



Ausbildungshandbuch

Grundausbildung

2.8 Gefährliche Stoffe und Güter

Herausgegeben von:

Aus- und Fortbildungszentrum (AFZ)
Referat A 1 Ausbildung Gestaltung/Entwicklung

Provinzialstraße 93
53127 Bonn

Freigabenummer: A1-22-GA-LA2.1-2-1.1

© 2022 Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, Bonn

Nachdruck, Veränderung, Veröffentlichung und fotomechanische
Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des
Aus- und Fortbildungszentrum (AFZ), Referat A1.
Die Wiedergabe zu gewerblichen Zwecken ist verboten.
Alle Rechte vorbehalten.

Allgemeines

Das Ziel der Grundausbildung ist es, alle Helferinnen und Helfer durch Ausbildung in Theorie und Praxis auf den Einsatz vorzubereiten, das heißt, sie sollen die Einsatzbefähigung erlangen. Neben dem allgemeinen Wissen über den Katastrophenschutz und das Einsatzgeschehen sowie dem sicheren Umgang mit der allgemeingebräuchlichen StAN-Ausstattung gehört dazu zu einem großen Teil die Kenntnis der im Einsatz möglicherweise auftretenden Gefahren und des korrekten Verhaltens bei deren Auftreten.

Zu diesen allgemeinen Gefahren der Einsatzstelle, die wir im Gefahrenmerkschema „5A B C D 5E zusammengefasst finden, gehören auch die sogenannten besonderen Gefahren, nämlich

- chemische Gefahren,
- biologische Gefahren sowie
- radiologische und nukleare Gefahren

(CBRN).

Zum sicheren Umgang mit CBRN-Gefahren, die uns tagtäglich in Form von gefährlichen Stoffen und –gütern begegnen, ist es unerlässlich, zunächst deren mögliche Anwesenheit erkennen zu können. Anhand des Wissens um ihre Eigenheiten können dann die sich möglicherweise ergebenden Gefahren abgeschätzt werden. Erst dadurch werden die Helferinnen und Helfer in die Lage versetzt, sich korrekt zu verhalten.

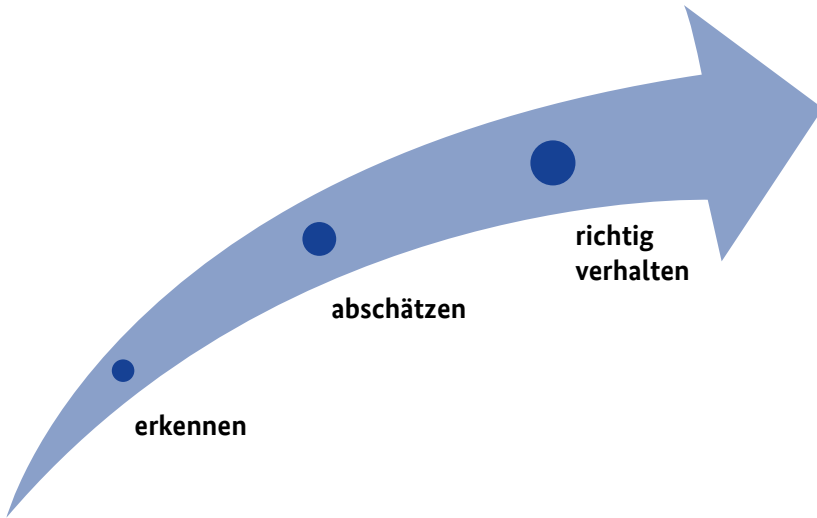


Abb. 1: Zielsetzung

Dieser Dreiklang ist die Zielsetzung der Ausbildung „Gefährliche Stoffe und Güter“:

Das vorliegende Ausbildungshandbuch „Gefährliche Stoffe und Güter“ für die Ausbildungsebene Grundausbildung soll als Hilfestellung und Nachschlagewerk für die Ausbilderin / den Ausbilder sowie ggf. die Helferinnen und Helfer dienen. Es ersetzt keinesfalls die Teilnahme an entsprechenden weiterführenden Ausbildungsveranstaltungen.

Inhaltsverzeichnis

Allgemein	3
Inhaltsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	7
1. RN-Gefahrstoffe	15
1.1 Ionisierende Strahlung	17
1.1.1 Atombau	17
1.1.1.1. Atomkern	19
1.1.1.2. Atomhülle	21
1.1.1.3. Entstehung ionisierender Strahlung	22
1.1.2 Alpha-(α)-Strahlung	24
1.1.3 Beta-(β)-Strahlung	25
1.1.4 Gamma-(γ)-Strahlung	26
1.2 Aufnahmewege	28
1.2.1 Dosis	28
1.2.2 Dosisleistung	29
1.2.3 Direkte Bestrahlung	29
1.2.4 Kontamination	31
1.2.5 Inkorporation	32
1.3 Gesundheitsgefahren	34
1.3.2 Somatische Schäden	36
1.4 Quellen, Freisetzung und Ausbreitung	39
1.4.1 Natur / Zivilisation	39

1.4.1.1.	Natürliche Strahlenexposition	39
1.4.1.2	Zivilisatorische Strahlenexposition	40
1.4.1.3	Zusammenfassung	42
1.4.2	Terrorismus / Militär	45
1.4.2.1	Nukleare Waffen	45
1.4.2.2	Radiologische Waffen	48
2.	B-Gefahrstoffe	49
2.1	Biologische Agenzien	49
2.1.1	Bakterien	50
2.1.2	Viren	53
2.2	Toxine	55
2.3	Sonstige Krankheitsüberträger	56
2.4	Aufnahmewege	57
2.5	Gesundheitsgefahren	59
2.6	Quellen, Freisetzung und Ausbreitung	62
2.6.1	Natur / Zivilisation	62
3.	C-Gefahrstoffe	65
3.1	Chemische Stoffe	65
3.1.1	Einteilung chemischer Stoffe	66
3.1.1.1	Anorganische Stoffe	67
3.1.1.2	organische Stoffe	68
3.1.2	Formen chemischer Stoffe	69
3.2	Chemische Gefahrstoffe	70
3.3	Aufnahmewege	72
3.4	Gesundheitsgefahren	74
3.5	Quellen, Freisetzung und Ausbreitung	75
3.5.1	Natur / Zivilisation	75
3.5.2	Terrorismus / Militär	76
3.5.3	Ausbreitung	81

4. Kennzeichnung von Gefahrstoffen und -gütern	82
4.1 Gefahrstoffe	84
4.1.1 Gefahrstoffverordnung	85
4.1.2 global harmonisiertes System	86
4.1.3 Gefahrensymbole und Gefahrenbezeichnungen	88
4.1.4 Zusammenlagerung	91
4.1.5 R- / H- und S- / P- Sätze	93
4.1.5.1 R- und S-Sätze	93
4.1.5.2 H- und P-Sätze	94
4.2 Warnzeichen	97
4.3 Gefahrgüter – Transportrecht der Verkehrsträger	101
4.3.1 Gefahrenklassen	102
4.3.2 Druckgasflaschen	112
4.3.3 Warntafel	114
4.3.4 Gefahrennummer (Kemlerzahl)	115
4.3.5 Stoffnummer (UN-Nummer)	117
4.3.6 Eisenbahnfahrzeuge	118
4.3.7 Wasserfahrzeuge	119
4.3.8 Seewasserfahrzeuge	119
4.3.9 Binnenwasserfahrzeuge	120
4.3.10 Gefahrendiamant	122
4.3.11 Transportpapiere	126
4.3.12 Beförderungspapier	127
4.3.13 schriftliche Weisungen	128
5. Grundregeln des Schutzverhaltens	129
5.1 Besondere Gefahren der Einsatzstelle	129
5.2 THW-DV / FwDV 500	130
5.3 persönliches Einsatzverhalten	131

5.3.1	Einsatzvorbereitung	131
5.3.2	Verhalten im Einsatz	132
5.3.3	Einsatznachbereitung	134
5.4	GAMS-Regel	136
5.4.1	Gefahren erkennen	136
5.4.2	Absperren	138
5.4.2.1	Gefahrenbereich	139
5.4.2.2	Absperrbereich	141
5.4.3	Menschenrettung	142
5.4.4	Spezialkräfte anfordern	143
5.5	3-A-Regel	146
6.	Persönliche Schutzausstattung	148
6.1	Persönliche Schutzausstattung	149
6.1.1	Atemschutz	151
6.1.1.1	Filtergeräte	152
6.1.1.2	Isoliergeräte	152
6.1.1.3	Regenerationsgeräte	153
6.1.2	Körperschutz	153
6.1.2.1	Körperschutz Form 1	155
6.1.2.2	Körperschutz Form 2	156
6.1.2.3	Körperschutz Form 3	157
6.2	Persönliche Schutzausstattung im THW	158
6.2.1	Anwendung	158
6.2.2	Anlegen	159
6.2.3	Ablegen	159
7.	Möglichkeiten der Dekontamination	160
7.1	Grundsätze	161

7.1.1	Dekontaminationsplatz (Dekon-Platz)	161
7.1.2	Durchführung	163
7.1.2.1	Entfernen	163
7.1.2.2	Vernichten	163
7.2	Stufenkonzept	164
7.2.1	Notdekontamination	166
7.2.2	Standard-Dekon und erweiterte Dekon	167
Anhang A	Bildverzeichnis	169
Anhang B	Literaturverzeichnis	171
Anhang C	Autorenverzeichnis	175
Anhang D	Änderungsdienst	177
Anhang E	Notizen	179

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Zielsetzung	4
Abb. 2:	Atombau	18
Abb. 3:	Isotope	20
Abb. 4:	Ionen	22
Abb. 5:	Antoine Henri Becquerel	23
Abb. 6:	Alpha-(α)-Strahlung	24
Abb. 7:	Beta-(β)-Strahlung	25
Abb. 8:	Elektromagnetisches Spektrum [5]	26
Abb. 9:	Gamma-(γ)-Strahlung	27
Abb. 10:	Rolf Sievert	28
Abb. 11:	Direkte Bestrahlung	30
Abb. 12:	Kontamination	31
Abb. 13:	Inkorporation	33
Abb. 14:	Strahlenwirkung auf lebende Materie [5]	34
Abb. 15:	Natürliche Strahlenexposition	40
Abb. 16:	Zivilisatorische Strahlenexposition	42
Abb. 17:	Mittlere natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition in Deutschland [5]	43
Abb. 18:	Mikroorganismen [10]	50
Abb. 19:	Formen und Aggregate von Bakterien [11]	51
Abb. 20:	Inkorporation	57
Abb. 21:	Einsatzmittel für biologische Waffen [12]	64
Abb. 22:	Chemische Stoffe [6]	67
Abb. 23:	Inkorporation	72
Abb. 24:	Typische Symptome von Intoxikationen [12]	74
Abb. 25:	Kennzeichnung nach GefStoffV	86

Abb. 26: Kennzeichnung nach GHS	88
Abb. 27: Zusammenlagerungstabelle für Gefahrstoffe [14]	92
Abb. 28: Kennzeichnung von Versandstücken Klasse 7	110
Abb. 29: Druckgasflaschenkennzeichnung [15]	112
Abb. 30: Warntafel	115
Abb. 31: Zusätzliche Kennzeichnung von Eisenbahnfahrzeugen	119
Abb. 32: Kennzeichnung von Seewasserfahrzeugen	120
Abb. 33: Kennzeichnung von Binnenwasserfahrzeugen	121
Abb. 34: Gefahrendiamant	123
Abb. 35: Gefahrenbereich [6]	140
Abb. 36: Absperrbereich [17]	141
Abb. 37: 3-A-Regel [5]	146
Abb. 38: Pestdokter [20]	150
Abb. 39: Körperschutz Form 1 [17]	155
Abb. 40: Körperschutz Form 2 [17]	156
Abb. 41: Körperschutz Form 3 [17]	157
Abb. 42: Lage Dekon-Platz [17]	162

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Elementarteilchen	19
Tab. 2:	Beispiele für chemische Elemente	20
Tab. 3:	Akute Symptome der Strahlenkrankheit [6]	37
Tab. 4:	Dosisvergleichswerte [5] [6]	43
Tab. 5:	Beispiele für Kernwaffen [8]	46
Tab. 6:	Beispiele für bakterielle Erkrankungen [6]	52
Tab. 7:	Beispiele für Viruserkrankungen [6]	54
Tab. 8:	Beispiele für sonstige Krankheitsüberträger [6]	56
Tab. 9:	Beispiele für Gesundheitsgefahren [6]	59
Tab. 10:	Chemische Gefahrstoffe	70
Tab. 11:	Chemische Kampfstoffe [6]	78
Tab. 12:	Gefahrensymbole	89
Tab. 13:	R- und S-Sätze (Auszug)	93
Tab. 14:	H- und P-Sätze (Auszug)	96
Tab. 15:	Warnzeichen	97
Tab. 16:	Gefahrgutklassen	103
Tab. 17:	Kennzeichnung von Versandstücken Klasse 7	111
Tab. 18:	Druckgasflaschenkennzeichnung (Auswahl)	113
Tab. 19:	Bedeutung der Ziffern in Gefahrennummern	116
Tab. 20:	Beispiele für UN-Nummern	117
Tab. 21:	Kennzeichnung von Binnenwasserfahrzeugen	122
Tab. 22:	Symbole Gesundheitsgefahr	123
Tab. 23:	Symbole Brandgefahr	124
Tab. 24:	Symbole Reaktionsgefahr	125
Tab. 25:	Symbole besondere Anweisungen	126
Tab. 26:	Absperrradien Gefahrenbereich [17]	140

Tab. 27:	Absperrradien Absperrbereich [17]	142
Tab. 28:	Menschenrettung nach Freisetzung luftgetragener Gefahrstoffe [17]	143
Tab. 29:	Dosisrichtwerte beim RN-Einsatz [17]	147
Tab. 30:	Persönliche Schutzausstattung im THW [22]	158
Tab. 31:	Dekon-Stufen [17]	165

1. RN-Gefahrstoffe

RN-Gefahrstoffe sind Stoffe, Substanzen und Agenzien, von denen radiologische oder nukleare Gefahren ausgehen.

Atomare Gefahren

Oftmals werden radiologische und nukleare Gefahren unter dem Begriff atomare Gefahren zusammengefasst. In Zeiten des Kalten Krieges, in denen man, für den Fall einer militärischen Auseinandersetzung zwischen den Machtblöcken, von dem Einsatz von Massenvernichtungswaffen ausging, lag der Bedeutungsschwerpunkt allerdings eindeutig auf den Auswirkungen der nuklearen Kettenreaktionen bei der Detonation von Kernwaffen.

Heute wird in der Regel die Unterscheidung zwischen radiologischen und nuklearen Gefahren vorgenommen, um die Bedeutung der alltäglichen radiologischen Gefahren zu betonen.

Nukleare Gefahren

Unter nuklearen Gefahren versteht man zum einen Gefahren, die von Kernbrennstoffen ausgehen, zum anderen die Auswirkungen nuklearer Kettenreaktionen. Diese können gesteuert in einem Kernreaktor (Kraftwerke, Schiffsantriebe, usw.) oder unkontrolliert bei der Detonation von Kernwaffen bzw. Störfällen in Kernreaktoren ablaufen.

Nukleare Kettenreaktionen laufen heute auf der Erde nicht mehr natürlich ab, sondern müssen durch technische Maßnahmen vom Menschen gestartet werden. Allerdings hat es in der Erdgeschichte durchaus Lagerstätten von Kernbrennstoffen gegeben, in denen nachweislich nukleare Kettenreaktionen abgelaufen sind (z. B. Naturreaktor Oklo, Uranlagerstätte in Mounana, Provinz Haut-Ogooué, Gabun) [1].

Radiologische Gefahren

Radiologische Gefahren sind solche, die von allen anderen radioaktiven Stoffen ausgehen. Dies können beispielsweise Prüfstrahler zur Schweißnahtprüfung, zur Füllstandsmessung, in Rauchmeldern, in medizinische Bestrahlungseinrichtungen oder sonstige medizinische Präparate sein.

Den radiologischen und nuklearen Gefahren ist gemeinsam, dass in beiden Fällen ionisierende Strahlung freigesetzt wird, die schädigenden Einfluss auf Lebewesen hat.

1.1 Ionisierende Strahlung

Vor der Betrachtung ionisierender Strahlung soll zunächst der Aufbau ihres Entstehungsortes, der Atome, erläutert werden.

1.1.1 Atombau

Atome sind die kleinste Einheit, in die sich Materie mit mechanischen oder chemischen Mitteln zerlegen lässt. Daher stammt auch ihr Name: griechisch „*atomos*“ = „*unteilbar*“. Allerdings hat die Forschung im 20. Jahrhundert ergeben, dass auch Atome teilbar bzw. aus verschiedenen Elementarteilchen zusammengesetzt sind.

Aus ihrer Eigenschaft als Grundbaustein aller Materie folgt, dass Atome eine mit menschlichen Sinnen nicht fassbare Größe haben. Wenn man sich das Größenverhältnis eines Kirschkerns (ca. 1 cm) zur Erde (ca. 10.000 km) vorstellt, dann entspricht dieses dem Größenverhältnis eines Atoms (ca. 1×10^{-11} m) zu einem Kirschkern. Oder, anders ausgedrückt, erst 100 Millionen Atome aneinandergereiht ergeben die Strecke von 1 mm.

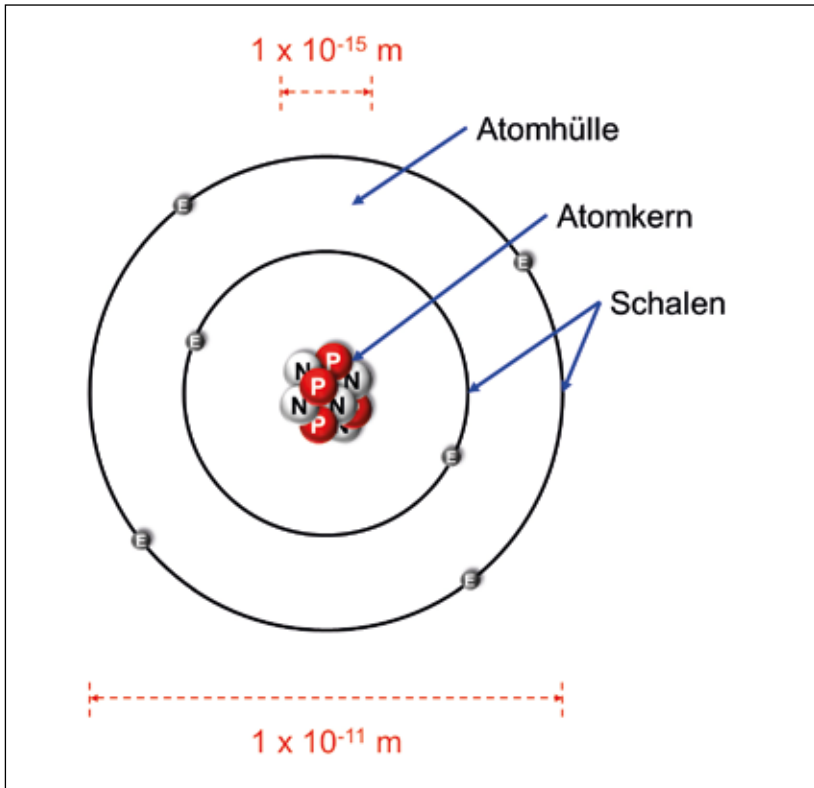


Abb. 2: Atombau

Das Atom selbst lässt sich in zwei wesentliche Bereiche unterteilen, in den Atomkern und in die ihn umgebende Atomhülle. Der Atomkern ist ca. 10.000-mal kleiner als die Atomhülle und macht nahezu 100 % der Masse des Atoms aus. Stellt man sich den Atomkern in der Größe eines Kirschkerns (ca. 1 cm) vor, dann hätte die Atomhülle und damit das gesamte Atom die Größe eines hohen Kirchturms (ca. 100 m).

In Atomen sind folgende, für unsere Betrachtungen relevante Elementarteilchen zu finden:

Elementarteilchen		Masse	Ladung
	Proton	1 u = $1,66 \times 10^{-27}$ kg	+
	Neutron	1 u = $1,66 \times 10^{-27}$ kg	0
	Elektron	1 / 1836 u = $9,04 \times 10^{-31}$ kg	-

Tab. 1: Elementarteilchen

1.1.1.1. Atomkern

Der Atomkern besteht zunächst aus mindestens einem positiv geladenen Proton. Deren Anzahl im Atomkern ist nicht beliebig, sondern bestimmt die Art des gesamten Atoms und damit dessen chemische und physikalische Eigenschaften. Bei Atomen mit gleicher Protonenanzahl spricht man von chemischen Elementen. Insgesamt gibt es heute (2022) 118 Elemente, von denen 92 natürlich vorkommen, während die übrigen künstlich erzeugt werden [2].

Protonenanzahl = Kernladungszahl = Ordnungszahl	Element	Symbol
1	Wasserstoff	H
12	Kohlenstoff	C
92	Uran	U

Tab. 2: Beispiele für chemische Elemente

Neben den Protonen enthält der Atomkern eine Anzahl elektrisch neutraler Neutronen. Diese tragen, aufgrund der mit Protonen annähernd identischen Masse wesentlich zur Gesamtmasse des Atomkerns und damit des Atoms bei. Allerdings sorgt die elektrische Neutralität dafür, dass sich die chemischen Eigenschaften des Atoms praktisch nicht ändern. Auch bei verschiedener Neutronenanzahl im Atomkern handelt es sich bei Atomen mit gleicher Protonenanzahl noch immer um dasselbe chemische Element. Die Atome eines Elementes, die die ungleiche Anzahl an Neutronen aufweisen, werden auch als Isotope bezeichnet [3].

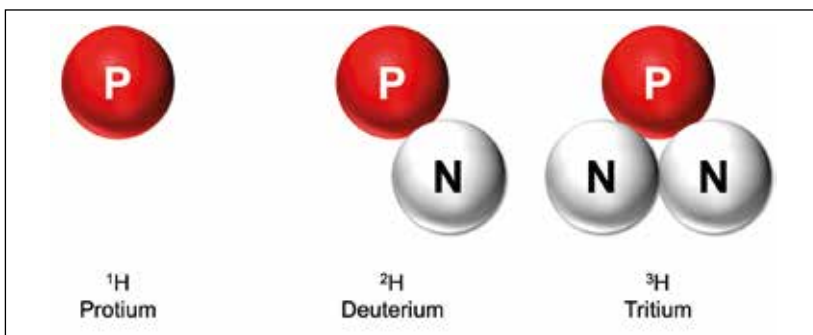


Abb. 3: Isotope

Um in Texten oder Grafiken die Isotope eines Elementes zu unterscheiden, wird neben dem Elementsymbol die Anzahl aller Elementarteilchen des Atomkerns (Protonen plus Neutronen) angegeben, z.B.: H-3 oder ^3H .

1.1.1.2 Atomhülle

Die Atomhülle enthält negativ geladene Elektronen, die sich auf verschiedenen Energieniveaus, sogenannten Schalen, aufhalten. Damit die elektrische Ladung des Atoms insgesamt ausgeglichen ist, entspricht die Anzahl der Elektronen der Protonenanzahl im Atomkern.

Sind zu viele oder zu wenig Elektronen vorhanden, ist das Atom negativ (Elektronenüberschuss) oder positiv (Elektronenmangel) geladen und wird dann als Ion (griechisch „*ion*“ = „*gehend*“) bezeichnet. Allerdings ändern sich damit auch seine chemischen und physikalischen Eigenschaften radikal. Beispielsweise setzt sich das Lebensmittel Kochsalz (NaCl), ein weißer kristalliner Feststoff, aus Ionen von Natrium (Na^+) und Chlor (Cl^-) zusammen. Die beiden Stoffe in elementarer Form (atomar) sind hingegen äußerst gesundheitsschädliche Stoffe. Natrium ist ein weiches, graues Metall, das heftig mit Wasser reagiert und dabei ein brennbares Gas und eine ätzende Lauge bildet. Chlor ist ein giftiges, korrosives, grünes Gas.

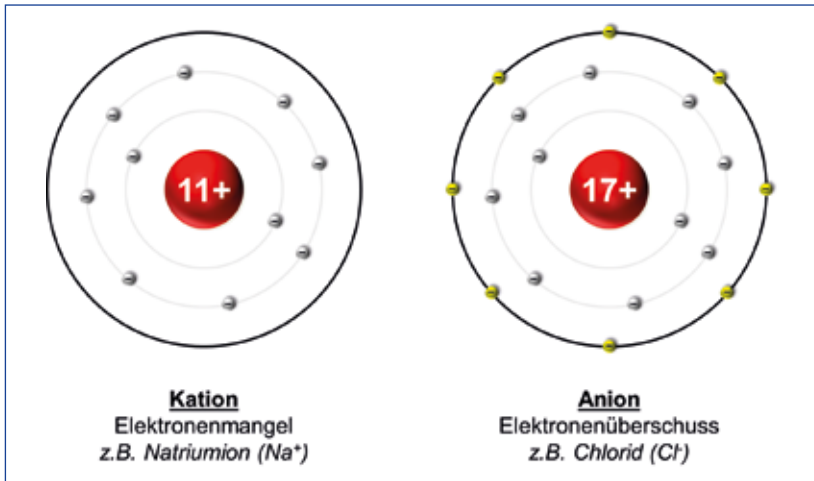


Abb. 4: Ionen

Führt man dem Elektron mindestens so viel Energie zu, wie es seiner Bindungsenergie entspricht, kann es aus der Atomhülle entfernt werden. Diesen Vorgang nennt man Ionisation.

Ionisierende Strahlung hat die Fähigkeit Elektronen aus der Atomhülle zu Entfernen.

1.1.1.3 Entstehung ionisierender Strahlung

Nicht alle Isotope eines Elementes sind stabil. Bei der Mehrzahl der Isotope führen die Wechselwirkungen zwischen den Protonen und Neutronen dazu, dass sich der Atomkern in einem ungünstigen energetischen Zustand befindet. Da nun grundsätzlich alle Atome bestrebt sind, einen möglichst günstigen energetischen Zustand zu erreichen, versuchen die Atomkerne instabiler Isotope, diesen Energiezustand durch Abgabe von Energie oder Elementarteilchen zu erreichen. Diese gehen dann als ionisierende Strahlung vom Atom aus, wobei man auch vom radioaktiven Zerfall (des Atoms bzw. des Atomkerns) spricht.

