



Veranstaltung: F-III/IV-GABC-WeFü

Ausbildungseinheit: Stoffdaten / Gefährdungseinschätzung

Thema:

Ausgabe: 04.05.2022

Zuständig: Abteilung 3

Bearbeitet von: Martin Reitz

Literaturhinweis: Strahlenschutz, Döbbling, Miska,
Die Roten Hefte 20
Der Strahlenunfall, SSK
Radioaktivität und Strahlenschutz, Volkmer
FwDV 500
vfdb-Richtlinie 10/02
Chemie für Ahnungslose, Standhartinger
Chemie, Grothe
Handbuch der gefährlichen Güter, Hommel
Chemie, Habermaier, Die Roten Hefte 59

Inhalt

1	Stoffdaten Atomare Stoffe.....	4
1.1	Definition: Radioaktivität.....	4
1.2	Ionisierende Strahlung	4
1.3	Strahlenarten.....	4
1.3.1	α -Strahlung	5
1.3.2	β -Strahlung.....	5
1.3.3	γ -Strahlung.....	6
1.4	Eigenschaften der Strahlenarten.....	7
1.5	Größen und Maßeinheiten im Strahlenschutz.....	7
1.5.1	Aktivität	7
1.5.2	Halbwertszeit.....	7
1.5.3	Äquivalentdosis und Äquivalentdosisleistung.....	8
1.5.4	Personendosimetrie	9
1.5.5	Gefährlichkeit Aktivität Dosisleistung	10
1.5.6	Transportkategorie	11
1.5.7	Transportkennzahl	13
1.6	Freigrenze.....	13
2	Stoffdaten Biologische Stoffe.....	14
2.1	Definition: Biologische Arbeitsstoffe	14
2.2	Gefahren und Wirkung	14
2.3	Infektionskrankheiten	15
2.4	Risikogruppen der Weltgesundheitsorganisation	15
2.5	Einteilung in Feuerwehrgefahrengruppen	17
2.6	Übertragungswege.....	17
2.7	Inkubationszeit	18
3	Stoffdaten Chemische Stoffe.....	19
3.1	Definition: Gefährliche Stoffe und Güter.....	19
3.2	Aggregatzustände	19
3.3	Änderung der Aggregatzustände	21
3.4	Kennzahlen zu den Aggregatzustandsänderungen.....	21
3.4.1	Schmelzpunkt.....	21
3.4.2	Siedepunkt	22
3.5	Relative Dichte zu Luft	22
3.6	Ausbreitung von Gasen und Dämpfen	23
3.7	Feuerbekämpfungsdaten	24
3.7.1	Flammpunkt	24

3.7.2 Zündtemperatur.....25

3.7.3 Zündfähiges Gemisch (Explosionsbereich)26

3.8 Säuren und Laugen.....27

3.8.1 Der pH-Wert.....27

3.8.2 Eigenschaften von Säuren und Laugen28

3.8.3 Messgrößen28

3.8.4 Beurteilungswerte - Einsatztoleranzwert (ETW).....29

3.8.5 Gefahrendiamant29

3.8.6 Wassergefährdungsklassen31

4 Weitere Stoffdaten 32

4.1 Atomare Stoffe32

4.1.1 Spezifische Aktivität32

4.1.2 Strahlenenergie.....32

4.2 Biologische Stoffe32

4.2.1 Einwirkdauer und Konzentration von Desinfektionsmitteln.....32

4.2.2 Kritische Stofftemperatur.....33

4.2.3 Überlebensfähigkeit33

4.2.4 Vorbeugung/Behandlung33

4.3 Chemische Stoffe.....33

4.3.1 Dampfdruck.....33

4.3.2 Kritische Temperatur.....33

4.3.3 Luftgrenzwerte34

4.3.4 Mischbarkeit mit Wasser35

4.3.5 Molare Masse.....35

4.3.6 Spezifisches Gewicht.....35

5 Anhang: Kurzdefinitionen von stoffspezifischen Werten 36

6 Literaturverzeichnis 39

7 Abbildungsverzeichnis..... 40

8 Tabellenverzeichnis 40

1 Stoffdaten Atomare Stoffe

1.1 Definition: Radioaktivität

Radioaktivität ist eine Eigenschaft von Materie.

Unter Radioaktivität versteht man den spontanen Zerfall von Atomkernen. Die Radioaktivität ist von einer Kernumwandlung begleitet.

Radioaktive Elemente werden durch ihre Halbwertszeit (HWZ) charakterisiert. Ionisierende Strahlung ist die Folge der Radioaktivität.

1.2 Ionisierende Strahlung

Ionisierende Strahlung vermag die Bindungen in Atomen und Molekülen zu zerstören und dabei Ionen zu bilden.

Charakteristische Eigenschaften ionisierender Strahlen:

Ionisierende Strahlen

- durchdringen Materie
- schwärzen photographische Platten und Filme
- steigern die Leitfähigkeit der Luft (Ionisation)
- können bei längerer Exposition schwere Hautverbrennungen verursachen
- regen bestimmte Stoffe zur Lumineszenz an

1.3 Strahlenarten

Aufgrund von Ablenkungsversuchen der ionisierenden Strahlung in elektrischen und magnetischen Feldern wurde bereits 1903 von Ernest Rutherford festgestellt, dass es drei unterschiedliche Strahlungsarten gibt.

Die drei Arten von Strahlung hat man mit eigenen Namen versehen und nach den Anfangsbuchstaben des griechischen Alphabets benannt:

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

1.3.1 α -Strahlung

α -Strahlung ist eine Folge der Radioaktivität. Bestimmte Atomkerne stoßen so genannte „ α -Teilchen“ ab. Diese Teilchen bestehen wie der Kern eines Heliumatoms aus zwei Protonen und zwei Neutronen. Deshalb kann man α -Teilchen auch als abgestoßene Heliumkerne bezeichnen.

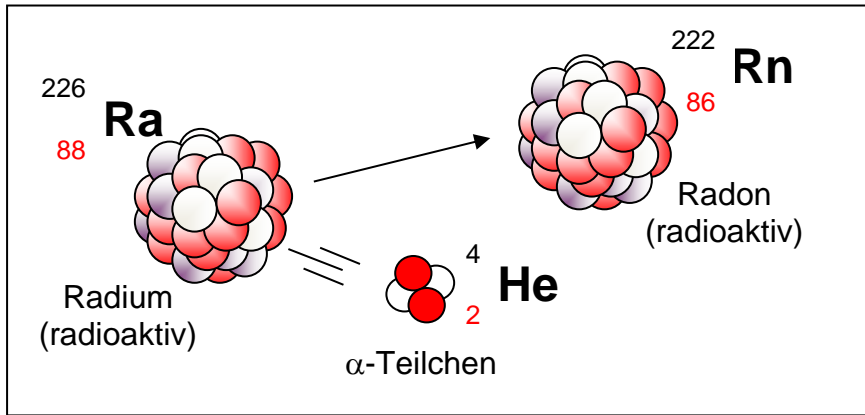


Abb. 1: Beispiel für einen Alpha-Zerfall
Quelle: eigene Darstellung

1.3.2 β -Strahlung

Bei der β -Strahlung kommt es im Atomkern zu einer Umwandlung. Ein Neutron spaltet sich in ein Proton und ein Elektron auf. Das Elektron verlässt den Atomkern und wird mit hoher Geschwindigkeit abgestoßen. Die Reichweite dieser β -Strahlung beträgt in Luft einige Meter.

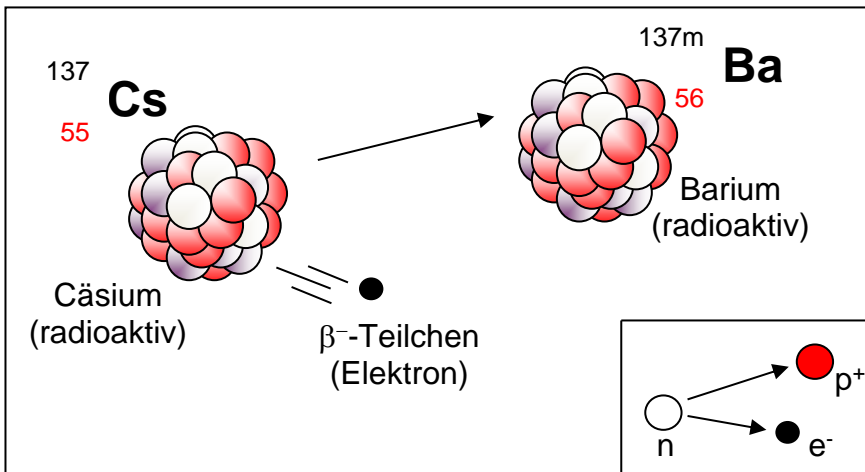


Abb. 2: Beispiel für einen Beta-Zerfall
Quelle: eigene Darstellung

Anmerkung: Der Buchstabe m steht für einen sogenannten metastabilen Zustand des Bariums. Metastabiler Zustände sind angeregte Zustände der Atomhülle, die nicht in der sonst üblichen, sehr kurzen Zeit von weniger als einer Mikrosekunde durch spontane Emission von γ -Strahlung (s. 1.3.3) in den Grundzustand zurückfallen.

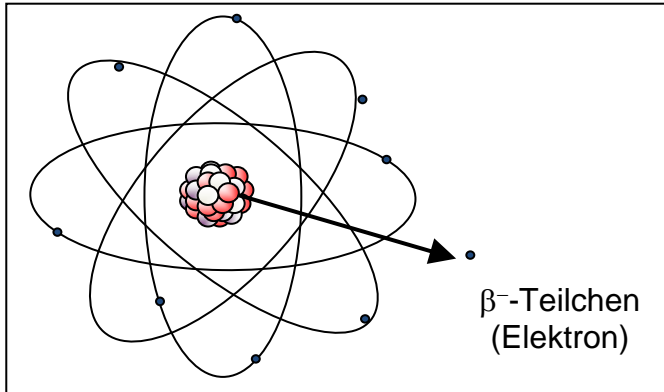


Abb. 3: Beta-Zerfall
Quelle: eigene Darstellung

1.3.3 γ -Strahlung

Die γ -Strahlung ist im Gegensatz zur α - und β - Strahlung keine Teilchenstrahlung, sondern eine elektromagnetische Wellenstrahlung. Sie breitet sich wie Licht aus, ist aber aufgrund ihrer kurzen Wellenlänge nicht sichtbar. Die Reichweite in Luft beträgt mehrere 100 Meter.

