



**IFA Report 3/2017**

**Grenzwerteliste 2017**

**Sicherheit und Gesundheitsschutz  
am Arbeitsplatz**

**IFA Report 3/2017**

## **Grenzwerteliste 2017**

**Sicherheit und Gesundheitsschutz  
am Arbeitsplatz**

Verfasst von: Chemische Einwirkungen:  
Wolfgang Pflaumbaum, Nadja von Hahn

Biologische Einwirkungen:  
Annette Kolk

Physikalische Einwirkungen:  
Martin Liedtke, Jörg Rissler, Uwe Kaulbars, Thomas von der Heyden, Nadja von Hahn,  
Detlef Schwaß, Marc Wittlich, Helmut Zilligen, Markus Post, Olaf Mewes

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),  
Sankt Augustin

Verantwortlich für die  
Zusammenstellung: Wolfgang Pflaumbaum, Institut für Arbeitsschutz  
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin

Broschürenversand: [bestellung@dguv.de](mailto:bestellung@dguv.de)

Publikationsdatenbank: [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)  
Glinkastr. 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 288 7638 00  
Telefax: 030 288 76 38 08  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
— Juni 2017 —

Satz und Layout: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., Berlin

Druck: DCM – Druckcenter Meckenheim

Titelbild: © Juice Images – fotolia

ISBN (print): 978-3-86423-187-2  
ISBN (online): 978-3-86423-188-9  
ISSN: 0173-0387

## Kurzfassung

### Grenzwerteliste 2017

Das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) hat in der „Grenzwerteliste 2017“ die wichtigsten Grenzwerte zu chemischen, biologischen und physikalischen Einwirkungen zusammengestellt, die für die Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz von Bedeutung sind. Die Grenzwerteliste enthält die Gefahrstoffgrenzwerte (Arbeitsplatzgrenzwert – AGW – und Biologische Grenzwerte – BGW –) aus der TRGS 900 und 903 sowie die Einstufungen der TRGS 905 in einer Tabelle zusammengefasst sowie Grenzwerte und Beurteilungswerte für Innenräume, Lärm, Vibration, thermische Belastungen, Strahlung, Elektrizität, biomechanische Belastungen und Hinweise zu biologischen Einwirkungen.

## Abstract

### Limit Value List 2017

The „2017 List of Limit Values“ issued by the Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (IFA) contains the most important limit values for chemical, biological and physical agents which have an impact on health and safety in the workplace. The list contains a table of the limit values for hazardous substances (occupational exposure limit value [AGW] and biological limit value [BGW]) from the following points in the technical code of practice on hazardous substances (TRGS) TRGS 900, TRGS 903 „biological limit value“ and also the classifications of TRGS 905. Also included are limit values for indoor air, noise, vibration, thermal stress tolerance, radiation, electricity, biomechanical stress tolerance and notes on the effects of biological agents.

## Résumé

### Liste des valeurs-limites 2017

Dans sa «Liste des valeurs limites 2017» l'Institut de sécurité du travail de l'assurance sociale allemande des accidents de travail et maladies professionnelles (IFA) a établi les principales valeurs limites pour les actions chimiques, biologiques et physiques qui revêtent de l'importance pour la sécurité et la santé sur les emplacements de travail. La liste des valeurs limites regroupe dans un tableau les valeurs limites pour substances dangereuses (AGW, valeur limite d'exposition professionnelle, et BGW, valeur limite biologique) issues de la TRGS\* 900 et TRGS 903 ainsi que les classements de la TRGS 905 ainsi que les valeurs limites pour l'air intérieur, les bruits, les vibrations, les sollicitations thermiques, le rayonnement, l'électricité, les sollicitations biomécaniques et les remarques sur les actions biologiques.

---

\* TRGS signifie Règlements techniques pour les substances dangereuses

## Resumen

### Lista de valores limit 2017

El Instituto de Seguro Social Alemán de Seguridad y Salud Ocupacional (IFA) ha reunido en la «Lista de valores máximos 2017» los valores máximos más significativos respecto de los efectos químicos, biológicos y físicos, de importancia para la higiene y seguridad del trabajo. La lista de valores máximos contiene una enumeración resumida de los valores máximos de sustancias nocivas (AGW [valor límite de exposición profesional] y BGW [valor límite biológico]) de TRGS 900\* y TRGS 903 así como las clasificaciones de TRGS 905 así como los valores máximos para espacios interiores, ruido, vibraciones, agentes térmicos, radiación, electricidad, agentes biomecánicos y advertencias acerca de los efectos biológicos.

---

\* TRGS: Normas técnicas para sustancias nocivas

# Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>Einleitung</b> .....	<b>9</b>
<b>Chemische Einwirkungen</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Gefahrstoffgrenzwerte (AGW, BGW)</b> .....	<b>11</b>
1.1 Gefahrstoffliste mit Vorbemerkungen .....	11
1.2 Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen sowie verbindliche EU-Grenzwerte .....	116
1.3 Biologische Grenzwerte (BGW) .....	117
1.4 Besondere Stoffgruppen .....	120
<b>2 Gefahrstoffe in Innenräumen und in der Außenluft</b> .....	<b>123</b>
2.1 Einführung und Erläuterungen .....	123
2.2 Tabelle der Beurteilungswerte der Gefahrstoffexposition in der Außen- und Innenluft .....	125
2.3 Spezielle Beurteilungswerte und Indikatoren für Innenraumarbeitsplätze .....	136
2.3.1 Kohlendioxid.....	136
2.3.2 Flüchtige organische Verbindungen.....	136
2.3.3 Stäube.....	142
2.4 Literatur.....	142
<b>Biologische Einwirkungen</b> .....	<b>145</b>
<b>1 Einführung und Erläuterungen</b> .....	<b>145</b>
<b>2 Kontrollwertkonzept</b> .....	<b>146</b>
2.1 Technischer Kontrollwert .....	146
2.2 Messstrategie/Messverfahren .....	147
2.3 Schwankungsbreite von Messergebnissen .....	147
2.4 Glossar .....	148
<b>3 Grenzwerte</b> .....	<b>148</b>
3.1 Technischer Kontrollwert für biologische und andere Abfallbehandlungsanlagen .....	148
3.2 Endotoxine .....	149
3.3 Luftbefeuchtungseinrichtungen.....	149
3.4 Innenräume .....	149
<b>4 Literatur</b> .....	<b>151</b>
<b>Physikalische Einwirkungen</b> .....	<b>155</b>
<b>1 Lärm</b> .....	<b>155</b>
1.1 Einführung und Erläuterungen .....	155
1.1.1 Gehörgefährdung.....	155
1.1.2 Extraaurale Lärmwirkungen .....	155
1.1.3 Unfallgefahren .....	155
1.2 Auslösewerte und maximal zulässige Expositionswerte .....	156
1.2.1 Gehörgefährdung.....	156
1.2.2 Extraaurale Lärmwirkungen .....	156
1.2.3 Unfallgefahren .....	157
1.3 Literatur.....	157

<b>2</b>	<b>Vibrationen</b>	<b>158</b>
2.1	Einführung und Erläuterung relevanter Grenzwerte in Normen und Verordnungen	158
2.2	Bestimmung von A(8)	159
2.2.1	Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung für Hand-Arm-Schwingungen	159
2.2.2	Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung für Ganzkörperschwingungen	159
2.3	Richtwertkurven für die Prävention	160
2.3.1	Richtwertkurve Hand-Arm-Schwingungen	160
2.3.2	Richtwertkurve Ganzkörper-Schwingungen	160
2.4	Einfaches Verfahren zur Gefährdungsanalyse	161
2.4.1	Punktwerte für Hand-Arm-Schwingungen	161
2.4.2	Punktwerte für Ganzkörper-Schwingungen	161
2.5	Literatur	165
<b>3</b>	<b>Thermische Belastungen</b>	<b>167</b>
3.1	Klimatische Belastungen	167
3.1.1	Erläuterungen	167
3.1.2	Klimabereiche und Grenzbetrachtungen	167
3.1.3	Klimabewertung	167
3.1.3.1	Behaglichkeitsbereich	167
3.1.3.2	Kältebereich	169
3.1.3.3	Warmbereich	169
3.1.3.4	Hitzebereich	169
3.1.4	Literatur	172
3.2	Berührungen heißer Oberflächen	173
3.2.1	Erläuterungen	173
3.2.2	Grenzwerte	173
3.2.3	Empfehlungen	173
3.2.4	Literatur	173
3.3	Berührungen kalter Oberflächen	173
3.3.1	Erläuterungen	173
3.3.2	Grenzwerte	173
3.3.3	Empfehlungen	174
3.3.4	Literatur	174
<b>4</b>	<b>Strahlung</b>	<b>175</b>
4.1	Ionisierende Strahlung	175
4.1.1	Erläuterungen	175
4.1.2	Grenzwerte	175
4.1.3	Literatur	179
4.2	Inkohärente optische Strahlung (ultraviolette, sichtbare und infrarote Strahlung)	180
4.2.1	Erläuterungen	180
4.2.2	Ultraviolette Strahlung	180
4.2.2.1	Wirkungen	180
4.2.2.2	Grenzwerte	180
4.2.2.3	Messung und Bewertung von UV-Strahlenexpositionen	182
4.2.3	Sichtbare und Infrarot-Strahlung	182
4.2.3.1	Wirkungen	182
4.2.3.2	Grenzwerte	182
4.2.3.3	Messung und Bewertung von sichtbarer und infraroter Strahlung	184
4.2.4	Literatur	184
4.3	Laserstrahlung	185
4.3.1	Erläuterungen	185
4.3.2	Wirkungen	185
4.3.3	Grenzwerte	185
4.3.4	Weitere Hilfen	190
4.3.5	Empfehlungen	190
4.3.6	Literatur	190
4.4	Elektromagnetische Felder	191
4.4.1	Erläuterungen	191

