geringe (LSA) 515
 - Spitzenwertkategorie I 166
 - Spitzenwertkategorie II 166
 - Sprengstoff 431
 - Stabilität 246
 - Startstudie (POD, point of departure) 169
 - Staub 29ff.
 - brennbarer 333
 - Gesamtstaubmessung 190
 - granuläre biobeständige Stäube (GBS) 157
 - inerte 32
 - total deponierbarer 29
 - Staubfraktion
 - alveolare (A) 30, 157
 - einatembare (E) 30, 157
 - Staubgrenzwert
 - allgemeiner 157
 - Stern-Einträge nach Anhang VI Tabelle 3.1
 - CLP-Verordnung 116f.
 - Stickoxide 5, 415
 - Stickstoffdioxid 6, 79
 - Stockholmer Übereinkommen 282
 - Stoffe/Gemische, siehe auch Gefahrstoff 201
 - akut toxische 78ff., 450
 - angemeldete 199
 - ansteckungsgefährliche 514
 - atemwegssensibilisierende 88
 - augenschädigende oder -reizende 85
 - bedenkliche 288
 - Bezeichnung 233
 - desensibilisierte explosive feste 508
 - die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln gemäß CLP-Verordnung 63f., 510
 - Einstufung 113ff., 234
 - entwicklungsschädigende 102ff.
 - entzündbare feste 508
 - entzündbare flüssige 507
 - entzündend (oxidierend) wirkende 510
 - erbgutverändernde 96
 - explosionsfähig 298
 - explosive 502
 - flüssige 263, 544
 - gefährliche Stoffe nach der Störfallverordnung 374
 - gefährliche Stoffe nach EG-RL 2012/18/EG (Seveso III) 376
 - gewässerschädigende 111
 - giftige 80f., 126, 317f., 329, 340ff., 512
 - hautätzende 83
 - hautsensibilisierende 88
 - hautreizende 83
 - karzinogene 91ff.
 - keimzellmutagene 91
 - Kennzeichnung 75, 126f.
 - krebserzeugende/krebsauslösende Einteilung durch die MAK-Kommission 99
 - Lagerung 431ff.
 - Lagerung oxidierender Stoffe 452
 - metallkorrosive 75
 - physikalisch-chemische Eigenschaften nach EG-RL 67/548/EWG 75
 - physikalisch-chemische Grundlagen 34
 - radioaktive 515
 - reproduktionstoxische 91
 - Rotterdamer Übereinkommen 280
 - Schwangerschaftsgruppe 106
 - selbstentzündliche 509
 - selbstzersetzliche 70ff., 508
 - sensibilisierende 88
 - spezifische Zielorgan-Toxizität 107ff.
 - toxikologische Wirkung 248
 - verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände 518
 - wassergefährdende 379
 - Zusammensetzung 235
 - Stoffrichtlinie 271
 - Stoffsicherheitsbericht (CSR, Chemical Safety Report) 206ff.
 - Expositionsszenario 255
 - Stoffsicherheitsbeurteilung (CSA, Chemical Safety Assessment) 208, 253
 - Störfall 375
 - Störfall-Verordnung 374
 - STOT (specific target organ toxicity), siehe Toxizität
 - Straftat
 - Chemikalien-Verbotsverordnung 346
 - Straße
 - Transport 497
 - Stufenmodell (ECETOC tiered approach) 260
 - Styphninsäure 76
 - Styrol 100ff.
 - Styrol-4-sulfonylchlorid 86
 - SU, siehe Verwendung
 - Substitutionsprüfung 147
 - Suchtstoff 281
 - Sulfuryldifluorid (Sulfurylfluorid) 80, 111, 329
 - Summenwertbedingung 154
 - SX-Filter 415
- t**
- Tank 461ff., 541
 - Betreiber von ortsbeweglichen Tanks 533

- Lagerraum 471
- Schutzstreifen 468f.