Die Anzahl der radioaktiven Zerfälle pro Zeiteinheit wird als Aktivität oder Zerfallsrate eines radioaktiven Stoffes bezeichnet. Die Einheit der Aktivität ist Becquerel [Bq], benannt nach Antoine Henri Becquerel (1852 – 1908), und gibt die Anzahl der Zerfälle pro Sekunde an ($1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$).



Abb. 5: Antoine
Henri Becquerel

Je nach Aufbau und energetischem Zustand des Atoms können verschiedene Arten ionisierender Strahlung freigesetzt werden, die sich entweder als

- Teilchenstrahlung oder
- elektromagnetische Wellenstrahlung

charakterisieren lassen. Im Folgenden werden die für uns in der Praxis wichtigsten Strahlungsarten erläutert:

- Alpha-(α)-Strahlung,
- Beta-(β)-Strahlung und
- Gamma-(γ)-Strahlung.



Hinweis

Ionisierende Strahlung ist mit menschlichen Sinnen nicht wahrnehmbar!

1.1.2 Alpha-(α)-Strahlung

Wenn ein Atomkern zu schwer ist, wird von ihm ein Alpha-(α)-Teilchen abgespalten. Ein solches besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen und ist damit zweifach positiv geladen. Es entspricht dem Kern von Atomen des Elementes Helium (He).

Beim Alpha-(α)-Zerfall verringert sich die Protonenanzahl des ursprünglichen Atoms um Zwei, sodass hier ein neues Atom eines anderen Elementes entsteht.

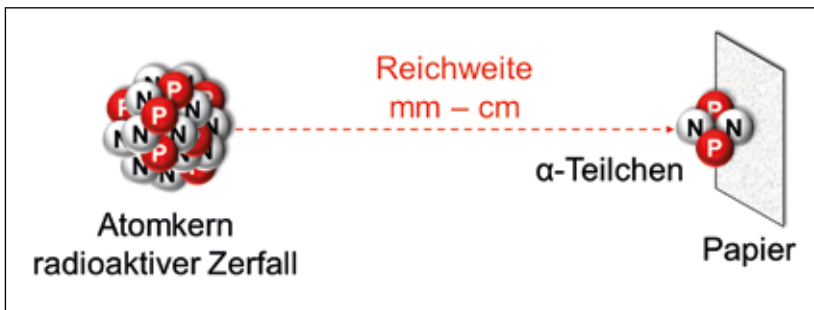


Abb. 6: Alpha-(α)-Strahlung

Als Teilchenstrahlung besteht Alpha-(α)-Strahlung aus, im Verhältnis zu Atomen und anderen Strahlungsarten, relativ großen Objekten. Sie haben nur eine geringe Reichweite von mm bis wenigen cm und werden beispielsweise bereits durch ein Blatt Papier abgeschirmt.

1.1.3 Beta-(β)-Strahlung

Wenn ein Atomkern aus zu vielen Neutronen besteht, wird in ihm ein Neutron in ein Proton und ein Elektron umgewandelt und dieses als Beta-(β)-Teilchen emittiert.

Beim Beta-(β)-Zerfall erhöht sich die Protonenanzahl des ursprünglichen Atoms um Eins, sodass hier ein neues Atom eines anderen Elementes entsteht.

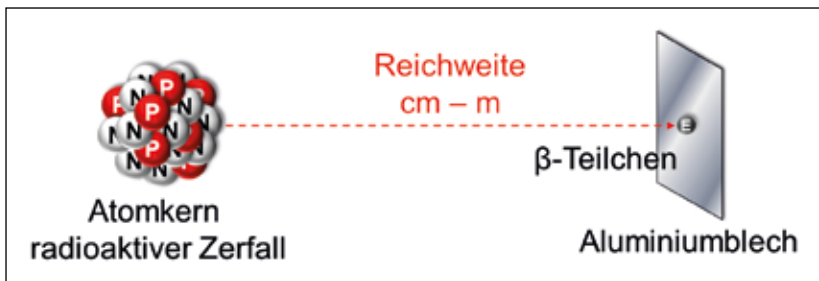


Abb. 7: Beta-(β)-Strahlung

Als Teilchenstrahlung besteht Beta-(β)-Strahlung zwar auch aus Elementarteilchen (Elektronen), die allerdings, im Verhältnis zu Alpha-(α)-Teilchen, relativ klein sind. Sie haben bereits eine größere Reichweite von cm bis wenigen m und werden beispielsweise durch ein dünnes Blech o.ä. abgeschirmt.

1.1.4 Gamma-(γ)-Strahlung

Wenn ein Atomkern angeregt ist und zu viel Energie besitzt, wird diese Energie als „Energiepaket“ emittiert. Dieses breitet sich als Gamma-(γ)-Strahlung in Form einer elektromagnetischen Welle aus [4].

Rein physikalisch sind auch andere Strahlungen wie Ultraviolett-, Infrarot-, sichtbares Licht, Funkwellen, Mikrowellen oder Röntgenstrahlung elektromagnetische Wellen, die sich aber in ihrer Wellenlänge und Frequenz und somit ihrer Energie unterscheiden.

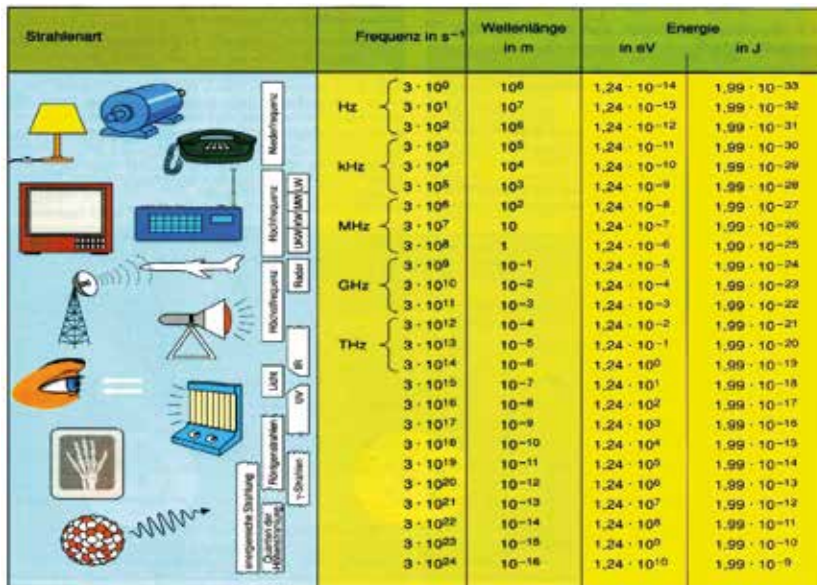


Abb. 8: Elektromagnetisches Spektrum [5]

Beim Gamma-(γ)-Zerfall verändert sich der Aufbau des Atomkerns und damit das Element nicht. Allerdings wird häufig sowohl beim Alpha-(α)-Zerfall als auch beim Beta-(β)-Zerfall neben der Teilchenemission noch zusätzlich überschüssige Energie als Gamma-(γ)-Strahlung emittiert.

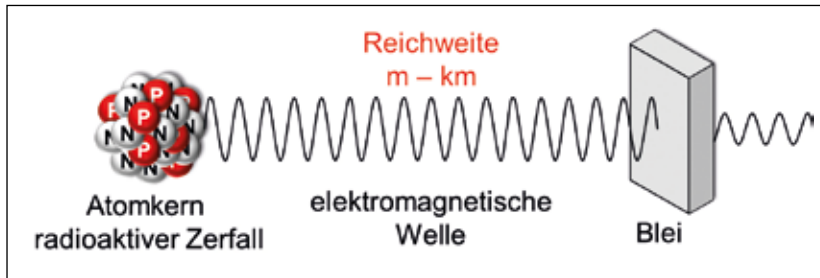


Abb. 9: Gamma-(γ)-Strahlung

Als elektromagnetische Wellenstrahlung mit hoher Energie hat Gamma-(γ)-Strahlung eine sehr große Reichweite von vielen Metern. Sie durchdringt alle Materialien, wird allerdings beim Durchgang von bestimmten schweren Stoffen, wie z.B. Blei, abgeschwächt.

1.2 Aufnahmewege

Als mögliche Wege, auf denen die verschiedenen Arten ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper einwirken können, kommen

- direkte Bestrahlung,
- Kontamination und
- Inkorporation

in Betracht.

1.2.1 Dosis

Die dabei auftretende schädigende Wirkung ist zum einen von der Art der ionisierenden Strahlung (α , β , γ), zum anderen von deren Energie abhängig. Bei jeweils gleicher Energie führt Teilchenstrahlung (z. B. α -Strahlung) beispielsweise zu größeren Schäden als elektromagnetische Wellenstrahlung (z. B. γ -Strahlung). Als Vergleich stelle man sich die Wirkung einer Kanonenkugel zu der einer Pistolenkugel vor.

Zahlenmäßig wird dieser Zusammenhang zwischen Strahlungsart, Energie und Wirkung als Dosis bezeichnet und hat die Einheit J/kg.

Die Äquivalentdosis ist das Maß für die Strahlenwirkung im menschlichen Körper unter Berücksichtigung der biologischen Wirkung der verschiedenen Strahlenarten und hat die Einheit Sievert mit $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J} \times \text{kg}^{-1}$.

Die Einheit Sievert [Sv] ist nach Rolf Sievert (1896 – 1966) benannt.



Abb. 10: Rolf Sievert

1.2.2 Dosisleistung

Eine weitere wichtige zahlenmäßige Größe bei der Aufnahme ionisierender Strahlung ist die sogenannte (Äquivalent-) Dosisleistung. Diese gibt die pro Zeiteinheit aufgenommene Dosis in Sievert an (z. B. 1 mSv/h).

Um den Zusammenhang zwischen Dosis und Dosisleistung zu verdeutlichen, geht man davon aus, dass die Dosis die Wirkung der Bestrahlung bedeutet. Dann gibt die Dosisleistung an, wie schnell diese Wirkung eintritt.

1.2.3 Direkte Bestrahlung

Direkte Bestrahlung¹ ist die Einwirkung von einer Strahlenquelle, die sich in einem Abstand von der Person befindet, ausgehender ionisierender Strahlung von außen auf den Körper.

1 Gefährliche Einwirkung von außen im Sinne der DV 500 [9] [22].

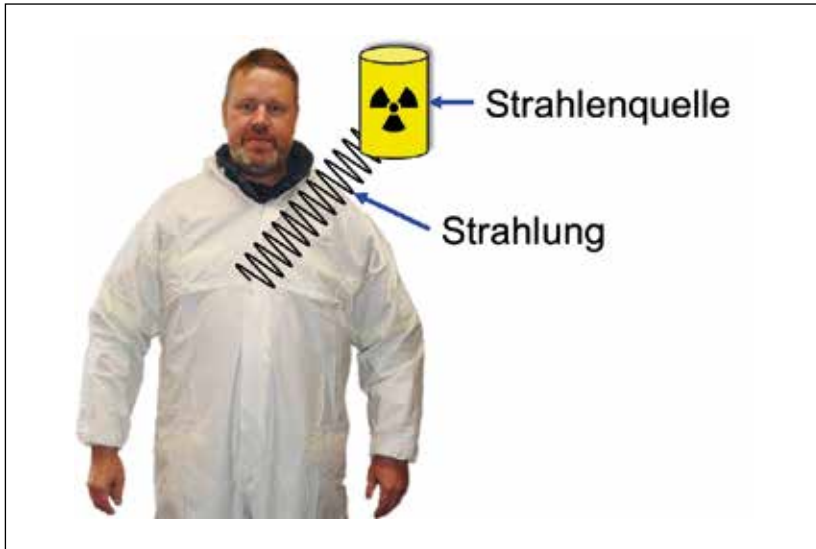


Abb. 11: Direkte Bestrahlung

Als Teilchenstrahlung durchdringt Alpha-(α)-Strahlung die Kleidung bzw. die oberste Hautschicht nicht, sodass sie auf diesem Wege nicht in den Körper eindringen und zu Schäden führen kann. Beta-(β)-Strahlung vermag jedoch auf diesem Wege einige cm in den Körper einzudringen. Beide Strahlungsarten haben überdies eine relativ geringe Reichweite, sodass dieser Aufnahmeweg für sie nur in unmittelbarer Nähe einer Strahlenquelle relevant ist.

Gamma-(γ)-Strahlung hingegen ist als elektromagnetische Wellenstrahlung in der Lage, Kleidung, Haut und den gesamten Körper nahezu ungebremst zu durchdringen und zu schädigen. Aufgrund ihrer sehr großen Reichweite wirkt sie, je nach Qualität der Strahlenquelle, schon in sehr großem Abstand von der Strahlenquelle durch direkte Bestrahlung.

Durch Maßnahmen wie Vergrößerung des Abstandes oder Abschirmung der Strahlenquelle (vgl. Abschnitt 5.5: 3-A-Regel) kann die direkte Bestrahlung als Aufnahmeweg minimiert bzw. unterbunden werden.

1.2.4 Kontamination

Kontamination ist die Verunreinigung von Oberflächen direkt am Körper (Haut, Haare, Kleidung) mit Gefahrstoffen, hier Quellen ionisierender Strahlung. Dies können beispielsweise radioaktive Partikel, Stäube, Aerosole oder Flüssigkeiten sein.

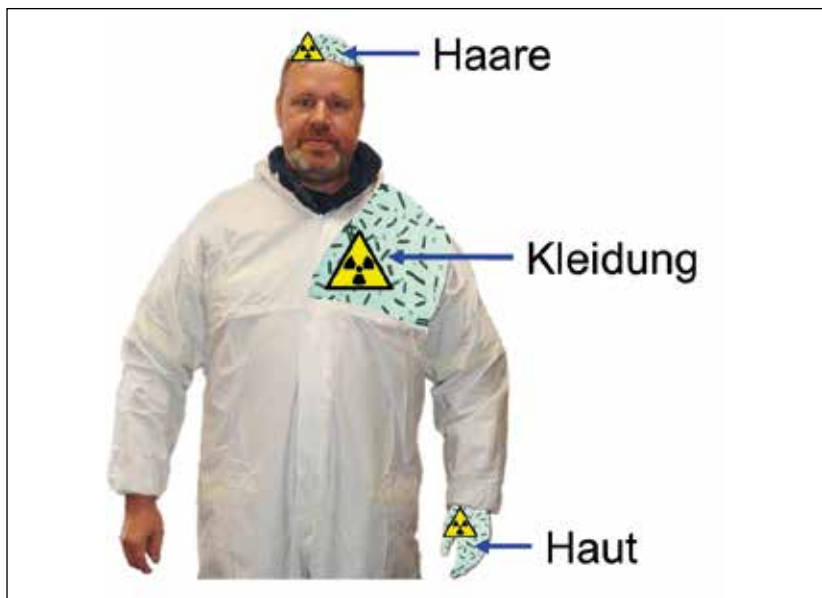


Abb. 12: Kontamination

Die ionisierende Strahlung wirkt auch hier durch direkte Bestrahlung (vgl. Unterabschnitt 1.2.3: direkte Bestrahlung), allerdings ist die Strahlenwirkung hier oftmals wesentlich höher. Aufgrund des quasi unmittelbaren Körperkontaktes wirken unter Umständen höhere Energien bzw. auch Teilchenstrahlung mit geringer Reichweite auf den Körper ein. Weiterhin sind zur Minimierung bzw. Unterbindung dieses Aufnahmeweges teilweise umfangreiche Maßnahmen zur Entfernung der Strahlenquellen von den Oberflächen (vgl. Kapitel 7: Möglichkeiten der Dekontamination) erforderlich.



Hinweis

Eine Kontamination ist zu vermeiden, zumindest ist sie so gering wie möglich zu halten! Eine Kontaminationsverschleppung ist zu verhindern!

1.2.5 Inkorporation

Inkorporation ist die Aufnahme von Gefahrstoffen, hier Quellen ionisierender Strahlung, in den Körper. Dies können beispielsweise radioaktive Partikel, Stäube, Aerosole oder Flüssigkeiten sein. Inkorporationswege können

- Atemwege – Einatmen (Inhalation),
- Verdauungstrakt – Verschlucken (Ingestion) oder
- offene Wunden

sein.

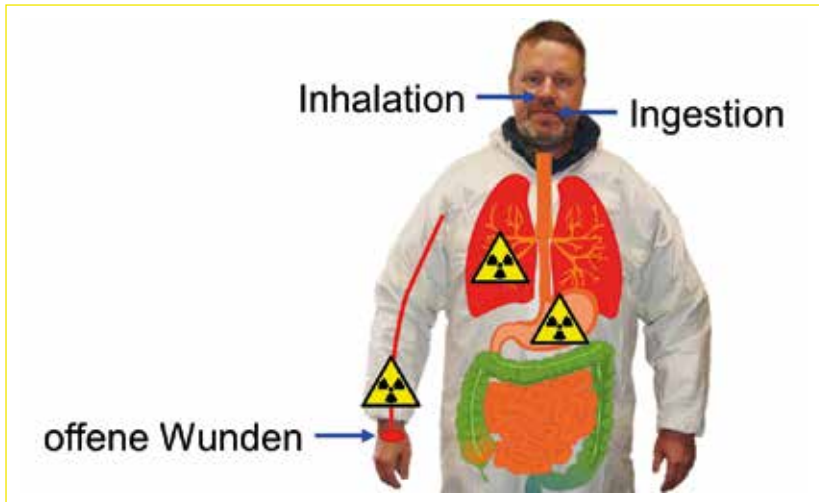


Abb. 13: Inkorporation

Die ionisierende Strahlung wirkt auch hier durch direkte Bestrahlung (vgl. Unterabschnitt 1.2.3: direkte Bestrahlung), allerdings ist die Strahlenwirkung wesentlich höher. Aufgrund des unmittelbaren ungeschützten Kontaktes der Strahlenquellen zu den verschiedenen Körpergeweben wirken hier höhere Energien bzw. auch Teilchenstrahlungen mit geringer Reichweite können so ungehindert auf das empfindliche Körpergewebe einwirken (insbesondere α -Strahlung). Weiterhin sind einmal inkorporierte radioaktive Stoffe nur durch äußerst schwierige medizinische Maßnahmen zu entfernen. Es besteht die Gefahr, dass diese durch den Stoffwechsel fest in das Gewebe eingebaut werden und sich so gar nicht mehr aus dem Körper entfernen lassen.



Hinweis

Eine Inkorporation ist auszuschließen!

1.3 Gesundheitsgefahren

Durch ionisierende Strahlung werden nicht nur einzelne Atome ionisiert (vgl. Unterabschnitt 1.1.1.2: Atomhülle), sondern auch solche, die sich zu größeren funktionellen Einheiten, sogenannten Molekülen, zusammengefunden haben. Solche Moleküle bilden wiederum letztlich das Grundgerüst für menschliche Zellen und damit für das gesamte Körpergewebe. Schließlich bestehen auch lebenswichtige Stoffe im Körper (z.B. Wasser, Nährstoffe, usw.) aus Atomen und Molekülen.

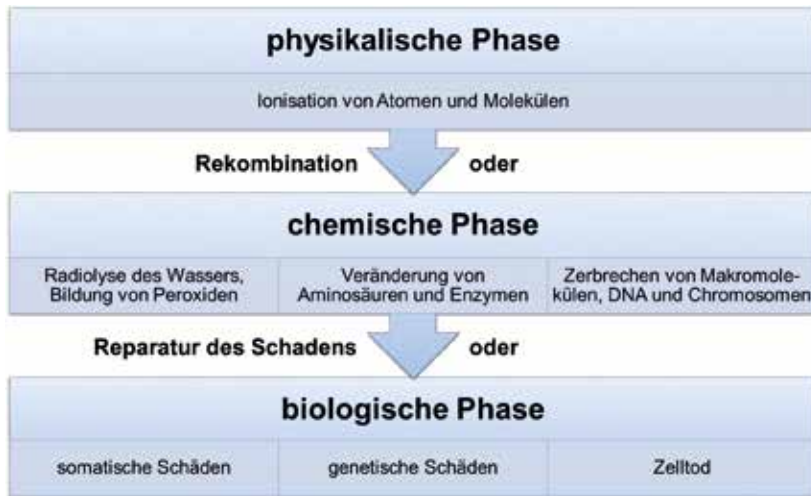


Abb. 14: Strahlenwirkung auf lebende Materie [5]

Die Ionisation von Atomen in den Molekülen (physikalische Phase) hat zur Folge, dass sich damit auch deren Eigenschaften radikal ändern, sie auseinanderbrechen oder neue chemische Verbindungen entstehen (chemische Phase). Dadurch werden letztlich die Zellen des Körpergewebes derart geschädigt, dass sie nicht mehr wie von der Natur vorge-

sehen funktionieren (biologische Phase). Allerdings können Schäden in der physikalischen oder chemischen Phase durchaus durch verschiedene Reparaturmechanismen behoben werden, bevor es zu Schäden an den Zellen kommt.

Diese Schäden an den Körperzellen wirken sich zunächst besonders auf diejenigen aus, die sich häufig neu bilden (z. B. Nerven, blutbildendes System, Keimdrüsen, Magen-Darm-Trakt, usw.), da sie in dieser Phase besonders Schad anfällig sind.

In den Auswirkungen der Zellschäden auf den gesamten Körper unterscheidet man

- genetische Schäden und
- somatische Schäden.

genetische Schäden

Wenn durch ionisierende Strahlung die Keimdrüsen und damit die in den von ihnen produzierten Keimzellen enthaltenen Erbinformationen geschädigt werden, spricht man von genetischen Schäden. Die Symptome der Strahlenschädigung zeigen sich nicht beim bestrahlten Körper selber, sondern bei seinen Nachkommen. Es können beispielsweise

- körperliche Behinderungen und
- geistige Behinderungen

unterschiedlichster Ausprägungen sowie

- Erbkrankheiten und
- Totgeburten

auftreten.

Allerdings treten diese Schäden in den Erbinformation (Mutationen) auch ohne die Einwirkung ionisierender Strahlung regelmäßig auf. Unabhängig von deren Dosis erhöht sie nur die Wahrscheinlichkeit der Schäden und damit das Risiko, dass sich Symptome beim Organismus der Nachkommen zeigen. Daher zählen genetische Schäden auch zu den sogenannten stochastischen Schäden.

1.3.2 Somatische Schäden

Treten die Strahlenschäden und ihre Symptome direkt am bestrahlten Körper auf, spricht man von somatischen Schäden. Abhängig von der aufgenommenen Dosis treten verschiedene Symptome der Strahlenkrankheit (deterministische Schäden) als Frühschäden auf:

Dosis	akute Symptome
ab ca. 200 mSv	geringfügige Blutbildänderungen möglich
ca. 250 mSv	Gefährdungsdosis
ab ca. 1000 mSv	leichte Symptome möglich: Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, Schwäche
ca. 1000 mSv	kritische Dosis
ab ca. 2000 mSv	deutliche Symptome: zusätzlich Haut / Schleimhautblutungen, Infektionen, Atemnot, Ermüdung, Haarausfall, Todesfälle
ca. 2000 mSv	Strahlenkrankheit mit zunehmenden Todesfällen
ab ca. 4000 mSv	schwere Strahlenkrankheit: zusätzlich Fieber, Kreislaufversagen, Tod
ca. 4000 mSv	mittelletale Dosis
ca. 7000 mSv	letale Dosis

Tab. 3: Akute Symptome der Strahlenkrankheit [6]

Teilweise erst nach vielen Jahren können zudem als Spätschäden beispielsweise auftreten:

- Nervenschäden,
- Gewebeschäden (Fibrosen) und
- Hirnleistungsschäden.

Daneben können als Folge der Einwirkung ionisierender Strahlung auch Krebserkrankungen auftreten, z. B.:

- Lungenkrebs,
- Hautkrebs,
- Knochenkrebs oder
- Leukämie.

Das Auftreten solcher Krebserkrankungen ist nicht von der Höhe der aufgenommenen Dosis abhängig. Durch die Bestrahlung wird nur deren natürliche Wahrscheinlichkeit erhöht, sodass es sich dabei um stochastische Schäden handelt (vgl. Unterabschnitt 1.3.1: genetische Schäden).

1.4 Quellen, Freisetzung und Ausbreitung

1.4.1 Natur / Zivilisation

1.4.1.1. Natürliche Strahlenexposition

Grundsätzlich kommen radioaktive Stoffe als Quellen ionisierender Strahlung auch ohne Einfluss des Menschen in der Natur vor, da alle chemischen Elemente auch als radioaktive Isotope (vgl. Unterabschnitt 1.1.1.1: Atomkern) vorkommen.

Die typische natürliche Strahlenexposition in Deutschland setzt sich aus

- kosmischer Strahlung aus dem Weltall oder Höhenstrahlung beim Fliegen,
- terrestrischer Strahlung verschiedener Gesteinsarten (z. B. Granit) im Boden,
- mit der Nahrung aufgenommener natürlicher radioaktiver Isotope und
- dem eingeatmeten radioaktiven Edelgas Radon, das aus dem Boden austritt und sich in Gebäuden in schlecht belüfteten Räumen sammelt,

zusammen und beträgt in Deutschland im Mittel ca. 2,1 mSv pro Jahr. Die Einzelwerte können jedoch teilweise erheblich vom Mittel abweichen. Gerade die Dosis der terrestrischen Strahlung ist erheblich von den örtlichen geologischen Verhältnissen abhängig. So beträgt diese in Deutschland in einigen Gebieten Thüringens, im Bayrischen Wald und im Schwarzwald das Dreifache des Mittelwertes [5].

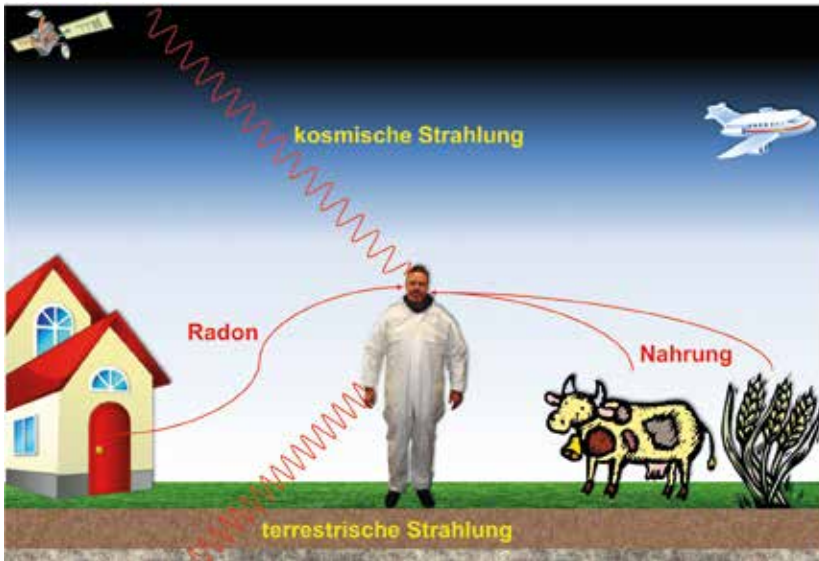


Abb. 15: Natürliche Strahlenexposition

1.4.1.2 Zivilisatorische Strahlenexposition

Hauptfaktor der mittleren zivilisatorischen Strahlenexposition von in Deutschland 2,0 mSv pro Jahr sind medizinische Anwendungen wie

- Röntgenuntersuchungen,
- Computertomographie,
- Bestrahlung oder
- Radionuklidtherapie.