4.4.2	Grenzwerte .....	191
4.4.3	Literatur .....	191
4.4.4	Zulässige Werte nach DGUV Vorschrift 15 .....	191
<b>5</b>	<b>Elektrizität .....</b>	<b>200</b>
5.1	Einführung und Erläuterungen .....	200
5.2	Grenzwerte .....	200
5.3	Empfehlungen .....	200
5.4	Literatur .....	200
<b>6</b>	<b>Biomechanische Belastungen .....</b>	<b>201</b>
6.1	Heben und Tragen von Lasten .....	201
6.1.1	Einführung und Erläuterungen .....	201
6.1.2	Richtwerte .....	201
6.1.3	Literatur .....	202
6.2	Quetschen von Körperteilen .....	202
6.2.1	Einführung und Erläuterungen .....	202
6.2.2	Grenzwerte .....	202
6.2.3	Literatur .....	204





# Einleitung

In diesem Report sind die für Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz wichtigsten Grenzwerte für chemische, biologische und physikalische Einwirkungen auf Personen zusammengestellt. Damit wird allen mit dem Arbeitsschutz Befassten ein einfaches Hilfsmittel an die Hand gegeben, um die am Arbeitsplatz festgestellten Belastungen im Sinne der EU-Richtlinie 89/391/EWG und des Arbeitsschutzgesetzes zu bewerten. Insbesondere Klein- und Mittelbetriebe, die erfahrungsgemäß große Schwierigkeiten haben, alle für sie relevanten Informationen über Arbeitsplatzgrenzwerte verfügbar zu haben, werden die hier zusammengetragenen Informationen als nützliches Kompendium verwenden können.

Aufgenommen sind solche Grenzwerte, die im staatlichen Vorschriften- und Regelwerk niedergelegt sind. Existieren für bestimmte Einwirkungen lediglich Angaben in Normen bzw. als arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse oder Veröffentlichungen ausländischer Institutionen, so sind diese mit einer entsprechenden Bemerkung zitiert, um dem Leser eine Orientierung zu geben.

Die im November 2016 veröffentlichte Gefahrstoffliste des IFA (IFA Report 1/2016) enthält weitergehende Informationen zum Sachgebiet „Gefahrstoffe“, insbesondere Daten zur Einstufung und Kennzeichnung sowie Hinweise auf das Regelwerk und zu Messverfahren.

Das Kapitel „Chemische Einwirkungen“ in diesem Report ist in zwei Abschnitte unterteilt:

- Der Abschnitt „Gefahrstoffgrenzwerte“ enthält die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) und Biologischen Grenzwerte (BGW) einschließlich der Anfang 2017 veröffentlichten Änderungen.

- Der Abschnitt „Gefahrstoffe in Innenräumen und in der Außenluft“ enthält Grenzwerte und Empfehlungen für die Innen- und Außenluft.

Im Kapitel „Biologische Einwirkungen“ wird wegen des Verzichts auf Grenzwerte für den Arbeitsplatz insbesondere auf die Grundzüge einer Arbeitsplatzbeurteilung eingegangen.

Das Kapitel „Physikalische Einwirkungen“ bietet zu folgenden Bereichen Grenzwerte und Erläuterungen:

- Lärm
- Vibration
- Thermische Belastungen
- Strahlung
- Elektrizität
- Biomechanische Belastungen (Heben und Tragen von Lasten)

Besonderer Wert wurde auf Vollständigkeit und korrekte Wiedergabe der Daten gelegt. Dennoch kann bei dem Umfang des Datenmaterials nicht ausgeschlossen werden, dass sich Fehler eingeschlichen haben. Die Autoren sind für entsprechende Hinweise dankbar.



# Chemische Einwirkungen

## 1 Gefahrstoffgrenzwerte (Luftgrenzwerte, Biologische Grenzwerte)

### 1.1 Gefahrstoffliste mit Vorbemerkungen

Die Stoffliste (siehe Seite 19 ff.) enthält Hinweise zu Arbeitsplatzgrenzwerten (AGW), Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen, Beurteilungsmaßstäben aus technischen Regeln und Biologischen Grenzwerten (BGW) sowie zur Einstufung und Gefahr der Sensibilisierung bzw. Hautresorption. Detaillierte Informationen zum Inhalt der einzelnen Spalten gibt der Vorspann.

Die Angaben wurden folgenden Veröffentlichungen entnommen:

- Anhang VI der GHS(CLP)-Verordnung 1272/2008 Stand: Verordnung (EU) Nr. 2016/1179
- TRGS 906 „Verzeichnis krebserzeugender Tätigkeiten oder Verfahren nach § 3 Abs. 2 Nr. 3 GefStoffV“
- TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe“
- TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“
- TRGS 903 „Biologische Grenzwerte“
- TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“
- 52. Mitteilung der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK- und BAT-Werte-Liste 2016), Wiley-VCH, Weinheim, 2016

#### Erläuterungen zur Liste

##### Spalte 1 – Stoffidentität

Mit „\*“ gekennzeichnete Stoffe weisen auf einen neuen Arbeitsplatzgrenzwert oder auf Veränderungen bei der Einstufung (Spalte 2 bis 4) und/oder den Biologischen Grenzwerten hin.

Als zusätzliches Hilfsmittel zur Identifizierung der Stoffe werden folgende Registriernummern in der Liste angegeben:

- [CAS-Nummer] (Registriernummer des Chemical Abstract Service)
- und unter der EG-Nummer die
  - EINECS-Nummer (Registriernummer der European Inventory of Existing Chemical Commercial Substances) bzw.
  - ELINCS-Nummer (Registriernummer der European List of New Chemical Substances)

#### Einstufung/Bewertung

In den Spalten 2 bis 5 wird die Einstufung oder Bewertung von Stoffen nach der GHS(CLP)-Verordnung 1272/2008, Anhang VI, bzw. der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 905 wiedergegeben.

Die Spalten 2 bis 4 enthalten sowohl die Einstufungen als krebserzeugend (K), keimzellmutagen (M) oder reproduktionstoxisch (R) nach Anhang VI der GHS-Verordnung als auch die Bewertungen nach TRGS 905. Die Einstufungen nach Anhang VI der GHS-Verordnung werden in Normalschrift dargestellt. Die nationalen Bewertungen nach TRGS 905 sind durch **Fettdruck** hervorgehoben. Sofern der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) nach Prüfung der Datenlage keine Einordnung in die Kategorien 1A bis 2 vornehmen konnte, wird dies durch einen Strich (–) gekennzeichnet.

Bei einigen Stoffen finden sich in Spalte 2, 3 oder 4 zwei Eintragungen: z. B. Bromethan **1B** und 2. Hierbei gilt die normal gedruckte Eintragung (Legaleinstufung) für das Inverkehrbringen von Gefahrstoffen (EU-Einstufung), während die fett gedruckte nationale Bewertung (Kat. 1B) für Tätigkeiten mit diesem Gefahrstoff gilt (TRGS 905). Das heißt, für Tätigkeiten mit diesem Gefahrstoff gelten in diesem Fall die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung (GefStoff V) für krebserzeugende und keimzellmutagene Stoffe der Kategorie 1A oder 1B. Im Sicherheitsdatenblatt ist auf die Wirkung der Stoffe nach TRGS 905 hinzuweisen (§ 5 Abs. 2 GefStoff V).

Ein komplettes, ständig aktualisiertes Verzeichnis der krebserzeugenden, keimzellmutagene oder reproduktionstoxischen Stoffe ist auf den Internetseiten des IFA unter <http://www.dguv.de/ifa> (Webcode d4754) einzusehen.

#### Spalte 2 – Karzinogen (krebserzeugend)

##### Kategorie 1

Stoffe, die bekanntermaßen oder wahrscheinlich beim Menschen karzinogen sind.