- Tankcodierung 542
- Tankcontainer 541
 - Betreiber 533
- Tankfahrzeug 541
- Tätigkeit 299
 - gezielte 348
 - mit Gasen 476
 - mit ortsbeweglichen Druckgasbehältern 431ff., 486
 - nicht gezielte 348
- technische Regeln Druckgase (TRG) 431
- technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) 476
- technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 349
- technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 432, 476
 - Anlage 436
 - Anwendungsbereich und Aufbau 433
- Technische Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter im Luftverkehr 498
- Technischer Anpassungsausschuss (TPC) 160
- Teersäuren 267
- Temperaturerhöhung
 - adiabatische 366
- Tetra 97
- 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (TCDD) 8, 19, 99
- 1,1,2,2-Tetrachlorethan 79, 267
- Tetrachlorethylen 106
- Tetrachlorkohlenstoff 80
- Tetrachlormethan 99
- Tetrachloplatinate 88
- Tetraethylthioperoxydicarbonsäurediamid 111
- Tetrahydrofuran 63, 76, 106
- Tetranitrocarbazol 58, 76
- Tetranitronaphthalin 57
- Tetraphosphor 66
- TGD (Technical Guidance Document) 197, 232
- Thalliumverbindungen 108
- Thermodesorption 188
- Thioglykolsäure 80
- Thioharnstoff 97
- Thioylchlorid 84
- Thiram 93ff., 111
- Titantetrachlorid 84
- TNT 57
- Toleranzkonzentration nach BekGS 910 158
- Toluol 65, 106ff., 268
- Toluol-2,6-diisocyanat (TDI) 79
- p-Toluolsulfonsäure 84
- Tosylisocyanat 88
- Toxikologie 1
- toxikologische Angabe 247
- Toxizität
 - akute 2, 77ff., 112
 - aquatische 110
 - akute aquatische 112
 - Kennzeichnung bei einmaliger Exposition 107
 - Kennzeichnung bei wiederholter Exposition 108
 - Konzentrationsgrenzwert 122
 - spezifische Zielorgan-Toxizität (STOT) 107
 - umweltbezogene Angabe 249
- Transport 252
 - Beförderungspapiere 553
 - Begleitpapiere 553
 - Gefahrgüter 495ff.
 - Maßnahmen bei einem Unfall oder Notfall 555
 - nationale Vorschrift 564
 - schriftliche Weisung 555
- Transportgefahrenklasse 252
- Transportvorschrift 495ff.
 - internationale 496ff.
 - nationale 498
- Tremolit 264
- Tri-n-butylphosphat 99
- Tri-(2,3-dibrompropyl)-phosphat 263
- Trialkylborane 66
- Triblei-bis(carbonat)-dihydroxid 265
- 1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(4-chlorphenyl)-ethan (DDT) 338
- 2,4,6-Trichlor-1,3,5-triazin 79
- Trichlorbenzol 268
 - 1,1,1-Trichlorethan 106
 - 1,1,2-Trichlorethan 267
- Trichlorethen 97
- Trichlorethylen 106
- Trichlormethan (Chloroform) 97ff., 267
- Trichlorphenol 97
- Trichlorsilan 66ff.
- Tricresylphosphat 108
- Triethylamin 84
- Trimethylzinn 79
- Trinitrobenzol 57
- Trinitrokresol 57
- 2,4,6-Trinitroresorcin 57
- 2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) 57
- Trinitroxyl 57

- 1,3,5-Trioxan 61
- Tris-(aziridinyl)-phosphinoxid 264
- TUIS (Transport-Unfall-Informationssystem) 557
- Tumorentstehung 18ff.
 - Konzentration 24
- u**
- Ugilec 21 266
- Ugilec 121 266
- Ugilec 141 266
- Umrechnungswert
 - akute Toxizität 123
- umweltbezogene Angabe 249
- Umweltbundesamt (UBA) 286
- Umwelteinwirkung
 - schädliche 368
- Umweltexposition 259
 - Begrenzung und Überwachung 245
 - ERC (Environmental Risk Category) 259
- Umweltgefahr 110, 252
 - Gefahren für Mensch und Umwelt 319
 - nach CLP-Verordnung 110
 - nach Stoffrichtlinie 67/54/EWG 112
- UN-Nummer 252, 552
 - Zuordnung 501
- UN-Versandbezeichnung
 - ordnungsgemäße (Proper Shipping Name) 252
- UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods 496
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 496
- Unfall 313
 - Maßnahmen 555
- Unfallinformationsdienst der chemischen Industrie 557
- Unfallmerkblatt 555f.
 - Methanol 559
- Unsicherheitsfaktor (Assessmentfaktor) 169
- Unterrichtung der Behörde 326
- Unterweisung 314
 - Mitarbeiter 323
 - mündliche 324, 336
- Urotropin 88
- UVCB-Stoffe (Substances of Unknown or Variable composition, Complex reaction products or Biological materials) 202
- v**
- Vanadiumpentoxid 109
- Verbotszeichen 443, 467
- Verfahren der vorherigen Zustimmung nach Inkenntnissetzung (PIC, Prior Informed Consent) 275
- verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) 140
- Verfahrensparameter 149
- Verhaltensregel 319
- Verlader 532
- Verordnung
 - 127/2007/EG 283
 - 689/2008/EG 275
 - 850/2004/EG 282f.