Nur zu einem geringen Teil tragen sonstige Quellen wie

- Kernkraftwerke (Normalbetrieb),
- Folgen des Tschernobyl-Unfalls,

- Atombombenversuche / Kernwaffentests,
- Anwendungen in Forschung, Technik und Haushalt (z.B. Labore, Materialprüfungen, Rauchmelder, Füllstandsmesser, usw.) sowie
- berufliche Strahlenexposition

zu der zivilisatorischen Strahlenbelastung bei [5].

Zu beachten ist allerdings, dass sowohl die medizinischen als auch die sonstigen Quellen überall im Alltag, auch als Altlasten, anzutreffen sind und natürlich auch auf den Verkehrswegen transportiert werden. Daher ist bei jedem Einsatz, immer und überall mit ihrem Auftreten bzw. ihrer Freisetzung zu rechnen.

Weiterhin gilt, dass der mittlere Wert der zivilisatorischen Strahlenexposition vom Großteil der Bevölkerung tatsächlich nicht erreicht wird. Gerade die Bestrahlung und Radionuklidtherapie bei Krebspatienten sowie die berufliche Strahlenexposition einzelner Personen steigern das Mittel auf diesen Wert.

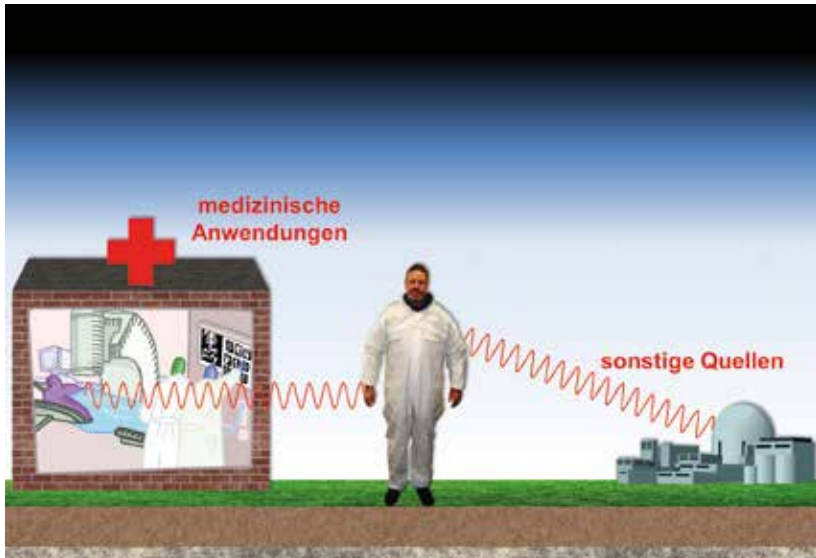


Abb. 16: Zivilisatorische Strahlenexposition

1.4.1.3 Zusammenfassung

Insgesamt führen die natürliche und die zivilisatorische Strahlenexposition in Deutschland zu einer mittleren jährlichen Dosis von 4,1 mSv [5].

Wenn man davon ausgeht, dass ein Großteil der Bevölkerung nicht bzw. nur in Ausnahmefällen von medizinischen Maßnahmen wie Röntgenuntersuchungen oder Strahlentherapien betroffen ist, ist die unvermeidbare mittlere natürliche Strahlenbelastung für diese Personengruppe weit höher als die mittlere zivilisatorische Strahlenbelastung aus den sonstigen Quellen.

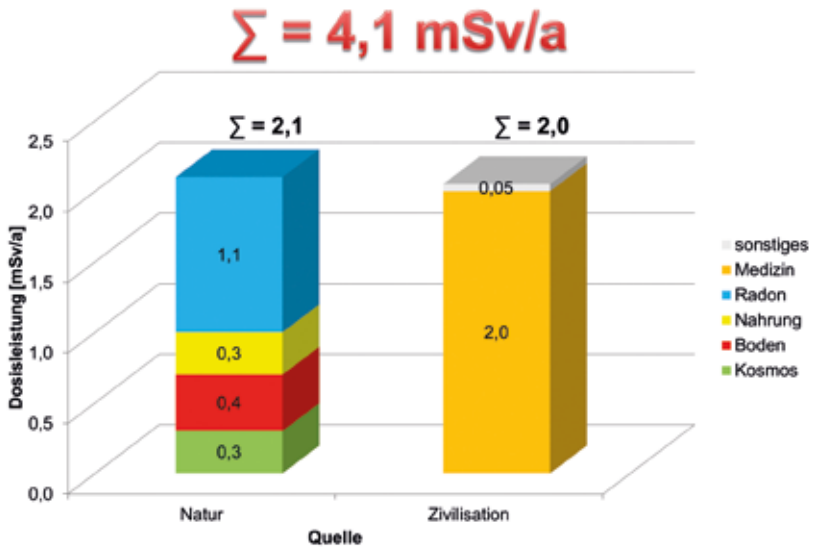


Abb. 17: Mittlere natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition in Deutschland [5]

Zum Vergleich und zur Einordnung der bisher genannten Werte sind im Folgenden Einzeldosen bei verschiedenen Expositionsarten gegenüber Quellen ionisierender Strahlung dargestellt:

Einzeldosis	Art der Exposition
0,1 mSv	3 h Flug in 10 km Höhe
0,1 mSv	Röntgenaufnahme (Schädel)
1,0 mSv/a	Grenzwert bei der Ausbildung und für die Bevölkerung

Einzeldosis	Art der Exposition
2,0 mSv/a	mittlere zivilisatorische Strahlenexposition in Deutschland
2,1 mSv/a	mittlere natürliche Strahlenexposition in Deutschland
6,0 mSv	Computertomographie (Brustkorb)
15,0 mSv/Einsatz	Einsätze zum Schutz von Sachwerten
20,0 mSv/a	Grenzwert bei Berufsausübung
100,0 mSv/Einsatz und Jahr	Einsätze zur Abwehr von Gefahren für Menschen und zur Verhinderung einer wesentlichen Schadensausweitung
250,0 mSv/Einsatz und Leben	Einsatz zur Rettung von Menschenleben
250,0 mSv	Gefährdungsdosis, Änderungen im Blutbild
1000,0 mSv	Beginn Strahlenkrankheit
4000,0 mSv	mittelletale Dosis, schwere Strahlenkrankheit mit abnehmender Überlebenschance
7000,0 mSv	letale Dosis

Tab. 4: Dosisvergleichswerte [5] [6]

Aktuelle Werte der jeweils im Freien messbaren Dosisleistung sind für viele Orte in Deutschland auf der Internetpräsenz des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) unter „odlinfo.bfs.de“ abrufbar [7].

1.4.2 Terrorismus / Militär

1.4.2.1 Nukleare Waffen

Im Bereich des terroristischen Missbrauchs bzw. des militärischen Einsatzes sind als Quellen ionisierender Strahlung zunächst die klassischen Kernwaffen oder nuklearen Waffen zu nennen. Diese setzen durch Kernspaltung (Fission) oder Kernfusion ungeheure Energie und sehr große Dosen ionisierender Strahlung frei, die zu vollständiger Zerstörung großflächiger Gebiete und zum Tod der dort lebenden Menschen führen.

Um diese Energiemengen in fassbaren Zahlen handhaben zu können, wird die Sprengkraft von Kernwaffen im Vergleich zur Sprengkraft des konventionellen Sprengstoffs Trinitrotoluol (TNT) als TNT-Äquivalent angegeben. So hatte die 1945 über Nagasaki gezündete US-amerikanische Freifallbombe „Fat Man“ (Fissionswaffe) eine Sprengkraft von ca. 21 Kilotonnen TNT-Äquivalent. Die größte jemals gezündete Kernwaffe war die 1961 über einem Testgelände auf Nowaja Semlja abgeworfene sowjetische Freifallbombe „Zar-Bombe“ (Fusionswaffe) mit einer Sprengkraft von 57 Megatonnen TNT-Äquivalent [8].

Einige weitere Beispiele für Kernwaffen, deren Sprengkraft, deren Einsatzzweck und Einsatzart sowie gegebenenfalls deren Trägersystem sind im Folgenden beschrieben:

Sprengkraft [TNT-Äquivalent]	Bezeichnung	Einsatz
20 T – 1 kT	W54	Gefechtskopf für Geschütz M-388 „Davy Crockett“ zum Gefechtsfeldeinsatz durch Infanterie und für Luft-Luft-Rakete AIM-26 „Falcon“
10 T – 15 kT	Atomic Demolition Munition (ADM)	Minen zum Sperren von Vormarschwegen
2 kT – 5 kT		Gefechtskopf für Torpedo VA-111 „Schkwal“
15 kT	W9	Artilleriegranate zum Gefechtsfeldeinsatz
21 kT	Mk 3 „Fat Man“	taktische Freifallbombe; über Nagasaki abgeworfen
2 kT – 40 kT	W31	Gefechtskopf für Boden-Luft-Rakete MIM-14B „Nike Hercules“
200 kT		Gefechtskopf für Wasserbombe in seegestützter U-Boot-Abwehrrakete SS-N-16 „Stallion“

Sprengkraft [TNT-Äquivalent]	Bezeichnung	Einsatz
0,3 kT – 340 kT	B61	taktische Freifallbombe
350 kT		Gefechtskopf für seegestützte Anti-Schiff-Rakete SS-N-19 „Ship-wreck“
60 kT – 460 kT	W50	Gefechtskopf für landgestützte Kurzstreckenrakete MGM-31 Pershing IA
475 kT	W88	Gefechtskopf für U-Boot-ge- stützte Interkontinentalrakete Trident II D-5
1,45 MT	B28	strategische Freifallbombe
9 MT	B53	strategische Freifallbombe
57 MT	AN602	„Zar-Bombe“ strategische Freifallbombe

Tab. 5: Beispiele für Kernwaffen [8]

Zu beachten ist, dass für die erfolgreiche Konstruktion einer einsatzfähigen Kernwaffe, d.h. um die Kettenreaktion der Kernspaltung oder Kernfusion auszulösen, umfangreiches Wissen und eine äußerst präzise Technik notwendig sind. Für den terroristischen Missbrauch kommen daher in erster Linie Kernwaffen aus externen Quellen infrage.

1.4.2.2 Radiologische Waffen

Im Gegensatz dazu findet bei den radiologischen Waffen keine Kernspaltung oder Kernfusion statt. Hier wird durch einen konventionellen Sprengsatz radioaktives Material in die Umgebung verteilt. Je nach den darin enthaltenen Isotopen, deren Zerfallsart, Aktivität und Energie der freigesetzten ionisierenden Strahlung werden Lebewesen mehr oder weniger geschädigt (vgl. Abschnitt 1.3: Gesundheitsgefahren).

Da zum einen bei der Detonation des konventionellen Sprengsatzes nicht zu erkennen ist, dass auch radioaktives Material verteilt wurde und zum anderen die freigesetzte ionisierende Strahlung nicht mit menschlichen Sinnen wahrnehmbar ist, sind radiologische Waffen besonders heimtückisch. Zudem muss für ihren Bau lediglich ein einfacher konventioneller Sprengsatz mit radioaktivem Material, z. B. aus medizinischen Bestrahlungseinrichtungen oder Prüfstrahlern, versehen werden. Daher werden solche radiologischen Waffen auch „schmutzige Bomben“ genannt und sind für den Einsatz durch Terroristen prädestiniert.

2. B-Gefahrstoffe

B-Gefahrstoffe sind Stoffe, von denen biologische Gefahren ausgehen. Zu ihnen gehören die Gruppen der

- biologischen Agenzien,
- Toxine und
- sonstigen Krankheitsüberträger,

die natürlich vorkommen und auch als biologische Waffen einsetzbar sind.

2.1 Biologische Agenzien

Als biologische Agenzien werden Mikroorganismen bezeichnet, die Erkrankungen (Infektionen) bei Lebewesen (Menschen, Tiere, Pflanzen) hervorrufen können.

Mikroorganismen sind mikroskopisch kleine Lebewesen, die einzeln mit bloßem Auge nicht erkennbar sind. Sie kommen in verschiedenen Größenordnungen vor. So liegt die Größe von Bakterien im Bereich von ca. 1×10^{-6} m, während die Größenordnung von Viren ca. 1×10^{-7} m beträgt. Zum Vergleich: Wenn man sich das Größenverhältnis einer kleinen Person (ca. 1 m) zur Erde (ca. 10.000 km) vorstellt, dann entspricht dieses dem Größenverhältnis eines großen Virus (ca. 1×10^{-7} m) zu einer kleinen Person. Oder, anders ausgedrückt, erst 10.000 Viren aneinandergereiht ergeben die Strecke von 1 mm [9].

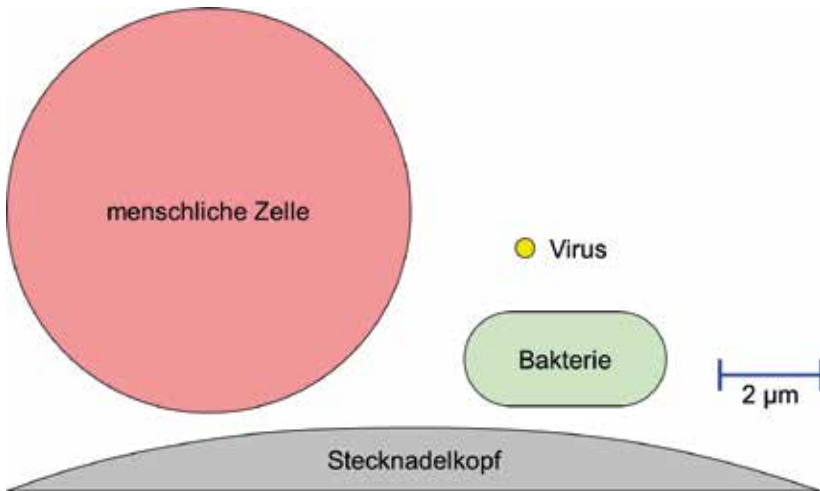


Abb. 18: Mikroorganismen [10]

Zur Gruppe der Mikroorganismen werden

- Bakterien,
- Viren und
- Pilze, Algen, Protozoen

gezählt, die sowohl natürlich vorkommen als auch gentechnisch verändert sein können.

2.1.1 Bakterien

Bakterien sind einzellige Mikroorganismen, deren Zelle wesentlicher einfacher aufgebaut als z.B. eine menschliche Zelle. Sie betreiben einen eigenen Stoffwechsel (Aufnahme von Nährstoffen und deren Verwer-

tung) und sind in der Lage, sich durch Teilung selbstständig zu reproduzieren. Damit erfüllen Bakterien wichtige Merkmale des Lebens.

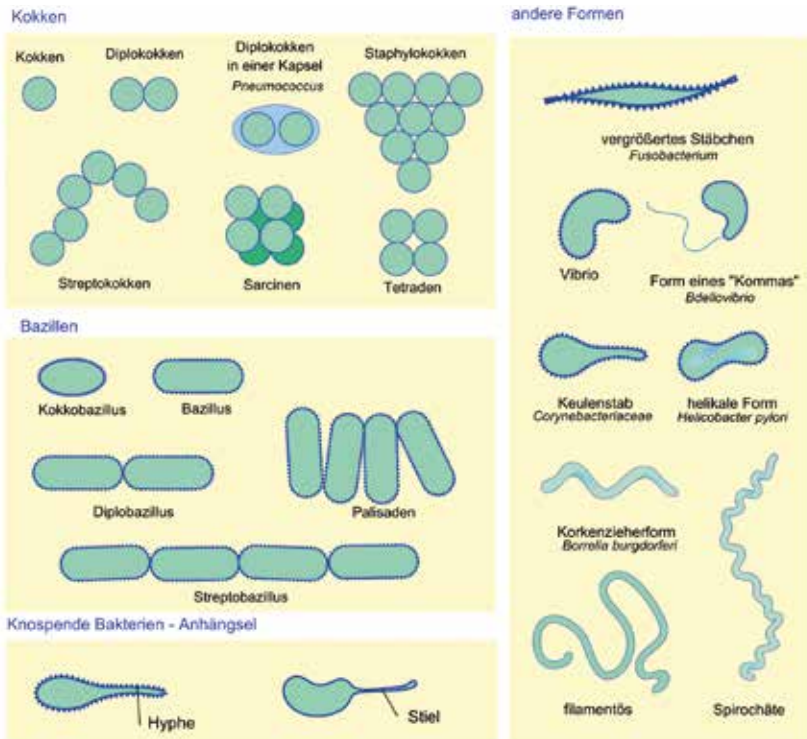


Abb. 19: Formen und Aggregate von Bakterien [11]

Sie sind in verschiedenen äußeren Formen, Größen und auch als Aggregate vorzufinden. Manche Bakterien bilden Dauerstadien, sogenannte Sporen. In dieser Form sind sie in der Lage, extrem lange Zeiträume und extrem ungünstige Umweltbedingungen zu überdauern.

Wichtiges Merkmal ist die schnelle Reproduktion durch Zellteilung. Dabei wird bei jeder Vermehrung, die ungefähr alle 10 bis 30 Minuten statt-

findet, die Bakterienanzahl verdoppelt. Dies führt zu einer explosionsartigen (exponentiellen) Vermehrung der Bakterien. Allerdings benötigen diese zum Wachstum neben Zeit

- die korrekte Temperatur,
- Feuchtigkeit,
- Nährstoffe und
- den korrekten pH-Wert.

Ist einer dieser Faktoren nicht gegeben, findet keine bzw. nur seltene Zellteilung statt. Darüber hinaus sind Antibiotika in der Lage, Bakterien an der Teilung zu hindern bzw. diese sogar abzutöten. Zu beachten ist aber, dass Bakterien beim häufigen oder umfangreichen Einsatz von Antibiotika Resistenzen entwickeln können und so die Antibiotika unwirksam werden können.

Beispiele für bakterielle Erkrankungen und die sie verursachenden Erreger sind:

Erkrankung	Erreger
Milzbrand	Bacillus anthracis
Pest	Yersinia pestis
Lungenentzündung	Pseudomonas aeruginosa, Enterobacter, Escherichia coli, Proteus, Serratia, Klebsiella pneumoniae, u.a.
Typhus	Salmonella Typhi

Erkrankung	Erreger
Fleckfieber	Rickettsien
Hirnhautentzündung	Meningokokken, u.a.

Tab. 6: Beispiele für bakterielle Erkrankungen [6]

2.1.2 Viren

Viren sind infektiöse Partikel, die lediglich aus Erbmaterial und, in vielen Fällen, einer umgebenden Eiweißhülle bestehen. Es handelt sich nicht um lebende Zellen, da sie sich zwar verbreiten können, aber keinen Stoffwechsel besitzen und zur Reproduktion auf eine lebende Wirtszelle angewiesen sind.

Die Reproduktion geschieht dermaßen, dass der Virus in die Wirtszelle eindringt, seine Erbinformationen in die der Wirtszelle eingebaut werden und die Wirtszelle veranlasst wird, schnell eine Vielzahl neuer Viren zu produzieren. Diese werden schließlich freigesetzt, wobei die Wirtszelle zugrunde geht.

Zu beachten ist, dass Antibiotika nicht gegen Viren wirksam sind. Hier können aber Impfungen schützen.

Beispiele für Viruserkrankungen und die sie verursachenden Erreger sind:

Erkrankung	Erreger
Grippe	Influenzavirus H1N1
Schweres Akutes Respiratorisches Syndrom	SARS-assoziiertes Coronavirus
Ebola	Ebolavirus
Maul und Klauenseuche	Maul-und-Klauenseuche-Virus FMDV
Noroviruserkrankung	Norovirus
Vogelgrippe	Influenzavirus H5N1

Tab. 7: Beispiele für Viruserkrankungen [6]

2.2 Toxine

Toxine sind Gifte, die von lebenden Organismen synthetisiert werden. Daher werden sie seit 1971 als potentielle biologische Kampfstoffe deklariert, obwohl es sich um rein chemische Substanzen handelt, die sich nicht selbständig reproduzieren können.

Lebende Organismen (z. B. Bakterien, Pflanzen, Tiere) produzieren Toxine zu ihrer Verteidigung oder zur Beschaffung und Verwertung von Nahrung. Sie sind so ausgelegt, dass sie grundlegende Prozesse anderer Organismen, beispielsweise durch Proteinabbau, stören oder beschädigen.

Beispiele für Toxine sind [6]:

- Ricin
- Botulinustoxin A
- Staphylokokken-Enterotoxin
- Saxitoxin (Schellfischtoxin)
- Tetrodotoxin (Kugelfischtoxin)
- Trichoteceen-Mykotoxin T2

Diese beispielhaften Toxine könnten auch für den terroristischen Missbrauch relevant sein.

2.3 Sonstige Krankheitsüberträger

Auch Insekten und andere Tiere können Krankheiten (Infektionen) übertragen. Dies geschieht dadurch, dass bei einem Biss, Stich, o. ä. biologische Agenzien oder Toxine in den menschlichen Körper gelangen. Als sonstige Krankheitsüberträger sind auch Tiere denkbar, die beispielsweise infektionsübertragenden Insekten als Wirt dienen und diese bei Kontakt auf den Menschen übertragen.

Beispiele für sonstige Krankheitsüberträger und die durch sie verursachten Infektionskrankheiten sind:

Krankheitsüberträger	Erkrankung	Erreger
Flöhe (Ratten)	Pest	<i>Yersinia pestis</i>
Fliegen	Schlafkrankheit	<i>Trypanosoma brucei</i>
Mücken	Malaria	<i>Plasmodium</i>
Läuse	verschiedene Fieber	verschiedene
Wanzen	verschiedene Fieber	verschiedene
Zecken	Borreliose	<i>Borrelia burgdorferi</i>

Tab. 8: Beispiele für sonstige Krankheitsüberträger [6]

2.4 Aufnahmewege

Biologische Agenzien und Toxine müssen in den menschlichen Körper gelangen (inkorporiert werden), damit sie zu Erkrankungen führen können. Inkorporationswege können

- Atemwege – Einatmen (Inhalation),
- Verdauungstrakt – Verschlucken (Ingestion),
- offene Wunden bzw. Körperflüssigkeiten (z. B. Blut, Speichel, Sperma, Vaginalsekret, usw.),
- Haut – Aufnahme (Hautresorption) oder
- Bisse von Tieren

sein.

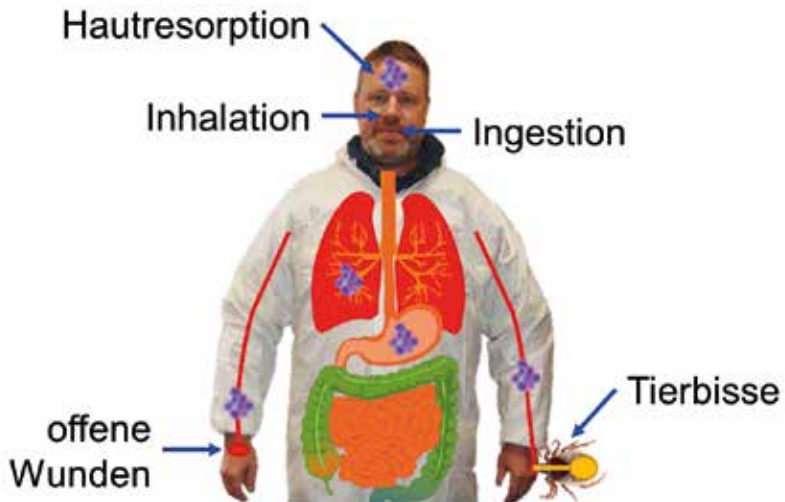


Abb. 20: Inkorporation



Hinweis

Eine Inkorporation ist auszuschließen!

Weiterhin kann auch mit biologischen Agenzien und Toxinen eine Kontamination (vgl. Unterabschnitt 1.2.4: Kontamination) erfolgen, jedoch müssen diese B-Gefahrstoffe in den Körper gelangen, um wirken zu können.



Hinweis

Eine Kontamination ist zu vermeiden, zumindest ist sie so gering wie möglich zu halten! Eine Kontaminationsverschleppung ist zu verhindern!

2.5 Gesundheitsgefahren

Biologische Agenzien können im menschlichen Körper zu Infektionen führen, deren Symptome sich als Infektionskrankheiten manifestieren, während Toxine zu Intoxikationen führen.