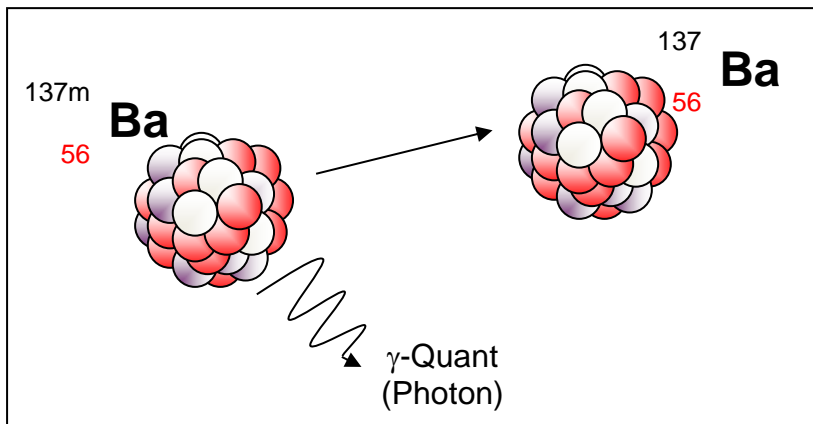


Abb. 4: Beispiel für eine Gamma-Emission
Quelle: eigene Darstellung

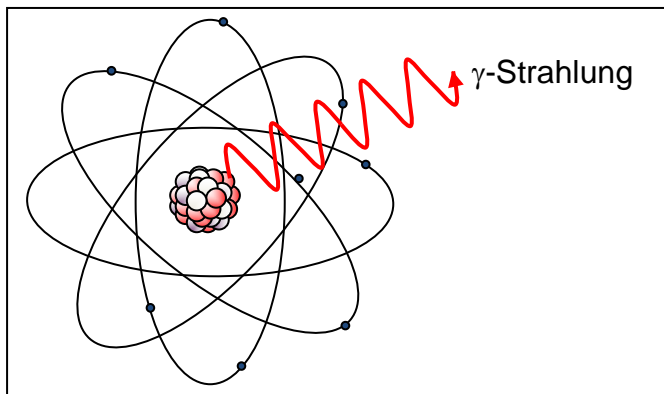


Abb. 5: Gamma-Emission
Quelle: eigene Darstellung

1.4 Eigenschaften der Strahlenarten

Tab. 1: Eigenschaften der Strahlenarten

Strahlenart	Bestandteile	Eindringtiefe in Gewebe	Reichweite in Luft	Abschirmung durch
α	2 Protonen 2 Neutronen	~ 50 μm	einige cm	1 Blatt Papier
β	1 Elektron	~ einige cm	einige m	4 mm Plexiglas, 4 mm Aluminium
γ	energiereiche elektromagnetische Wellenstrahlung	mehrere 10 cm	bis zu mehreren 100 m	dicke Blei-, Stahl- oder Beton- schichten

1.5 Größen und Maßeinheiten im Strahlenschutz

1.5.1 Aktivität

Die Aktivität ist ein Maß für die Menge eines Radionuklids.

Die **Aktivität** gibt die **Summe der pro Sekunde** in einem Radionuklid **zerfallenden Atomkerne** an.

Die Maßeinheit der Aktivität ist das Becquerel [Bq].

$$1 \text{ Bq} = \frac{1 \text{ Zerfall}}{1 \text{ Sekunde}}$$

(Alte Einheit Curie: 1 Ci = 37 GBq)

1.5.2 Halbwertszeit

Die **Halbwertszeit** gibt an, **in welcher Zeit die ursprüngliche Aktivität** eines Radionuklids durch Zerfall **auf die Hälfte abgenommen** hat.

Anders ausgedrückt: Die *Halbwertszeit* ist die Zeit, in der *die Hälfte der Atomkerne eines Radionuklids zerfallen*.

Nach einer Halbwertszeit (HWZ) sind also nur noch die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Atomkerne vorhanden, nach zwei Halbwertszeiten nur noch ein Viertel usw.; nach zehn Halbwertszeiten beträgt die Anzahl nur noch etwa 1/1.000.

Die Halbwertszeiten bei den verschiedenen Radionukliden sind sehr unterschiedlich:

Tellur – 128: HWZ $1,5 \times 10^{24}$ Jahre
Beryllium – 8: HWZ 2×10^{-16} Sekunden

Ist die Halbwertszeit sehr ,

so ist die Aktivität sehr

1.5.3 Äquivalentdosis und Äquivalentdosisleistung

Die **Äquivalentdosis H** gibt unter Berücksichtigung der biologischen Auswirkung auf den Organismus die **gesamte Strahlungsenergie** an, die bestrahlte lebende **Materie aufgenommen** hat.

Die Maßeinheit der Äquivalentdosis ist Sievert [Sv].

Mit der **Äquivalentdosisleistung \dot{H}** wird die **aufgenommene Äquivalentdosis pro Zeiteinheit** beschrieben.

Die Maßeinheit der Äquivalentdosisleistung ist Sievert pro Stunde [Sv/h].

Vergleich zum Autofahren

<p>Kilometerzähler</p> <p>[aufgenommene Dosis $\hat{=}$ zurückgelegte Wegstrecke in km]</p>		<p>Geschwindigkeitsmesser</p> <p>[Äquivalentdosisleistung $\hat{=}$ zurückgelegte Wegstrecke/Zeiteinheit in km/h]</p>
---	--	---

Abb. 6: Unterschied Dosis und Dosisleistung im Vergleich mit dem Autofahren

Quelle: eigene Darstellung

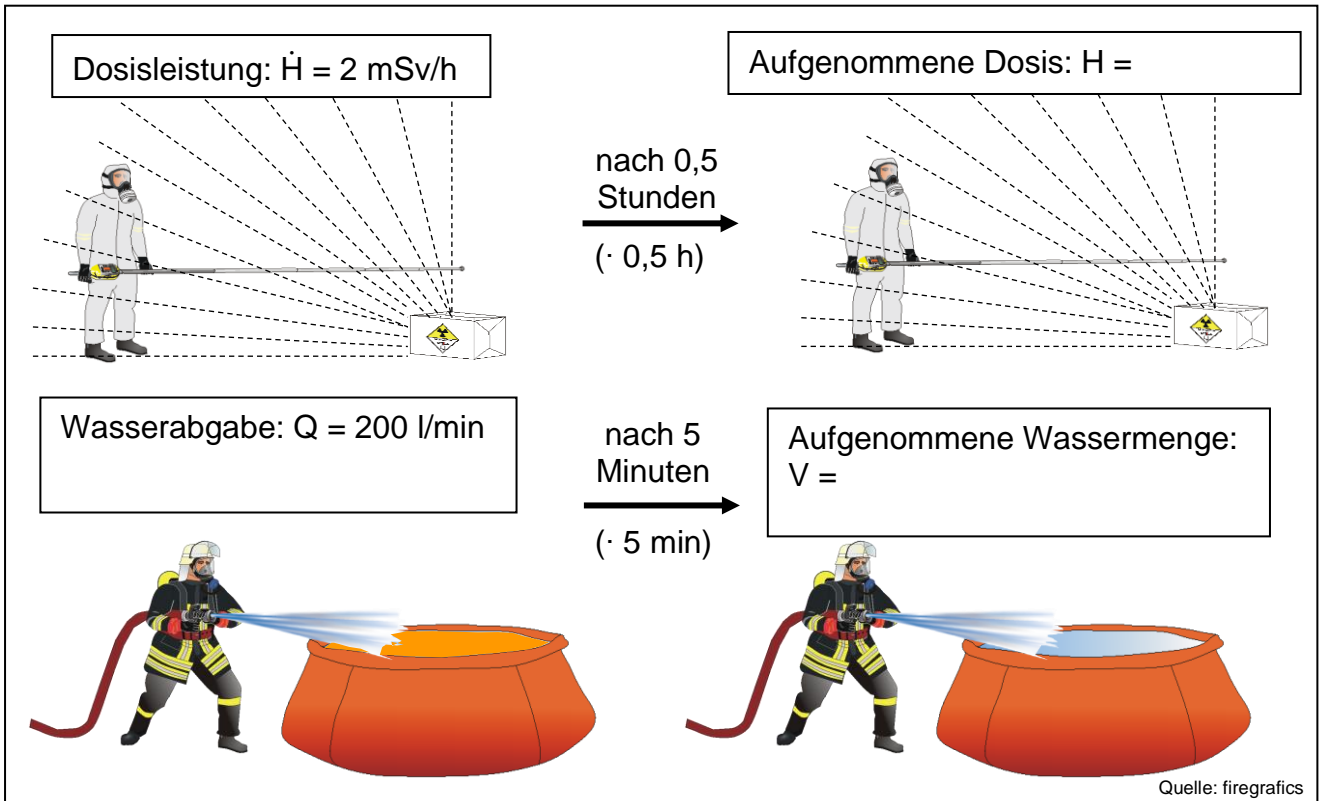


Abb. 7: Unterschied Dosis und Dosisleistung im Vergleich mit dem Befüllen eines Wasserbeckens
 Quelle: Eigene Darstellung

1.5.4 Personendosimetrie

In die Gefährdungsstufe ABC 1 fallen auch Schutzbereiche mit einem oder wenigen Bereichen mit radioaktiven Stoffen der Gefahrengruppe IIA. Für diese Bereiche schreibt die FwDV 500 zur Rettung von Menschenleben mindestens Isoliergeräte, Körperschutz Form 1, Personendosimetrie und Dosiswarngeräte für jede vorgehende Einsatzkraft vor. Lediglich bei Transportunfällen darf auf das Personendosimeter und Dosiswarngerät verzichtet werden.

Amtliches Dosimeter

Dokumentation der aufgenommenen Personendosis
 Trageweise: unter der Kontaminationsschutzkleidung im Brustbereich,
 nicht durch andere Ausrüstungsgegenstände überdecken



Abb. 8: Gleichschattenkassetten
 Quelle: eigene Darstellung



Abb. 9: OSL-Dosimeter
 Quelle: eigene Darstellung

Dosiswarngerät

Warnung beim Erreichen des einsatzbezogenen Dosisrichtwertes
 Trageweise: bei Körperschutz Form 1 und 2 erreichbar im Brustbereich, bei Form 3 im Inneren des Anzuges
 bei Warnung: Meldung an den Einheitsführer



Abb. 10: Dosiswarngeräte I
 Quelle: eigene Darstellung

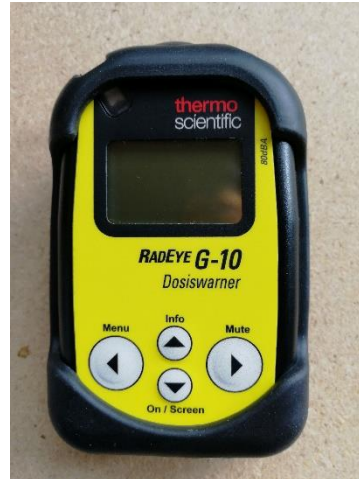


Abb. 11: Dosiswarngeräte II
 Quelle: eigene Darstellung

Warnschwellen: 1 mSv, (5 mSv; alt), 15 mSv, 100 mSv, 250 mSv,

1.5.5 Gefährlichkeit Aktivität Dosisleistung

Eine grobe Übersicht über das Gesundheitsrisiko, das allerdings im Einzelfall sehr stark von Abstand und Aufenthaltsdauer abhängt, gibt folgende Tabelle wieder.