##### K 1A

Stoffe, die bekanntermaßen beim Menschen karzinogen sind; die Einstufung erfolgt überwiegend aufgrund von Nachweisen beim Menschen (H350 „Kann Krebs erzeugen“)

##### K 1A i

(H350i „Kann beim Einatmen Krebs erzeugen“).

##### K 1B

Stoffe, die wahrscheinlich beim Menschen karzinogen sind; die Einstufung erfolgt überwiegend aufgrund von Nachweisen bei Tieren (H350).

##### K 1B i

(H350i „Kann beim Einatmen Krebs erzeugen“).

K 2

Verdacht auf karzinogene Wirkung beim Menschen  
Die Einstufung eines Stoffes in Kategorie 2 erfolgt aufgrund von Nachweisen aus Studien an Mensch und/oder Tier, die jedoch nicht hinreichend genug für eine Einstufung des Stoffes in Kategorie 1A oder 1B sind, anhand der Aussagekraft der Nachweise und zusätzlicher Hinweise. Solche Nachweise können entweder aus Studien beim Menschen, die einen Verdacht auf karzinogene Wirkung begründen, oder aus Tierstudien, die einen Verdacht auf karzinogene Wirkungen ergeben, stammen.  
(H351 „Kann vermutlich Krebs erzeugen“).

*Spalte 3 – Keimzellmutagen (erbgutverändernd)*

Kategorie 1

Stoffe, die bekanntermaßen vererbare Mutationen verursachen oder die so angesehen werden sollten, als wenn sie vererbare Mutationen an menschlichen Keimzellen auslösen. Stoffe, die bekanntermaßen vererbare Mutationen in Keimzellen von Menschen verursachen.

M 1A

Die Einstufung in die Kategorie 1A beruht auf positiven Befunden aus epidemiologischen Studien an Menschen. Stoffe, die so angesehen werden sollten, als wenn sie vererbare Mutationen an menschlichen Keimzellen auslösen.  
(H340 „Kann genetische Defekte verursachen“).

M 1B

Die Einstufung in Kategorie 1B beruht auf

- positiven Befunden von In-vivo-Prüfungen auf vererbare Keimzellmutagenität bei Säugern oder
- positiven Befunden von In-vivo-Mutagenitätsprüfungen an Somazellen von Säugern in Verbindung mit Hinweisen darauf, dass der Stoff das Potenzial hat, an Keimzellen Mutationen zu verursachen. Diese unterstützenden Nachweise können sich beispielsweise aus In-vivo-Mutagenitäts-/Genotoxizitätsprüfungen an Keimzellen ergeben oder aus dem Aufzeigen der Fähigkeit des Stoffes oder seines/seiner Metaboliten, mit dem genetischen Material von Keimzellen zu interagieren, oder
- positiven Befunden von Prüfungen, die mutagene Wirkungen an Keimzellen von Menschen zeigen, allerdings ohne Nachweis der Weitergabe an die Nachkommen; dazu gehört beispielsweise eine Zunahme der Aneuploidierate in Spermien exponierter Personen (H340).

M 2

Stoffe, die für Menschen bedenklich sind, weil sie möglicherweise vererbare Mutationen in Keimzellen von Menschen auslösen können.

Einstufungen in Kategorie 2 beruhen auf

- positiven Befunden bei Versuchen an Säugern und/oder
- in manchen Fällen aus In-vitro-Versuchen, die erhalten wurden aus

– In-vivo-Mutagenitätsprüfungen an Somazellen von Säugern oder

– anderen In-vivo-Genotoxizitätsprüfungen an Somazellen, die durch positive Befunde aus In-vitro-Mutagenitätsprüfungen gestützt werden

(H341 „Kann vermutlich genetische Defekte verursachen“).

*Spalte 4 – Reproduktionstoxisch (fortpflanzungsgefährdend)*

Kategorie 1

Bekanntermaßen oder wahrscheinlich reproduktionstoxischer Stoff

RD 1A/RF 1A

Bekanntermaßen reproduktionstoxischer Stoff

Die Einstufung eines Stoffes in die Kategorie 1A beruht weitgehend auf Befunden vom Menschen.

(RD: H360D „Kann das Kind im Mutterleib schädigen“ und/oder RF: H360F „Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen“).

RD 1B/RF 1B

Wahrscheinlich reproduktionstoxischer Stoff

Die Einstufung eines Stoffes in die Kategorie 1B beruht weitgehend auf Daten aus Tierstudien. Solche Daten müssen deutliche Nachweise für eine Beeinträchtigung der Sexualfunktion und Fruchtbarkeit sowie der Entwicklung bei Fehlen anderer toxischer Wirkungen ergeben. Falls sie zusammen mit anderen toxischen Wirkungen auftreten, darf die Beeinträchtigung der Fortpflanzung nicht als sekundäre unspezifische Folge anderer toxischer Wirkungen gelten. Liegen jedoch Informationen zum Wirkmechanismus vor, die die Relevanz der Wirkungen beim Menschen infrage stellen, kann die Einstufung in Kategorie 2 geeigneter erscheinen (H360F und/oder H360D).

RD 2/RF 2

Vermutlich reproduktionstoxischer Stoff

Stoffe werden dann als reproduktionstoxisch der Kategorie 2 eingestuft, wenn – eventuell durch weitere Informationen ergänzte – Befunde beim Menschen oder bei Versuchstieren vorliegen, die eine Beeinträchtigung der Sexualfunktion und Fruchtbarkeit oder der Entwicklung nachweisen, diese Nachweise aber nicht stichhaltig genug für eine Einstufung des Stoffes in Kategorie 1 sind. Falls Mängel der Studie die Stichhaltigkeit der Nachweise mindern, könnte eine Einstufung in die Kategorie 2 geeigneter sein. Solche Wirkungen müssen bei Fehlen anderer toxischer Wirkungen beobachtet worden sein. Treten sie aber zusammen mit anderen toxischen Wirkungen auf, darf die Beeinträchtigung der Fortpflanzung nicht als sekundäre unspezifische Folge anderer toxischer Wirkungen gelten.

(RD: H361d „Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen“ und/oder RF: H361f „Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen“).

*Spalte 5 – Sensibilisierende Stoffe (S)*

Sensibilisierungen der Haut und/oder der Atemwege können durch viele Stoffe ausgelöst werden. Wiederholter Kontakt kann zu allergischen Erkrankungen führen. Die Einhaltung der Luftgrenzwerte gibt keine Sicherheit gegen das Auftreten allergischer Reaktionen. Mit „S“ ausgewiesen werden alle Stoffe, die nach den EU-Kriterien als sensibilisierend (H317,

H334) angesehen werden müssen (TRGS 900, 907 und GHS-Verordnung). Bei sensibilisierenden Stoffen sind zusätzlich die TRGS 401 und 406 zu beachten.

Sa = Sensibilisierung der Atemwege

Sh = Sensibilisierung der Haut

S = Sensibilisierung der Atemwege und der Haut

#### Beurteilungsmaßstab/Grenzwert

Angegeben werden Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) nach TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“, Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen nach TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“, bindende Grenzwerte der EU-Kommission nach Richtlinie 2004/37/EG sowie sonstige Beurteilungsmaßstäbe aus den Technischen Regeln für Gefahrstoffe.

#### Spalte 6 – $mg/m^3$ bzw. $ml/m^3$

Die in dieser Spalte angegebenen Werte beziehen sich auf die Konzentration (Gewichts- bzw. Volumenanteil) eines Gefahrstoffes in der Luft am Arbeitsplatz. Für die Beurteilung der inhalativen Exposition ist der Massenwert als Bezugswert heranzuziehen (TRGS 900). AGW sowie Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen sind Schichtmittelwerte bei in der Regel täglich achtstündiger Exposition und bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden. Kurzzeitige Überschreitungen des Schichtmittelwertes (Expositionsspitzen) werden mit Kurzzeitwerten (Spalte 7) beurteilt, die nach Höhe und Dauer gegliedert sind.

#### 1 Allgemeiner Staubgrenzwert

Der Allgemeine Staubgrenzwert soll die Beeinträchtigung der Funktion der Atmungsorgane infolge der allgemeinen Staubwirkung verhindern. Er ist anzuwenden bei Vorliegen von schwer löslichen bzw. unlöslichen Stäuben, die nicht anderweitig reguliert sind.