Die Symptome und Verläufe der verschiedenen Infektionen und Intoxikationen sind höchst unterschiedlich und können teilweise (unbehandelt) zum Tode führen. Eine beispielhafte Übersicht gibt die folgende Tabelle:

Erreger	Erkrankung	Symptomatik
Bacillus anthracis (Sporen)	Lungenmilzbrand	Lungenbeschwerden, Blauwerden, Schock
Yersinia pestis	Lungenpest	Atmungsausfälle, Kreislaufzusammen- bruch
Francisella tularensis	Tularämie	Brustschmerz, Husten, Erschöpfung
Brucella suis / Brucella melitensis	Brucellosen	neurologische und psychiatrische Symptome, Gelenk- beschwerden
Coxiella burnetii	Q-Fieber	Fieber, Muskel- schmerz, Brust- schmerz, Schüttel- frost, Verwirrtheit

Erreger	Erkrankung	Symptomatik
Vibrio cholerae	Cholera	Durchfall, Blutmangel, Schock
Burkholderia mallei / Burkholderia pseudomallei	Rotz / Melioidose	Brustfell-, Milzent- zündung, Hautver- änderungen
Variola Virus	Pocken	Fieber, Pusteln, Blu- tungen, Tod häufig innerhalb 48 h, Sterblichkeit bis 100 %
Ebola-, Marburg-, Lassa-Viren	Virale hämor- rhagische Fieber	hohes Fieber, Blutungen, Schock, Sterblichkeit 50 – 90 %
Venezuelanische Pferdeencephalitis- Virus	Venezuelanische Pferdeenzephalitis (VEE)	Halsschmerzen, Durchfall, bei Kin- dern häufig tödlich
Clostridium botulinum Neurotoxine (Botulinumtoxine)	Botulismus	Muskellähmung, Tod nach 24 – 72 h
Ricin	Ricin-Intoxikation	Atmungsstörungen, Sauerstoffmangel

Erreger	Erkrankung	Symptomatik
Staphylokokken- Enterotoxin B (SEB)	SEB-Intoxikation	Durchfall, Fieber, Erbrechen
Schimmelpilze	Mykotoxine	Bluthusten, Koordi- nationsstörungen, Schock

Tab. 9: Beispiele für Gesundheitsgefahren [6]

2.6 Quellen, Freisetzung und Ausbreitung

2.6.1 Natur / Zivilisation

Grundsätzlich handelt es sich bei den biologischen Agenzien um natürliche Stoffe, obwohl bereits eine Reihe von ihnen gentechnisch verändert worden sind. Auch in Deutschland heute nicht vorkommende Infektionskrankheiten wie Cholera oder hämorrhagische Fieber verbreiten sich in der globalen Reisegesellschaft, sodass theoretisch nahezu alle biologische Agenzien überall im Alltag angetroffen werden können und uns bei jedem Einsatz, immer und überall mit ihnen zu rechnen ist. Denkbar sind beispielsweise:

- Infektionen im täglichen Leben, z. B. Influenza, Salmonellose, usw.,
- Einsätze mit mangelnder Hygiene, z. B. Escherichia-coli-Infektionen, usw.
- Einsätze mit Patienten mit besonders ansteckungsgefährlichen Krankheiten, z. B. hämorrhagische Fieber, Pocken, usw., in Krankenhäusern oder Flughäfen,
- Einsätze bei Tierseuchen, z.B. Vogelgrippe, Maul-und-Klauenseuche.

2.6.2 Terrorismus / Militär

Terroristischer Missbrauch bzw. militärischer Einsatz biologischer Gefahrstoffe hat es bereits seit dem Altertum gegeben. Früh hat man es verstanden, dass sich natürliche Seuchen, z. B. Pocken oder Pest, leicht durch infizierte Leichen oder Gegenstände auf den Feind übertragen lassen. Später wurde dann gezielt nach geeigneten biologischen Waffen geforscht, die möglichst folgende Kriterien erfüllen:

- geeignete Inkubationszeit,
- leicht zum Einsatz zu bringen (Stabilität),
- hohe Erkrankungs- oder Todesrate,
- stabil gegen Umweltfaktoren (z. B. UV-Strahlung, Luftsauerstoff, usw.),
- Produktion großer Mengen möglich,
- Impfstoffe / Medikamente beim Gegner nicht verfügbar.

Heute sind insgesamt zwölf biologische Agenzien und Toxine gelistet, die diese Kriterien erfüllen und deren Verwendung als biologische Waffe wahrscheinlich ist. Sie werden auch als das „dreckige Dutzend“ bezeichnet und sind in Tab. 2 4 gelistet.

Daneben ist aber auch der Einsatz von solchen biologischen Waffen möglich, die Nutzvieh oder Nutzpflanzen zum Ziel haben. Sie sollen dem Gegner Schäden durch Nahrungsmittelmangel zufügen.

Als Einsatzmittel für biologische Waffen sind denkbar:

- Spray- bzw. Sprühanlagen (z.B. Sprüheinrichtungen von Agrarflugzeugen, usw.),
- Aerosolgeneratoren aus dem Pflanzenschutz,
- militärische Einsatzmittel, z.B. Artilleriemunition,
- Behälter mit Sprengladung,
- ferngesteuerte Flugkörper, Raketen, Drohnen,
- mechanische Zerstörung von Behältern (z. B. Ampullen, Glasbehälter, Polybeutel, usw.),
- Einbringen in Klima- und Belüftungsanlagen und
- direktes Einbringen in Trinkwasser, Lebensmittel, Futtermittel.

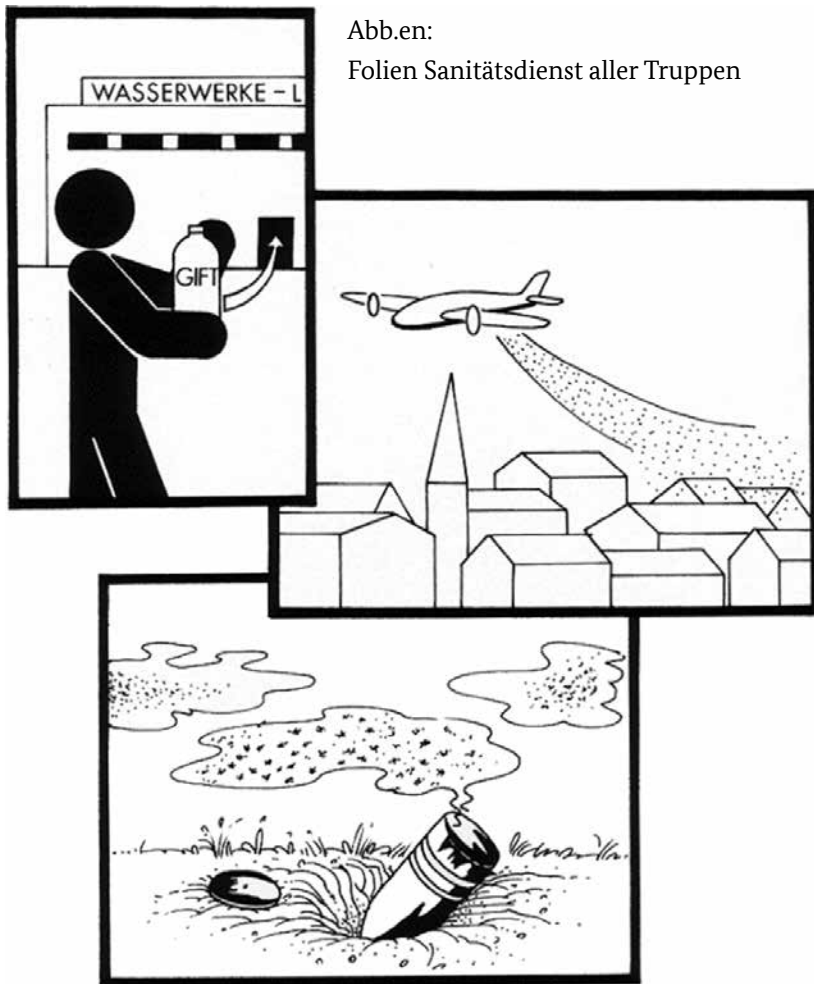


Abb.en:
Folien Sanitätsdienst aller Truppen

Abb. 21: Einsatzmittel für biologische Waffen [12]

3. C-Gefahrstoffe

C-Gefahrstoffe sind Stoffe, von denen chemische Gefahren ausgehen. Zu ihnen gehören chemische Elemente und Verbindungen, als Reinstoffe oder Gemische, die natürlich vorkommen oder künstlich hergestellt werden und auch als chemische Waffen einsetzbar sind.

3.1 Chemische Stoffe

Chemische Stoffe bestehen aus Atomen als kleinste Bausteine (vgl. Unterabschnitt 1.1.1: Atombau). Sind diese untereinander verknüpft, spricht man auch von Molekülen.

Atome mit gleicher Protonenanzahl bzw. Kernladungszahl werden als chemische Elemente bezeichnet. Wenn Atome von zwei oder mehr Elementen miteinander zu Molekülen verknüpft sind, werden diese als chemische Verbindungen bezeichnet.

Setzt sich ein chemischer Stoff ausschließlich aus gleichen Atomen oder Molekülen zusammen, handelt es sich um einen Reinstoff, andernfalls um ein Gemisch.

Umgekehrt besitzen Atome und Moleküle auch chemische Eigenschaften, sodass letztlich jede belebte und unbelebte Materie ein chemischer Stoff ist.

3.1.1 Einteilung chemischer Stoffe

Eine weitere klassische Einteilung der chemischen Stoffe erfolgt nach ihrer Zusammensetzung in

- anorganische Stoffe und
- organische Stoffe.

Diese Klassifizierung beruht auf der historischen Ansicht, dass der eine Teil der chemischen Stoffe nur von organischem Leben durch „Lebenskraft“ erzeugt werden könne, während der andere Teil nur in der unbelebten Natur vorkäme. Erst die Synthese von Harnstoff (organischer Stoff) aus Ammoniumcyanat (anorganischer Stoff) durch Friedrich Wöhler im Jahr 1828 ließ die Grenzen dieser Einteilung verschwinden. Dennoch wird bis heute zwischen anorganischer und organischer Chemie unterschieden, da es vielfach Unterschiede in Stoffstrukturen und Reaktionsmechanismen gibt.

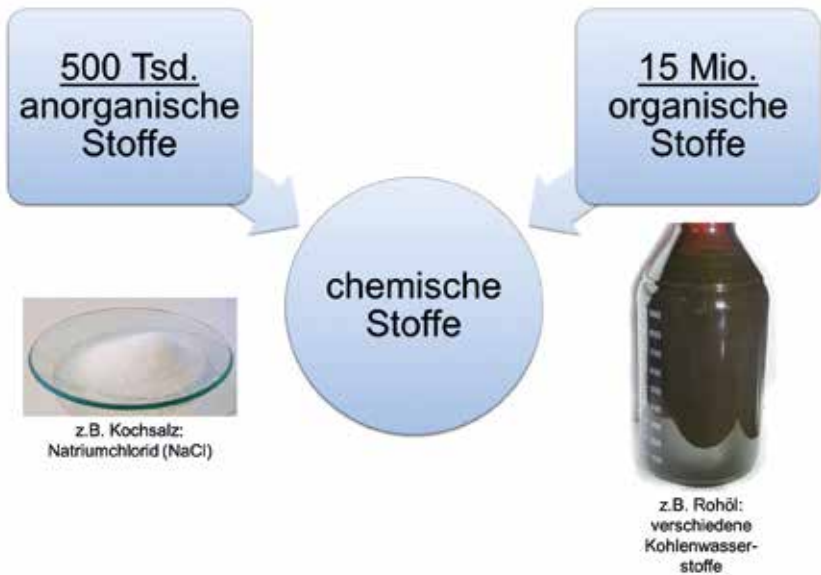


Abb. 22: Chemische Stoffe [6]

3.1.1.1 Anorganische Stoffe

Zu den anorganischen Stoffen werden klassisch die Elemente und alle Verbindungen, die keinen Kohlenstoff (C) enthalten, gezählt, ebenso die wasserstofffreien Verbindungen des Kohlenstoffs: Kohlenstoffmonoxid (CO), Kohlenstoffdioxid (CO₂), Carbonate (CO₃²⁻), Carbide (C₂²⁻), Cyanide (CN⁻), Cyanate (NCO⁻) und Thiocyanate (SCN⁻). Beispiele für anorganische Stoffe sind:

- Kochsalz (NaCl)
- Flusssäure (HF)
- Ammoniak (NH₃)
- Natronlauge (NaOH)

- Quecksilber (Hg)
- Eisen (Fe)
- Sauerstoff (O₂)
- Kalk (CaCO₃)

Insgesamt sind heute ca. 500 Tausend verschiedene anorganische Stoffe bekannt [6].

3.1.1.2 organische Stoffe

Zu den organischen Stoffen werden alle Verbindungen des Kohlenstoffs (C), außer dessen anorganische Verbindungen, gezählt. Da in diesen Verbindungen immer auch Wasserstoff (H) enthalten ist, werden sie auch als Kohlenwasserstoffe bezeichnet. Beispiele für organische Stoffe sind:

- Methan (CH₄)
- Acetylen (C₂H₂)
- Benzol (C₆H₆)
- Ethanol (C₂H₅OH)
- Essigsäure (CH₃COOH)
- Aceton (CO(CH₃)₂)
- Fette (Triglyceride)
- Eiweiß (Aminosäureketten)

Insgesamt sind heute ca. 15 Millionen verschiedene organische Stoffe bekannt [6].

3.1.2 Formen chemischer Stoffe

Alle chemischen Stoffe können grundsätzlich in den Zustandsformen

- fest,
- flüssig und / oder
- gasförmig

aufzutreten. In welcher Zustandsform ein Stoff bei gegebener Temperatur und gegebenem (Luft-) Druck vorliegt, wird von seinen physikalisch-chemischen Eigenschaften bestimmt.

Ändern sich Temperatur und / oder Druck, kann ein chemischer Stoff von einer Zustandsform in eine andere übergehen. Feste und flüssige Stoffe sind zudem in der Lage, bei Energiezuführung (z. B. Temperatur, Druck, usw.) die Zustandsformen Dampf und Aerosol (Staub, Nebel, Rauch) anzunehmen.

Da feste und flüssige Stoffe auf Oberflächen stationär sind, teilweise fest anhaften und nicht leicht zu entfernen sind, werden sie auch als sesshaft bezeichnet.

Im Gegensatz dazu verteilen sich Gase, Dämpfe und Aerosole selbstständig und durch die Erscheinungen des Wetters (z. B. Wind, Temperatur, Luftdruck, usw.) im gesamten Raum. Sie werden daher als flüchtig bezeichnet.

Durch Zustandsänderungen können chemische Stoffe von der sesshaften in die flüchtige Form oder andersherum von der flüchtigen in die sesshafte Form übergehen.

3.2 Chemische Gefahrstoffe

Von vielen der ca. 16 Millionen chemischen Stoffe gehen verschiedene Gefahren für Menschen, Tiere, Umwelt und Gegenstände aus. Diese werden daher auch als chemische Gefahrstoffe bezeichnet. Im Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG) sowie in der Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) werden die Gefahren, die von Gefahrstoffen im rechtlichen Sinne ausgehen können, benannt:

gefährliche Eigenschaft	Beispiele
Explosionsgefährlich	Trinitrotoluol, Schwarzpulver
brandfördernd	Kaliumchlorat, Peroxide, Fluor
hochentzündlich	Diethylether, Wasserstoff, Ethin, Propen
leichtentzündlich	Aceton, Ethanol
entzündlich	Terpentinöl
sehr giftig	Atropin, Sarin, Thallium
Giftig	Methanol, Tetrachlormethan
gesundheitsschädlich	Kaliumchlorat, Acetaldehyd (Ethanal), Dichlormethan

gefährliche Eigenschaft	Beispiele
ätzend	Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure), Schwefelsäure, Salpetersäure, Natronlauge, konzentrierte Seifenlauge, Abflussreiniger
reizend	Essigsäureethylester, Menthol, Natriumcarbonat
sensibilisierend	Chloramin, Malathion, Formaldehyd
krebserzeugend (kanzerogen)	Asbest, Benzol, Rohöl
fortpflanzungsgefährdend (reproduktionstoxisch - teratogen)	Alkohol, Dioxine, Thalidomid, Tabakrauch, Nitrofen, Tetraethylblei, Quecksilber
erbgutverändernd (mutagen)	Nitrosamine, Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
umweltgefährlich	Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT) leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle

Tab. 10: Chemische Gefahrstoffe

Die seit dem 20.01.2009 geltende Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen verwendet bei der Benennung der Gefahren teilweise andere Begriffe und differenziert diese noch weiter. Dennoch sind bei der Beschreibung von Gefahren die bisherigen Bezeichnungen weiterhin für uns nützlich.

3.3 Aufnahmewege

Chemische Gefahrstoffe müssen in den menschlichen Körper gelangen (inkorporiert werden), damit sie zu Vergiftungen (Intoxikationen) und Erkrankungen führen können. Inkorporationswege können

- Atemwege – Einatmen (Inhalation),
- Verdauungstrakt – Verschlucken (Ingestion),
- offene Wunden bzw. Körperflüssigkeiten (z.B. Blut, Speichel, usw.)
oder
- Haut – Aufnahme (Hautresorption)

sein.

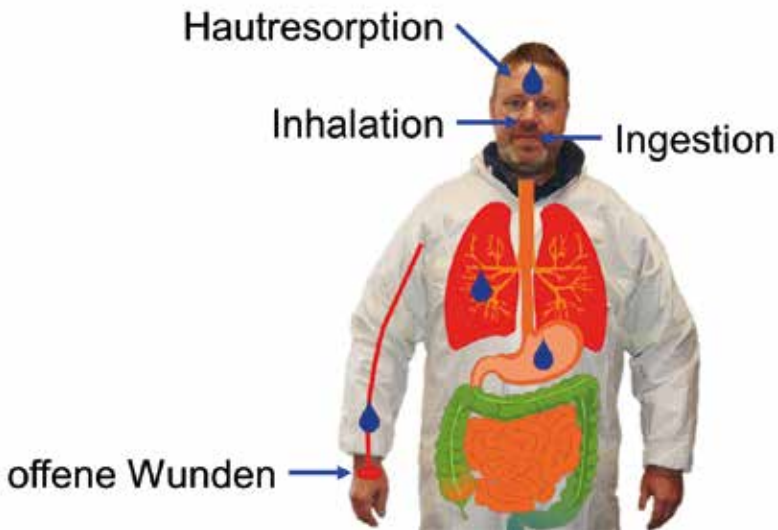


Abb. 23: Inkorporation

Weiterhin kann auch mit chemischen Gefahrstoffen eine Kontamination (vgl. Unterabschnitt 1.2.4: Kontamination) erfolgen, jedoch müssen die C-Gefahrstoffe in den Körper gelangen, um wirken zu können.



Hinweis

- 1. Eine Inkorporation ist auszuschließen!**
- 2. Eine Kontamination ist zu vermeiden, zumindest ist sie so gering wie möglich zu halten! Eine Kontaminationsverschleppung ist zu verhindern!**

3.4 Gesundheitsgefahren

Chemische Gefahrstoffe führen im menschlichen Körper zu Intoxikationen. Die Symptome und Verläufe der verschiedenen Intoxikationen sind höchst unterschiedlich und können teilweise (unbehandelt) zum Tode führen. Typische Symptome für eine Intoxikation durch chemische Gefahrstoffe können beispielsweise sein [6]:

- Pupillenveränderung (Verkleinerung / Vergrößerung)
- Schwindel, Atemnot, Krämpfe, Sekretabscheidungen
- Hautveränderungen, Rötung, Verätzung, Blasenbildung
- Reizwirkung der Atemwege, Kratzen, Husten, Erbrechen
- Reizwirkung der Augen, Rötung, Brennen, Tränenfluss
- veränderte Wahrnehmungen, Farben, Töne, Trugbilder
- Persönlichkeitsveränderungen, Rauschzustände

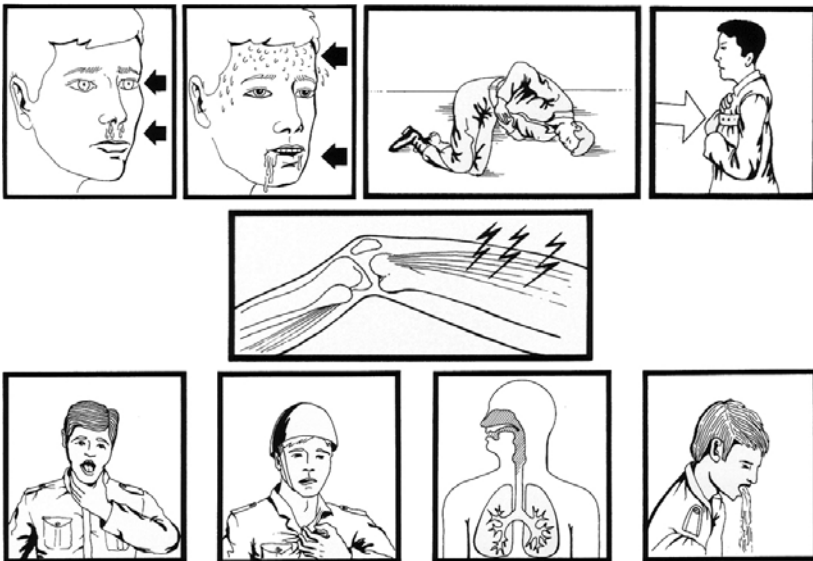


Abb. 24: Typische Symptome von Intoxikationen [12]

3.5 Quellen, Freisetzung und Ausbreitung

3.5.1 Natur / Zivilisation

Grundsätzlich kommen viele chemische Gefahrstoffe als Produkte natürlicher Prozesse, z.B. Rohöl, Methan (CH₄) oder Schwefelwasserstoff (H₂S), usw., bereits in der Umwelt vor. Aber erst die modernen chemische Wissenschaften und Industrien produzieren eine ständig wachsende, schier unüberschaubare Anzahl chemischer Produkte in teilweise sehr großen Mengen, die natürlich auch transportiert werden müssen. Ein großer Teil dieser Produkte sind als Gefahrstoffe zu klassifizieren. Insgesamt kommen wir dadurch im Alltag ständig mit chemischen Gefahrstoffen in Berührung:

- Reinigungsmittel
- Klebstoffe
- Farben und Lacke
- technische Gase
- Kraft- und Schmierstoffe
- Gefahrguttransporte
- Chlorierungsanlagen
- Biogasanlagen
- Kältemittel
- Düngemittel
- Produktions- und Lagerbereiche
- Deponien
- Labore

Zu einer Freisetzung in die Umwelt können beispielsweise führen:

- unsachgemäßer Umgang
- bewusste Manipulation
- Brände
- Verbrennen oder Verschwelen
- unkontrollierte chemische Reaktionen
- Bersten von Behältern durch Überdruck
- mechanische Zerstörung von Behältern
- Explosionen (mit und ohne Beteiligung anderer Substanzen)
- Verkehrsunfälle von Gefahrstofftransporten
- Unfälle bei der Produktion oder Lagerung

Abschließend ist bei der Betrachtung der zivilen chemischen Gefahrstoffe festzustellen, dass einige der in der alltäglichen industriellen Produktion verwendeten Stoffe, wie z. B. Phosgen (COCl_2), Chlor (Cl_2), Blausäure (HCN) oder organische Phosphorsäureester (Pflanzenschutzmittel), auch für den terroristischen / militärischen Einsatz als chemischer Kampfstoff geeignet sind. Man bezeichnet sie daher auch als Dual-Use-Substanzen.

3.5.2 Terrorismus / Militär

Terroristischer Missbrauch bzw. militärischer Einsatz chemischer Gefahrstoffe hat es bereits seit dem Altertum gegeben. Früh hat man es verstanden, den Gegner mit Brandmitteln und Reizstoffen zu bekämpfen oder ihn mit Giftstoffen und Drogen zu vergiften. Der industrielle Fortschritt im 19. Jahrhundert ermöglichte die Produktion von chemi-

schen Gefahrstoffen im großen Maßstab, sodass nun große Mengen Gifte und sogenannte chemische Kampfstoffe für den Kriegseinsatz verfügbar wurden. Gemäß der militärischen Definition sind chemische Kampfstoffe für den Kriegseinsatz hergestellte oder bestimmte Verbindungen, die die Kampfkraft der Truppe durch nachhaltige oder tödliche Vergiftung schwächen und die Einsatzfähigkeit beeinträchtigen.

Im Ersten Weltkrieg kamen verschiedene chemische Kampfstoffe in einem solchen Umfang zum Einsatz, dass 1918 jede dritte abgefeuerte Artilleriegranate eine Kampfstoffgranate war [13]. Seit der Zeit wurde auch gezielt nach geeigneten chemischen Kampfstoffen geforscht, die möglichst folgende Kriterien erfüllen:

- leicht herstellbar,
- druck- und temperaturfest,
- lange lagerfähig,
- schwer erkennbar und nachweisbar,
- hydrolyse- und oxidationsfest sowie
- hoch toxisch.

Chemische Kampfstoffe, die diese Kriterien erfüllen und damit zum praktischen Einsatz geeignet sind, können, je nach Art und Ort ihrer Wirkung, in verschiedene Klassen unterteilt werden:

Klasse	Beispiel	Symptome
Lungenkampfstoffe (Grünkreuz)	Phosgen (CG)	Rachenreiz, Hustenreiz, evtl. Übelkeit, Atemnot, Brustschmerz, blutiger Auswurf, Fieber, Blutdruckabfall, allgemeiner Schwächezustand, Lungenschäden, Tod
Blutkampfstoffe	Blausäure (AC)	Bittermandelgeruch und -geschmack, brennendes Gefühl im Hals, Gaumen und Zunge werden taub und steif, Brustbeklemmung, unsicherer Gang, Pupillenerweiterung, Verlust des Seh- und Hörvermögens, Krämpfe, Urin- und Stuhlabgang, Haut und Schleimhaut verfärben sich rot, Atemstillstand, Tod
Hautkampfstoffe (Gelbkreuz)	Senfgas / S-Lost (HD)	bei Hautkontakt mit Lost kein Benetzungsgefühl, nach ca. 4 h Hautrötung auf der Kontaktstelle, nach ca.12 h Blasenbildung, Rückbildung erst nach Wochen, Pigmentierung, erhöhtes Hautkrebsrisiko, bei Augenkontakt Hornhautschäden und Erblindung, nach Inhalation schwerste Lungenschäden, Spätschäden verschiedene Krebsarten

Klasse	Beispiel	Symptome
Nerven- kampfstoffe	Sarin (GA)	Pupillenverengung, Kopfschmerzen, Speichelfluss (Mund und Nase), Muskel-, Kehlkopfkrämpfe, Erbrechen, zäher schaumiger Auswurf, Atemnot, Krampfanfälle, Erschöpfung, schlaffe Lähmung, Tod
Psycho- kampfstoffe	3-Chinu- clidinyl- benzilat (BZ)	trockene Schleimhäute, gerötete Haut, Verstopfung, Kopfschmerzen, Verwirrung, Halluzinationen, Angstzustände, Konzentrationsstörungen, allgemeine Unruhe, apathischen Phasen, völliger Realitätsverlust
Augenkampf- stoffe (Weiß- kreuz)	ω -Chlor- acetophenon (CN)	Reizung der Augen, Tränenfluss, Brennen und Schmerzen auf feuchter Haut, Brennen und Schmerzen im Brustbereich, Hustenanfälle, Lungenschäden möglich
Nasen- / Rachen- kampfstoffe (Blaukreuz)	Clark / Diphenylar- sinchlorid (DA)	Übelkeit, Erbrechen und Kopfschmerzen, Spätfolgen Lungenschäden

Klasse	Beispiel	Symptome
Reizerregende Kampfstoffe	2-Chlorbenzylidenmalonsäuredinitril (CS)	Reizung der Augen-, Nasen- und Rachenschleimhäute, Lichtscheu, Schmerzen in den Augen, Brennen und Schmerzen auf feuchter Haut, Brennen und Schmerzen im Brustbereich, Hustenanfälle, Lungenschäden möglich

Tab. 11: Chemische Kampfstoffe [6]

Daneben ist aber auch der Einsatz von solchen chemischen Waffen möglich, die Nutzvieh oder Nutzpflanzen zum Ziel haben. Sie sollen dem Gegner Schäden durch Nahrungsmittelmangel zufügen. Beispielsweise setzten die USA während des Vietnamkrieges das Herbizids Agent Orange als Entlaubungsmittel mit dem Ziel ein, Deckung und Nahrung der gegnerischen Truppen zu vernichten.