Tab. 2: Gefährdungseinschätzung atomare Stoffe

Aktivität	Zu erwartende Dosisleistung	Gesundheitsrisiko
kBq	~ nSv/h	Sehr gering
MBq	~ µSv/h	moderat
GBq	~ mSv/h	hoch
TBq	~ Sv/h	Sehr hoch

1.5.6 Transportkategorie

Versandstücke werden nach drei Kategorien differenziert, die nach der an der Außenseite des Versandstücks messbaren Oberflächendosisleistung und nach der so genannten Transportkennzahl bestimmt sind.

I-WEISS



Abb. 12: Gefahrzettel 7A

Quelle: (ADR, 2023, S. 5.2.2.2.2)

Hier darf die höchste Oberflächendosisleistung an der Außenseite des Versandstückes nicht mehr als 0,005 mSv/h betragen. Die Angabe einer Transportkennzahl entfällt.

II-GELB



Abb. 13: Gefahrzettel 7 B

Quelle: (ADR, 2023, S. 5.2.2.2.2)

Hier darf der Strahlungspegel an der Außenseite 0,5 mSv/h nicht überschreiten, die Transportkennzahl darf max. 1,0 sein.

III-GELB



Abb. 14: Gefahrzettel 7 C

Quelle: (ADR, 2023, S. 5.2.2.2.2)

Sie gilt normalerweise für Versandstücke mit einem Strahlungspegel an der Außenseite von nicht mehr als 2 mSv/h und einer Transportkennzahl von nicht mehr als 10.

Tab. 3: Transportkennzeichnung
 Vergleich: (ADR, 2023)

Klasse 7	Gefahrzettel nach ADR	Transport-kategorie	Ortsdosisleistung an der Oberfläche der Versandstücke	Transportkennzahl T _{kz} ≅ Ortsdosisleistung in 1 m Abstand in mrem/h
7 A		I	5 µSv/h	entfällt
7 B		II	500 µSv/h	≤ 1
7 C		III	2000 µSv/h	≤ 10
7 D		Kennzeichnung der Fahrzeuge an drei Außenseiten.		
7 E		Kritikalitätskennzahl max. 50		

Die Kennzeichnung bei Fahrzeugen erfolgt mit Großzettel Nr. 7D an beiden Seiten und der Rückseite. Zusätzlich sind orangefarbene Tafeln am Fahrzeug angebracht.

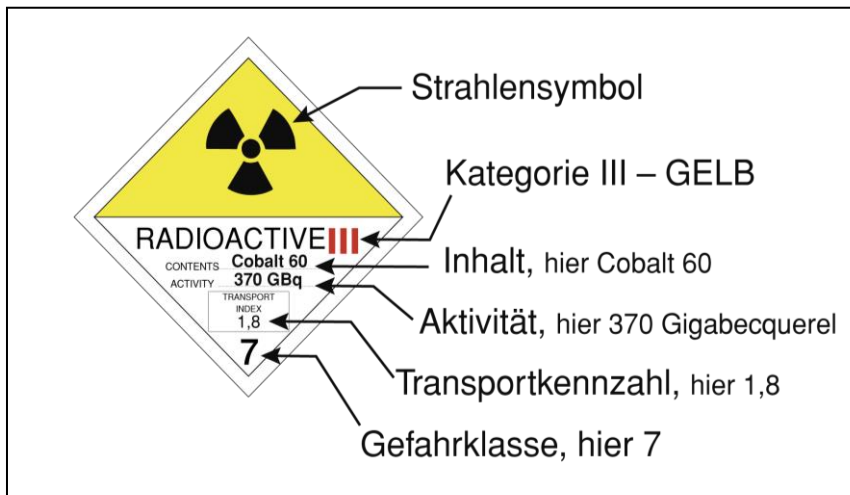


Abb. 15: Gefahrzettel Nr. 7C
 Vergleich: (ADR, 2023)

1.5.7 Transportkennzahl

Die Transportkennzahl dient zur Feststellung des Strahlungspegels im Abstand von einem Meter von der Außenseite eines Versandstücks und ist Bestandteil der Gefahrzettel für die Transportkategorien II-gelb und III-gelb (s. u.).

Die Transportkennzahl (TKZ) mit dem Faktor 10 multipliziert ergibt die in 1 m Entfernung von der Oberfläche der intakten Verpackung gemessene Äquivalentdosisleistung in $\mu\text{Sv/h}$.

1.6 Freigrenze

Mit dem Begriff Freigrenze wird die Aktivität eines radioaktiven Stoffes bezeichnet, von dem, bei üblicher Nutzung, nur eine vernachlässigbar geringe Gefährdung ausgeht. Der genehmigungsfreie Umgang ist nur für Strahler, deren Aktivität unterhalb der Freigrenze liegen oder für Strahler, die fest in bauartzugelassene Geräte eingefügt sind, möglich. Die Freigrenzen sind durch die Strahlenschutzverordnung (Anlage 4 Tabelle 1 Spalte 1 bis 3. Anlage III Tabelle 1) festgelegt.

2 Stoffdaten Biologische Stoffe

2.1 Definition: Biologische Arbeitsstoffe

Biostoffe sind

1. Mikroorganismen, Zellkulturen und Endoparasiten einschließlich ihrer gentechnisch veränderten Formen,
2. Mit Transmissibler Spongiformer Enzephalopathie (TSE) assoziierte Agenzien, Die den Menschen durch Infektionen, übertragbare Krankheiten, Toxinbildung, sensibilisierende oder sonstige, die Gesundheit schädigende Wirkungen gefährden können

(Biostoffverordnung vom 12.12.2019, §2, (1))

Biologische Arbeitsstoffe sind u. a.:

- Bakterien
- Viren
- Pilze
- Parasiten

2.2 Gefahren und Wirkung

Biologische Arbeitsstoffe können neben der Ansteckungsgefahr für Mensch und Tier noch andere Wirkungen auf Organismen, Umwelt und Werkstoffe haben.

Tab. 4: Gefährdung durch Biologische Arbeitsstoffe

Gefahr
Infektionsgefahr
Allergien
Vergiftungsgefahr
Umweltgefahr
Erbgutschädigende Wirkung
Mikrobielle Korrosion

2.3 Infektionskrankheiten

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über bekannte Infektionskrankheiten, aufgelistet nach dem verursachenden biologischen Arbeitsstoff.

Tab. 5: Infektionskrankheiten, aufgelistet nach Erregern

Viren	Bakterien	Pilze	Parasiten
HIV	Pest	Haut- /Nagelpilzinfektionen	Wurminfektionen
Ebola-Virus	Salmonellen	Hefepilzinfektionen	Egelinfektionen
Marburg-Virus	Cholera	Schimmelpilzinfektionen	Malaria
Grippe	Lepra		Toxoplasmose
Hepatitis	Tuberkulose		
Mumps	Milzbrand		
Masern			
Polio			
Tollwut			

2.4 Risikogruppen der Weltgesundheitsorganisation

Biologische Arbeitsstoffe werden anhand verschiedener Kriterien in Risikostufen eingestuft. Hierbei spielen u. a. die Ansteckungsrate, d. h. wie leicht ein Erreger von einem Organismus auf einen anderen übertragen werden kann und die Stabilität, also die Überlebensfähigkeit der Erreger bei bestimmten Umweltbedingungen bzw. der Einwirkung von Desinfektionsmitteln eine Rolle. Aber auch die Letalität, also der Prozentsatz der Erkrankten, die an einer Infektion versterben, wird berücksichtigt.

Anhand dieser und anderer Kriterien erfolgt die Einstufung in die von der Weltgesundheitsorganisation eingeführten Risikogruppen, wobei nicht immer alle Kriterien, die in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet sind, erfüllt sein müssen:

Tab. 6: Risikogruppeneinteilung

Kriterien zur Einstufung biologischer Agenzien in Risikogruppen	Beispiele
<p>Risikogruppe 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine Erkrankungen - Mensch (Tier) als „Wachstumsmedium“ ungeeignet - krankheitserregende Wirkung verloren - nach langjähriger Erfahrung keine Krankheiten dokumentiert 	<ul style="list-style-type: none"> - Bäckerhefe - Bierhefe - Polio-Impfviren
<p>Risikogruppe 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - harmlose Erkrankungen - selten schwere Erkrankungen trotz ständigen Kontaktes mit dem Menschen - für die Infektion sind spezielle Übertragungswege notwendig - hohe Infektionsdosis - gute Prophylaxemöglichkeit - gute Therapierbarkeit - hohe Immunität in der Bevölkerung 	<ul style="list-style-type: none"> - Salmonellen - Masernvirus - Grippeviren - Keuchhusten
<p>Risikogruppe 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - schwere Erkrankungen, die durch die Luft übertragbar sind - schwere Erkrankungen mit schwieriger oder langwieriger Therapiemöglichkeit - geringe Infektionsdosis - schneller Krankheitsverlauf - tödliche Erkrankungen mit speziellen Infektionswegen 	<ul style="list-style-type: none"> - Milzbrand - Pest - Tuberkulose - HIV (AIDS-Viren)
<p>Risikogruppe 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tödliche Erkrankungen - nach Infektion keine Therapie möglich - hohe Ansteckungsfähigkeit - schnelle Übertragung durch Luft, Insekten oder direkten Haut- oder Schleimkontakt mit infizierten Personen 	<ul style="list-style-type: none"> - Lassavirus - Marburg-Virus

2.5 Einteilung in Feuerwehrgefahrengruppen

Für die Einteilung in die Gefahrengruppen für den Feuerwehreinsatz wird zusätzlich noch die Risikogruppe 3** berücksichtigt. Diese biologischen Arbeitsstoffe werden in Anhang III der Richtlinie 2000/54/EG als solche Stoffe der Risikogruppe 3 aufgeführt, bei denen das Infektionsrisiko reduziert ist, da eine Infizierung über den Luftweg normalerweise nicht erfolgen kann.

Tab. 7: Einteilung in Feuerwehrgefahrengruppen

Risiko- gruppe	Gefahrengruppe für den Feuer- wehreinsatz	Gesundheitsrisiko durch Biologische Arbeitsstoffe	
1	I B	ohne Infektionsgefährdung, sensibilisierende und toxische Wirkungen sind möglich	sehr gering
2	II B	mit Infektionsgefährdung	gering
3 **			mäßig (i. d. R. nicht über den Luftpfad)
3	III B		mäßig bis hoch
4			hoch

2.6 Übertragungswege

Aufnahmepfade, über die Krankheitserreger in einen Organismus gelangen können:

- Atemwege (Tröpfcheninfektion),
- Mund (Schmier- bzw. Lebensmittelinfektion)
- Haut bzw. Schleimhaut (Aufnahme über Mund-, Rachen-, Nasenschleimhaut oder Bindehaut, Wunden oder vorgeschädigte Haut).