Mit einer Gesundheitsgefährdung ist nur dann nicht zu rechnen, wenn nach einschlägiger Überprüfung sichergestellt ist, dass keimzellmutagene, krebserzeugende, sensibilisierende, fibrogene oder sonstige toxische Wirkungen der Stäube nicht zu erwarten sind. Dies gilt zum Beispiel für folgende Stäube (siehe auch Nummer 2.5 der TRGS 900):

Aluminium, Aluminiumhydroxid, Aluminiumoxid (faserfrei, außer Aluminiumoxid-Rauch), Bariumsulfat, Graphit, Kohlestaub, Kunststoffstäube (z. B. Polyvinylchlorid, Bakelit, Polyethylen-terephthalat), Magnesiumoxid (außer Magnesiumoxid-Rauch), Siliciumcarbid (faserfrei), Talk, Tantal und Titandioxid.

Liegen dagegen Stäube oder Staubgemische vor, bei denen über die Beeinträchtigung der Funktion der Atmungsorgane infolge der allgemeinen Staubwirkung hinaus die oben genannten spezifischen Wirkungen zu erwarten sind, müssen auf alle Fälle die stoffspezifischen Grenzwerte eingehalten werden. Zusätzlich aber gilt, dass auch hier der Allgemeine Staubgrenzwert im Sinne einer allgemeinen Obergrenze eingehalten werden muss.

Die Grenzwerte sind in der TRGS 900 als Schichtmittelwerte festgelegt. Der Allgemeine Staubgrenzwert gilt nicht für

- lösliche Stäube
- grobdisperse Partikelfractionen
- Lackaerosole
- Arbeitsplätze, die einem überwachten und dokumentierten dosisbasierten Schutzkonzept nach Gesundheitsschutz-Bergverordnung unterliegen.

#### Messung und Beurteilung

##### Löslichkeit

Solange keine anderen Erkenntnisse vorliegen, ist die gesamte erfasste Staubfraktion als unlöslich zu bewerten. Treten in der betrieblichen Praxis Fälle auf, bei denen der Löslichkeit der Stäube eine besondere Bedeutung zukommt (z. B. Zucker, Kalisalz, Gips), kann der Arbeitgeber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ein Verfahren dafür festlegen, wie der lösliche Anteil bei der Ermittlung und Beurteilung berücksichtigt werden soll. In der IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen, Kennzahl 0412/7, steht ein Konventionsverfahren zur Ermittlung der Löslichkeit von Stäuben zur Verfügung.

##### Dichte der Stäube

Der AGW für die alveolengängige Staubfraktion (A-Staub-Fraktion) basiert auf einer mittleren Dichte von  $2,5 \text{ g/cm}^3$ . Werden an einem Arbeitsplatz Materialien mit besonders niedriger Dichte (z. B. Kunststoffe, Papier) oder besonders hoher Dichte (z. B. Metalle) verwendet, kann mit der Materialdichte umgerechnet werden.

#### Beurteilung der Konzentrationen nach TRGS 402

Zur Beurteilung der in der Luft des Arbeitsbereiches auftretenden Konzentrationen sind in der Regel immer die einatembare und alveolengängige Fraktion zu bestimmen. Der höhere Stoffindex ist für die Arbeitsplatzbeurteilung heranzuziehen. Liegen ausreichende Informationen über das Verhältnis von einatembarer zu alveolengängiger Fraktion vor, so genügt es, die Fraktion zu bestimmen, die den höheren Stoffindex ergibt. Diese Informationen können direkt aus der Arbeitsplatzbeurteilung gewonnen werden oder in Form von standardisierten Arbeitsverfahren nach Nummer 5 der TRGS 400 vorliegen.

Für Arbeitsplätze mit gleichbleibenden Bedingungen und Arbeitsplätze mit gelegentlicher Exposition (siehe Anlage 5 der TRGS 402) kann für die A-Staub-Fraktion in der Gefährdungsbeurteilung auch ein dosisbasiertes Überwachungskonzept über einen repräsentativen Ermittlungszeitraum von maximal einem Monat festgelegt werden. Dazu werden über den gewählten Ermittlungszeitraum die einzelnen Schichtmittelwerte messtechnisch ermittelt und dokumentiert. Der Durchschnitt der gemessenen Schichtmittelwerte darf dabei über den Ermittlungszeitraum den AGW für die A-Staub-Fraktion nicht überschreiten. Ein einzelner Schichtmittelwert darf den Wert von  $3 \text{ mg/m}^3$  für die A-Staub-Fraktion nicht überschreiten.

Für Tätigkeiten, bei denen der AGW für die A-Staub-Fraktion nachweislich nicht eingehalten werden kann, gilt übergangsweise bis zum 31.12.2018 zur Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen anstelle des AGW ein Beurteilungsmaßstab von 3,0 mg/m<sup>3</sup> (A-Staub) als Schichtmittelwert, sofern die Bedingungen der Nr. 2.4.2 der TRGS 900 erfüllt werden.

### Gemische

Bei der Berechnung der Bewertungsindizes von Stoffgemischen nach TRGS 402 Abs. 5.2.1 Nr. 2 sind die Stoffindizes für den Allgemeinen Staubgrenzwert nicht zu berücksichtigen.

Aus den Stoffindizes für die alveolengängige und die einatembare Staubfraktion wird ebenfalls kein Bewertungsindex nach TRGS 402 Abs. 5.2.1 Nr. 2 berechnet.

### 2 Arbeitsplatzgrenzwerte für Kohlenwasserstoffgemische

Die AGW (siehe Kohlenwasserstoffgemische in der Liste) sind anzuwenden auf flüssige Stoffgemische und auf Bestandteile flüssiger Stoffgemische, die ausschließlich aus Kohlenwasserstoffen bestehen, wobei unter Kohlenwasserstoffen organische Verbindungen zu verstehen sind, die sich nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammensetzen. Hierzu gehören n-Aliphaten, iso-Aliphaten, Cycloaliphaten (Naphthene) und Aromaten. Liegen Gemische aus Kohlenwasserstoffen und anderen Lösemitteln vor, dann bezieht sich dieser Teil nur auf den Kohlenwasserstoffanteil in der Gesamtmischung.

Die Arbeitsplatzgrenzwerte sind nicht anzuwenden auf Gemische mit einem Benzolgehalt > 0,1 Gew.-% sowie auf Gemische aus Terpenkohlenwasserstoffen, vegetabile Lösemittel (z. B. Rapsölprodukte) sowie auf andere komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische wie Kühlschmierstoffe, Kraftstoffe, Schmieröle oder Korrosionsschutzflüssigkeiten, da diese Gemische in der Regel olefinische Kohlenwasserstoffe, kohlenwasserstofffremde Additive (mit einem Additivgehalt von mehr als einem Prozent) oder langkettige Kohlenwasserstoffe (C > 15) enthalten. Eine Zusammenstellung dieser kohlenwasserstoffhaltigen Produkte enthält das Begründungspapier „Arbeitsplatzgrenzwerte für Kohlenwasserstoffgemische – Verwendung als Lösemittel (Lösemittelkohlenwasserstoffe), additiv-frei (RCP-Methode)“ im Anhang.

Die in der Praxis eingesetzten Kohlenwasserstoffgemische lassen sich jedoch in der Regel nicht ausschließlich den in der Liste genannten Fraktionen (RCP-Gruppen) zuordnen, da sie aus Kohlenwasserstoffen mehrerer RCP-Gruppen zusammengesetzt sind. Für diese Gemische ist auf Basis der in der Liste aufgeführten Grenzwerte und des Massengehalts (w/w) der Fraktionen im flüssigen Lösemittelgemisch der für das Gemisch maßgebliche Arbeitsplatzgrenzwert nach der RCP-Methode (RCP = reciprocal calculation procedure) mittels Formel (1) zu berechnen.

Werden Mischungen aus mehreren Kohlenwasserstoffgemischen hergestellt (z. B. in Lacken), ist ebenfalls nach Formel (1) der AGW für das neue Kohlenwasserstoffgemisch zu berechnen. In diesen Fällen gehen die einzelnen Kohlenwasserstoffgemische der Mischung mit ihren Arbeitsplatzgrenzwerten und ihrem Massengehalt (w/w) im **flüssigen** Lösemittelgemisch in die Berechnung ein.

Die Stoffe n-Hexan, Cyclohexan, Naphthalin, 1,2-Diethylbenzol und n-Butylbenzol werden durch die Gruppengrenzwerte nicht berücksichtigt und sind wie die RCP-Gruppen über ihren mengenmäßigen Anteil und den Einzelstoffgrenzwert (soweit festgelegt) bei der Berechnung des Grenzwertes mittels Formel (1) zu berücksichtigen.