Als Einsatzmittel für chemische Waffen und Kampfstoffe sind denkbar:

- chemische Munition,
- Sprühbehälter oder Aerosolgeneratoren,
- Explosion von Behältern mit chemischem Inhalt,
- Abbrennen von toxischen Substanzmischungen und
- Vergiftung von Wasser und Nahrungsmitteln.

3.5.3 Ausbreitung

Die Ausbreitung chemischer Gefahrstoffe in der Umwelt ist von

- der Art der Freisetzung (z. B. Explosion, Ausgasen, Versprühen, usw.),
- den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Stoffe (z. B. Siedepunkt, Dampfdruck, Flüchtigkeit, usw.),
- den geophysikalischen Bedingungen (Wetter – z. B. Temperatur, Windgeschwindigkeit, -richtung, Stabilitätsgrad der Luft, usw.) und
- der Geländebeschaffenheit (z. B. offenes Gelände, bebaute Gebiete, Wald, usw.)

abhängig und muss jeweils individuell beurteilt werden.

4. Kennzeichnung von Gefahrstoffen und -gütern

Gefahrstoffe (gefährliche Stoffe) sind Stoffe oder Gemische, die wegen ihrer Eigenschaften eine oder mehrere Gefahren für Mensch, Tier oder Umwelt aufweisen (vgl. Abschnitt 1.2: chemische Gefahrstoffe).

Gefahrgüter (gefährliche Güter) sind gefährliche Stoffe, die auf einen Verkehrsträger gebracht werden und dadurch zusätzlichen Gefahren unterliegen.

Die Kennzeichnung von gefährlichen Stoffen und Gütern hat den Zweck, den Anwender und Dritte auf die von ihnen ausgehenden Gefahren deutlich hinzuweisen und ggf. Hinweise für das korrekte Schutzverhalten zu geben. Da hierzu eine Einheitlichkeit und bestimmte Angaben erforderlich sind, wird die Kennzeichnung von Gefahrstoffen und -gütern in (internationalen) Rechtsvorschriften verbindlich geregelt. Diese Rechtsvorschriften regeln weiterhin detailliert Einstufung, Verpackung, Umgang, Lagerung und Transport der gefährlichen Stoffe und Güter.

Besonders zu beachten ist dabei, dass diese gesetzlichen Vorschriften grundsätzlich auch im Einsatz gelten. Weiterhin sind Verstöße dagegen mit hohen Bußgeldern oder Strafandrohung versehen. Dies gilt dabei sowohl für alle handelnden Personen als auch für alle verantwortlichen Vorgesetzten. Im THW sind daher alle von den Helferinnen und Helfern angefangen bis hinauf zur Präsidentin / zum Präsidenten für die Beachtung der einschlägigen Rechtsvorschriften verantwortlich und ggf. zivil- / strafrechtlich haftbar.



Hinweis

- Trotz der rechtlichen Vorgaben für die Kennzeichnung von gefährlichen Stoffen und –gütern muss stets damit gerechnet werden, dass Inhalt und Kennzeichnung nicht übereinstimmen bzw. keine Kennzeichnung vorliegt!
- Insbesondere gilt dies im Haushaltsbereich (z. B. Reinigungsmittel in Getränkeflaschen, usw.) und in Laboren (z. B. nur mit Folienstift beschriftete Glasgefäße, usw.)!
- Auch ist es möglich, dass Kennzeichnung z. B. durch Unfallwirkungen verloren gegangen sein können!

4.1 Gefahrstoffe

Hinsichtlich der Kennzeichnung (bzw. auch Einstufung, Verpackung, Umgang, Lagerung und Transport) von Gefahrstoffen bestehen zurzeit zwei wesentliche Rechtsgrundlagen. Dies sind die

- Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) sowie das
- global harmonisierte System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (Globally Harmonized System of Classification, Labelling and Packaging of Chemicals – GHS) der Vereinten Nationen (United Nations – UN).

Diese konkurrieren insofern, als dass gemäß GefStoffV die Kennzeichnung nach altem EU-Recht möglich ist, während das GHS eine neue, hinsichtlich Gefahr, Hinweise, und Symbolik weltweit einheitliche Kennzeichnung vorschreibt. Allerdings wurde auch diese mittlerweile in EU-Recht überführt und dieses zusätzlich in die GefStoffV implementiert.

Die Einstufung und Kennzeichnung nach GHS hat

- für Stoffe ab dem 1. Dezember 2010 und
- für Gemische ab dem 1. Juni 2015

verbindlich zu erfolgen.

4.1.1 Gefahrstoffverordnung

Die Kennzeichnung nach (alter) GefStoffV, eine Ausführungsverordnung des Gesetzes zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG), folgt der EU-Richtlinie 67/548/EWG und oblag dem Hersteller oder dem Händler (Inverkehrbringer). Dadurch konnten bestimmte Stoffe und Gemische durchaus je nach Inverkehrbringer unterschiedlich gekennzeichnet sein.

Diese Kennzeichnung hat in jedem Fall

- deutlich und formatgerecht (d.h. die Größe der Kennzeichnung orientiert sich an der Verpackungsgröße),
- haltbar,
- in Deutsch und
- vollständig

zu erfolgen und muss

- Bezeichnung,
- Inhaltsstoffe,
- Gefahrensymbole und Gefahrenbezeichnungen (vgl. Unterabschnitt 4.1.3),
- R-Sätze (vgl. Unterabschnitt 4.1.5.1),
- S-Sätze (vgl. Unterabschnitt 4.1.5.1) sowie
- Name, Anschrift und Telefonnummer des Herstellers oder Importeurs

umfassen. Ein Beispiel gibt die folgende Abbildung:

Bezeichnung

Methanol (Muster)

enthält Methanol 98 %

CAS-Nr.

67-56-1

Inhaltsstoffe



Gefahrenhinweise / R-Sätze

Leichtentzündlich.

Giftig bei Einatmen, Verschlucken und bei Berührung mit der Haut.

Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.

Sicherheitshinweise / S-Sätze

Behälter dicht geschlossen halten.

Von Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.

Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung tragen.

Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt zuziehen (wenn möglich dieses Etikett vorzeigen).



Gefahrensymbole Gefahrenbezeichnungen

Muster AG
12345 Musterstadt
Tel. 0123 / 456789-0

UN 1230

5 Liter

Stand: 01.01.2009

Hersteller

Abb. 25: Kennzeichnung nach GefStoffV

4.1.2 global harmonisiertes System

Die Kennzeichnung nach (neuem) GHS wurde durch die Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen (Regulation on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures – CLP) in EU-Recht überführt. Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen und Gemischen erfolgt hier über eine eindeutige Einordnung in Gefahrenklassen anhand derer physikalisch-chemischer Eigenschaften. Dadurch ergeben sich allerdings einige Unterschiede zur Einstufung nach GefStoffV (z. B. bei der Einstufung als „giftig“).

Auch diese Kennzeichnung hat in jedem Fall

- deutlich und formatgerecht (d.h. die Größe der Kennzeichnung orientiert sich an der Verpackungsgröße),
- haltbar,
- in Deutsch und
- vollständig

zu erfolgen und muss

- Bezeichnung,
- Inhaltsstoffe,
- Gefahrensymbole und Gefahrenbezeichnungen (vgl. Unterabschnitt 4.1.3),
- ggf. Signalwort „Gefahr“ oder „Achtung“;
- H-Sätze (vgl. Unterabschnitt 4.1.5.2),
- P-Sätze (vgl. Unterabschnitt 4.1.5.2) sowie
- Name, Anschrift und Telefonnummer des Herstellers oder Importeurs

umfassen. Ein Beispiel gibt die folgende Abbildung:













Methanol (Muster)		Bezeichnung	CAS-Nr.	67-56-1
Inhaltsstoffe	enthält Methanol 98 %	Gefahrenhinweise / H-Sätze Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. Giltig bei Verschlucken. Giltig bei Hautkontakt. Giltig bei Einatmen. Schädigt die Organe.		H-Sätze
		Sicherheitshinweise / P-Sätze Von Hitze / Funken / offener Flamme / heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen. Behälter dicht verschlossen halten. Schutzhandschuhe / Schutzkleidung / Augenschutz / Gesichtsschutz tragen. Bei Kontakt mit der Haut: Mit viel Wasser und Seife waschen. Bei Exposition: Sofort Giftinformationszentrum oder Arzt anrufen.		P-Sätze
				
		Gefahrensymbole Gefahrenbezeichnungen		
Hersteller	Gefahr	Signalwort		
Muster AG 12345 Musterstadt Tel. 0123 / 456789-0	UN 1230	5 Liter		Stand: 01.01.2012



Abb. 26: Kennzeichnung nach GHS

4.1.3 Gefahrensymbole und Gefahrenbezeichnungen

Die folgende Übersicht gibt einen Vergleich zwischen den Gefahrensymbolen und Gefahrenbezeichnungen nach GefStoffV und denen nach GHS:

Alt		Neu	
Explosions- gefährlich			Explosiv
Leichtent- zündlich			Entzündbar
Hochent- zündlich			Entzündbar
Brandfördernd			Entzündend (oxidierend)
			Unter Druck stehende Gase

Alt	Neu		
Ätzend			Ätzwirkung
Giftig			Akute Toxizität
Sehr giftig			Akute Toxizität
Gesundheits-schädlich			Diverse Gesundheits-gefahren
Reizend			Reizwirkung

Alt		Neu	
Umwelt- gefährlich			Gewässerge- fährdend

Tab. 12: Gefahrensymbole

Es ist allerdings zu beachten, dass die Einstufungen unterschiedlichen Regeln folgen und daher eine direkte Vergleichbarkeit nicht immer gegeben ist.

4.1.4 Zusammenlagerung

Verschiede Klassen von gefährlichen Stoffen können bei einer Freisetzung so miteinander reagieren, dass eine noch größere Gefahr entsteht (z. B. Anfachung eines Brandes leichtentzündlicher Stoffe durch brandfördernde Stoffe). Um dieser Problematik bei der Lagerung zu begegnen, sind in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“ [14] Zusammenlagerungsverbote definiert:

4.1.5 R- / H- und S- / P- Sätze

4.1.5.1 R- und S-Sätze

Risiko- und Sicherheitssätze (R- und S-Sätze) sind verschlüsselte Warnhinweise zur Charakterisierung der von gefährlichen Stoffen ausgehenden (chemischen) Gefahren. Sie gehören zum Rechtsbereich der (alten) GefStoffV und wurden im (neuen) GHS durch die H- und P-Sätze (vgl. Unterabschnitt 4.1.5.2: H- und P-Sätze) ersetzt.

Die sich bei der Gefährdungsbeurteilung der Stoffe und Gemische ergebenden R-Sätze bilden die Grundlage für die Einstufung und Kennzeichnung sowie die Festlegung der jeweils notwendigen S-Sätze.

Der Wortlaut der fortlaufend nummerierten R- und S-Sätze ist in den Anhängen III und IV der EU-Richtlinie 67/548/EWG festgelegt. Eine beispielhafte Auswahl ist der folgenden Tabelle zu entnehmen:

R- bzw. S-Satz	Bedeutung
R 10	Entzündlich.
R 19	Kann explosionsfähige Peroxide bilden.
R 45	Kann Krebs erzeugen.
R 23/24/25	Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut.
R 48/20/21/22	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken.

R- bzw. S-Satz	Bedeutung
R 52/53	Schädlich für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.
S 3	Kühl aufbewahren.
S 16	Von Zündquellen fernhalten – Nicht rauchen.
S 51	Nur in gut belüfteten Bereichen verwenden.
S ½	Unter Verschluss und für Kinder unzugänglich aufbewahren.
S 29/35	Nicht in die Kanalisation gelangen lassen; Abfälle und Behälter müssen in gesicherter Weise beseitigt werden.
S 36/37/39	Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen.

Tab. 13: R- und S-Sätze (Auszug)

4.1.5.2 H- und P-Sätze

Hazard and Precautionary Statements (H- und P-Sätze sind verschlüsselte Warnhinweise zur Charakterisierung der von gefährlichen Stoffen ausgehenden (chemischen) Gefahren. Sie gehören zum Rechtsbereich des (neuen) GHS und ersetzen die R- und S-Sätze (vgl. Unterabschnitt 4.1.5.1: R- und S-Sätze) nach (alter) GefStoffV.

Die H-Sätze beschreiben in Kurzform die von den chemischen Stoffen und Gemischen ausgehenden Gefahren (englisch „*hazard*“ = „Gefahr“), während die P-Sätze Sicherheitshinweise (englisch „*precaution*“ = „Sicherheitsmaßnahme“) für den Umgang damit geben.

Die Nummerierung der H- und P-Sätze mit jeweils dreistelligen Zahlen erfolgt in einem System mit verschiedenen Gruppen, wobei in den einzelnen Gruppen fortlaufend durchnummeriert wird bzw. bei H-Sätzen noch Untergruppen gebildet werden:

- H200-Reihe: Physikalische Gefahren
- H300-Reihe: Gesundheitsgefahren
- H400-Reihe: Umweltgefahren
- P100-Reihe: Allgemeines
- P200-Reihe: Prävention
- P300-Reihe: Reaktion
- P400-Reihe: Aufbewahrung
- P500-Reihe: Entsorgung

Für jeden Stoff und jedes Gemisch sind die H- und P-Sätze sowie deren Wortlaut in den Anhängen III und IV der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 festgelegt. Eine beispielhafte Auswahl ist der folgenden Tabelle zu entnehmen:

H- bzw. P-Satz	Bedeutung
H 225	Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.
H 360 Df	Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
H 411	Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
P 103	Vor Gebrauch Kennzeichnungsetikett lesen.
P 260	Staub / Rauch / Gas / Nebel / Dampf / Aerosol nicht einatmen.
P 360	Kontaminierte Kleidung und Haut sofort mit viel Wasser abwaschen und danach Kleidung ausziehen.
P 412	Nicht Temperaturen von mehr als 50 °C aussetzen.
P 502	Informationen zur Wiederverwendung / Wiederverwertung beim Hersteller / Lieferanten erfragen.

Tab. 14: H- und P-Sätze (Auszug)

Die EU verwendet zusätzlich sogenannte EUH-Sätze. Dabei handelt es sich um zusätzliche H-Sätze, die im GHS weggefallenen R-Sätzen entsprechen und von der EU eingeführt wurden, um bestehende Standards zu sichern. Die Nummerierung entspricht dabei jeweils der Nummerierung des entsprechenden R-Satzes.

4.2 Warnzeichen

Warnzeichen bilden gemäß DIN 4844-2 eine Untergruppe der Sicherheitszeichen und gehören damit zum Bereich der Unfallverhütung und des Gesundheitsschutzes, besonders am Arbeitsplatz. Im speziellen dienen Warnzeichen zur Kennzeichnung von Hindernissen und Gefahrstellen, an denen eine Gefährdung, z. B. durch CBRN-Gefahren, besteht. Sie sind beispielsweise in Gebäuden, an Arbeitsplätzen, Maschinen und Anlagen zu finden.

Die Grundform ist Dreieckig und die Grundfarbe Gelb (RAL 1003 Signalgelb), während das abgebildete Piktogramm die Gefahr charakterisiert. Für den Bereich gefährliche Stoffe und Güter sind die folgenden Warnzeichen von Bedeutung:

Zeichen	Bedeutung
	<p>Warnung vor radioaktiven Stoffen oder ionisierenden Strahlen</p>
	<p>Warnung vor Laserstrahl</p>

Zeichen	Bedeutung
	<p>Warnung vor gefährlicher optischer Strahlung</p>
	<p>Warnung vor nicht ionisierender elektromagnetischer Strahlung</p>
	<p>Warnung vor Biogefährdung</p>
	<p>Warnung vor Gasflaschen</p>
	<p>Warnung vor explosionsgefährlichen Stoffen</p>

Zeichen	Bedeutung
	<p>Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre</p>
	<p>Warnung vor feuergefährlichen Stoffen</p>
	<p>Warnung vor brandfördernden Stoffen</p>
	<p>Warnung vor giftigen Stoffen</p>
	<p>Warnung vor gesundheitsschädlichen oder reizenden Stoffen</p>

Zeichen	Bedeutung
	Warnung vor ätzenden Stoffen
	Warnung vor Gefahren durch Batterien
	Warnung vor einer Gefahrenstelle

Tab. 15: Warnzeichen

4.3 Gefahrgüter – Transportrecht der Verkehrsträger

Der Transport bzw. die damit zusammenhängende Kennzeichnung von Gefahrgütern ist in verschiedenen internationalen und nationalen Rechtsvorschriften geregelt. Für uns wichtige Regelungen sind:

National

- Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (Gefahrgutbeförderungsgesetz – GGBefG)
- Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt – GGVSEB)
- Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen (Gefahrgutverordnung See – GGVSee)
- Luftverkehrsgesetz (LuftVG)

International

- UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulations
- Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR)²

2 ADR = Accord relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route, deutsch: Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße

- Regelung zur internationalen Beförderung gefährlicher Güter im Schienenverkehr (RID)³
- Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen (ADN)⁴
- International Maritime Code for Dangerous Goods (IMDG) im Seeverkehr
- Dangerous Goods Regulations / Technical Instructions – Packing Instructions (IATA / ICAO–PAX) im Luftverkehr

Die internationalen Rechtsvorschriften und Vereinbarungen finden sich im entsprechenden deutschen Recht wieder.



4.3.1 Gefahrenklassen




Die Gefahrenklassen (exakt englisch „*classes of dangerous goods*“ = „*Klassen gefährlicher Güter*“) dienen der Einteilung von Gefahrgut nach seinen Gefährlichkeitsmerkmalen. Es wird jeweils noch eine weitere Klassifizierung in Unterklassen, Verträglichkeitsgruppen oder Klassifizierungscodes vorgenommen, um die Gefahren möglichst umfangreich zu beschreiben.





-
- 3 RID = Règlement concernant le transport international ferroviaire de marchandises dangereuses, deutsch: Regelung zur internationalen Beförderung gefährlicher Güter im Schienenverkehr
 - 4 ADN = Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieure, deutsch: Europäisches Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf Binnenwasserstraßen

Diese Einteilungen werden von den Vereinten Nationen (United Nations – UN) in den UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulations festgelegt. Sie finden Anwendung in den darauf aufbauenden Gefahrgutvorschriften der verschiedenen Verkehrsträger (siehe oben).

Zur Kennzeichnung des Gefahrguts (z. B. Packstück, LKW, Tank-LKW, Aufsetztank oder Container) wird dieses mit einem Gefahrzettel versehen, auf dem die Gefahrenklasse angegeben und ein charakteristisches Gefahrensymbol abgebildet ist. Damit sind mögliche Gefahren bereits durch Inaugenscheinnahme ablesbar.

(Unter-) Klassen	Bezeichnung	Gefahrenzettel
1	Explosive Stoffe	
1.1	Stoffe und Gegenstände, die massenexplosionsfähig sind (eine Massenexplosion ist eine Explosion, die nahezu die gesamte Ladung praktisch gleichzeitig erfasst)	
1.2	Stoffe und Gegenstände, die die Gefahr der Bildung von Splittern, Spreng- und Wurfstücken aufweisen, aber nicht massenexplosionsfähig sind	

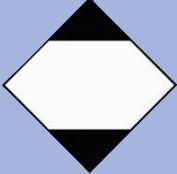
(Unter-) Klassen	Bezeichnung	Gefahrenzettel
1.3	Stoffe und Gegenstände, die eine Feuergefahr besitzen und die entweder eine geringe Gefahr durch Luftdruck oder eine geringe Gefahr durch Splitter-, Spreng- und Wurfstücke oder durch beides aufweisen, aber nicht massenexplosionsfähig sind, bei deren Verbrennung beträchtliche Strahlungswärme entsteht, oder die nacheinander so abbrennen, dass eine geringe Luftdruckwirkung oder Splitter-, Sprengstück-, Wurfstückwirkung oder beide Wirkungen entstehen	
1.4	Stoffe und Gegenstände, mit geringer Explosionsgefahr – Auswirkungen bleiben auf das Versandstück beschränkt	
1.5	Sehr unempfindliche massenexplosionsfähige Stoffe – Als Minimalanforderung gilt, dass sie beim Außenbrandversuch nicht explodieren dürfen	

(Unter-) Klassen	Bezeichnung	Gefahrenzettel
1.6	Extrem unempfindliche nicht massenexplosionsfähige Stoffe – Stoffe bei denen (unter normalen Beförderungsbedingungen) eine vernachlässigbare Wahrscheinlichkeit zu einer unbeabsichtigten Zündung oder Fortpflanzung der Explosion besteht	
2	Gase und gasförmige Stoffe	
2.1	Gase (entzündbar)	
2.2	Gase (nicht entzündbar)	
2.3	Gase (giftig)	

(Unter-) Klassen	Bezeichnung	Gefahrenzettel
3	Entzündbare flüssige Stoffe	
4	Entzündbare feste Stoffe	
4.1	Entzündbare feste Stoffe, selbst-zersetzbare Stoffe und desensibilisierte explosive Stoffe	
4.2	Selbstentzündliche Stoffe	
4.3	Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündliche Gase bilden	

(Unter-) Klassen	Bezeichnung	Gefahrenzettel
5	Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe	
5.1	Entzündend wirkende Stoffe	
5.2	Organische Peroxide	
6	Giftige Stoffe	
6.1	Giftige Stoffe	
6.2	Ansteckungsgefährliche Stoffe	

(Unter-) Klassen	Bezeichnung	Gefahrenzettel
7	Radioaktive Stoffe	
8	Ätzende Stoffe	
9	Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände	
	In erwärmtem Zustand transportierte Materialien	
	Umweltgefährdende Stoffe	

(Unter-) Klassen	Bezeichnung	Gefahrenzettel
	In begrenzten Mengen verpackte gefährliche Güter - Limited Quantities (LQ)	

Tab. 16: Gefahrgutklassen

Von besonderer Bedeutung im Einsatzfall können die an Versandstücken anzubringenden Gefahrzettel Nr. 7A, 7B, 7C und 7E der Klasse 7 – radioaktive Stoffe sein. Auf diesen werden, neben der Gefahrenklasse 7 und dem Gefahrensymbol für Radioaktivität, weitere Daten zur Einschätzung der Gefahr angegeben:

- Inhalt (Name des Radionuklids),
- Aktivität (Angabe in Becquerel – vgl. Unterabschnitt 1.1.1.3: Entstehung ionisierender Strahlung) und
- Transportkennzahl (TKZ – nur bei Gefahrzettel Nr. 7B und 7C)



Abb. 28: Kennzeichnung von Versandstücken Klasse 7

Die Transportkennzahl (TKZ bzw. TI) mit 10 multipliziert ergibt die in 1 m Entfernung von der Oberfläche der intakten Verpackung gemessene (Äquivalent-) Dosisleistung (vgl. Unterabschnitt 1.1.1.3: Entstehung ionisierender Strahlung) in $\mu\text{Sv/h}$. Nach der Transportkennzahl bestimmt sich die zu kennzeichnende Kategorie und die höchste (Äquivalent-) Dosisleistung, die an jedem Punkt der Außenfläche bei intakter Umhüllung bzw. Abschirmung gemessen werden darf:

Transportkennzahl (TKS bzw. TI)	höchste Dosisleistung an jedem Punkt einer Außenfläche	Kategorie
0	nicht größer als 5 $\mu\text{Sv/h}$	I – WEISS
größer als 0, aber nicht größer als 1	größer als 5 $\mu\text{Sv/h}$, aber nicht größer als 500 $\mu\text{Sv/h}$	II – GELB
größer als 1, aber nicht größer als 10	größer als 500 $\mu\text{Sv/h}$, aber nicht größer als 2.000 $\mu\text{Sv/h}$	III – GELB
größer als 10	größer als 2.000 $\mu\text{Sv/h}$, aber nicht größer als 10.000 $\mu\text{Sv/h}$	III – GELB

Tab. 17: Kennzeichnung von Versandstücken Klasse 7

Wenn also beispielsweise ein Versandstück mit dem Gefahrzettel Nr. 7B (II – GELB) gekennzeichnet und dieser mit Transportkennzahl 0,5 beschriftet ist, dann darf die Dosisleistung in 1 m Abstand bis zu 5 $\mu\text{Sv/h}$, an der Oberfläche bis zu 500 $\mu\text{Sv/h}$ betragen. Werden, beispielsweise nach einem Unfall, hier jeweils signifikant höhere Werte gemessen, so ist von einer Beschädigung der Umhüllung bzw. Abschirmung auszugehen.

Transporte mit spaltbaren Stoffen werden mit dem Gefahrzettel Nr. 7E „Spaltbare Stoffe“ gekennzeichnet. Auf diesem wird die Kritikalitätssicherheitskennzahl (CSI) angegeben. Diese ist eine Angabe über die Wahrscheinlichkeit, dass ein kritischer Zustand (Kettenreaktion) entsteht.