2.7 Inkubationszeit

Die Inkubationszeit beschreibt das Intervall zwischen dem Zeitpunkt der Exposition einer Person/eines Tieres und dem Zeitpunkt des Auftretens der ersten Krankheitssymptome. Mikroorganismen brauchen eine gewisse Zeit, um sich im Wirtsorganismus so weit zu vermehren, dass dieser erkrankt.

Die Inkubationszeit hängt von mehreren Faktoren ab: Ursprüngliche Anzahl der Keime, deren Virulenz, der Eintrittspforte und dem Eintrittsweg, der Vermehrung der Keime und natürlich von der Immunitätslage des Wirtsorganismus.

3 Stoffdaten Chemische Stoffe

3.1 Definition: Gefährliche Stoffe und Güter

Als **Gefahrstoffe** werden gefährliche Stoffe und Gemische bezeichnet, welche während der **Lagerung und Handhabung** für Mensch, Tier oder Umwelt eine Gefahr darstellen können. Typischerweise betrifft dies vor allem Rohstoffe und Erzeugnisse aus der chemischen Industrie (Chemikalien), aber auch alltägliche Produkte wie Reinigungs- und Desinfektionsmittel.

Das Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz - ChemG) steht über der Gefahrstoffverordnung und regelt bspw. die Zusammenarbeit der Bundesstelle für Chemikalien und anderen Bundesbehörden.

Die Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung - GefStoffV) regelt umfassend die Schutzmaßnahmen für Beschäftigte bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Gefahrstoffe im Sinne dieser Verordnung sind gefährliche Stoffe und Gemische, die bestimmte physikalische oder chemische Eigenschaften besitzen wie z. B. die Entzündbarkeit brennbarer Flüssigkeiten und alle Stoffe, denen ein Arbeitsplatzgrenzwert zugewiesen wird.

Von **Gefahrgut** spricht man, wenn zur Beförderung aufgegebenen Güter für Mensch, Tier oder Umwelt während des **Transports** eine Gefahr darstellen. Typischerweise betrifft dies unter anderem Rohstoffe und Erzeugnisse aus der chemischen Industrie (Chemikalien), aber auch Produkte aus anderen Bereichen zum Beispiel der kosmetischen Industrie (Parfums, Deos, Haarspray und Haar-Bleichmittel), aus der pharmazeutischen Industrie (giftige oder radioaktive Medikamente, ansteckungsgefährliche Blut- und Gewebeproben oder Viren) und sogar auch aus der Lebensmittelindustrie (hochprozentige alkoholische Getränke).

Gefahrgut unterliegt in Deutschland dem Gefahrgutbeförderungsgesetz (GGBefG). Die Klassifizierung, Kennzeichnung und Verpackung richtet sich dabei nach den Vorgaben für den jeweiligen Verkehrsträger. Für den Transport auf der Straße ist dies das Europäische Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR).

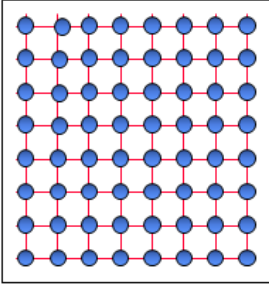
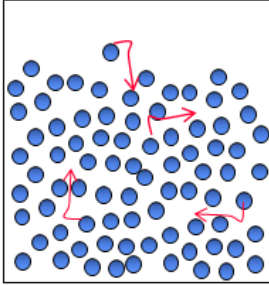
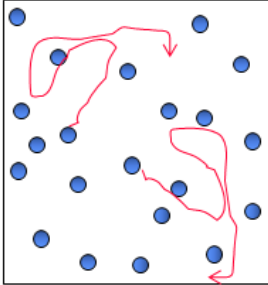
3.2 Aggregatzustände

Ein Stoff liegt in Abhängigkeit von der Temperatur in unterschiedlichen Formen vor: Als Feststoff, als Flüssigkeit oder als Gas. Diese Formen nennt man die **Aggregatzustände** eines Stoffes. Durch Erwärmen oder Abkühlen, also durch Wärmezufuhr (= Energiezufuhr) oder Wärmeentzug (= Energieentzug), lassen sich diese Aggregatzustände erreichen.

Bei Änderungen des Aggregatzustandes bleiben die wesentlichen chemischen Stoffeigenschaften unverändert erhalten.

Im atomaren Bereich kann man sich Wärme als Bewegung kleinster Teilchen vorstellen. Man spricht dabei von der **Wärmebewegung** der Atome und Moleküle. Diese Bewegungen nehmen mit steigender Temperatur immer mehr zu.

Abb. 16 fasst die charakteristischen Eigenschaften von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen zusammen.

fest	flüssig	gasförmig
passt sich einer vorgegebenen Form nicht an	passt sich einer vorgegebenen Form an, hat eine Oberfläche	passt sich einer vorgegebenen Form an, hat keine Oberfläche
lässt sich nicht zusammendrücken	lässt sich nicht zusammendrücken	lässt sich leicht zusammendrücken
Teilchen dicht und regelmäßig angeordnet; haben festen Zusammenhalt	Teilchen dicht und unregelmäßig angeordnet; gegeneinander verschiebbar	Teilchen sind frei beweglich und ungeordnet

Abb. 16: Charakteristische Eigenschaften von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen

Quelle: Eigene Darstellung

3.3 Änderung der Aggregatzustände

Die Übergänge von einem Aggregatzustand in den anderen erfolgen bei genau definierten Temperaturen und besitzen besondere Bezeichnungen.

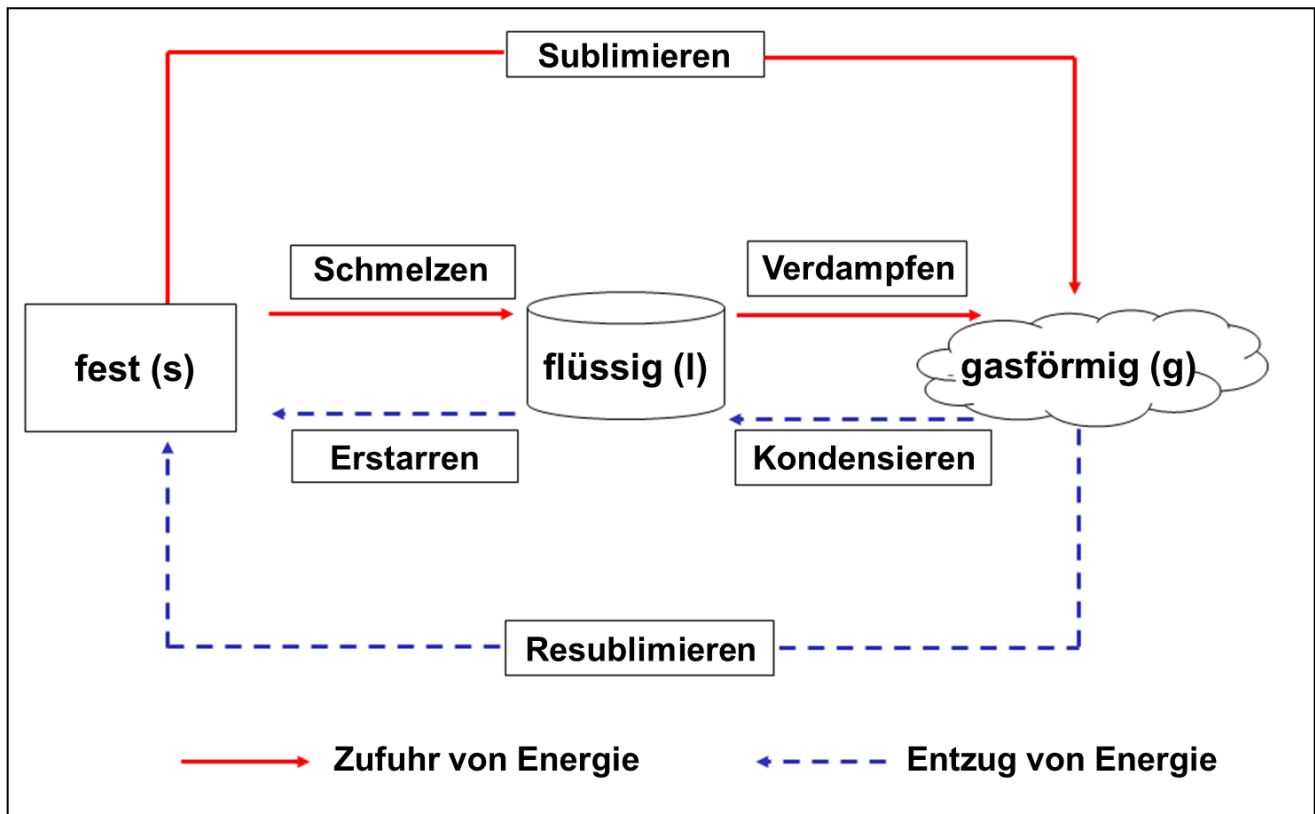


Abb. 17: Änderung der Aggregatzustände

Quelle: Eigene Darstellung

3.4 Kennzahlen zu den Aggregatzustandsänderungen

3.4.1 Schmelzpunkt

Der Schmelzpunkt ist die Temperatur, bei der ein Stoff **vom festen in den flüssigen Zustand** übergeht. Der Schmelzpunkt ist gleich dem Erstarrungs- oder Gefrierpunkt der zugehörigen flüssigen Phase. Werden feste Stoffe gleichmäßig erwärmt, so steigt auch ihre Temperatur gleichmäßig an. Bei Erreichen des Schmelzpunktes steigt die Temperatur zunächst nicht weiter an, die zugeführte Wärme wird für den Schmelzvorgang aufgebraucht (Schmelzwärme).

Im Brandfall können Feststoffe durch die Wärmeeinwirkung zu schmelzen beginnen und sich dadurch als Flüssigkeit ausbreiten. Umgekehrt können als Schmelze transportierte Feststoffe bei einem Ausfall der Heizung bzw. bei einer Beschädigung der Isolation im Transportbehälter erstarren oder bei Beschädigung des Transportbehälters zunächst auslaufen und dann erstarren.

3.4.2 Siedepunkt

Der Siedepunkt ist die Temperatur, bei der **eine Flüssigkeit in den gasförmigen Aggregatzustand** übergeht. Der Siedepunkt ist gleich dem Kondensationspunkt, d. h. gleich der Temperatur, bei der sich ein Gas in eine Flüssigkeit umwandelt. Werden Flüssigkeiten erwärmt, so steigt auch ihre Temperatur gleichmäßig an. Bei Erreichen des Siedepunktes steigt die Temperatur nicht weiter an, die zugeführte Wärme (= Verdampfungswärme) wird für den Verdampfungsvorgang aufgebraucht. Die Flüssigkeit beginnt plötzlich auch im Innern und nicht nur an der Oberfläche (wie bei der Verdunstung), in den dampfförmigen Zustand überzugehen.