Andere Kohlenwasserstoffe wie z. B. Pentan, Xylol und Toluol, für die ebenfalls Arbeitsplatzgrenzwerte in der TRGS 900 festgelegt sind, werden dagegen mit den jeweiligen Gruppengrenzwerten berücksichtigt. Sofern sie als Einzel-Kohlenwasserstoff einem Kohlenwasserstoffgemisch zugesetzt werden, gehen sie in die Berechnung mit ihrem RCP-Gruppengrenzwert und nicht mit ihrem stoffspezifischen AGW ein.

$$\frac{1}{AGW_{\text{Gemisch}}} = \frac{\text{Fraktion}_a}{AGW_a} + \frac{\text{Fraktion}_b}{AGW_b} + \dots + \frac{\text{Fraktion}_n}{AGW_n} \quad (1)$$

In der Formel bedeuten:

Fraktion<sub>a...n</sub>

Massenanteil (w/w)

- der jeweiligen Fraktion (RCP-Gruppe) des Kohlenwasserstoffgemisches oder
- eines Einzel-Kohlenwasserstoffs oder
- eines Kohlenwasserstoffgemisches (bei Mischungen aus Kohlenwasserstoffgemischen)

im **flüssigen** Lösemittelgemisch.

AGW<sub>a...n</sub>

Der zur entsprechenden Fraktion gehörende

- Gruppengrenzwert der jeweiligen Fraktion (RCP-Gruppe) oder
- stoffspezifische AGW eines Einzel-Kohlenwasserstoffs oder
- AGW eines Kohlenwasserstoffgemisches (bei Mischungen aus Kohlenwasserstoffgemischen)

Die errechneten AGW sind wie folgt auf- oder abzurunden:

< 100 mg/m <sup>3</sup> :	auf volle 25 mg/m <sup>3</sup>
von 100 bis 600 mg/m <sup>3</sup> :	auf volle 50 mg/m <sup>3</sup>
> 600 mg/m <sup>3</sup> :	auf volle 100 mg/m <sup>3</sup>

Ist im Sicherheitsdatenblatt kein AGW für das Kohlenwasserstoffgemisch angegeben und die Zusammensetzung des Kohlenwasserstoffgemisches nicht bekannt, ist der niedrigste Gruppengrenzwert (100 mg/m<sup>3</sup>) für die Beurteilung heranzuziehen. Bei Gemischen mit einem Naphthalinanteil von mehr als 0,07 Gew.-% kann dieser Worst-case-Grenzwert aufgrund des AGW für Naphthalin von 0,5 mg/m<sup>3</sup> nicht angewendet werden. Sofern im Einzelfall detailliertere Informationen zur Zusammensetzung vorhanden sind, kann von dieser Regelung abgewichen werden. Dies kann z. B. der Fall sein, wenn die Zusammensetzung des Kohlenwasserstoffgemisches in Spannbreiten

angegeben wird oder bekannt ist, dass es sich um ein aromatenfreies bzw. entaromatisiertes oder ein reines aromatenhaltiges Gemisch handelt.

*Beurteilung von Mischexpositionen*

Besteht innerhalb einer Schicht zeitlich nacheinander oder gleichzeitig durch mehrere Emissionsquellen eine Exposition gegenüber mehreren Kohlenwasserstoffgemischen verschiedener Fraktionen, so ist der niedrigste AGW der eingesetzten Fraktionen zur Beurteilung heranzuziehen, sofern eine messtechnische Differenzierung nicht vorgenommen wird oder werden kann.

Besteht neben der Exposition gegenüber einem oder mehreren Kohlenwasserstoffgemischen eine gleichzeitige Exposition gegenüber kohlenwasserstofffremden Lösemitteln mit AGW, z. B. Estern, Ketonen, Alkoholen usw., so ist das Messergebnis für das Kohlenwasserstoffgemisch zusammen mit den Ergebnissen für die anderen Stoffe in die Berechnung des Bewertungsindex für das Gemisch mit einzubeziehen.

Die Beurteilung der Exposition gegenüber Kohlenwasserstoffgemischen erfolgt ausschließlich über die RCP-Gruppengrenzwerte bzw. AGW, die nach Formel (1) berechnet wurden. Die Bewertung von Kohlenwasserstoffgemischen über Einzelstoffgrenzwerte und Bildung eines Bewertungsindex für das Gemisch durch Addition der Stoffindizes ist nicht zulässig. Sofern Lösemittelgemische unter Verwendung von Einzelkohlenwasserstoffen und anderen Lösemittelkomponenten mit AGW hergestellt werden (z. B. Xylol + Toluol + Ethylacetat), ist die Exposition jedoch durch die Berechnung des Bewertungsindex zu beurteilen.

Weitere Informationen: IFA-Internetangebot unter Fachinfos

RCP-Rechner: [www.dguv.de/ifa/rcp-rechner](http://www.dguv.de/ifa/rcp-rechner)

*3 Partikelfraktion*

Falls Stoffe partikelförmig auftreten, wird mit der Angabe „A“ bzw. „E“ ein Hinweis darauf gegeben, welche Fraktion für die Beurteilung durch Vergleich mit dem Grenzwert heranzuziehen ist. In Klammern ist die ältere, z. T. noch gebräuchliche Bezeichnung angegeben. Die neueren Bezeichnungen sind der Europäischen Norm DIN EN 481 „Arbeitsplatzatmosphäre; Festlegung von Konventionen von Partikelgrößenfraktionen zur Messung von Schwebstoffen am Arbeitsplatz“ entnommen.

Bezeichnung	Abkürzung	Ältere Bezeichnung
Alveolengängige Fraktion	A	Feinstaub (F)
Einatembare Fraktion	E	Gesamtstaub (G)

*Dampf und Aerosol*

In der Regel liegen Stoffe an Arbeitsplätzen entweder als Gas/ Dampf oder als kondensierte Phase in Form von Tröpfchen oder Partikeln (Staub) vor. Es gibt jedoch eine Reihe von Stoffen, die bereits bei Raumtemperatur aufgrund ihres Dampfdruckes im

Arbeitsbereich in relevanter Menge sowohl als Dampf als auch als Aerosol auftreten können. Deshalb ist bei der Ermittlung der inhalativen Exposition stets darauf zu achten, ob durch das Arbeitsverfahren Dampf- und Aerosolgemische gebildet werden können. Bei der Messung sollten in diesen Fällen generell Probenahmeverfahren gewählt werden, die Dampf und Aerosol gleichzeitig in einem Probenahmesystem erfassen. Dabei ist für das Aerosol eine Probenahmeeinrichtung für die einatembare Fraktion zu wählen. Die Beurteilung der Exposition erfolgt über die Summe aus Dampf und Aerosol. Auf Stoffe, die gleichzeitig als Dampf und Aerosol auftreten können, wird in der Spalte 8 mit Bemerkung 11 hingewiesen.

*4 Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen (TRGS 910)*

Der AGS hat folgende allgemeine stoffübergreifende Risikogrenzen für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen beschlossen, die in der TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ bekannt gegeben wurden:

Akzeptanzrisiko 4 : 10 000

spätestens ab 2018 4 : 100 000

Unterhalb dieses Wertes wird ein Risiko akzeptiert und oberhalb unter Einhaltung der im Maßnahmenkatalog der TRGS 910 spezifizierten Maßnahmen toleriert.

Toleranzrisiko 4 : 1 000

Oberhalb dieses Wertes ist ein Risiko nicht tolerabel.

Auf der Basis dieser Werte werden für krebserzeugende Gefahrstoffe stoffspezifische Konzentrationswerte (Akzeptanz- und Toleranzkonzentration) aus den entsprechenden Exposition-Risiko-Beziehungen (ERB) abgeleitet und nach Beratung im AGS in der TRGS 910 veröffentlicht. Die Konzentrationswerte mit einem Risiko von 4 : 10 000 und 4 : 1 000 sollen nach TRGS 400 und 402 als aktuelle Maßstäbe für die Beurteilung der inhalativen Exposition bei der Durchführung der Gefährdungsbeurteilung angewendet werden. Die Konzentrationswerte mit einem Risiko von 4 : 100 000 geben dagegen den anzustrebenden Zielwert wieder. Es handelt sich bei diesen Werten jedoch nicht um Grenzwerte im Sinne der GefStoffV.

Die nach TRGS 910 vorliegenden stoffspezifischen Äquivalenzwerte in biologischem Material zur Akzeptanz- und Toleranzkonzentration finden sich im Abschnitt 1.2 dieser Liste.

Sofern stoffspezifische technische Regeln vorliegen, enthalten diese die erforderlichen Vorgaben und Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten und anderer Personen bei Tätigkeiten mit diesem Gefahrstoff.