4.3.2 Druckgasflaschen

Druckgasflaschen als Versandstücke sind grundsätzlich entsprechend den Gefahrgutbestimmungen der Verkehrsträger zu kennzeichnen. Zudem ist deren Kennzeichnung (neu) in der Europäischen Norm EN 1089 bzw. in Deutschland als DIN EN 1089 (Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen-Kennzeichnung) mit

- Teil 1: Stempelung,
- Teil 2: Gefahrzettel und
- Teil 3: Farbcodierung

geregelt. Stempelung (u.a. wiederkehrende Prüfungen, Druck, usw.) und Gefahrzettel mit näheren Angaben zum Inhalt werden danach auf der Flaschenschulter angegeben:



Abbildung: Linde AG

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 Gefahren- und Sicherheitshinweise 2 Gefahrzettel nach ADR/RID 3 Z.B. Zusammensetzung des Gasgemisches oder Reinheitsangabe des Gases 4 Handelsname des Gaseherstellers | <ul style="list-style-type: none"> 5 EG-Nummer bei Einzelstoffen entfällt bei Gasgemischen. 6 UN-Nummer und Benennung des Stoffes 7 Hinweis des Gaseherstellers 8 Name, Anschrift und Telefonnummer des Herstellers 9 Signalwort |
|---|---|

Abb. 29: Druckgasflaschenkennzeichnung [15]

Auffälligstes Merkmal von Druckgasflaschen ist aber die Farbkennzeichnung von Flasche und Flaschenschulter. Diese dient dazu, bereits aus der Ferne die möglichen Gefahren abschätzen zu können. Da die Flaschen teilweise unter hohen Drücken stehen, muss ein entsprechend großer Sicherheitsbereich eingehalten werden. Es ist somit eine weithin erkennbare Kennzeichnung des Inhalts erforderlich:

Glas	Alte Kennzeichnung	Neue Kennzeichnung	Anschlussgewinde
Acetylen			Bügelverschluss
andere brennbare Gase			Linksgewinde außen
Sauerstoff, technisch			Rechtsgewinde außen
Stickstoff			Rechtsgewinde außen
Druckluft			Rechtsgewinde innen
andere nicht-brennbare Gase			Rechtsgewinde außen

Tab. 18: Druckgasflaschenkennzeichnung (Auswahl)

Vor Inkrafttreten der aktuellen Kennzeichnungsnorm wurden Druckgasflaschen mit teilweise anderen Farben gekennzeichnet. In einer Übergangszeit bis 2006 durften beide Farbsysteme verwendet werden. Um hier Druckgasflaschen mit neuer Farbkennzeichnung eindeutig erkennen zu können, wurden diese zusätzlich mit einem N beschriftet. Dieses kann mittlerweile entfallen, da die alte Farbkennzeichnung nun nicht mehr zulässig ist.



Hinweis

Dennoch besteht die Möglichkeit, bei Einsätzen, z. B. in alten Gebäuden, usw., Druckgasflaschen mit alter Kennzeichnung anzutreffen!

Ein weiteres Kennzeichnungsmerkmal von Druckgasflaschen ist die Art der Ventilanschlüsse. Diese unterscheiden sich gemäß EN ISO 11117 (Gasflaschen – Ventilschutzkappen und Ventilschutzkörbe – Auslegung, Bau und Prüfungen) je nach Gasart (siehe Tabelle 18), um folgenschwere Verwechslungen auszuschließen. Die Verwendung von Adaptern ist daher untersagt.

4.3.3 Warntafel

Warntafeln, rechteckige, orangefarbene Tafeln mit schwarzer Umrandung, dienen der Kennzeichnung von Gefahrgut-Transportfahrzeugen und Tankcontainern. Es sind zwei Varianten möglich:

- leer (neutral) oder
- zwei übereinander angebrachte Zahlencodes in schwarzer Farbe, mit einem schwarzen Strich getrennt.

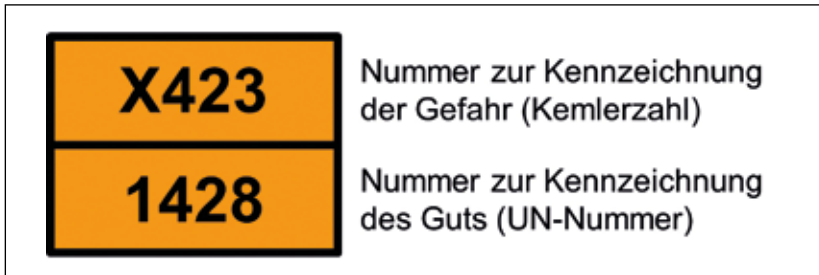


Abb. 30: Warntafel

Die leere (neutrale) Variante kommt dann zur Anwendung, wenn verschiedene Gefahrgüter als Versandstücke, z. B. in unterschiedlichen Kisten, Fässern, Kanistern oder Säcken, usw., gemeinsam transportiert werden. Hier weist die Warntafel lediglich darauf hin, dass Gefahrgüter transportiert werden und die Kennzeichnung auf den jeweiligen Versandstücken zu beachten ist. Die neutrale Warntafel kommt ebenfalls an der Vorderseite und an der Rückseite von Tankfahrzeugen, wenn diese in den einzelnen Tankkammern unterschiedlicher Güter (z. B. Benzin und Diesel, usw.) transportieren, sowie Transporten der Klassen 1 und 7 zum Einsatz.

Werden jedoch Gefahrgüter en bloc oder unverpackt befördert, beispielsweise in Tanks oder in loser Schüttung, werden die Warn tafeln mit zwei übereinander angebrachten Zahlencodes versehen:

4.3.4 Gefahrennummer (Kemlerzahl)

Der obere Zahlencode ist die Gefahrennummer oder sogenannte Kemlerzahl. Diese beschreibt in einer für jedes Gefahrgut festgelegten Ziffernkombination die von ihm ausgehende Gefahr:

Ziffer	Bedeutung
X	Gut reagiert in gefährlicher Weise mit Wasser
Verdoppelung	Zunahme der Gefahr
2	Entweichen von Gas durch Druck oder chemische Reaktion
3	Entzündbarkeit von flüssigen Stoffen und Gasen
4	Entzündbarkeit fester Stoffe
5	oxidierende (brandfördernde) Wirkung
6	Giftigkeit oder Ansteckungsgefahr
7	Radioaktivität
8	Ätzwirkung
9	an 1. Stelle: Umweltgefährdender Stoff; Verschiedene gefährliche Stoffe an 2. Stelle: Gefahr spontaner heftiger Reaktion
0	Ergänzung bei hauptsächlich einer Gefahr

Tab. 19: Bedeutung der Ziffern in Gefahrennummern

Die Gefahrennummer umfasst mindestens zwei, maximal drei Ziffern. Reicht eine Ziffer zur Charakterisierung der Gefahr aus, wird als zweite Ziffer eine Null angehängt. Eine Verdoppelung einer Ziffer bedeutet hingegen die Erhöhung der Gefahr dieser Art. Wird ein X vorangestellt, reagiert das Gut in gefährlicher Weise mit Wasser. Die Kombinationen 22,

323, 333, 362, 382, 423, 44, 446, 462, 482, 539, 606, 623, 642, 823, 842, 90 und 99 haben eine spezielle Bedeutung.

Im Beispiel der Abbildung 29 handelt es sich demnach um einen entzündbaren festen Stoff (4), der mit Wasser gefährlich reagiert (X) und entzündbare Gase bildet (23).

4.3.5 Stoffnummer (UN-Nummer)

Der untere Zahlencode ist die Stoffnummer oder sogenannt UN-Nummer. Diese wird für jedes gefährliche Gut (chemische Verbindungen, Stoffgruppen und sonstige Güter mit Gefährdungspotential) von der UN im Rahmen der Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulations in einer Datenbank festgelegt. Die Stoffnummer ist immer vierstellig und fortlaufend nummeriert. Mit ihr kann jedes Gefahrgut eindeutig identifiziert werden.

Im Beispiel der Abb. 29 handelt es sich demnach um Natrium (UN-Nummer: 1428). Einige weitere Beispiele gibt die folgende Tabelle:

UN-Nummer	Gefährliches Gut
1005	Ammoniak, wasserfrei
1057	Feuerzeuge mit entflammbarem Gas
1202	Dieselmotortreibstoff oder Heizöl
1203	Benzin oder Ottomotortreibstoff

UN-Nummer	Gefährliches Gut
1223	Petroleum beziehungsweise JET-A1 (Kerosin)
1230	Methanol
1428	Natrium
1950	Druckgaspackungen (Sprühdosen) mit entflammaren Aerosolen
1965	Flüssiggas
2074	Acrylamid

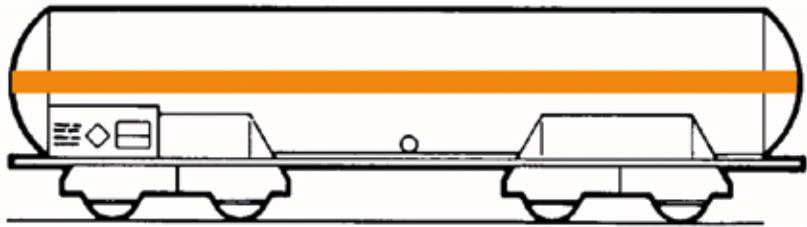
Tab. 20: Beispiele für UN-Nummern

4.3.6 Eisenbahnfahrzeuge

Bei der Kennzeichnung von Eisenbahnfahrzeugen werden, neben den Elementen zur Kennzeichnung von Straßenfahrzeugen, drei zusätzliche Symboliken verwendet.

Kesselwaggons, die unter Druck verflüssigte Gase (z. B. Erdgas, usw.) transportieren, werden mit einer **orangefarbenen Bauchbinde** gekennzeichnet. Da die Gefahren, die von dem großvolumigen Druckbehälter ausgehen, sehr große Sicherheitsabstände von bis 1.000 m erfordern, ist bereits aus der Ferne ein eindeutiges Erkennen der Gefahr erforderlich.

Weiterhin erhalten Waggons, die stoß- und erschütterungsempfindliche Gefahrgüter transportieren, **eine Beschilderung mit einem oder drei Dreiecken mit Ausrufezeichen**, um das Betriebspersonal auf die erforderliche besondere Vorsicht bei Rangiermanövern hinzuweisen.



Unter Druck verflüssigte Gase



Abstoß- und
Ablaufverbot



Vorsichtig
verschieben

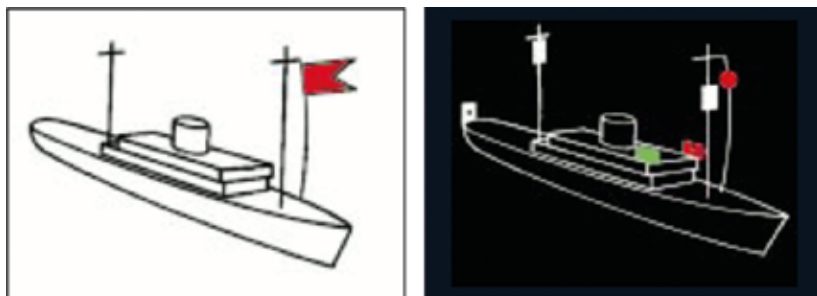
Abb. 31: Zusätzliche Kennzeichnung von Eisenbahnfahrzeugen

4.3.7 Wasserfahrzeuge

Um den Eigenheiten des Verkehrs auf Binnen- und Seewasserwegen gerecht zu werden, definieren die dort geltenden Rechtsvorschriften (z. B. Binnenschiffahrtsstraßenordnung, Seeschiffahrtsstraßenordnung, usw.) zusätzliche Kennzeichnungen für Wasserfahrzeuge mit gefährlichen Gütern.

4.3.8 Seewasserfahrzeuge

Auf Seewasserstraßen werden Fahrzeuge, die bestimmte gefährliche Güter transportieren, sowie nicht entgaste Tanker bei Tage mit einer roten Flagge (Buchstabe B im internationalen Flaggenalphabet) und bei Nacht mit einem roten Rundumlicht gekennzeichnet.

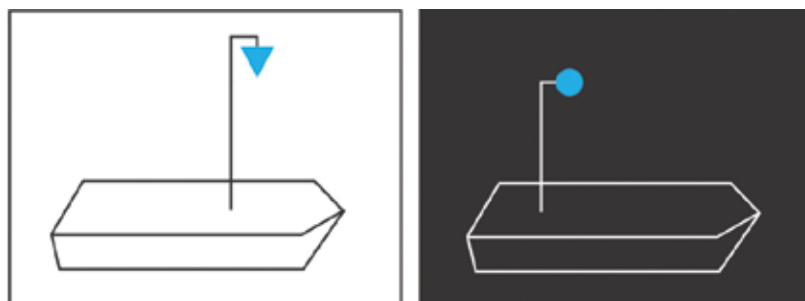


Fahrzeuge, die bestimmte gefährliche Güter befördern, oder nicht entgaste Tanker

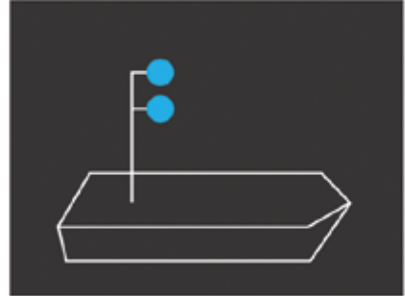
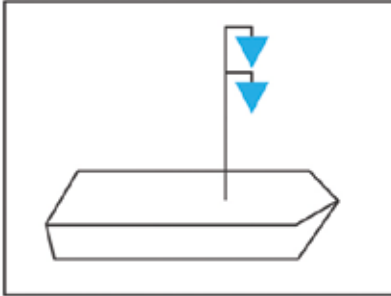
Abb. 32: Kennzeichnung von Seewasserfahrzeugen

4.3.9 Binnenwasserfahrzeuge

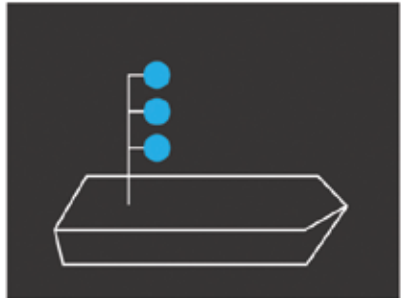
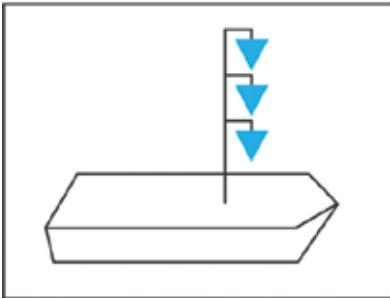
Auf Binnenwasserstraßen werden Fahrzeuge, die gefährliche Güter transportieren, wie folgt gekennzeichnet:



Fahrzeuge in Fahrt, die bestimmte entzündbare Stoffe befördern



**Fahrzeuge in Fahrt, die bestimmte
gesundheitsschädliche Stoffe befördern**



**Fahrzeuge in Fahrt, die bestimmte
explosive Stoffe befördern**

Abb. 33: Kennzeichnung von Binnenwasserfahrzeugen

Ladung	Tagkennzeichnung	Nachtkennzeichnung
bestimmte entzündbare Stoffe	einen blauen Kegel mit der Spitze nach unten	ein blaues Licht
bestimmte gesundheitsschädliche Stoffe	zwei blaue Kegel mit der Spitze nach unten, übereinander	zwei blaue Lichter, übereinander
bestimmte explosive Stoffe	drei blaue Kegel mit der Spitze nach unten, übereinander	drei blaue Lichter, übereinander

Tab. 21: Kennzeichnung von Binnenwasserfahrzeugen

4.3.10 Gefahrendiamant

Der Gefahrendiamant ist eine Kennzeichnung von gefährlichen Gütern, die speziell Einsatzkräfte über die bei einem Unfall entstehenden Gefahren sofort informieren sollen. Es handelt sich um ein von der US-amerikanischen National Fire Protection Association (NFPA) entwickeltes System, das in erster Linie dort angewendet wird.

In Europa bzw. Deutschland ist der Gefahrendiamant vor allem auf Versandstücken aus den Vereinigten Staaten anzutreffen.

Der Gefahrendiamant gibt in vier Feldern Informationen über:

- die Gesundheitsgefahr,
- die Brandgefahr,

- die Reaktionsgefahr und
- besondere Anweisungen.



Abb. 34: Gefahrendiamant

Gesundheitsgefahr

Symbol	Bedeutung	Beispiel
0	Ohne besondere Gefahr.	Erdnussöl
1	Geringe Gefahren. Atemschutzgerät wird empfohlen.	Terpentin

Symbol	Bedeutung	Beispiel
2	Gefährlich! Aufenthalt nur mit Atemgerät und einfacher Schutzbekleidung.	Ammoniakgas
3	Sehr Gefährlich! Aufenthalt im Gefahrenbereich nur mit voller Schutzbekleidung und Atemgerät.	Chlorgas
4	Äußerst gefährlich! Jeden Kontakt mit Dämpfen oder Flüssigkeiten ohne speziellen Schutz vermeiden.	Blausäure

Tab. 22: Symbole Gesundheitsgefahr

Brandgefahr

Symbol	Bedeutung	Beispiel
0	Keine Entzündungsgefahr unter üblichen Bedingungen.	Wasser
1	Entzündungsgefahr nur bei Überhitzung.	Rapsöl
2	Entzündungsgefahr bei Erwärmung.	Dieselmotoren
3	Entzündungsgefahr bei normalen Temperaturen.	Benzin
4	Extrem leicht entzündlich bei allen Temperaturen.	Propan

Tab. 23: Symbole Brandgefahr

Reaktionsgefahr

Symbol	Bedeutung	Beispiel
0	Unter normalen Bedingungen keine Gefahr.	flüssiger Stickstoff
1	Wird bei Erhitzung instabil. Schutzmaßnahmen erforderlich.	Phosphor
2	Heftige chemische Reaktion möglich. Verstärkte Schutzmaßnahmen. Löschangriff nur aus sicherem Abstand.	Calcium
3	Explosionsgefahr bei Hitzeeinwirkung oder starker Erschütterung durch Schlag. Sicherheitszone bilden. Löschangriffe nur aus sicherer Deckung.	Fluor
4	Große Explosionsgefahr! Sicherheitszone bilden. Bei Brand gefährdetes Gebiet sofort räumen.	Trinitrotoluol (TNT)

Tab. 24: Symbole Reaktionsgefahr

Besondere Anweisungen

Symbol	Bedeutung	Beispiel
(leer)	Wasser als Löschmittel zulässig.	
W	Kein Wasser zum Löschen verwenden.	Magnesium
OX	Das Material wirkt oxidierend.	Ammoniumnitrat
ACID	Das Material ist eine Säure.	
ALK	Das Material ist eine Alkalie.	
COR	Das Material wirkt ätzend.	
BIO	Das Material ist biologisch gefährlich (ansteckend).	
	Bei Freiwerden des Stoffes Gefahr der radioaktiven Strahlung.	

Tab. 25: Symbole besondere Anweisungen

4.3.11 Transportpapiere

Bei Transporten von gefährlichen Gütern müssen einige schriftliche Unterlagen zwingend mitgeführt werden. Sie sollen die am Transport beteiligten Personen sowie Einsatzkräfte und Kontrollorgane über die mitgeführten Gefahrgüter, Gefahren und Verhaltensmaßnahmen informieren.

Grundsätzlich werden die Transportpapiere beim Fahrer vorgehalten.

Die Transportpapiere sind auch im THW bei Gefahrguttransporten, z.B. für die auf dem Gerätekraftwagen I (GKW I) / Mehrzweckkraftwagen (MzKW) mitgeführten Gefahrgüter, wie z.B. Atemluftflaschen, Kraftstoffe für motorgetriebene Geräte, usw., mitzuführen.

4.3.12 Beförderungspapier

Transporten von Gefahrgütern müssen sogenannte Beförderungspapiere beiliegen. Aus diesen müssen folgende Informationen hervorgehen:

- offizielle Benennung des Stoffes,
- technischer Name,
- UN-Nummer,
- Kemlerzahl,
- Gefahrenklasse / Gefahrzettel,
- Haupt- und Nebengefahr,
- Verpackungsgruppe,
- Anzahl der Versandstücke,
- Gesamtmenge,
- Name und Anschrift des Absenders sowie
- Name und Anschrift des Empfängers.

Die Beförderungspapiere sind auch im THW bei Gefahrguttransporten, z. B. für die auf dem GKW I / MzKW mitgeführten Gefahrgüter (z. B. Atemluftflaschen, Kraftstoffe für motorgetriebene Geräte, usw.) korrekt ausgefüllt mitzuführen. Für den GKW I / MzKW liegt, aufgrund der in der Stärke- und Ausstattungsnachweisung (StAN) festgelegten Beladung,

das Beförderungspapier grundsätzlich dauerhaft ausgefüllt vor. Daher ist hier bei zusätzlicher Zuladung von Gefahrgütern (z. B. zusätzliche Motorsäge mit Kraftstoffkanister, usw.) unbedingt ein neues Beförderungspapier auszufüllen. Entsprechende Vordrucke sind im Extranet zu finden.

4.3.13 schriftliche Weisungen

Weiterhin sind stets die sogenannten schriftlichen Weisungen mitzuführen. Diese informieren den Fahrer in seiner Landessprache ganz allgemein über den korrekten Umgang mit Gefahrgütern und das korrekte Vorgehen bei einer Havarie oder einem Unfall. Sie sind in einer standardisierten Form (vier Seiten) im ADR festgeschrieben.

Die schriftlichen Weisungen in der aktuellen Form ersetzen die alten Unfallmerkblätter, die speziell für die transportierten Stoffe oder Stoffgruppen verfasst wurden.

5. Grundregeln des Schutzverhaltens

5.1 Besondere Gefahren der Einsatzstelle

Von den allgemeinen Gefahren der Einsatzstelle, die uns im Gefahrenmerkschema als

- Atemgifte,
- Ausbreitung,
- Angstreaktion,
- Atomare Strahlung,
- Absturz,
- Brand,
- Chemikalien,
- Durchbrüche,
- Einsturz,
- Explosion,
- Erkrankung,
- Elektrizität und
- Ertrinken

(5A B C D 5E) begegnen, können

- atomare Strahlung (vgl. Kapitel 1: RN-Gefahrstoffe),
- Chemikalien (vgl. Kapitel 3: C-Gefahrstoffe) und
- Erkrankung (vgl. Kapitel 2: B-Gefahrstoffe)

als besondere Gefahren der Einsatzstelle bezeichnet werden. Die Beherrschung dieser gefährlichen Stoffe und Güter im Einsatzfall erfordert besondere Fachkenntnisse, die allen Helferinnen und Helfern vermittelt werden müssen.

5.2 THW-DV / FwDV 500

Basisvorschrift für den Einsatz bei CBRN-Gefahren ist die Feuerwehr-Dienstvorschrift (FwDV) 500 „Einheiten im ABC-Einsatz“ [16] bzw. die analoge THW-Dienstvorschrift (THW-DV) 500 „Einsatz bei CBRN-Lagen“ [17] – im folgenden kurz DV 500. Allen Einsatzkräften müssen ihre wesentlichen Inhalte bekannt sein.

Die Helferinnen und Helfer sollen befähigt werden, Stoffe, von denen bei Herstellung, Verwendung, Lagerung und Transport besondere Gefahren (CBRN) ausgehen können, zu erkennen und den Gefahren mit geeigneten Maßnahmen entgegenzuwirken. Hierzu werden in der DV 500 taktische Regeln für den Einsatz bei diesen Gefahren festgelegt.



Hinweis

Als oberster Grundsatz gilt hier, dass der Arbeits- und Gesundheitsschutz der Einsatzkräfte vorrangig vor dem Einsatzerfolg ist!

Grundsätzlich bilden in diesem Zusammenhang die Einsatzkräfte einen Personenkreis, der nur aufgrund eines Schadenereignisses im Einzelfall einer vorher nicht bekannten Anzahl, Art und Menge an Gefahrstoffen ausgesetzt sein kann. Diese Feststellung ist insofern wichtig, als dass danach Einsatzkräfte nicht als Personen in Berufsausübung gelten und so die für diese geltenden strengeren rechtlichen Vorgaben nicht zur Anwendung gebracht werden.

Schließlich ist zu beachten, dass die DV 500 für Aus- / Fortbildungen, Übungen und Einsätze gilt.

5.3 persönliches Einsatzverhalten

Ein Faktor, der sich aus der DV 500 ergibt, ist das persönliche Einsatzverhalten. Obwohl bereits in anderen Lernabschnitten beschrieben, soll an dieser Stelle besonders auf das persönliche Einsatzverhalten in CBRN-Lagen eingegangen werden. Dies lässt sich in die Stufen

- Einsatzvorbereitung,
- Verhalten im Einsatz und
- Einsatznachbereitung

einteilen.

5.3.1 Einsatzvorbereitung

In der Einsatzvorbereitung hat die Helferin / der Helfer zunächst durch eine aktuell gültige arbeitsmedizinische Untersuchung G 26.1 (alternativ: Musterung nicht älter als sechs Monate) nachzuweisen, dass sie / er die minimal notwendigen gesundheitlichen Anforderungen an den Einsatzdienst erfüllt. Dies ist bei CBRN-Gefahren umso wichtiger, als dass hier eine robuste Gesundheit und ausreichende körperliche Fitness dem Körper eine gewisse Widerstandskraft gegen die Folgen der Einwirkung von CBRN-Gefahrstoffen (z.B. infektiöses Material) gibt. Weiterhin ist je nach Art des Atemschutzgeräts eine gültige Eignungsuntersuchung Voraussetzung für das Tragen.

Zu diesem Faktor der gesundheitlichen Widerstandskraft gegen Infektionen tragen auch die für alle Einsatzkräfte notwendigen vorsorglichen Schutzimpfungen gemäß Dienstvorschrift (DV) Impfschutz [18] bei. Für

den Grundschutz sind demnach die folgenden Schutzimpfungen mindestens erforderlich:

- Tetanus,
- Diphtherie,
- Hepatitis A und
- Hepatitis B.

Wesentliche Voraussetzung für die Teilnahme an Einsätzen mit CBRN-Gefahren ist aber die vorhandene Einsatzbefähigung. Schließlich darf ein Einsatz nur dann erfolgen, wenn die in den einschlägigen rechtlichen Vorschriften (z. B. ArbSchG, StrSchV, GefStoffV, BioStoffV, usw.) vorgegebenen regelmäßigen Unterweisungen erfolgt sind und diese dokumentiert wurden. Dies ist nicht Selbstzweck zur Erfüllung der Vorgaben, sondern dient der Wiederauffrischung und Festigung des einmal erworbenen Wissens.

Darüber hinaus gelten für Atemschutzgeräteträgerinnen / Atemschutzgeräteträger und CBRN-Fachhelferinnen / CBRN-Fachhelfer weitere Vorgabe für die persönliche Einsatzvorbereitung. Hierzu sei auf den entsprechenden Unterabschnitt der DV 500 verwiesen.