Als Siedepunkt gilt die Temperatur in °Celsius, bei der der Dampfdruck der betreffenden Flüssigkeit 1013 Millibar (0,1013 MPa) beträgt. Der Siedepunkt ist abhängig vom Luftdruck. Mit fallendem Luftdruck sinkt auch der Siedepunkt.

3.5 Relative Dichte zu Luft

Die relative Dichte zu Luft ist die Dichte oder die Masse eines Dampfes oder Gases (ohne Vorhandensein von Luft), verglichen mit der gleichen Menge Luft.

Massenzahl von Luft: $\frac{4}{5}N_2 + \frac{1}{5}O_2 = \frac{4}{5}(2 \cdot 14) + \frac{1}{5}(2 \cdot 16) \approx 29 \quad \longleftrightarrow$

Massenzahl von Methan: $CH_4 = 12 + 4 \cdot 1 = 16 \quad \uparrow$

Massenzahl von Kohlenstoffdioxid: $CO_2 = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \quad \downarrow$

Tab. 8: Massenzahlen ausgewählter Atome

Atom	H	He	C	N	O	Cl
Massenzahl	1	4	12	14	16	35

3.6 Ausbreitung von Gasen und Dämpfen

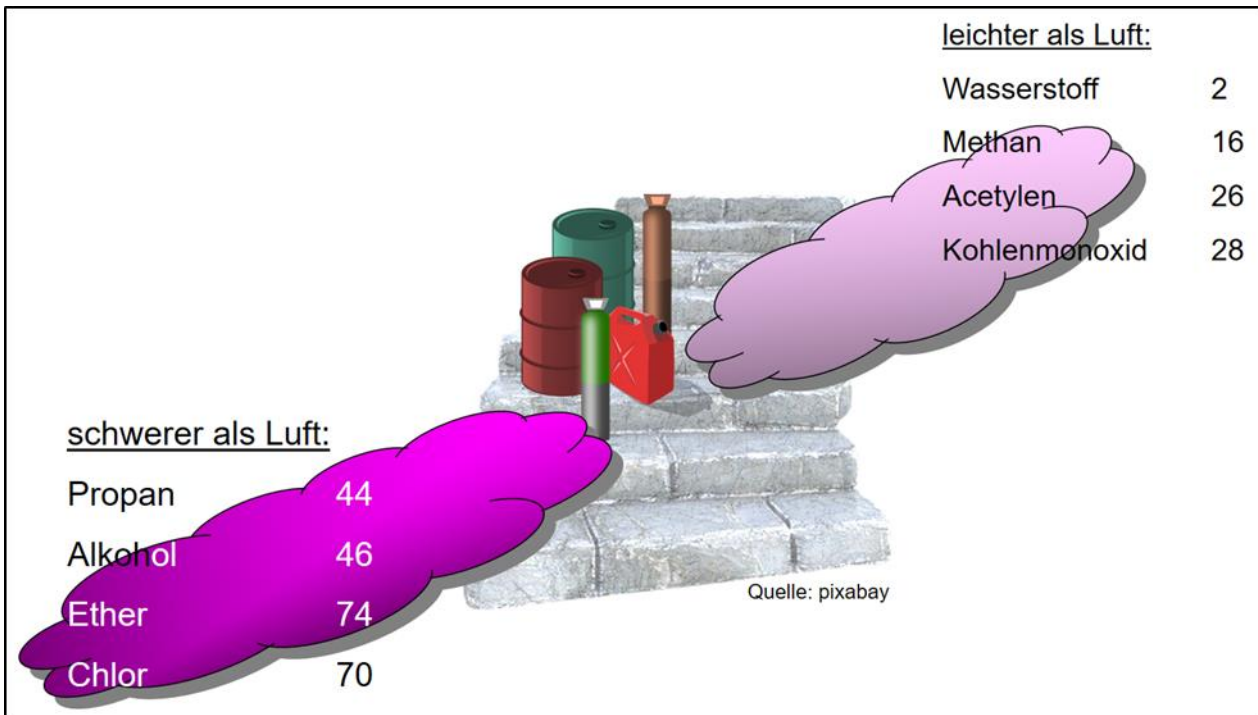


Abb. 18: Ausbreitungsverhalten von Gasen und Dämpfen
 Quelle: Eigene Darstellung

Bis auf wenige Ausnahmen sind die **Dämpfe brennbarer Flüssigkeiten schwerer als Luft.**

Das **Ausbreitungsverhalten** ist immer **abhängig von den Randbedingungen**, z. B.

- warme Freisetzung → **Thermikeffekte**
- tiefkalte Freisetzung → **Schwergaseneffekte**

3.7 Feuerbekämpfungsdaten

3.7.1 Flammpunkt

- Temperatur einer Flüssigkeit
- Dampfentwicklung an der Oberfläche
- Durch Zündquelle werden Dämpfe gezündet.
- Kein selbstständiges Weiterbrennen

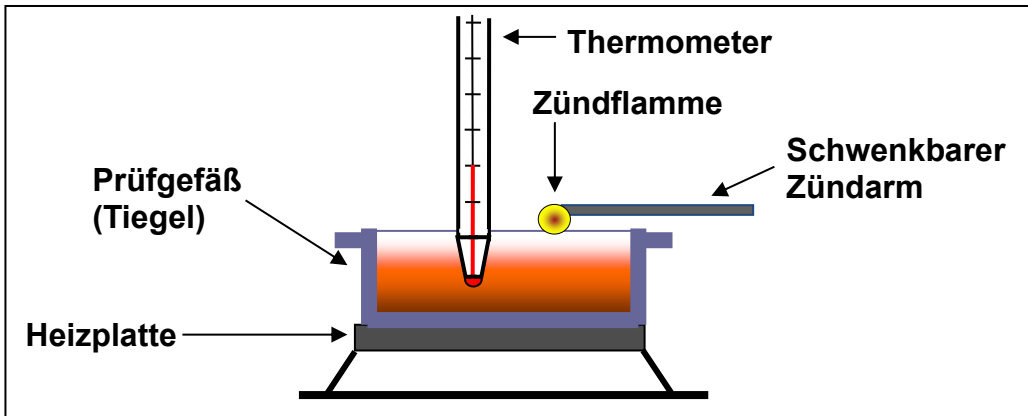


Abb. 19: Experimentelle Bestimmung des Flammpunktes

Quelle: Eigene Darstellung

Tab. 9: Änderung des Flammpunktes von Ethanol/Wasser-Gemischen

Ethanol Gew.-%	Wasser Gew.-%	Flammpunkt °C
100	0	12
90	10	17,5
70	30	21
50	50	24
30	70	29
10	90	47
5	95	60
0	100	-

3.7.2 Zündtemperatur

- Temperatur einer erwärmten Wand
- Stoff wird gerade noch zum Brennen angeregt.
- Temperatur stark von Versuchsbedingungen abhängig (z. B. Aufwärmzeit)

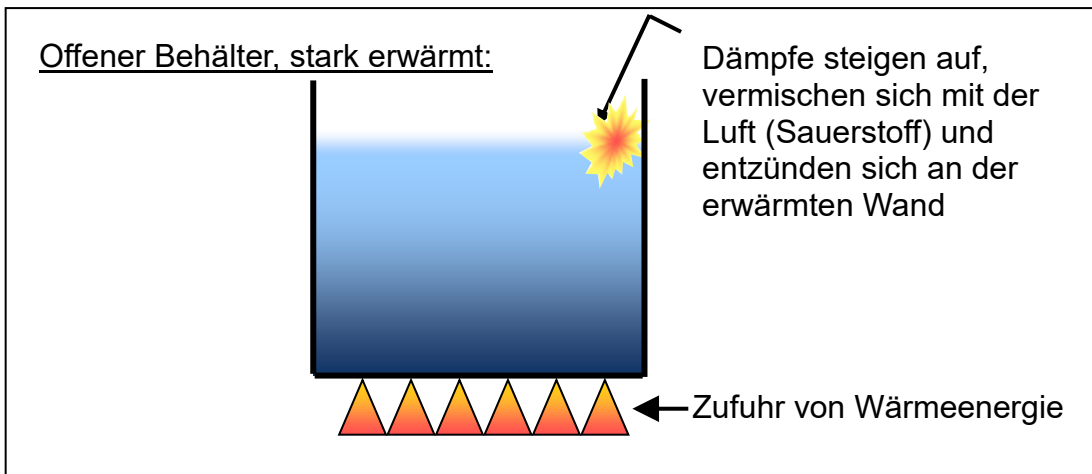


Abb. 20: Experimentelle Bestimmung der Zündtemperatur
Quelle: Eigene Darstellung

Tab. 10: Temperaturklassen

Temperaturklasse	Höchstzulässige Oberflächentemperatur der Betriebsmittel °C	Stoff	Zündtemperatur °C
T1	450°C	Methan	595
T2	300°C	Butan	365
T3	200°C	Benzin	> 250
T4	135°C	Diethylether	175
T5	100°C	-	-
T6	85°C	Schwefelkohlenstoff	95

3.7.3 Zündfähiges Gemisch (Explosionsbereich)

Explosionsbereich (Zündbereich):

Der Explosionsbereich ist der Konzentrationsbereich zwischen der unteren und der oberen Explosionsgrenze. (Vergleich: (DIN 14011:2018-01, 2018))

Explosionsgrenze (Zündgrenze):

Untere und obere Explosionsgrenze ist die niedrigste bzw. höchste Konzentration des brennbaren Stoffes im Gemisch von Gasen, Dämpfen, Nebeln und/oder Stäuben, in dem sich nach dem Entzünden ein Brennen nicht mehr selbstständig fortsetzen kann. (Vergleich: (DIN 14011:2018-01, 2018))