*Spalte 7 – Spitzenbegrenzung*

Um Expositionsspitzen in ihrer Höhe und Dauer zu begrenzen, hat der AGS sogenannte Kurzzeitwerte festgelegt, welche die unterschiedlichen Wirkungscharakteristika verschiedener Stoffgruppen berücksichtigen. Die Kurzzeitwertkonzentration ergibt sich aus dem Produkt von Arbeitsplatzgrenzwert und



Überschreitungs­faktor. Der maximale Überschreitungs­faktor beträgt 8. Bei achtfacher Überschrei­tung des Grenzwertes vier­mal pro Schicht über 15 Minuten darf eine weitere Exposition in dieser Schicht nicht mehr erfolgen, da sonst die Konzentration am Arbeitsplatz als Schichtmittelwert den Grenzwert überschreitet  $[8 \cdot GW \cdot (0,25 h \cdot 4)/8 h + 0 \cdot GW \cdot 7 h/8 h = GW]$ . Auch darf keine Exposition gegenüber anderen Stoffen mit Arbeitsplatzgrenzwerten bestehen, da in diesem Fall die Kriterien für Gemische nach TRGS 402 zum Tragen kommen.

Zwei Kurzzeitwertkategorien sind festgelegt:

- **Kategorie I**  
Stoffe, bei denen die lokale Wirkung grenzwertbestimmend ist, oder atemwegssensibilisierende Stoffe
- a) Als Basiswert wird ein Überschreitungs­faktor von 1 fest­gelegt, der stoffspezifisch angepasst werden kann (bis maximal 8). Die Kurzzeitwertphase darf 15 Minuten nicht überschreiten. Die betriebliche Überwachung soll durch messtechnische Mittelwertbildung über 15 Minuten erfolgen, z. B. durch eine 15-minütige Probenahme.
- b) In begründeten Fällen kann auch ein Momentanwert fest­gelegt werden, der zu keinem Zeitpunkt überschritten werden darf. Die Stoffe werden in der Spalte „Spitzenbegrenzung“ durch das Zeichen = = und den Überschreitungs­faktor ausgewiesen (in der Regel: =2=). Die technischen und organisatorischen Maßnahmen sind so festzulegen, dass

die Kurzzeitwertkonzentration nicht überschritten wird. Für die betriebliche Überwachung ist eine möglichst kurze Mit­telungsdauer entsprechend den messtechnischen Möglich­keiten zu wählen (siehe auch TRGS 402, Anlage 3).

Bei einigen Stoffen der Kategorie I wird sowohl ein 15-Minuten-Mittelwert als auch ein Momentanwert festgesetzt. In diesem Fall werden beide Überschreitungs­faktoren in der TRGS 900 aufgeführt. Eine Spitzenbegrenzung (Kurzzeitwert) von z. B. 2, =4= (I) bedeutet, dass die zweifache Grenzwertkonzentration als Mittelwert über 15 Minuten einzuhalten ist und im gleichen Zeitraum die vierfache Grenzwertkonzentration zu keinem Zeit­punkt überschritten werden darf.

- **Kategorie II**  
Resortiv wirksame Stoffe

Als Basiswert (15-Minuten-Mittelwert) wird ein Überschrei­­tungs­faktor (ÜF) von 2 festgelegt, der stoffspezifisch angepasst werden kann (bis maximal 8). Die betriebliche Überwachung soll durch messtechnische Mittelwertbildung über 15 Minuten erfolgen, z. B. durch eine 15-minütige Probenahme. Bei Stoffen der Kurzzeitwert-Kategorie II sind auch längere Überschrei­tungs­dauern zulässig, solange das Produkt aus Überschreitungs­faktor und Überschreitungs­dauer eingehalten wird.

Bei Überschreitungs­faktoren von 8, 4 und 2 sind somit z. B. die in der Tabelle angegebenen Varianten möglich.

Zulässiger Überschreitungs­faktor in Abhängigkeit von der Überschreitungs­dauer

Spitzenbegrenzung nach TRGS 900	Expositionsdauer in Minuten									
	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120
Kategorie: 8 (II), ÜF =	8	6	4,8	4	3	2,4	2	1,5	1,2	1
Kategorie: 4 (II), ÜF =	4	3	2,4	2	1,5	1,2	1			
Kategorie: 2 (II), ÜF =	2	1,5	1,2	1						

- **Zeitraum**  
Für die Intervalle zwischen den Perioden mit einer Konzentration oberhalb des Grenzwertes als 15-Minuten-Mittelwert (Kurzzeitwertphase) ist ein Zeitraum von einer Stunde anzustreben. Insgesamt sind vier Kurzzeitwertphasen innerhalb einer Schicht zulässig.

- **Stoffe mit Toleranzkonzentration**  
Die Beurteilung von Expositionsspitzen erfolgt entsprechend Kurzzeitwertkategorie II der TRGS 900. Ein Mindestzeitraum zwischen den Kurzzeitwertphasen ist jedoch nicht festgelegt. Der ÜF wird in der TRGS 910 zusätzlich zur Toleranzkonzentration aufgeführt, standardmäßig wird der Faktor 8 festgelegt.

- **Stoffe ohne Kurzzeitwert**  
Für einige Stoffe wurde keine Begrenzung der Expositionsspitzen festgelegt. In diesem Fall hat der AGS in der TRGS 402, Anlage 3, Nr. 3.2 (4) vorgesehen, dass Expositionen, die kürzer als eine Stunde sind, den Grenzwert höchstens um den

Faktor 8 überschreiten dürfen. Das bedeutet, dass sich die entsprechende Messung auf die tatsächliche Expositionsdauer beziehen muss.

*Spalte 8 – Bemerkungen*

AGW  
Arbeitsplatzgrenzwert nach TRGS 900

AK  
Akzeptanzkonzentration nach TRGS 910

TK  
Toleranzkonzentration nach TRGS 910

BM  
Beurteilungsmaßstab aus einer stoffspezifischen Technischen Regel für Gefahrstoffe

BOELV  
Binding occupational exposure limit value  
Verbindlicher Arbeitsplatzgrenzwert der EU-Kommission

*H (Hautresorptive Stoffe)*

Verschiedene Stoffe können leicht durch die Haut in den Körper gelangen und zu gesundheitlichen Schäden führen. Bei Tätigkeiten mit hautresorptiven Stoffen ist die Einhaltung des Luftgrenzwertes für den Schutz der Gesundheit nicht ausreichend. Durch organisatorische und arbeitshygienische Maßnahmen ist sicherzustellen, dass der Hautkontakt mit diesen Stoffen unterbleibt. Bei unmittelbarem Hautkontakt ist die TRGS 401 zu beachten. Ein „H“ in Klammern wurde der MAK- und BAT-Werte-Liste der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) entnommen.

*X*

Krebserzeugender Stoff der Kat. 1A/1B. Bei Tätigkeiten mit diesem Stoff ist zusätzlich § 10 Gefahrstoffverordnung zu beachten.

*Y**(AGW und Schwangerschaft)*

Mit der Bemerkung „Y“ werden Stoffe ausgewiesen, bei denen ein Risiko der Fruchtschädigung bei Einhaltung des AGW und des BGW nicht befürchtet zu werden braucht.

*Z*

Mit der Bemerkung „Z“ werden Stoffe ausgewiesen, bei denen ein Risiko der Fruchtschädigung auch bei Einhaltung des AGW und des BGW nicht ausgeschlossen werden kann.

**Erläuterungen**

- (1) Kieselguren können, je nach Herkunft, Anteile von Quarz enthalten. Das Brennen oder Calcinieren von Kieselguren führt zu steigenden Cristobalitanteilen. Aktivierte Kieselgur kann bis zu 60 Massen-% Cristobalit enthalten. Bei der Beurteilung der Exposition gegenüber (gebrannten) Kieselguren sind sowohl der amorphe Anteil (Grenzwert für Kieselgur bzw. gebrannte Kieselgur) als auch die Summe der Anteile an Cristobalit und Quarz (karzinogen nach TRGS 906) zu ermitteln und zu bewerten. Auch in Kieselrauchen kann produktionsbedingt Quarz enthalten sein, der neben dem Kieselrauch gesondert zu ermitteln und zu bewerten ist.
- (2) Kolloidale amorphe Kieselsäure [7631-86-9] einschließlich pyrogener Kieselsäure und im Nassverfahren hergestellter Kieselsäure (Fällungskieselsäure, Kieselgel)
- (3) Technische Produkte maßgeblich mit 2-Nitropropan (karzinogen Kat. 1B) verunreinigt
- (4) Gilt nur für Rohbaumwolle
- (5) Gefahr der Hautresorption für Amin-Formulierung und Ester, nicht jedoch für die Säure
- (6) Die Reaktion mit nitrosierenden Agenzien kann zur Bildung von karzinogenen N-Nitrosaminverbindungen führen.
- (7) Nur für Arbeitsplätze ohne Hautkontakt
- (8)  $0,5 = (\text{Konz. } \alpha\text{-HCH} \text{ dividiert durch } 5) + \text{Konz. } \beta\text{-HCH}$