5.3.2 Verhalten im Einsatz

Auch bei Einsätzen mit CBRN-Gefahren gelten die allgemeinen Verhaltensgrundlagen für Einsätze. Neben den dort genannten Regeln aus dem Bereich Führung und Kommunikation gilt in einer solchen Gefahrenlage für alle Helferinnen und Helfer der wichtige Grundsatz, dass ausschließlich truppweise (d.h. min. zwei Einsatzkräfte) vorgegangen werden darf. Dadurch soll gewährleistet werden, dass bei einem unvorhergesehenen

Ereignis, z. B. ungeschützter Kontamination, Beschädigung der persönlichen Schutzausrüstung, gesundheitliche Probleme oder sonstige Verunfallung, unmittelbar eine Einsatzkraft für lebensrettende Sofortmaßnahmen und Anforderung weiterer Hilfe bereitsteht. Die Truppmitglieder sind namentlich zu erfassen, ebenso ihre Einsatzzeit, Einsatzaufgabe und besondere Vorkommnisse.

Grundsätzlich sollten Helferinnen und Helfer selber sowie die Führungskräfte unmittelbar vor Einsätzen mit möglichen CBRN-Gefahren auf offene Wunden und ähnliche Verletzungen achten. Diese können gefährliche Einfallpforten für Gefahrstoffe sein (Inkorporation), sodass Einsatzkräfte mit solchen Verletzungen nicht im Gefahrenbereich eingesetzt werden dürfen.

Eine besondere Bedeutung kommt bei CBRN-Gefahrenlagen der Hygiene (= „*Lehre von der Verhütung der Krankheiten und der Erhaltung, Förderung und Festigung der Gesundheit*“) zu, die oft auch als Teil der Dekontamination (vgl. Kapitel 7: Möglichkeiten der Dekontamination) angesehen wird. Sie dient hier nicht nur der Verhütung von Infektionskrankheiten durch B-Gefahrstoffe im engeren Sinne, sondern auch der Verhütung der Aufnahme und Verschleppung von RN- und C-Gefahrstoffen. In diesem Zusammenhang wichtige Regeln der Hygiene sind:

- Im Gefahrenbereich nicht rauchen, essen und trinken, um eine Inkorporation von Gefahrstoffen über diesen Weg zu verhindern.
- Dekontamination, Waschen, Toilettengang, Ruhen usw. ausschließlich in angeordneten Bereichen des Absperrbereiches.
- Kontaminierte Einsatzbekleidung zum Essen, Trinken, Rauchen, Toilettengang ablegen und mindestens Hände waschen. Auch diese Maßnahme soll Inkorporation und Kontaminationsverschleppung verhindern.

Schließlich haben alle Helferinnen und Helfer darauf zu achten, dass sie im Einsatz keine persönlichen Gegenstände (Ausnahme: notwendige Seh- / Hörhilfen) mitführen. Bei einer Kontamination mit CBRN-Gefahrstoffen wird unter Umständen auch die reguläre Einsatzbekleidung, ggf. mit der darunter getragenen private (Leib-) Wäsche, nebst allen darin befindlichen Gegenständen abzulegen sein (vgl. Kapitel 7: Möglichkeiten der Dekontamination). Dies alles gilt als kontaminiert und muss zwingend dekontaminiert werden. Gegenstände können nun bei der Dekontamination beschädigt oder zerstört werden bzw. müssen, wenn sie nicht zu dekontaminieren sind, entsorgt werden. Für derartige Schäden oder Zerstörungen an nicht notwendiger Weise mitgeführten persönlichen Gegenständen tritt der Dienstherr nicht ein.

5.3.3 Einsatznachbereitung

In der Einsatznachbereitung gelten ebenfalls die im Unterabschnitt 5.3.2: Verhalten im Einsatz beschriebenen Maßnahmen der Hygiene und der Dekontamination. Darüber hinaus sollte auch in der Unterkunft eine Trennung in kontaminierten (Schwarz-) und reinen (Weiß-) Bereich vorgenommen werden (vgl. Unterabschnitt 5.4.2: Absperren), um saubere (Privat-) Bekleidung nicht mit der Einsatzbekleidung anhaftenden Gefahrstoffen zu kontaminieren. Aus diesem Grunde sollte auch kontaminierte Einsatzbekleidung nicht mit nach Hause genommen und dort gereinigt werden. Sie ist stattdessen sicher zu verpacken und einer fachgerechten Reinigung zuzuführen.

Obligatorisch ist in diesem Zusammenhang natürlich das Ablegen der Einsatzbekleidung in der Unterkunft. Danach sollte auf eine gründliche Körperreinigung, wenn möglich schon in der Unterkunft, geachtet werden.

Hinsichtlich der weiteren physischen und psychischen Nachbereitung ist zwischen der Nachsorge bei besonderen Vorkommnissen, wie z.B. Inkorporation, besondere Einwirkung, usw. von CBRN-Gefahrstoffen, und der allgemeinen Nachsorge zu unterscheiden. Allgemein sollte auf, auf den Einsatz zurückzuführende, Verletzungen, Erkrankungen und Unwohlsein geachtet und diese den Vorgesetzten gemeldet werden. Ggf. ist unverzüglich ärztliche Versorgung aufzusuchen. Das gleiche gilt für psychische Belastungen. Angebote zur psycho-sozialen Nachsorge sollten unabhängig davon angenommen werden.

Bei besonderen Vorkommnissen im Einsatz, wie z.B. Inkorporation, besondere Einwirkung, usw. von CBRN-Gefahrstoffen, hat dagegen eine spezielle ärztliche Nachsorge und Überwachung zu erfolgen. Anlass, Art und Umfang ist in den jeweiligen einschlägigen rechtlichen Vorschriften (z.B. ArbSchG, StrSchV, GefStoffV, BioStoffV, usw.) festgelegt. So hat beispielsweise gemäß Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) eine ärztliche Überwachung durch regelmäßige Untersuchung zu erfolgen, wenn bei einem Einsatz eine effektive Dosis von mehr als 15 mSv aufgenommen wurde. Wurde eine effektive Dosis von mehr als 50 mSv aufgenommen oder hat eine Inkorporation radioaktiven Materials stattgefunden, ist die betreffende Person nebst allen vorhandenen Unterlagen unverzüglich einer ermächtigten Ärztin / einem ermächtigten Arzt vorzustellen, wobei alle ärztlichen Maßnahmen zwangsweise geduldet werden müssen.

5.4 GAMS-Regel

Wie ist nun bei einem Einsatz mit CBRN-Gefahrstoffen vorzugehen? Für nicht spezialisierte Einsatzkräfte, die in der Regel als erste am Einsatzort damit konfrontiert werden, hat sich das Vorgehen gemäß der GAMS-Regel

- Gefahren erkennen,
- Absperren,
- Menschenrettung und
- Spezialkräfte anfordern

bewährt. Durch diesen einfachen Ablauf wird auch dieser Personenkreis in die Lage versetzt, die grundlegenden Maßnahmen zur Eindämmung und Bewältigung der Lage zu ergreifen. Gerade diese tragen in der Anfangsphase eines Einsatzes wesentlich dazu bei, dass später eintreffende Spezialkräfte schnell und erfolgreich arbeiten können. Die Erfahrung hat gezeigt, dass zu Einsatzbeginn begangene Fehler, beispielsweise in der Einsatzstellenorganisation (Absperrung), sich später nur noch sehr schwer oder gar nicht mehr korrigieren lassen.

5.4.1 Gefahren erkennen

Die wichtigste Grundlage eines jeden Einsatzes, auch mit CBRN-Gefahrstoffen, ist das sichere Erkennen der vorliegenden Gefahren. Jede Einsatzkraft sollte sich daher stets aufmerksam und vorsichtig bewegen und mit möglichen Gefahren rechnen. Einige Hinweise für mögliche CBRN-Gefahren können sein:

- Dampf, Nebel, Rauch (ggf. farbig),
- ortsfremder Geruch, Gestank ... nicht zwingend unangenehm,
- Häufungen von Erkrankungen bei Mensch und / oder Tier,
- Reizwirkung an Auge und Haut,
- ungewöhnliche Gegenstände,
- untypische Veränderung der Tier- und Pflanzenwelt sowie
- zerstörte Behälter.

Daneben ist auf Kennzeichnungen an Behältern, Fahrzeugen, usw. zu achten (vgl. Kapitel 4: Kennzeichnung von Gefahrstoffen und -gütern) und sich diese möglichst genau einzuprägen:

- Kennzeichnungen und Behälterspezifika
- Warntafel, Gefahrzettel, Gefahrensymbol
- UN-Nummer
- Behälterform, Behälterfarben bei Druckgasbehältern
- Spezifika von Transportverpackungen / freigesetzten Stoffen
- Transportpapiere (Frachtbrief, schriftliche Weisungen)

Weitere Informationen über mögliche CBRN-Gefahrstoffe können sich durch Befragungen von Beschäftigten, Fahrern, fachkundige Personen, usw. ergeben.

Schließlich muss nicht nur auf das reine Vorhandensein von CBRN-Gefahrstoffen geachtet werden, sondern auch auf deren Ausbreitung (z. B. Austritt, usw.).

Sind CBRN-Gefahren erkannt worden, muss dies unverzüglich der / dem nächsten Vorgesetzten gemeldet werden. Andere unmittelbar betroffenen Einsatzkräfte sowie Dritte sind ggf. zu warnen. Im Folgenden bege-

ben sich alle so schnell wie möglich aus dem Gefahrenbereich (vgl. Unterabschnitt 5.4.2: Absperren) und halten sich ausschließlich auf der dem Wind zugewandten Seite auf.



Hinweis

Weitere Maßnahmen dürfen ausschließlich nach Anweisung der verantwortlichen Führungskraft ergriffen werden – auf keinen Fall eigenmächtig handeln (vgl. Unterabschnitt 5.4.3: Menschenrettung)!

5.4.2 Absperren

Die nächste wichtige Maßnahme, die nicht spezialisierte Einsatzkräfte durchführen können und müssen, ist die Organisation der Einsatzstelle, in erster Linie das Absperren. Durch das Absperren sollen Bereiche, in denen besondere Gefahren vorliegen und die nur von Einsatzkräften in persönlicher Sonderausrüstung betreten werden dürfen, sowie Aufstellbereiche ohne besondere Gefahren gekennzeichnet und vor dem Betreten unbefugter gesichert werden.

Bei der Festlegung der jeweiligen Bereichsgrenzen ist die Ausbreitungen der Gefahrstoffe nach den meteorologischen (z.B. Wind, Temperatur, usw.) und topographischen (z.B. Gefälle, usw.) Verhältnissen zu berücksichtigen.

Gemäß DV 500 ergibt sich eine Zweiteilung der Einsatzstelle in

- Gefahrenbereich und
- Absperrbereich.

Darüber hinaus ist gemäß Richtlinie vfdb 10/04 [19] auch eine dreiteilige Einsatzstellenorganisation in

- rote Zone,
- gelbe Zone und
- grüne Zone

möglich, wobei rote und gelbe Zone dem Gefahrenbereich und die grüne Zone dem Absperrbereich zugehören.

5.4.2.1 Gefahrenbereich

Unmittelbar um ein Schadensobjekt liegt ein Bereich, in dem durch (möglicherweise) austretende gefährliche Stoffe und Güter (Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe, Nebel) besondere Gefahren bestehen. Dies ist die sogenannte Wirkzone.

Da bei ausgetretenen Stoffen immer die Gefahr der weiteren Ausbreitung besteht und z.B. Gase und Dämpfe leicht über die Wirkzone hinaus eine Gefährdung darstellen, wird um die Wirkzone herum die sogenannte Sicherheitszone, quasi als Puffer, gezogen.

Wirkzone und Sicherheitszone bilden zusammen den Gefahrenbereich. Er darf ausschließlich von Einsatzkräften in persönlicher Sonderausrüstung betreten werden und wird durch Kräfte von Feuerwehr / THW festgelegt, markiert und gesichert.

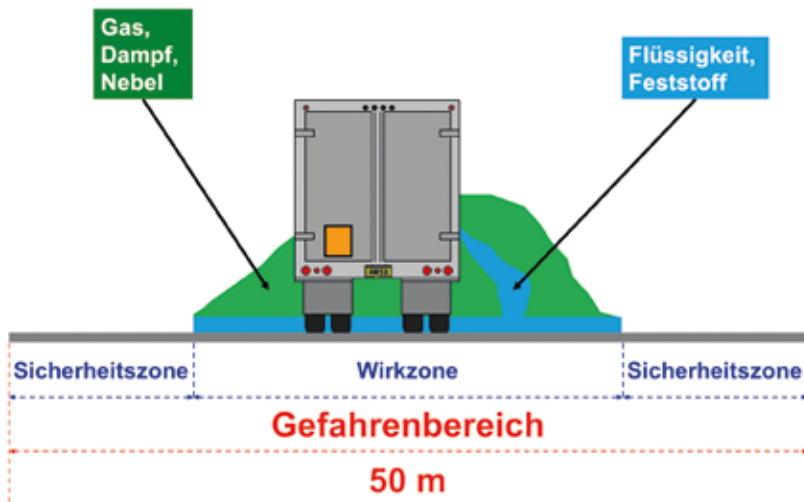


Abb. 35: Gefahrenbereich [6]

Bei der Festlegung des Gefahrenbereiches gelten folgende Absperrradien, ausgehend vom Schadensobjekt:

Ergebnis	Absperrradius
Standard	50 m
Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff der Unterklassen 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6	500 m
Gasförmige Stoffe in Flüssiggastankwagen, Druckgaskesselwagen und Industrietanks	300 m

Ergebnis	Absperrradius
Entzündbare flüssige Stoffe in Tankwagen, Kesselwaggons und Industrietanks	50 m
RN-Gefahrstoffe	Dosisleistung kleiner oder gleich 25 $\mu\text{Sv/h}$

Tab. 26: Absperrradien Gefahrenbereich [17]

5.4.2.2 Absperrbereich

Unmittelbar um den Gefahrenbereich erstreckt sich der Absperrbereich. Er dient als Aufstell-, Bewegungs- und Bereitstellungsfläche für Einsatzkräfte. Durch die Absperrung sollen diese die notwendige Handlungs- und Bewegungsfreiheit erhalten. Dazu gehört auch, dass der Absperrbereich ausschließlich durch die unbedingt erforderlichen Einsatz- und Unterstützungskräfte betreten werden darf.

Das Markieren und Sichern des Absperrbereiches wird in der Regel durch die Polizei vorgenommen werden.

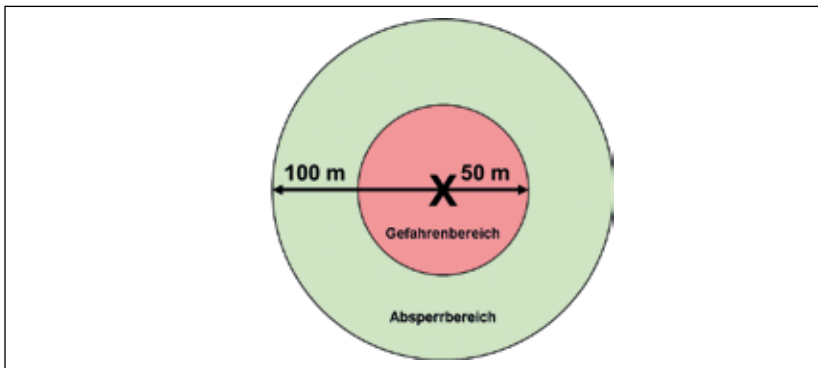


Abb. 36: Absperrbereich [17]

Bei der Markierung und Sicherung des Absperrbereiches gelten folgende Radien, ausgehend vom Schadensobjekt:

Ergebnis	Absperrradius
Standard	100 m
Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff der Unterklassen 1.1, 1.2, 1.3, 1.5, 1.6	1.000 m
Gasförmige Stoffe in Flüssiggastankwagen, Druckgaskesselwagen und Industrietanks	1.000 m
Entzündbare flüssige Stoffe in Tankwagen, Kesselwaggons und Industrietanks	300 m
RN-Gefahrstoffe	50 m um Dosisleistungsgrenze

Tab. 27: Absperrradien Absperrbereich [17]

5.4.3 Menschenrettung

Zur Menschenrettung muss unter Umständen eine erhöhte Eigengefährdung der Einsatzkräfte in Kauf genommen werden. Ausschließlich nach Entscheidung der Einsatzleiterin / des Einsatzleiters können Einsatzkräfte zunächst ohne vollständige Sonderausrüstung vorgehen. Sie sind jedoch mindestens mit Umluft unabhängigen Atemschutzgeräten (Isoliergeräten) auszurüsten.

Bei der dafür unbedingt notwendigen Risikoabwägung nach einer Gefahrenbeurteilung trägt die Einsatzleiterin / der Einsatzleiter hier eine besondere Verantwortung.

Bei der Ausbreitung luftgetragener Gefahrstoffe im Freien entscheidet die Einsatzleiterin / der Einsatzleiter je nach Gefahrenlage, betroffene Personen unter gewissen Schutzvorkehrungen im Gefahrenbereich zu lassen oder diesen zu räumen. Bei der Entscheidung ist zu berücksichtigen:

Ergebnis	Maßnahme	Begründung
Gefahrstoff im Freien	Personen im Gebäude belassen	Gefährdung außerhalb größer als im Gebäude
Gefahrstoff im Gebäude	Personen aus Gebäude herausführen	Gefährdung im Gebäude größer als außerhalb

Tab. 28: Menschenrettung nach Freisetzung luftgetragener Gefahrstoffe [17]

5.4.4 Spezialkräfte anfordern

Zur Bewältigung einer CBRN-Gefahrenlage werden unbedingt spezialisierte Facheinheiten benötigt, die für derartige Einsatzlagen ausgebildet und ausgestattet sind. Da diese nur in begrenzter Anzahl aufgestellt sind und teilweise sehr große Ausrückbereiche haben, ist die rechtzeitige Alarmierung der Spezialkräfte von großer Wichtigkeit. Sie sind bereits

beim ersten Erkennen von CBRN-Gefahren durch die Einsatzleitung anzufordern.

Für einen Einsatz mit besonderen Gefahren kommen unter anderem folgende Einheiten der verschiedenen Behörden und Organisationen infrage:

- Facheinheiten der Feuerwehr (Fw)
 - ABC-Zug
 - Gefahrgutgruppe / -zug
 - Umweltschutzgruppe / -zug
 - Löschzug Gefahrgut (LZ-G)
 - Feuerwehrbereitschaft Umweltschutz
 - Dekon-Einheit
 - Werkfeuerwehr
- Transport-Unfall-Informationen- und Hilfeleistungs-System (TUIS)
- Analytische Task Force (ATF) des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)
- Zentrale Unterstützungsgruppe des Bundes (ZUB)
- Technisches Einsatzdienst schwer (TEDs) der Bundespolizei (BPol)
- ABC-Abwehrtruppe der Bundeswehr (Bw)
- CBRN-Facheinheiten des THW (z. B. FGr Öl)

Bereits auf deren Anmarsch ist mit den Spezialeinheiten Verbindung aufzunehmen, um Einzelheiten des Einsatzes frühzeitig klären zu können.

Darüber hinaus sollten frühzeitig auch CBRN-Fachberater (z. B. über TUIS, usw.) oder Fachpersonal der betroffenen Einrichtungen zur fachlichen Beratung der Einsatzleitung hinzugezogen werden. Gleiches gilt auch für Vertreter der jeweils zuständigen Verwaltungsbehörden:

- Straßenbaulastträger,
- Umweltbehörde,
- Gesundheitsbehörde,
- Veterinärbehörde,
- Untere Wasserbehörde oder
- Gewerbeaufsichtsamt.

An diese wird nach Abschluss der Gefahrenabwehrmaßnahmen die Einsatzstelle zuständigkeitshalber übergeben.

5.5 3-A-Regel

Eine zweite Grundregel, die alle Einsatzkräfte kennen müssen, ist die sogenannte 3-A-Regel für den RN-Einsatz. Sie ist die Grundregel des Strahlenschutzes und besagt, dass zur Minimierung der individuellen Strahlenbelastung (Minimierungsgebot, auch „ALARA = „as low as reasonably achievable“) mindestens folgende Maßnahmen durchzuführen sind:

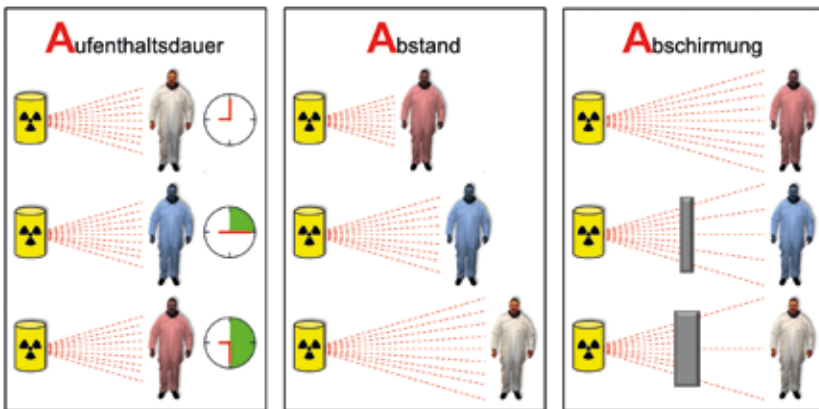


Abb. 37: 3-A-Regel [5]

- *Aufenthaltsdauer* im Strahlungsfeld auf das absolut notwendige Maß beschränken.
- *Abstand* zur Strahlenquelle so groß wie möglich halten.
- *Abschirmung* der Strahlenquelle so groß wie möglich einrichten.

Darüber hinaus sind bei Einsätzen mit RN-Gefahrstoffen bzw. Quellen ionisierender Strahlung folgende Dosisrichtwerte einzuhalten:

Einsatzanlass	Dosisrichtwert
Einsätze zum Schutz von Sachwerten	15 mSv je Einsatz
Einsätze zur Abwehr von Gefahren für Menschen und zur Verhinderung einer wesentlichen Schadenausweitung	100 mSv je Einsatz und Kalenderjahr
Einsätze zur Rettung von Menschenleben	250 mSv je Einsatz und Leben

Tab. 29: Dosisrichtwerte beim RN-Einsatz [17]

Bei der Aus- und Fortbildung darf hingegen die Körperdosis von 1 mSv pro Jahr nicht überschritten werden.

6. Persönliche Schutzausstattung

Zur Bekämpfung von Schadenfällen in Verbindung mit CBRN-Gefahrstoffen und deren Beseitigung benötigen Einsatzkräfte neben ihrer allgemeinen Schutzausstattung zusätzliche Ausstattung. Diese Ausstattung gliedert sich in

- ergänzende persönliche Schutzausstattung (PSA) und
- ergänzende Geräteausstattung.

Dabei bestimmen sich Art, Umfang und Standort der zusätzlichen Ausstattung nach Aufgabenstellung und zu erwartenden Einsätzen.



Hinweis

- **Für wesentliche Teile der zusätzlichen Ausstattung gibt es Prüf- und Zulassungsrichtlinien. Die Gebrauchsanleitung des Herstellers ist zu beachten.**
- **Die Ausstattungsgegenstände dürfen nur von den dafür ausgebildeten Einsatzkräften eingesetzt werden.**

Im Folgenden soll ausschließlich auf die persönliche Schutzausstattung eingegangen werden.

6.1 Persönliche Schutzausstattung

Die persönliche Schutzausstattung (PSA) ist von jeder Einsatzkraft zu tragen, die den Gefahrenbereich betritt. Sie dient dem Schutz der Person vor Inkorporation und Kontamination.



Abb. 38: Pestdoktor [20]

Wie Abbildung 6 1 zeigt, ist das Tragen persönlicher Schutzausstattung keine Erfindung der letzten Jahre. Bereits vor Jahrhunderten haben die sogenannten Pestdoktoren versucht, sich durch das Tragen eines langen, gewachsenen Mantels und einer mit Augenfenstern versehenen Schnabelmaske, die verschiedene Kräuter enthielt, vor der Pest zu schützen. Obwohl die Schutzwirkung, aufgrund der fehlenden Kenntnisse über die wahren Erreger und Übertragungswege der Pest, sehr begrenzt war, haben die Pestdoktoren doch bereits die beiden Elemente der persönlichen Schutzausstattung

- Atemschutz und
- Körperschutz

zum Schutz von Inkorporation und Kontamination eingesetzt.

6.1.1 Atemschutz

Für den sicheren Einsatz bei CBRN-Lagen sind geeignete Atemschutzgeräte notwendig. Diese sollen die Einsatzkräfte vor Inkorporation von Gefahrstoffen über die Atemwege schützen.

In Abhängigkeit von der Lage können

- Filtergeräte,
- Isoliergeräte oder
- Regenerationsgeräte

zum Einsatz kommen. Dabei ist zu beachten, dass unbedingt die in den Dienstvorschriften 7 „Atemschutz“ [21] und 500 „Einsatz bei CBRN-Lagen“ [17] genannt Einsatzgrundsätze zu berücksichtigen sind.

6.1.1.1 Filtergeräte

Filtergeräte wirken durch Reinigung der externen Einatemluft. Daher ist ein minimaler Luftsauerstoffgehalt von 17 Vol-% erforderlich. Zudem müssen Art und Konzentration der vorliegenden CBRN-Gefahrstoffe genau bekannt sein. Man spricht hier insgesamt von umluftabhängigem Atemschutz.

Feste Partikel und Flüssigkeitströpfchen werden durch einen Schwebstofffilter aufgefangen, während Gase und Dämpfe an einer speziellen Schicht (z.B. Aktivkohle, usw.) adsorbiert (festgehalten) werden. Die beiden Typen können sowohl getrennt als auch in einem Filter kombiniert sein.

Die Einsatzzeit wird durch das Aufnahmevermögen des Filters bei der vorliegenden Schadstoffkonzentration und das Atemvolumen pro Zeiteinheit der Einsatzkraft begrenzt (i.d.R. mehrere Stunden).

Filtergeräte können zum Anschluss an eine Halb- oder Vollmaske (Atemanschluss) vorgesehen oder direkt in eine Maske integriert sein (z. B. FFP2 / FFP3).

6.1.1.2 Isoliergeräte

Isoliergeräte wirken durch Zufuhr der Einatemluft aus einem Luftversorgungssystem (Behälter, z.B. Atemluftflaschen, usw.). Sie isolieren die Atmung der Person komplett von der Umgebung. Daher wird kein externer Luftsauerstoff benötigt. Art und Konzentration der vorliegenden CBRN-Gefahrstoffe müssen nicht bekannt sein. Man spricht hier insgesamt von umluftunabhängigem Atemschutz.

Die Einsatzzeit wird durch die im Behälter mitgeführte Atemluftmenge und das Atemvolumen pro Zeiteinheit der Einsatzkraft auf einen kurzen Zeitraum (ca. 30 Minuten) begrenzt.