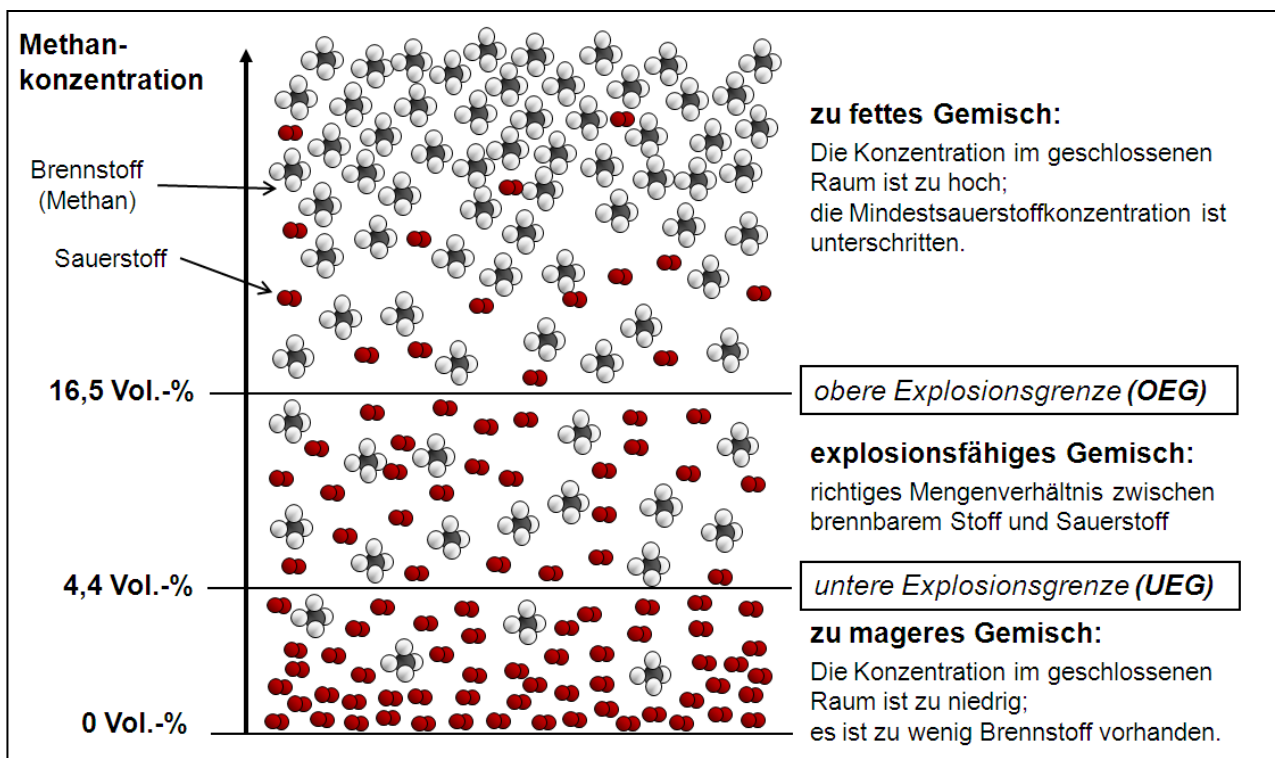


Abb. 21: Explosionsgrenzen am Beispiel Methan
Quelle: Eigene Darstellung

Tab. 11: Explosionsbereiche - Beispiele

Stoff	UEG in Vol.-%	OEG in Vol.-%
Methan	4,4	16,5
Ethan	3,0	12,5
Propan	2,1	9,5
Wasserstoff	4,0	75,6
Aceton	2,5	13,0
Acetylen	2,3	82,0
Benzol	1,2	8,0
Toluol	1,2	7,0
Methanol	3,5	44,0
Benzin	0,6	8,0

3.8 Säuren und Laugen

3.8.1 Der pH-Wert

Die Stärke einer Säure bzw. einer Lauge wird durch den sogenannten pH-Wert beschrieben.

Dieser pH-Wert ist ein Zahlenwert zwischen 0 und 14, der anzeigt, ob es sich um eine Säure oder um eine Lauge handelt. Bei einem pH-Wert von 7 ist der Stoff neutral. Ein pH-Wert kleiner als 7 zeigt eine Säure an, ein pH-Wert größer als 7 eine Lauge (siehe Abb. 22).

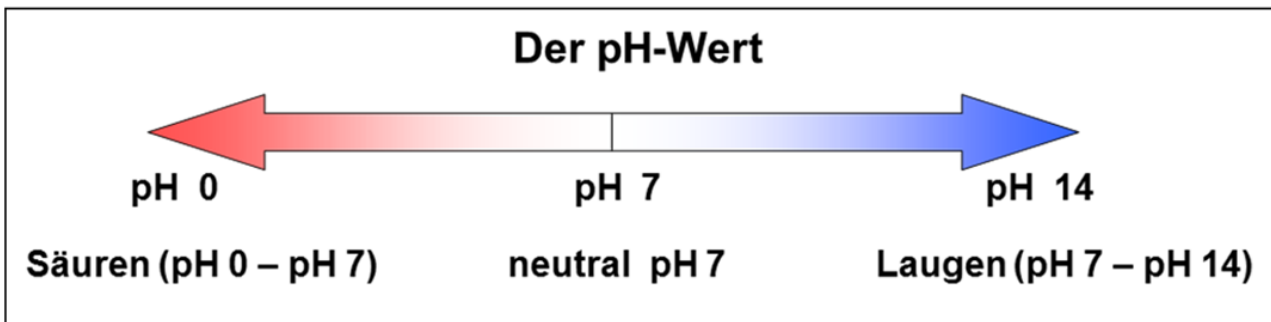


Abb. 22: Der pH-Wert
Quelle: Eigene Darstellung

Doch Vorsicht:

Der **pH-Wert sagt nichts** über die Konzentration und somit **über die Gefährlichkeit** einer Säure oder Lauge aus.

Tab. 12: pH-Werte - Beispiele

Säure	pH-Wert	Lauge	pH-Wert
0,1 molare Salzsäure	1	Blut	7,5
Magensaft	1,8 – 4,0	Seewasser	8,3
Zitronensaft	2 – 3	Seifenlösung	10
Cola	2 – 3	Salmiakgeist	10 – 12
Mineralwasser	4 - 5	0,1 molare Natronlauge	13

3.8.2 Eigenschaften von Säuren und Laugen

Eigenschaften von Säuren:

- pH-Wert kleiner 7
- ätzend (organische Materialien und Gewebe werden angegriffen)
- färben pH-Indikatoren (z. B. Lackmus wird rot gefärbt)
- lösen unedle Metalle auf (H₂ - Bildung)
- stechender Geruch
- Heftige Reaktion und Erwärmung bei Kontakt mit Wasser (gilt für hochkonzentrierte Säuren).
- Einige Säuren (Organische Säuren) sind brennbar.

Eigenschaften von Laugen:

- pH-Wert größer 7
- ätzend
- färben pH-Indikatoren (z. B. Lackmus wird blau gefärbt)
- seifig (Rutschgefahr)

3.8.3 Messgrößen

Folgende Messgrößen sind typisch für Nachweisgeräte der Feuerwehr:

Tab. 13: Messgrößen im Feuerwehreinsatz

Messgröße	Beispiel für ein Nachweisgerät	Bedeutung	Beispiel bezogen auf 1 m ³ = 1000 l
Vol.-%	Explosionsgrenzenwarngerät	hundertstel	10 l
ppm	Prüfröhrchen	millionstel	1 ml
ppb	Ionenmobilitätsspektrometer	milliardstel	0,001 ml

3.8.4 Beurteilungswerte - Einsatztoleranzwert (ETW)

Der Einsatztoleranzwert (ETW) gilt grundsätzlich für zeitlich begrenzte Tätigkeiten von Einsatzkräften an Einsatzstellen mit einer Ausbreitung von Schadstoffen. Es werden in der vfdB-Richtlinie 10/01 für unterschiedliche erwartete Einsatzdauern von 4 bzw. 1 Stunde Werte angegeben: ETW-4 bzw. ETW-1.

Es ist zu beachten, dass in der Umgebungsluft ausreichend Sauerstoff enthalten sein muss (> 17 Vol %, vgl. FwDV 7 – Atemschutz). Bei Einsätzen im Freien kann dies in der Regel vorausgesetzt werden.

Übersichtliche Einsatzlagen mit begrenztem Schadensumfang geben dem Einsatzleiter die Möglichkeit, Arbeiten im Gefahrenbereich sicher auf 1h zu begrenzen. Für derartige, klar begrenzte ABC-Einsätze kann der auf dem AEGL-2-Wert für 1h beruhende ETW-1 herangezogen werden.

So lange keine besonderen Bewertungen und Weisungen z. B. von der Umwelt- oder Gesundheitsbehörde vorliegen, kann der ETW auch zur Beurteilung der Gefahrenlage für die Bevölkerung herangezogen werden. Unterhalb der ETW ist im Allgemeinen keine Gesundheitsgefährdung zu befürchten (Ausnahme: extrem empfindliche Personen).

Bei dennoch auftretenden gesundheitlichen Beschwerden ist umgehend eine Beratung durch einen Toxikologen in Anspruch zu nehmen (z. B. über regional zuständige Giftnotrufzentralen).

3.8.5 Gefahrendiamant

Der Gefahrendiamant ist ein System zur Sofortbeurteilung der Gefahren nach Unfällen mit gefährlichen Gütern. Entwickelt wurde er von der amerikanischen NFPA (National Fire Protection Association). Der Gefahrendiamant besitzt vier Felder.



Abb. 23: Gefahrendiamant

Quelle: (Feuerwehr Koordination Schweiz FKS, 2019, S. 2.051)

Die farbigen Felder oben, links und rechts geben die Gesundheitsgefahr (blau), die Brandgefahr (rot) und die Reaktionsgefahr (gelb) an. Dabei können die Felder jeweils mit den Ziffern von 0 bis 4 belegt sein. Je höher der Wert der Ziffer, desto höher die Gefahr. Das vierte Feld in der Farbe Weiß gibt Zusatzanweisungen. Die einzelnen Werte besitzen folgende Bedeutung:

Blaues Feld: Gesundheitsgefahr

Tab. 14: Blaues Feld im Gefahrendiamant

Vergleich: (Feuerwehr Koordination Schweiz FKS, 2019, S. 2.051)

Ziffer	Bedeutung
0	Ohne besondere Gefahr.
1	Geringe Gefahren, Atemschutzgerät wird empfohlen.
2	Gefährlich! Aufenthalt im Gefahrenbereich nur mit Atemschutzgerät und einfacher Schutzkleidung.
3	Sehr gefährlich! Aufenthalt im Gefahrenbereich nur mit voller Schutzkleidung und Atemschutzgerät.
4	Äußerst gefährlich! Jeden Kontakt mit Dämpfen oder Flüssigkeiten ohne speziellen Schutz vermeiden.

Rotes Feld: Brandgefahr

Tab. 15: Rotes Feld im Gefahrendiamant

Vergleich: (Feuerwehr Koordination Schweiz FKS, 2019, S. 2.051)

Ziffer	Bedeutung
0	Keine Entzündungsgefahr unter üblichen Bedingungen.
1	Entzündungsgefahr nur bei Erhitzung.
2	Entzündungsgefahr bei Erwärmung.
3	Entzündungsgefahr bei normalen Temperaturen.
4	Entzündungsgefahr bei allen Temperaturen.

Gelbes Feld: Reaktionsgefahr

Tab. 16: Gelbes Feld im Gefahrendiamant

Vergleich: (Feuerwehr Koordination Schweiz FKS, 2019, S. 2.051)

Ziffer	Bedeutung
0	Unter normalen Bedingungen keine Gefahr.
1	Wird bei Erhitzen instabil, Schutzmaßnahmen erforderlich.
2	Heftige chemische Reaktion möglich. Verstärkte Schutzmaßnahmen. Löschangriff nur aus sicherem Abstand.
3	Explosionsgefahr bei Hitzeeinwirkung oder starker Erschütterung durch Schlag u.a. Sicherheitszone bilden. Löschangriffe nur aus sicherer Deckung.
4	Große Explosionsgefahr! Sicherheitszone bilden. Bei Brand gefährdetes Gebiet sofort räumen.