- (9) Die Bewertung bezieht sich nur auf den reinen Stoff: Verunreinigung mit Chlorfluormethan [593-70-4] ändert die Risikobeurteilung grundlegend.
- (10) Der AGW bezieht sich auf den Elementgehalt des entsprechenden Metalls.
- (11) Summe aus Dampf und Aerosolen
- (12) Der Luftgrenzwert gilt in der Regel nur für die Monomeren. Zur Beurteilung von Oligomeren oder Polymeren siehe TRGS 430 „Isocyanate“
- (13) Eine Begründung für die Ableitung eines gesundheitsbasierten AGW liegt nicht vor.
- (14) AGW für die Summe der Luftkonzentrationen von 1-Ethoxypropan-2-ol und 2-Ethoxy-1-methylethylacetat
- (15) Für die analytische Bestimmung wird folgende Vorgehensweise empfohlen: „Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe“, Band 1 „Luftanalysen“, 14. Lieferung 2005, und „Spezielle Vorbemerkungen“, Kap. 4.7.1, S. 29-30, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, oder IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- (16) Der AGW ist nur als Kurzzeitwert festgelegt. Die betriebliche Überwachung soll durch messtechnische Mittelwertbildung über 15 Minuten erfolgen, z. B. durch eine 15-minütige Probenahme.
- (17) Der AGW gilt für die Dampfphase bei erhöhten Temperaturen und ist nicht zur Bewertung als Aerosolkonzentration heranzuziehen.
- (18) Die messtechnische Bestimmung kann durch die gravimetrische Bestimmung der E-Staub-Fraktion erfolgen.
- (19) Die Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der DFG hat in der MAK- und BAT-Werte-Liste zum gleichlautenden MAK-Wert auch einen BAT-Wert festgelegt.
- (20) Für Permanganate gilt Spitzenbegrenzung, Überschreitungsfaktor 1(II).
- (21) Ausgenommen sind Vanadium als elementares Metall, anorganische Vanadiumverbindungen anderer Wertigkeit und C.I. Pigment Yellow 184.
- (22) Gilt nicht für die Bereiche konventioneller Tunnelbau und geschlossene Arbeitsbereiche Bau bis 31. Oktober 2017, gilt nicht für den Bereich Bergbau bis 31. Oktober 2021.
- (23) Berechnet als Summe der Indikatorkongenere (PCB 28 + PCB 52 + PCB 101 + PCB 138 + PCB 153 + PCB 180) x 5; nach „Chlorierte Biphenyle (PCB)“, Air Monitoring Methods in German language, The MAK Collection for Occupational Health and Safety, (2014).

### Spalte 9 – Herkunft (Jahr)

#### Herkunft

Die in der TRGS 900 aufgeführten Grenzwerte werden von folgenden Institutionen vorgeschlagen:

- Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Die von der DFG-Kommission vorgeschlagenen Werte sind in der MAK- und BAT-Werte-Liste 2016 veröffentlicht.

- Europäische Kommission

Die Europäische Kommission verabschiedet Richtgrenzwerte und verbindliche Grenzwerte für eine berufsbedingte Exposition (EU-Richtlinien der Europäischen Kommission zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz).

- Ausschuss für Gefahrstoffe

Vom AGS nach den Kriterien der Bekanntmachung zu Gefahrstoffen (BekGS) 901 aufgestellte Arbeitsplatzgrenzwerte

Mit den folgenden Kürzeln wird in Spalte 9 auf die Herkunft der Luftgrenzwerte und den Fundort für evtl. vorliegende Begründungspapiere (in Klammern) hingewiesen:

- AGS – Ausschuss für Gefahrstoffe ([www.baua.de](http://www.baua.de))
- DFG – Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft
- EU – Europäische Kommission
- AUS – Ausländischer Luftgrenzwert

#### Jahreszahl

Die Jahreszahl gibt an, in welchem Jahr der Luftgrenzwert in das technische Regelwerk aufgenommen wurde bzw. wann die letzte Änderung des Luftgrenzwertes erfolgte.

### Spalte 10 – Werte im biologischen Material

Im Rahmen der arbeitsmedizinischen Vorsorge sind neben den Expositionsgrenzwerten für Gefahrstoffe in der Luft am Arbeitsplatz auch die Biologischen Grenzwerte (BGW) zu beachten. BGW sind definiert als die beim Menschen höchstzulässige Quantität eines Gefahrstoffes bzw. eines Gefahrstoffmetaboliten oder eines Beanspruchungsindikators, die nach dem gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Kenntnis im Allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt. BGW können als Konzentrationen bzw. als Bildungs- oder Ausscheidungsraten (Menge/Zeiteinheit) definiert sein; sie beziehen sich wie AGW auf eine Arbeitszeit von acht Stunden täglich und 40 Stunden wöchentlich.

In Spalte 10 der Liste weist der Eintrag BGW darauf hin, dass für den jeweiligen Stoff ein Biologischer Grenzwert festgelegt ist. BGW werden von der DFG-Senatskommission oder der EU-Kom-

mission vorgeschlagen und nach Beratung durch den AGS in der TRGS 903 „Biologische Grenzwerte“ veröffentlicht. Die aktuellen Werte sind in der Grenzwerteliste in Abschnitt 1.3 aufgeführt.

Eine der Voraussetzungen für die Aufstellung von BGW ist das Vorliegen ausreichender arbeitsmedizinischer und toxikologischer Erfahrungen beim Menschen. Da gegenwärtig für krebserzeugende Gefahrstoffe in der Regel kein als unbedenklich anzusehender biologischer Wert angegeben werden kann, werden sie nicht mit BGW belegt.

Für krebserzeugende Gefahrstoffe, bei denen Stoff- bzw. Metabolitenkonzentrationen im biologischen Material einen Anhalt für die innere Belastung geben und bei denen eine Beziehung besteht zwischen der Stoffkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz und der Stoff- bzw. Metabolitenkonzentration im biologischen Material, werden jedoch von der DFG-Senatskommission EKA-Werte (Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe) aufgestellt. Ihnen kann entnommen werden, welche innere Belastung sich bei ausschließlich inhalativer Stoffaufnahme ergeben würde. EKA-Werte sind keine Grenzwerte gemäß der GefStoffV.

In Spalte 10 der Liste weist der Eintrag EKA darauf hin, dass für den jeweiligen Stoff ein EKA-Wert festgelegt ist. EKA-Werte werden in Abschnitt XIII der jährlich erscheinenden MAK- und BAT-Werte-Liste veröffentlicht.

Die für Stoffe mit Akzeptanz- und Toleranzkonzentration vorliegenden stoffspezifischen Äquivalenzwerte in biologischem Material (ÄBM) finden sich in Abschnitt 1.2.