Isoliergeräte sind zum Anschluss an eine Halb- oder Vollmaske (Atemanschluss) vorgesehen.

6.1.1.3 Regenerationsgeräte

Regenerationsgeräte wirken durch Entfernung des Kohlenstoffdioxids aus der eigenen Ausatemluft, deren Anreicherung mit Sauerstoff aus einem Versorgungssystem (z. B. Sauerstoffflaschen, usw.) und Wiederzuführung als Einatemluft. Sie isolieren die Atmung der Person komplett von der Umgebung und gehören so ebenfalls zu den Isoliergeräten. Daher wird kein externer Luftsauerstoff benötigt. Art und Konzentration der vorliegenden CBRN-Gefahrstoffe müssen nicht bekannt sein. Man spricht hier insgesamt von umluftunabhängigem Atemschutz.

Die Einsatzzeit wird durch die Bindekapazität für Kohlenstoffdioxid, die im Behälter mitgeführte Sauerstoffmenge und das Atemvolumen pro Zeiteinheit der Einsatzkraft auf einen gewissen Zeitraum (bis zu vier Stunden) begrenzt.

Regenerationsgeräte sind zum Anschluss an eine Halb- oder Vollmaske (Atemanschluss) vorgesehen.

6.1.2 Körperschutz

Für den sicheren Einsatz bei CBRN-Lagen ist eine geeignete Körperschutzausrüstung erforderlich. Kann im Verlauf eines Einsatzes nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass es zum direkten Kontakt mit CBRN-Gefahrstoffen kommt, ist eine der Lage angemessene Schutzkleidung zu tragen. Diese soll die Einsatzkräfte vor Kontamination und Inkorporation von Gefahrstoffen über die Haut schützen. Körperschutzausrüstung kann beispielsweise sein:

- stoffbeständige Schutzhandschuhe,
- Stiefel,
- Schürzen,
- Gesichtsschutz,
- Infektionsschutzanzug,
- Chemikalienschutzanzug (CSA), leicht,
- Chemikalienschutzanzug (CSA), gasdicht,
- Kontaminationsschutzkleidung,
- Kälteschutz,
- Wärmeschutz oder
- sonstige Schutzausrüstung für besondere Einsätze.

Da die Körperschutzkleidung beim Verlassen des Gefahrenbereichs abgelegt werden muss, ist Ersatzkleidung in ausreichender Anzahl bereitzuhalten.

Zusätzlich zu der bei jeder Form des Körperschutzes zu tragenden stoffbeständigen oder Kontaminationsschutzkleidung sollten abhängig von der vorgesehenen Tätigkeit als Schutz vor mechanischen / thermischen Beschädigungen entsprechende Schutzausstattung (z.B. Schutzhandschuhe, Leder, Stulpe; Knieschoner; Schweißer-Schutzkleidung, Leder; Schnittschutzkleidung; usw.) getragen werden. Hierzu sind diese in Übergröße vorzuhalten.

Erfordert es die vorgesehene Tätigkeit, dass persönliche Schutzausstattung gegen Absturz (PSAgA) in Kombination mit Körper- und Atemschutz getragen werden muss, so ist beim Anlegen auf möglichst engen Sitz der Körperschutzausstattung zu achten. Grundsätzlich ist bei Verwendung dieser Kombination die Option „Halten“ zur Anwendung zu

bringen, um einen Absturz zu vermeiden. Es ist zu beachten, dass Lederstiefel vor allem gegen aggressive Chemikalien und Lösemittel (oder auch Schaummittel) nicht ausreichend beständig sind. In diesen Fällen sind Vollgummi- oder Gesamtpolymerschuhe oder auch beständige Fußlinge zu tragen.

Bei tiefkalten Stoffen, z.B. flüssigem Stickstoff oder Ammoniak, sind geeignete Maßnahmen gegen Erfrierungen zu treffen.



Hinweis

- Grundsätzlich ist bei der Verwendung von Schutzkleidung auf die Beständigkeitsliste des Herstellers und den von ihm angegebenen Verwendungszweck zu achten.

Der Körperschutz wird nach den Formen 1 bis 3 unterschieden.

6.1.2.1 Körperschutz Form 1

Die Form 1 schützt ausschließlich gegen eine Kontamination mit festen Stoffen und stellt einen eingeschränkten Spritzschutz dar. Sie ist weder flüssigkeits- noch gasdicht.

Die Form 1 besteht aus der Einsatzbekleidung und einer Schutzhaube zur Abdeckung freier Stellen im Hals- / Kopf-Bereich. Eine Kontaminationsschutzhaube oder Flammenschutzhaube ist hier besonders geeignet.



Abb. 39: Körperschutz Form 1 [17]

6.1.2.2 Körperschutz Form 2

Die Form 2 schützt ausschließlich gegen eine Kontamination mit festen und begrenzt auch mit flüssigen Stoffen, Aerosolen sowie gasförmigen Stoffen. Sie stellt einen erweiterten Kontaminationsschutz dar, ist aber nur eingeschränkt gasdicht. Sie ist für alle Einsatzsituationen zulässig, in denen nicht zusätzliche Gefahren das Tragen der Form 3 notwendig machen. Es bestehen für den Träger weiterhin Gefahren der Kontamination und Inkorporation bei gefährlichen Gasen und Dämpfen.



Abb. 40: Körperschutz Form 2 [17]

Die Form 2 besteht aus einem leichten Einwegschutzanzug, der über der Einsatzbekleidung getragen wird, bzw. einem Schutzanzug mit einer semipermeablen Membran. Der Anzug soll an den Übergängen (Atemschutzmaske, Schutzbrille, Handschuhe und Stiefel) abgedichtet werden, z.B. mit Klebeband.

6.1.2.3 Körperschutz Form 3

Die Form 3 schützt gegen eine Kontamination mit festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen. Sie ist einzusetzen, wenn Gefahren durch CBRN-Gefahrstoffe einen umfassenden Schutz erforderlich machen.

Chemikalienschutzanzüge, gasdicht werden nach DIN EN 943-2 unterteilt in:

- Typ 1a-ET:

gasdichter Chemikalienschutzanzug für die Verwendung durch Notfallteams mit einer im Chemikalienschutzanzug getragenen Atemluftversorgung, z.B. einem Behältergerät mit Druckluft (Pressluftatmer).

- Typ 1b-ET:

gasdichter Chemikalienschutzanzug für die Verwendung durch Notfallteams mit außerhalb des Chemikalienschutzanzuges getragenen Atemluftversorgung, z.B. einem Behältergerät mit Druckluft (Pressluftatmer).



Abb. 41:
Körperschutz
Form 3 [17]

Chemikalienschutzanzüge, gasdicht sind in der Regel nur unzureichend gegen hohe Temperaturen (Brände, Heißdampf) oder tiefe Temperaturen (verflüssigte Gase) beständig. Anzüge können brechen, schmelzen oder an Beständigkeit verlieren. Wegen der Temperaturempfindlichkeit der CSA hat die Einsatzleiterin / der Einsatzleiter über den Einsatz der Form 3 in solchen Fällen gesondert zu entscheiden.

6.2 Persönliche Schutzausstattung im THW

Grundsätzlich finden alle hier beschriebenen Arten und Formen persönlicher Schutzausstattung auch im THW Anwendung.

Da allerdings für die jeweilige PSA eine gesonderte Ausbildung und ggf. eine arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung erforderlich ist, deren Anforderung mit der Form steigt, wird der Schutz vor CBRN-Gefahren im THW in einem abgestuften System realisiert:

Stufe	Atemschutz	Körperschutz
Alle Helferinnen und Helfer	Bei Bedarf filtrierende Halbmaske (z. B. FFP2)	Form 1, bei Bedarf Form 2 (z. B. Infektionsschutzanzug)
Atemschutzgeräte-träger	Vollmaske mit Filter oder Isoliergerät	Form 1 oder 2
Facheinheiten bzw. Vorhaltung pro RSt.	Vollmaske mit Isoliergerät	Form 3

Tab. 30: Persönliche Schutzausstattung im THW [22]

6.2.1 Anwendung

Hinsichtlich der Anwendung und Handhabung der persönlichen Schutzausstattung sei an dieser Stelle auf die entsprechenden Instruktionsblätter verwiesen. Generell ist folgendes zu beachten:

6.2.2 Anlegen

Das Anlegen der persönlichen Schutzausstattung erfolgt stets außerhalb des Gefahrenbereiches. Die HelferIn / der Helfer wird dabei grundsätzlich durch eine zweite HelferIn / einen zweiten Helfer unterstützt.

Insbesondere ist auf die Unversehrtheit und den korrekten Sitz der verwendeten Schutzausrüstung sowie die sorgfältige Fixierung / Abdichtung deren Abschlüsse / Übergänge zu achten.

6.2.3 Ablegen

Das Ablegen von Schutzanzügen erfolgt stets auf dem Dekon-Platz und grundsätzlich durch ein bis zwei weitere HelferInnen / Helfer.

Insbesondere ist auf strikte Trennung von Schwarz- und Weiß-Bereich sowie die Vermeidung von Kontaminationsverschleppung zu achten. Dabei berührt die kontaminierte Hand ausschließlich die Außenseite, die nicht-kontaminierte Hand ausschließlich die Innenseite des Schutzanzuges.

7. Möglichkeiten der Dekontamination

Wenn eine Kontamination von Oberflächen mit Gefahrstoffen eingetreten ist (vgl. Unterabschnitt 1.2.4: Kontamination), muss diese reduziert oder entfernt werden. Dies wird als Dekontamination (Dekon) bezeichnet.

Die Dekontamination durch die Einsatzkräfte ist die Grobreinigung von Einsatzkräften einschließlich ihrer Schutzkleidung, von anderen Personen sowie von Geräten. Die eigentliche Dekontamination obliegt den Fachbehörden. Unter deren Verantwortung können Einsatzkräfte in Amtshilfe bei der Dekontamination unterstützend tätig werden.

Bei der Dekontamination unterscheiden wir

- die Dekontamination von Personen (Dekon P) und
- die Dekontamination von Geräten (Dekon G).

Die im Folgenden genannten Grundsätze gelten analog sowohl für Dekon P als auch für Dekon G.

7.1 Grundsätze

Zunächst sind folgende Grundsätze zu beachten:

- Das THW betreibt ausschließlich eine Notdekontamination für eigene Einsatzkräfte und eigenes Gerät.
- Kein Dekontaminationspersonal ohne Selbstschutz.
- Dekon P geht vor Dekon G.
- Lebensrettende Sofortmaßnahmen haben Vorrang vor jeder Dekontamination.
- Kontaminationsverschleppung ist zu vermeiden.

7.1.1 Dekontaminationsplatz (Dekon-Platz)

Die Dekontamination erfolgt auf dem sogenannten Dekontaminationsplatz (Dekon-Platz). Ein Dekon-Platz ist bei jedem CBRN-Einsatz einzurichten und abzugrenzen.

Seine Lage wird durch die / den für die Dekontamination zuständige Einheitsführerin / zuständigen Einheitsführer in Absprache mit der Einsatzleitung festgelegt. Er sollte an der windzugewandten Seite außerhalb des Gefahrenbereichs liegen. Außerdem ist auf die gute Erreichbarkeit und auf die Ver- und Entsorgungsmöglichkeiten (Strom, Wasser, Abwasser) zu achten.

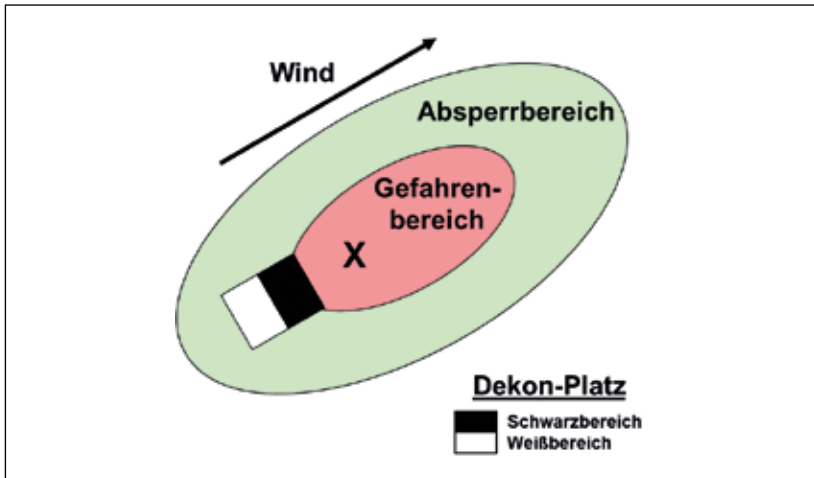


Abb. 42: Lage Dekon-Platz [17]

Der Dekon-Platz ist in einen „Schwarzbereich“ (unreine Seite) und einen „Weißbereich“ (reine Seite) zu unterteilen. Grenzen, Zugangswege und Trennlinien sind deutlich zu markieren. Am Dekon-Platz werden die aus dem Einsatz im Gefahrenbereich kommenden Einsatzkräfte wieder erfasst (Eingangsregistrierung erfolgt vor Betreten des Schwarzbereiches), sie und ihr Gerät auf Kontamination überprüft, je nach Lage grob dekontaminiert und die kontaminierte Schutzkleidung abgelegt. Erst dann dürfen sie den Schwarzbereich verlassen.

Der Dekon-Platz muss grundsätzlich spätestens 15 Minuten nach dem ersten Anlegen von CBRN-Schutzausstattung (z. B. Anschluss des Pressluftatmers) betriebsbereit sein!

Zur Menschenrettung kann die Einsatzleiterin / der Einsatzleiter Ausnahmen zulassen.

Ist eine spezielle Dekon-Einheit vorhanden, so ist diese zu alarmieren, sobald ein Einsatz unter CBRN-Schutzausstattung abzusehen ist.

7.1.2 Durchführung

Die Dekontamination erfolgt durch

- Entfernen oder
- Vernichten

der Kontamination. Immer ist im Anschluss die Kontaminationsfreiheit durch geeignete Messmethoden zu überprüfen [19].

7.1.2.1 Entfernen

Beim Entfernen der Kontamination wird diese durch Abwaschen, Abdampfen, Absaugen, Abkehren, Abtupfen

oder ähnliche Maßnahmen physikalisch von der Oberfläche entfernt. Washwasser werden oft Stoffe wie Tenside, Waschmittel, Seifen, o.ä. zugesetzt, um die Wirksamkeit zu erhöhen. Als Alternative bieten sich auch spezielle Dekon-Schäume an.

Bei einer Kontamination mit RN-Gefahrstoffen ist das Entfernen die einzige Möglichkeit, gegen die Kontamination vorzugehen.

7.1.2.2 Vernichten

Beim Vernichten der Kontamination wird diese durch Desinfektionsmittel (bei B-Gefahrstoffen) oder durch Oxidationsmittel (bei C-Gefahrstoffen) chemisch unwirksam gemacht. Allerdings sind diese Desinfektions- und Oxidationsmittel selber auch chemische Gefahrstoffe, sodass hier besondere Vorsicht und deren Entfernen erforderlich ist.

7.2 Stufenkonzept

Bei der Personendekontamination sind Umfang und Durchführung der Dekontaminationsmaßnahmen stark von der Art der Kontamination (CBRN-Gefahrstoffe), der Art der betroffenen Personen (z.B. Einsatzkräfte in persönlicher Schutzausstattung, Zivilbevölkerung, Verletzte, usw.) und deren Anzahl abhängig. Dazu wird hier das folgende Stufenkonzept angewendet:

Dekon-Stufe I	Dekon-Stufe II	Dekon-Stufe III
Not-Dekontamination	Standart-Dekon	erweiterte Dekon
Sofort ab dem Einsatz des ersten Trupps im Gefahrenbereich sicherzustellen! Notwendig z.B. bei Beschädigung der Schutzausrüstung, bei Kontamination der Haut, bei Atemluftmangel oder bei Verletzungen, die sofort behandelt werden müssen.	Ist bei jedem CBRN-Einsatz unter persönlicher Schutzausstattung (z.B. CSA, Kontaminationsschutzanzug) sicherzustellen.	Ist anzuwenden bei Dekon-Maßnahmen für eine größere Anzahl von Personen und / oder starker oder schwer löslicher Verschmutzung.

Dekon-Stufe I	Dekon-Stufe II	Dekon-Stufe III
<p>Notmaßnahme zur Rettung von Menschenleben bzw. zur Verhinderung von schweren Gesundheitsschäden, Grundlage der Verletzten-Dekontamination (Dekon V).</p>	<p>Standardvorgehen bei jedem CBRN-Einsatz; Sachgerechte Grobreinigung und Auskleiden ohne Kontaminationsverschleppung und ohne Gefährdung des Dekon-Personals.</p>	<p>Erweiterung der Dekon-Stufe II, z. B. durch kontinuierliche Bereitstellung von warmem Wasser, Verwendung besonderer Dekon-Mittel, Duschmöglichkeiten, Bereitstellung beheizter Aufenthaltsbereiche (Zelte), sachgerechte Sammlung und Entsorgung auch größerer Abwassermengen, Gewährleistung eines lange andauernden Betriebs, i.d. R. überörtliche Einsatzplanung erforderlich.</p>

Tab. 31: Dekon-Stufen [17]

Durch das THW wird nur die Notdekontamination (Stufe I) durchgeführt. Die Dekontamination der Stufen II und III obliegt den zuständigen Stellen / Einheiten (z.B. Feuerwehr, Bundespolizei, usw.).

7.2.1 Notdekontamination

Alle Einsatzkräfte müssen stets in der Lage sein, andere Einsatzkräfte in Notsituationen unverzüglich behelfsmäßig zu dekontaminieren. Dies kann z.B. bei Beschädigung der Schutzausrüstung, bei Kontamination der Haut, bei Atemluftmangel oder bei Verletzungen, die sofort behandelt werden müssen, notwendig werden. Da CBRN-Gefahrstoffe immer und überall auftreten können, können auch Einsatzkräfte ohne persönliche Schutzausstattung plötzlich mit gefährlichen Stoffen und -gütern konfrontiert und kontaminiert werden, sodass dann wiederum eine Notdekontamination notwendig werden kann.

Zur Notdekontamination werden benötigt:

- Behälter für Wasser, Dekonmittel, Abwasser
(z. B. Wannen, Regentonnen, Plastikbehälter, Eimer, ...)
- Geräte zur Wasserförderung und -ausbringung
(z. B. Tauchpumpe, Standrohr, Schläuche mit Zubehör, Schnellangriff, Kübelspritze, Gießkannen, ...)
- Material zum Auslegen auf dem Boden
(z. B. Plastikfolien, Gummimatten, Stahlplatten, ...)
- Material zur Aufbewahrung von Gegenständen
(z. B. Plastikkörbe, Kisten, Kunststoffboxen, ...)
- Behälter für Abfälle
(z. B. Müllsäcke, Plastiktüten, Abfallbehälter, ...)
- Ersatzbekleidung
(z. B. Schutzanzüge, Nässeschutz, Gummistiefel, ...)
- Kleinmaterial
(z. B. Befestigungsmaterial, Schilder, Trassierband, Marken, Schreibmaterial, ...)

- Sonstiges Material

(z. B. Leitereile, Leuchten, Tenside, Waschmittel, Seifen, ...)

Diese Materialien und Gerätschaften sind bereits in der Ausstattung einer Bergungsgruppe zu finden und können leicht zweckentsprechend kombiniert werden, z. B. als Leiterbecken (vgl. Instruktionsblatt).

Für die Durchführung der Notdekontamination kommt es darauf an, die CBRN-Gefahrstoffe schnell und gründlich von den Oberflächen zu entfernen, das ablaufende kontaminierte Wasser aufzufangen und die mit den Maßnahmen betrauten Helferinnen und Helfer nicht zu gefährden. Welches Vorgehen im jeweiligen Einzelfall praktikabel ist, muss durch die Einsatz- und Führungskräfte entschieden werden. Hier ist ein gewisses Improvisationsvermögen gefragt.

Im Zweifelsfall sollte die vollständige Entkleidung der betroffenen Person durchgeführt werden.

7.2.2 Standard-Dekon und erweiterte Dekon

Die Dekon-Stufen II (Standard-Dekon) und III (erweiterte Dekon) werden durch die in Unterabschnitt 5.4.4 genannten Spezialkräfte der CBRN-Gefahrenabwehr anderer Behörden und Organisationen geleistet. Diese sind dazu mit entsprechender Sonderausrüstung, wie z. B. Duschzelte, Warmwassererzeuger, Heizgeräte, Ausbringmöglichkeiten für Dekontaminationsmittel, Fahrzeuge, Abrollbehälter, usw., ausgestattet.

Da bei jedem CBRN-Einsatz unter persönlicher Schutzausstattung (z.B. CSA, usw.) mindestens eine Dekontamination nach Stufe II erforderlich ist, müssen solche Spezialkräfte immer vom THW hinzugezogen werden.

Anhang A Bildverzeichnis

THW

Abb. 1, Abb. 2, Abb. 3, Abb. 4, Abb. 5, Abb. 6, Abb. 7, Abb. 9, Abb. 10, Abb. 11,
Abb. 12, Abb. 13, Abb. 15, Abb. 16, Abb. 17, Abb. 20, Abb. 23, Abb. 25, Abb. 26,
Abb. 28, Abb. 30, Abb.31, Abb. 32, Abb. 33, Abb. 34

UVB

Tab. 12, Tab. 15, Tab. 16

Anhang B Literaturverzeichnis

- [1] diverse, „Naturreaktor Oklo - Wikipedia,“ 4. April 2012. [Online]. Available: http://de.wikipedia.org/wiki/Naturreaktor_Oklo. [Zugriff am 1. September 2012].
- [2] D.wondrousch und Mattlaabs, „Periodensystem - Wikipedia,“ 1. Juni 2012. [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/Periodensystem>. [Zugriff am 1. September 2012].
- [3] diverse, „Nuklidkarte - Wikipedia,“ 17. August 2012. [Online]. Available: http://de.wikipedia.org/wiki/Karlsruher_Nuklidkarte. [Zugriff am 1. September 2012].
- [4] S. Kroll, Lernunterlage Bereichsausbildung Sprechfunk analog, Melle: Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, 2009.
- [5] H. G. Scheibel, Grund- und Spezialkurse im Strahlenschutz in Forschung und Technik - Naturwissenschaftlich-Technische Aspekte im Strahlenschutz, Rüsselsheim: Hochschule RheinMain - Fachbereich Ingenieurwissenschaften, 2010.
- [6] W. Bretschneider, Lehrgang Spez 12 - Spezialeinheit Bergung ABC/Modul BB, Sonthofen / Neuhausen: Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, 2010.
- [7] Bundesamt für Strahlenschutz, „ODL Deutschland,“ [Online]. Available: <http://odlinfo.bfs.de>. [Zugriff am 13 Juli 2011].
- [8] diverse, „Kategorie:Nuklearwaffe - Wikipedia,“ 26. Juli 2012. [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kategorie:Nuklearwaffe>. [Zugriff am 1. September 2012].
- [9] H. Cypionka, Grundlagen der Mikrobiologie, Heidelberg: Springer, 2005.

- [10] M. T. Madigan und J. M. Martinko, Brock Mikrobiologie, München: Pearson Studium, 2006.
- [11] LadyofHats und Yikrazuul, „Bakterien - Wikipedia,“ 3. Januar 2010. [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/Bakterien>. [Zugriff am 1. September 2012].
- [12] Bundeswehr, Folien Sanitätsdienst aller Truppen, 1981.
- [13] diverse, „Gaskrieg während des Ersten Weltkrieges - Wikipedia,“ 29. Juli 2012. [Online]. Available: http://de.wikipedia.org/wiki/Gaskrieg_w%C3%A4hrend_des_Ersten_Weltkrieges. [Zugriff am 1. September 2012].
- [14] Ausschuss für Gefahrstoffe, Technische Regel für Gefahrstoffe 510 - Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern, Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Ausgabe: Dezember 2020 - GMBI 2021 S. 178-216 [Nr. 9-10] (vom 16.02.2021).
- [15] Linde AG, Informationen zur Euro-Norm DIN EN 1089-3. Farbzeichnung von Gasflaschen in Deutschland, 2010.
- [16] Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung, Feuerwehr-Dienstvorschrift 500 - Einheiten im ABC-Einsatz, Lübeck, 2012.
- [17] Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, THW-Dienstvorschrift 500 - Einsatz bei CBRN-Lagen, Bonn, 2012.
- [18] Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, Dienstanweisung Impfschutz im THW, Bonn, 2010.
- [19] Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V., Richtlinie 10/04 - Dekontamination bei Einsätzen mit ABC-Gefahren, Köln: VdS Schadenverhütung Verlag, 2006.
- [20] P. Fürst, „Doktor Schnabel von Rom,“ 1656. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Plague_doctor. [Zugriff am 1. September 2012].

- [21] Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, THW-Dienstvorschrift 7 - Atemschutz im THW, Bonn, 2008.
- [22] Bundesanstalt Technisches Hilfswerk, Konzept zum Einsatz des THW bei CBRN-Lagen, Bremen, 2012.

Anhang C Autorenverzeichnis

Sebastian Kroll

Dipl.-Chem.

THW-Landesverband Bremen, Niedersachsen; Sachgebiet Ölschaden-
bekämpfung / ABC-Schutz

Anhang D Änderungsdiens

Seite/Kapitel	Änderung, alter Text, Bild, Tabelle	Version
S. 91 / Kap. 4.1.4	Nach Änderung der Zusammenlegungstabelle für Gefahrstoffe in der TRGS 510 wurde die Abbildung aktualisiert.	1.1
S. 97 / Kapitel 4.2	Warnzeichen	1.1
S. 97 / Tab. 15 Warnzeichen	Aktualisierung der Warnzeichen - Symbole W029 Warnung vor Gasflaschen W021 Warnung vor feuergefährlichen Stoffen W028 Warnung vor brandfördernden Stoffen W023 Warnung vor ätzenden Stoffen	1.1
/ Aktualisierung der Warnzeichen - Bedeutung	W001 Allgemeines Warnzeichen	1.1
S. 119 / Kapitel 4.3.6	Abb. 31 zusätzliche Kennzeichnung von Eisenbahnfahrzeugen Graphik wurde korrigiert	1.1
S. 149 / Kapitel 6.1 und 6.2	Begriffsänderung von persönliche Sonderausrüstung zu persönlicher Schutzausstattung	1.1

Anhang E Notizen