Weißes Feld: Zusatzhinweise

Tab. 17: Weißes Feld im Gefahrendiamant

Vergleich: (Feuerwehr Koordination Schweiz FKS, 2019, S. 2.051)

Symbol	Bedeutung	entsprechende ADR-Klasse
(leer)	Wasser als Löschmittel zulässig	-
W	kein Wasser zum Löschen verwenden	Klasse 4.3
OX	brandfördernder Stoff (oxidierend)	Klasse 5.1
SA	erstickender Stoff	Klasse 2.2
ACID	Säure	Klasse 8
ALK	Alkalie (Lauge)	Klasse 8
COR	Ätzender Stoff	Klasse 8
BIO	biogefährlicher Stoff	Klasse 6.2
☼	bei Freiwerden des Stoffes Gefahr der ionisierenden Strahlung	Klasse 7

Hinweis: Laut der NFPA-Richtlinie sind für das Feld zur Kennzeichnung der Zusatzgefahren eigentlich nur W, OX und SA vorgesehen. Üblicherweise werden aber weitere Kennzeichnungen vorgenommen, die darüber hinausgehen.

3.8.6 Wassergefährdungsklassen

Der Begriff „Wassergefährdungsklasse“ stammt aus der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV). Darin wird die Wassergefährdung von Stoffen näher bestimmt, teils als Stofflisten der Klassen, teils als vorgeschriebene Einstufungsverfahren.

Diese Vorschrift leitet sich aus § 62 Absatz 4 Nummer 1 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) ab.

Die potenziell wassergefährdenden Stoffe werden wie folgt unterteilt:

WGK 1 = schwach wassergefährdend, z. B. Salzsäure (HCl)

WGK 2 = deutlich wassergefährdend, z. B. Diesel

WGK 3 = stark wassergefährdend, z. B. Benzol

allgemein wassergefährdend (awg), z. B. Jauche

nicht wassergefährdend (nwg), z. B. Rapsöl

4 Weitere Stoffdaten

4.1 Atomare Stoffe

4.1.1 Spezifische Aktivität

Als *spezifische Aktivität* bezeichnet man den Quotienten aus der Aktivität und der Masse eines Stoffes. Dieser Begriff wird teilweise auf bestimmte Stoffe beschränkt, z. B. auf chemisch reine Verbindungen, auf elementreine oder auf isotonenreine Stoffe.

Die spezifische Aktivität des metallischen ^{226}Ra beträgt annähernd $3,7 \cdot 10^{13}$ Bq/kg, die des ^{238}U , des Anfangsgliedes der Uran-Radium-Reihe, nur $12,2 \cdot 10^6$ Bq/kg.

4.1.2 Strahlenenergie

Die einzelnen Kernstrahlungen, die im Zusammenhang mit Zerfallsprozessen entstehen, liefern teilweise charakteristische Energiewerte, teilweise aber auch kontinuierliche Energieverteilungen.

Die Energie wird nach SI-System in Joule angegeben. Ein Joule entspricht einem Newtonmeter bzw. einer Wattsekunde. Diese Einheiten sind gleichbedeutend. Jedoch sind diese Einheiten für die Beschreibung atomarer Prozesse viel zu groß. Man verwendet deshalb in der Kernphysik traditionell eine nicht dem SI-System entsprechende und damit eigentlich unzulässige Einheit für die Energie, die aber den Vorteil hat, dass sie angemessen und weit gebräuchlich ist. Es handelt sich dabei um die Einheit Elektronenvolt, abgekürzt eV.

Definiert ist diese Energie als diejenige Energie, die ein Elektron aufnimmt, wenn es beim freien Durchlaufen einer Spannung von einem Volt beschleunigt wird.

Gebräuchlich sind auch Vielfache dieser Einheit:

1 Kiloelektronenvolt (KeV) = 10^3 eV

1 Megaelektronenvolt (MeV) = 10^6 eV

1 Gigaelektronenvolt (GeV) = 10^9 eV

4.2 Biologische Stoffe

4.2.1 Einwirkdauer und Konzentration von Desinfektionsmitteln

Jedes Desinfektionsmittel hat spezielle Anforderungen (wie Konzentration, Einwirkzeit, Temperaturbereich etc.), die bei der Anwendung strikt einzuhalten sind.

Prinzipiell muss bei Desinfektionsmitteln zwischen Konzentraten und gebrauchsfertigen Lösungen unterschieden werden. Konzentrate müssen auf die richtige Anwendungskonzentration verdünnt werden.

Desinfektionsmittel benötigen eine gewisse Zeit, um Infektionserreger zu inaktivieren. Diese Einwirkzeit, die von Produkt und Untergrund abhängig sein kann, muss unbedingt eingehalten werden.

Daher ist es besonders wichtig, Konzentration und Einwirkdauer auf dem Etikett oder in der Produktinformation nachzulesen.

4.2.2 Kritische Stofftemperatur

Als kritische Stofftemperatur bezeichnet man die Temperatur, bei der Erreger von Infektionskrankheiten inaktiv werden.

Der Grad der Empfindlichkeit von biologischen Arbeitsstoffen gegen hohe oder niedrige Temperaturen ist abhängig vom jeweiligen Erreger. Viren sind z. B. gegenüber niedrigen Temperaturen resistent, während sie durch hohe Temperaturen deaktiviert werden können.

4.2.3 Überlebensfähigkeit

Die Überlebensfähigkeit beschreibt die Stabilität eines Stoffes oder Agens in der natürlichen Umwelt (Tenazität) bzw. in gewissen Nährmedien.

4.2.4 Vorbeugung/Behandlung

Unter Vorbeugung und Behandlung sind Maßnahmen wie z. B. Impfungen oder die Behandlung mit wirksamen Medikamenten (z. B. Antibiotika und Antimykotika) zu verstehen.

4.3 Chemische Stoffe

4.3.1 Dampfdruck

Dampfdruck ist die Bezeichnung für denjenigen Druck, den ein mit seiner Flüssigkeit im Gleichgewicht befindlicher Dampf auf die ihn umschließenden Wände eines geschlossenen Behälters ausübt.

Der Dampfdruck ist allein von der Temperatur abhängig und steigt mit dieser an. Verkleinert oder vergrößert man den Raum, der dem Dampf zur Verfügung steht, so bleibt (solange noch Flüssigkeit vorhanden ist) der Dampfdruck bei einer bestimmten Temperatur unverändert, denn beim Verkleinern des Raumes wird ein Teil des Dampfes einer Flüssigkeit wieder in diese umgewandelt, beim Vergrößern des Raumes verdampfen dagegen weitere Flüssigkeitsmengen.

Bei einer offenen Flüssigkeit ist der maximale Dampfdruck gleich dem Umgebungsdruck. Am Siedepunkt beträgt der Dampfdruck 1013 mbar.

4.3.2 Kritische Temperatur

Die kritische Temperatur eines Stoffes ist die höchste Temperatur, bei der dieser Stoff verflüssigt werden kann. Oberhalb dieser Temperatur ist eine Verflüssigung auch bei Aufbringen von noch so viel Druck nicht möglich.

An diesem Punkt ist auch die Unterscheidung von Flüssigkeit und Gas nicht mehr möglich, beide haben die gleiche Dichte.

Bei Überschreitung der kritischen Temperatur steigt in Druckbehältern der Innendruck rapide an.

4.3.3 Luftgrenzwerte

Um die Gefährlichkeit von Gasen, Dämpfen oder Schwebstoffen in der Atmosphäre abzuschätzen, vergleicht man die Messwerte mit Luftgrenzwerten, die in Nachschlagewerken angegeben werden.

4.3.3.1 AEGL-Werte

AEGL-Werte sind Spitzenkonzentrationswerte von Gefahrstoffen, die zur Abschätzung der Auswirkungen einer Exposition der Allgemeinbevölkerung gegen Chemikalien bei Störfällen dienen. Derzeit werden für fünf verschiedene Expositionsdauern (10 Minuten, 30 Minuten, 1 Stunde, 4 Stunden, 8 Stunden) jeweils drei Werte unterschieden, die nach Effektschwere abgestuft werden. Das ergibt für einen Gefahrstoff 15 verschiedene AEGL-Werte. Während z. B. Lebensmittel- oder Arbeitsplatzgrenzwerte die Benennung einer Konzentration zum Ziel haben, bei der keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen mehr zu erwarten sind, beschreiben AEGL-Werte nach den definierten Expositionsdauern bestimmte Schweregrade von Gesundheitseffekten. Sie beziehen sich auf die Allgemeinbevölkerung und schließen somit auch empfindliche Personengruppen ein. Nicht eingeschlossen werden jedoch extrem empfindliche Einzelpersonen.

AEGL-2 (4h) ist die luftgetragene Stoffkonzentration bei einer Aufenthaltsdauer von 4 Stunden, ab der vorhergesagt wird, dass die Allgemeinbevölkerung irreversible oder andere schwerwiegende, lang andauernde Gesundheitseffekte erleiden kann oder bei der die Fähigkeit zur Flucht beeinträchtigt sein kann.

4.3.3.2 Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)

Der AGW ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei wiederholter und langfristiger, in der Regel täglich achtstündiger Exposition, jedoch bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden, im Allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und auch nicht unangemessen belästigt.

Der AGW ersetzt seit 2005 die bis dahin gebräuchlichen MAK- und TRK-Werte.

4.3.3.3 ERPG-2

Der ERPG-2 Wert beschreibt die maximale luftgetragene Konzentration, unterhalb derer angenommen wird, dass Individuen dieser 1 Stunde ausgesetzt werden können, ohne dass ihnen irreversible oder andere gravierende Gesundheitseffekte widerfahren, die ihre Fähigkeit beeinträchtigen können, Schutzmaßnahmen zu ergreifen.

4.3.3.4 Geruchsschwelle

Die Geruchsschwelle beschreibt die kleinste Konzentration eines Stoffes, die von den meisten Menschen über den Geruchssinn wahrgenommen wird. Die Geruchsschwelle ist kein absoluter Wert, sondern variiert von Mensch zu Mensch. Sie kann sogar bei ein und derselben Person zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlich sein. Achtung: Der Geruch von gefährlichen Gasen und Dämpfen kann durch andere Gerüche überlagert werden und verschiedene Dämpfe können die Geruchsnerve ermüden.

4.3.3.5 IDLH-Wert

Toxizitätsangabe; Immediately Dangerous to Life and Health: Toxizitätswert, Fluchtwert, der innerhalb von 30 Minuten noch nicht zu irreversiblen Schäden führt.