 - 2037/2000/EG 282
 - 3677/90/EWG 281
 - Bundes-Immissionsschutzgesetz 372
 - Chemikaliengesetz 292
 - chemikalienrechtliche Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) durch Beschränkung des Inverkehrbringens lösemittelhaltiger Farben und Lacke 293
 - über die Ausnahmen von den Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter 568
 - über die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen 566
 - über die Bestellung von Gefahrgutbeauftragten in Unternehmen 566
 - über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern 566
 - über die Kontrollen von Gefahrguttransporten auf der Straße und in den Unternehmen (GGKontrollV) 567
 - über die Meldung von Biozidprodukten nach dem Chemikaliengesetz 293
 - über die Mitteilungspflichten nach § 16e des Chemikaliengesetzes zur Vorbeugung und Information bei Vergiftungen 293
 - über genehmigungsbedürftige Anlagen 373
 - über Kosten für Amtshandlungen der Bundesbehörden nach dem Chemikaliengesetz 295
 - über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen 295, 347
 - über Stoffe, die die Ozonschicht schädigen 292
 - zum Schutz der Mütter am Arbeitsplatz (MuSchArbV) 358
 - zum Schutz vor gefährlichen Stoffen 295

- zur Durchsetzung gemeinschaftsrechtlicher Verordnungen über Stoffe und Zubereitungen 295
 - Verpacker 533
 - Verpackung 533
 - Kennzeichnung 549
 - zusammengesetzte 540
 - Verpackungsanweisung 542ff.
 - flüssige Stoffe 544
 - Verpackungsart 535
 - Verpackungscode 539
 - Verpackungsgruppe 252, 502ff.
 - Dämpfe 513
 - Versandstücke
 - Kennzeichnung 546
 - Sondervorschriften 546
 - Verträglichkeitsgruppe 503
 - Verwenden 286
 - Verwender
 - Abgabe an berufsmäßige Verwender 344f.
 - Verwendung
 - identifizierte 200, 256
 - Sector of Use (SU) 256
 - Verwendungs- und Expositions-kategorien (VEK) 200ff.
 - Verwendungskategorie (Process Category, PROC) 257
 - Verzeichnis der gefährlichen Güter 524
 - Vinylchlorid 59, 94, 263
 - virale Erkrankung 16
 - Viren
 - Risikogruppe 49ff.
 - Vitamin A 16
 - Vitamin D2 79
 - Vitamin D3 79
 - VOC (Volatile Organic Compound) 294
 - Vollmaske 401
 - Klassen 403
 - Partikelfilter 408
 - Vollschutzanzug 400
 - Vorregistrierung
 - nachträgliche 228
 - Vorschrift
 - Beförderung 560
 - vPvB, siehe sehr persistente und sehr bioakkumulierbare Stoffe
- w**
- Warfarin 102
 - Wärmeexplosion 366
 - Warn- und Sicherheitszeichen 312, 484ff.
 - Warntafel 553
 - Waschöl 267
- Wasserdampf 410
 - wassergefährdende Stoffe 379
 - Wassergefährdungsklasse (WGK) 380
 - Wasserhaushaltsgesetz (WHG) 379
 - Wasserstoff 64
 - Wasserstoffperoxid 68
 - Well Defined Substances 202
 - Mono-Constituent Substance 202
 - Multi-Constituent Substance 202
 - Wirkfaktorenmodell 148
 - Wirkschwelle 10
 - Wirkstoff 288
 - Wirkung
 - akut letale 125
 - akute 8
 - allergisierende 11
 - atemwegallergisierende 166
 - entwicklungsschädigende 14, 101f.
 - erbgutverändernde 27
 - fruchtbarkeitsgefährdende 17
 - fruchtbarkeits-schädigende 101f.
 - krebsauslösende/krebserzeugende 17, 97
 - latente 6
 - lokale 1
 - schädliche 251
 - sensibilisierende 11, 87
 - systemische 1
 - toxikologische 248
 - wiederholte Applikation 9
 - Working Party Chemicals (WPC) 160
- x**
- Xylol 63
- z**
- Zersetzungsprodukt
 - gefährliches 247
 - Zielorgan 2ff.
 - Kanzerogen 23, 95
 - Kennzeichnung bei einmaliger Exposition 107
 - Kennzeichnung bei wiederholter Exposition 108
 - spezifische Zielorgan-Toxizität (STOT) 107
 - Zinkchromat 94
 - Zinkdibutyldithiocarbamat 111
 - Zinkpulver 73
 - Zinkpulverstaub 66
 - Zinksulfat 86
 - Zinkverbindungen 110
 - Zinnorganische Verbindung 265
 - Zinnverbindungen 110
 - Ziram 79, 93

- Zirkonium 66
 - Pulver 73
- Zubereitung
 - Definition 200f.
 - Einstufung 113ff.
 - Einstufung nach der Zubereitungsrichtlinie 1999/45/EG 123
 - Einstufungsgrenzwert fester Zubereitungen aufgrund akut letaler Wirkung 125
 - Einstufungsgrenzwert fester Zubereitungen aufgrund ätzender, reizender Wirkung 125
 - Kennzeichnung 126f.
- Zubereitungsrichtlinie 234, 271
- Zulassung
 - Biozidprodukt 287
- Zulassungspflicht 220
- Zulassungsverfahren 224f.
- Zündtemperatur 35
- Zusammenladeverbot 545
- Zusammenladung 544
- Zusammenpackung 544
- Zusammenlagerungskonzept 445ff.
- Zusammenlagerungsverbot 475
- Zwischenprodukt 214
 - nicht-isoliertes 214
 - standortinternes isoliertes 214
 - transportiertes isoliertes 214