4.3.4 Mischbarkeit mit Wasser

Der Begriff „Mischbarkeit mit Wasser“ kennzeichnet in Nachschlagewerken (z. B. Hommel) die Fähigkeit eines Stoffes zur Lösung bzw. Vermischung mit Wasser. Für den jeweils angegebenen Stoff ist die Wasserlöslichkeit durch folgende Begriffe beschrieben:

Sehr geringfügig	=	weniger als 0,1 %
Geringfügig	=	0,1 - 1,0 %
Mäßig	=	1 – 10 %
Teilweise	=	mehr als 10 %
Vollständig	=	100 % (bei allen Mischungsverhältnissen)

(% = Gewichtsprozent)

Vollständig in Wasser löslich sind z. B. Methanol, Ethanol, Propanol, Acrylsäure, Essigsäure etc. Bei vollständig wasserlöslichen brennbaren Flüssigkeiten bestimmt der Verdünnungsgrad die Eigenschaften der Lösung wie z. B. eine Verringerung des Flammpunktes bis hin zu dessen Ausbleiben.

4.3.5 Molare Masse

Die Molare Masse (Molekulargewicht) wird in vielen Nachschlagewerken (wie z. B. Hommel) als Verhältniszahl verstanden, die angibt, wie groß die Masse eines Moleküls im Verhältnis zum 12. Teil derjenigen eines Atoms des Kohlenstoff-Isotops 12 ist. Sie entspricht der Summe der Atomgewichte von allen am Aufbau des jeweiligen Moleküls beteiligten Atomen. (Wissenschaftlich korrekt wird die Molare Masse in der Einheit g/mol angegeben.)

4.3.6 Spezifisches Gewicht

Das spezifische Gewicht ist das Verhältnis der Masse eines Stoffes zur Masse einer gleichen Menge Wasser. Im Fall einer begrenzten Mischbarkeit mit Wasser zeigt das spezifische Gewicht bei Werten unter 1, dass der Stoff auf der Wasseroberfläche schwimmt, bei Werten über 1, dass er absinkt.

Die Angabe des spezifischen Gewichts findet sich häufig in der Gefahrgutliteratur. Alternativ kann natürlich auch die Dichte angegeben werden.

5 Anhang: Kurzdefinitionen von stoffspezifischen Werten

Tab. 18: Stoffspezifische Werte am Beispiel von Hexan

Begriffe	Erklärung	Einheit	Beispiel Hexan
Siedepunkt (Kochpunkt)	Der Siedepunkt ist die Temperatur, bei der eine Flüssigkeit den Dampfdruck von 1013 mbar (1013 Hektopascal, hpa) erreicht und in der gasförmigen Zustand übergeht. Mit fallendem Luftdruck sinkt der Siedepunkt.	Grad Celsius (°C)	69 °C
Dampfdruck (Sättigungsdruck)	Ist der Druck des Dampfes, bei dem sich die Flüssigkeit und der Dampf bei einer vorgegebenen Temperatur in einem geschlossenen System im Gleichgewichtszustand befinden	Gemessen in mbar; beim Transport von Gasen wird der Wert in bar angegeben; 1 bar = 1000 mbar	160 mbar
Relative Gasdichte	Die relative Dichte eines Gases, bezogen auf Luft, ist eine Verhältniszahl, die angibt, wievielfach das Gas ist als Luft, bei gleicher Temperatur und gleichem Druck	Die Luft hat den Wert 1. (29 g/mol) Werte über 1 (größer als 29 g/mol) bedeuten, dass das Gas absinkt bzw. sich am Boden oder über der Wasseroberfläche entlangwälzt. Werte unter 1 (kleiner 29 g/mol) bedeuten, dass das Gas aufsteigt.	--- (nur für Gase)
Dampf-Dichte-Verhältnis (relative Dampf-dichte)	Das Dampf-Dichte-Verhältnis ist die relative Dichte eines Dampfes (ohne das Vorhandensein von Luft), verglichen mit einer gleichen Menge Luft.	Die Luft hat den Wert 1 (29 g/mol). Werte über 1 (größer als 29 g/mol) bedeuten, dass der Dampf absinkt bzw. sich am Boden entlangwälzt. Werte unter 1 (kleiner 29g/mol) bedeuten, dass der Dampf aufsteigt.	2,97

Begriffe	Erklärung	Einheit	Beispiel Hexan
Schmelzpunkt	Ist die Temperatur, bei der ein Stoff vom festen in den flüssigen (Erwärmung) bzw. vom flüssigen in den festen Aggregatzustand (Abkühlung) übergeht.	Grad Celsius (°C)	- 95 °C
Spezifisches Gewicht	Ist das Verhältnis eines Stoffes zum Gewicht einer gleichen Menge Wasser.	Wasser hat bei 4 °C das spezifische Gewicht 1. Im Falle einer begrenzten Mischbarkeit mit Wasser zeigt das spezifische Gewicht bei Werten unter 1 an, dass der Stoff auf der Wasseroberfläche schwimmt, bei Werten über 1, dass er absinkt.	0,66
Summenformel	Gibt die Art und Anzahl der einzelnen im Molekül befindlichen Atome an.		C ₆ H ₁₄
Molare Masse (früher: Molekulargewicht)	Entspricht der Summe der Atomgewichte von allen am Aufbau des jeweiligen Moleküls beteiligten Atomen, bezogen auf die Anzahl Moleküle in einem Mol.	Gramm/mol	86,18 g/mol
Relative Dichte der an Dampf gesättigten Luft (relative Dichte Dampf-Luft-Gemisch)	Die relative Dichte der an Dampf gesättigten Luft, bezogen auf Luft, ist eine Verhältniszahl, die angibt, wievielfach schwerer das gesättigte Dampf-Luft-Gemisch ist als Luft bei gleicher Temperatur.	Gemische, die sich gleich verhalten wie Luft, haben den Wert 1. Werte über 1 bedeuten, dass das Dampf-Luft-Gemisch schwerer ist als Luft und absinkt. Werte unter 1 bedeuten, dass das Dampf-Luft-Gemisch leichter ist als Luft und aufsteigt.	1,33

Begriffe	Erklärung	Einheit	Beispiel Hexan
Relative Dichte (zu Wasser)	Ist das Gewicht eines Stoffes zum Gewicht einer gleichen Menge Wasser.	Sofern der Stoff nicht wasserlöslich ist und der Wert kleiner 1 ist, schwimmt der Stoff auf Wasser, ist der Wert größer 1, sinkt der Stoff in Wasser ab.	0,66
Flammpunkt	Der Flammpunkt eines Stoffes ist die niedrigste Temperatur, bei der sich über einem Stoff ein zündfähiges Gas-Luft-Gemisch bilden kann (Luftdruck von 1013 mbar). Mithilfe einer Zündquelle ist dieses Gemisch entzündbar. Beim Entfernen der Zündquelle erlischt das Feuer sofort.	Grad Celsius (°C)	- 22 °C
Brennpunkt	Der Brennpunkt eines Stoffes ist die niedrigste Temperatur, bei der sich über einem Stoff ein Gas-Luft-Gemisch bildet, das nach dem Entzünden mit einer Zündquelle selbstständig weiter brennt.	Grad Celsius (°C)	- 4 °C
Zündpunkt Zündtemperatur (Selbstentzündungstemperatur)	Der Zündpunkt eines Stoffes ist die niedrigste Temperatur, bei der sich über einem Stoff ein Gas-Luft-Gemisch bildet, das sich von selbst entzünden kann.	Grad Celsius (°C)	233 °C

Begriffe	Erklärung	Einheit	Beispiel Hexan
Untere Explosionsgrenze (UEG)	Niedrigste Konzentration des betreffenden Gemischs von Gasen in der Luft, bei der sich gerade noch eine Explosion entwickeln kann.	Vol.-%	1,0 Vol.-%
Obere Explosionsgrenze (OEG)	Höchste Konzentration des betreffenden Gemischs von Gasen in der Luft, bei der sich noch eine Explosion ereignen kann. Bei einer Konzentration darüber ist das Gemisch zu fett, ein Brennen kann sich nach dem Entzünden nicht mehr selbstständig fortsetzen.	Vol.-%	8,1 Vol.-%

6 Literaturverzeichnis

ADR. (01. 01 2023). *Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße.*

DIN e.V. (Hrsg.). (Januar 2018). DIN 14011:2018-01. *Feuerwehrwesen - Begriffe.* Berlin: Beuth Verlag.

Feuerwehr Koordination Schweiz FKS. (15. 11 2019). *Handbuch für ABC-Einsätze(1.1).*

7 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Beispiel für einen Alpha-Zerfall.....	5
Abb. 2: Beispiel für einen Beta-Zerfall	5
Abb. 3: Beta-Zerfall.....	6
Abb. 4: Beispiel für eine Gamma-Emission.....	6
Abb. 5: Gamma-Emission	6
Abb. 6: Unterschied Dosis und Dosisleistung im Vergleich mit dem Autofahren	8
Abb. 7: Unterschied Dosis und Dosisleistung im Vergleich mit dem Befüllen eines Wasserbeckens	9
Abb. 8: Gleitschattenkassetten	9
Abb. 9: OSL-Dosimeter.....	9
Abb. 10: Dosiswarngeräte I.....	10
Abb. 11: Dosiswarngeräte II.....	10
Abb. 12: Gefahrzettel 7A.....	11
Abb. 13: Gefahrzettel 7 B.....	11
Abb. 14: Gefahrzettel 7 C	11
Abb. 15: Gefahrzettel Nr. 7C.....	12
Abb. 16: Charakteristische Eigenschaften von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen	20
Abb. 17: Änderung der Aggregatzustände.....	21
Abb. 18: Ausbreitungsverhalten von Gasen und Dämpfen	23
Abb. 19: Experimentelle Bestimmung des Flammpunktes.....	24
Abb. 20: Experimentelle Bestimmung der Zündtemperatur	25
Abb. 21: Explosionsgrenzen am Beispiel Methan.....	26
Abb. 22: Der pH-Wert	27
Abb. 23: Gefahrendiamant.....	29

8 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Eigenschaften der Strahlenarten	7
Tab. 2: Gefährdungseinschätzung atomare Stoffe	10
Tab. 3: Transportkennzeichnung	12
Tab. 4: Gefährdung durch Biologische Arbeitsstoffe.....	14
Tab. 5: Infektionskrankheiten, aufgelistet nach Erregern	15
Tab. 6: Risikogruppeneinteilung	16
Tab. 7: Einteilung in Feuerwehrgefahrengruppen.....	17
Tab. 8: Massenzahlen ausgewählter Atome	22
Tab. 9: Änderung des Flammpunktes von Ethanol/Wasser-Gemischen.....	24
Tab. 10: Temperaturklassen	25
Tab. 11: Explosionsbereiche - Beispiele.....	26
Tab. 12: pH-Werte - Beispiele.....	27
Tab. 13: Messgrößen im Feuerwehreinsatz.....	28
Tab. 14: Blaues Feld im Gefahrendiamant	30
Tab. 15: Rotes Feld im Gefahrendiamant	30
Tab. 16: Gelbes Feld im Gefahrendiamant	30
Tab. 17: Weißes Feld im Gefahrendiamant	31
Tab. 18: Stoffspezifische Werte am Beispiel von Hexan.....	36