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
AAT s. 2-Aminoazotoluol											
Abamectin und Abamectin B1a [71751-41-2] [65195-55-3], 265-610-3			2								
Acetaldehyd [75-07-0], 200-836-8	2					91	50	1; =2= (I)	AGW Y	AGS, DFG	
Acetamid [60-35-5], 200-473-5	2										
Acetanhydrid s. Essigsäureanhydrid											
Aceton [67-64-1], 200-662-2						1200	500	2 (I)	AGW Y	EU, DFG, AGS (1994)	BGW
Acetochlor (ISO) s. 2-Chlor-N-(ethoxymethyl)-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)acetamid											
Acetonitril [75-05-8], 200-835-2						34	20	2 (II)	AGW H, Y	EU, DFG (2003)	
Acetophenon, Formaldehyd, Cyclohexylamin, Methanol und Essigsäure, Reaktionsprodukt von 406-230-1	2				Sh						
Acetylaceton s. Pentan-2,4-dion											
Acetylentetrachlorid s. 1,1,2,2-Tetrachlorethan											
N-[2-(3-Acetyl-5-nitrothiophen-2-ylazo)-5-diethylaminophenyl]- acetamid [777891-21-1], 416-860-9				2	Sh						
Aclonifen (ISO) [74070-46-5], 277-704-1	2				Sh						
Acridinorange s. N,N,N',N'-Tetramethylacridin- 3,6-yldiaminhydrochlorid											
Acrolein s. Acrylaldehyd											
Acrylaldehyd [107-02-8], 203-453-4	-	-	-	-		0,2	0,09	2 (I)	AGW H	AGS (2007)	
Acrylamid [79-06-1], 201-173-7	1B	1B		2	Sh	0,07 0,15		8 (II)	AK TK H	AGS (2010) TRGS 910	ÄBM
Acrylnitril [107-13-1], 203-466-5	1B				Sh	0,26 2,6	0,12 1,2	8 (II)	AK TK H	AGS (2010) TRGS 910	ÄBM EKA
Acrylsäure [79-10-7], 201-177-9						30	10	1 (I)	AGW Y, H	DFG (2007)	
Acrylsäure-n-butylester s. n-Butylacrylat											
Acrylsäureethylester s. Ethylacrylat											
Acrylsäure-2-ethylhexylester s. 2-Ethylhexylacrylat											
Acrylsäuremethylester s. Methylacrylat											
Adipinsäuredimethylester s. Dimethyladipat											
Aktinolith s. Asbest											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Alachlor [15972-60-8], 240-110-8	2				Sh						
Aldrin [309-00-2], 206-215-8	2					0,25 E		8 (II)	AGW H	DFG	
Allgemeiner Staubgrenzwert (siehe auch Nummer 2.4 der TRGS 900 bzw. Erläuterungen zur Spalte 6) – Alveolengängige Fraktion: Im Übergangszeitraum nach TRGS 900 Nr. 2.4.2.: – Einatembare Fraktion:						1,25 A 3 A 10 E		2 (II) 2 (II)	AGW	DFG, AGS (2014) DFG, AGS (2006)	
Allylalkohol [107-18-6], 203-470-7	–	–	–	–		4,8	2	2,5 (I)	AGW H	EU (1997)	
5-Allyl-1,3-benzodioxol [94-59-7], 202-345-4	1B	2									
4-Allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)- phenol; 4-Allyl-6-[3-[6-[3-[6-(4- allyl-2,6-bis-(2,3-epoxypropyl)- phenoxy)-2-hydroxypropyl]-4- allyl-2-(2,3-epoxypropyl)- phenoxy]-2-hydroxypropyl]-4- allyl-2-(2,3-epoxypropyl)- phenoxy]-2-hydroxypropyl]-2- (2,3-epoxypropyl)phenol; 4-Allyl- 6-[3-(4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypro- pyl)phenoxy)-2-hydroxypropyl]- 2-(2,3-epoxypropyl)-phenol; 4-Allyl-6-[3-[6-[3-(4-allyl-2,6-bis- (2,3-epoxypropyl)-phenoxy)-2- hydroxypropyl]-4-allyl-2-(2,3- epoxypropyl)-phenoxy]-2- hydroxypropyl]-2-(2,3-epoxypro- pyl)phenol, Gemisch aus 417-470-1		2			Sh						
Allylchlorid s. 3-Chlorpropen											
Allylglycidether s. 1-Allyloxy-2,3-epoxypropan											
Allylglycidylether s. 1-Allyloxy-2,3-epoxypropan											
* 1-[2-(Allyloxy)-2-(2,4-dichlor- phenyl)ethyl]-1H-imidazol [35554-44-0], 252-615-0	2					2 E		2 (II)	AGW H, Y	DFG (2014)	
1-Allyloxy-2,3-epoxypropan [106-92-3], 203-442-4	1B 2	2	–	2	Sh				(H)		
Allylpropyldisulfid [2179-59-1], 218-550-7						12	2	1 (I)	AGW	DFG	
Aluminium (als Metall) [7429-90-5], 231-072-3						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					BGW
Aluminiumhydroxid [21645-51-2], 244-492-7						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					BGW
Aluminiumoxid [1344-28-1]; [1302-74-5], 215-691-6						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					BGW
Aluminiumoxid-Rauch [1344-28-1], 215-691-6						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					BGW
Ameisensäure [64-18-6], 200-579-1						9,5	5	2 (I)	AGW Y	DFG, EU	
Ameisensäureethylester s. Ethylformiat											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ameisensäuremethylester s. Methylformiat											
4-Aminoazobenzol [60-09-3], 200-453-6	1B										
2-Aminoazotoluol (o-) (4-o-Tolylazo-o-toluidin) [97-56-3], 202-591-2	1B				Sh				H		
2-Aminobiphenyl s. Biphenyl-2-ylamin											
4-Aminobiphenyl s. 4-Aminodiphenyl											
1-Aminobutan s. Butylamin											
1-Amino-4-chlorbenzol s. 4-Chloranilin											
1-Amino-3-chlor-6-methylbenzol s. 5-Chlor-o-toluidin											
1-(2-Amino-5-chlorphenyl)-2,2,2- trifluor-1,1-ethandiol, Hydrochlor- rid; [Gehalt an 4-Chloranilin (EG-Nr. 203-401-0) < 0,1%] [214353-17-0], 433-580-2	1B										
2-Amino-4-chlortoluol s. 5-Chlor-o-toluidin											
2-Amino-5-chlortoluol s. 4-Chlor-o-toluidin											
4-Amino-2,3-dimethylazobenzol s. 2-Aminoazotoluol											
(R,S)-2-Amino-3,3-dimethyl- butanamid [144177-62-8], 447-860-7				2	Sh						
4-Aminodiphenyl [92-67-1], 202-177-1 und seine Salze	1A								H		
4-Aminodiphenylamin s. N-(4-Aminophenyl)anilin											
* 2-Aminoethanol [141-43-5], 205-483-3					Sh	0,5	0,2	1 (l)	AGW H, Y, 11	EU, DFG (2016)	
2-(2-Aminoethoxy)ethanol [929-06-6], 213-195-4					Sh	0,87	0,2	1 (l)	AGW H, 11	DFG (2015)	
6-Amino-2-ethoxynaphthalin [CAS o. Angabe]	1B										
2-(2-Aminoethylamino)ethanol [111-41-1], 203-867-5			1B	2	Sh						
3-Amino-9-ethylcarbazol [132-32-1], 205-057-7	1B										
4-Amino-3-fluorphenol [399-95-1], 402-230-0	1B				Sh						
5-[[4-[(7-Amino-1-hydroxy-3-sulfo- 2-naphthyl)azo]-2,5-diethoxy- phenyl)azo]-2-[(3-phosphono- phenyl)azo]benzoesäure und 5-[[4-[(7-Amino-1-hydroxy-3-sulfo- 2-naphthyl)azo]-2,5-diethoxy- phenyl)azo]-3-[(3-phosphono- phenyl)azo]benzoesäure, Gemisch aus [163879-69-4], 418-230-9				2	Sh						
1-Amino-2-methoxy-5-methyl- benzol s. p-Kresidin											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
3-Amino-4-methoxytoluol s. p-Kresidin											
1-Amino-4-methylbenzol s. p-Toluidin											
* 2-Amino-2-methylpropanol [124-68-5], 204-709-8						3,7	1	2 (II)	AGW H, Y, 11	DFG (2015)	
1-Aminonaphthalin (α-) s. 1-Naphthylamin											
2-Aminonaphthalin (β-) s. 2-Naphthylamin											
2-Aminonaphthalin-1-sulfonsäure [81-16-3], 201-331-5						6 E		4 (II)	AGW	AGS (1993)	
6-Aminonaphtholether s. 6-Amino-2-ethoxynaphthalin											
4-Amino-2-nitrophenol s. 2-Nitro-4-aminophenol											
2-Amino-4-nitrotoluol [99-55-8], 202-765-8 und -hydrochlorid [51085-52-0], 256-960-8	2	-	-	-					H		
2-Aminophenol [95-55-6], 202-431-1		2									
4-Aminophenol [123-30-8], 204-616-2		2		Sh							
N-(4-Aminophenyl)anilin [101-54-2], 202-951-9				Sh	7 E	0,91	2 (II)	AGW H, Y	AGS (2014)		
p-Aminophenylether s. 4,4'-Oxydianilin											
2-Aminopropan [75-31-0], 200-860-9						12	5	=2= (I)	AGW Y	DFG	
1-Aminopropan-2-ol (MIPA) [78-96-6], 201-162-7						5,8	2	2 (I)	AGW 11	AGS (2007)	
5-Amino-o-toluidin s. 2,4-Toluylendiamin											
3-Amino-p-toluidin s. 2,4-Toluylendiamin											
4-Aminotoluol s. p-Toluidin											
3-Amino-1,2,4-triazol s. Amitrol											
Amitrol [61-82-5], 200-521-5			2			0,2 E		8 (II)	AGW Y, H	DFG	
Ammoniak [7664-41-7], 231-635-3						14	20	2 (I)	AGW Y	DFG, EU (2007)	
(6R-trans)-1-((7-Ammonio-2- carboxylato-8-oxo-5-thia-1- azabicyclo-[4.2.0]oct-2-en-3-yl) methyl)pyridiniumiodid [100988-63-4], 423-260-0		2		Sh							
2-{4-(2-Ammoniopropylamino)- 6-[4-hydroxy-3-(5-methyl-2- methoxy-4-sulfamoylphenylazo)- 2-sulfonatonaphth-7-ylamino]- 1,3,5-triazin-2-ylamino}-2- aminopropylhydroformiat 424-260-3				2							
Ammonium-2-amino-4-(hydroxy- methylphosphinyl)butyrat s. Glufosinat-Ammonium (ISO)											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ammoniumdichromat [7789-09-5], 232-143-1	1B	1B	1B	1B	S				H		
Ammoniumheptadecafluorooctan- sulfonat, Ammoniumperfluor- octansulfonat s. Perfluorooctansulfonsäure											
Ammoniumpentadecafluor- octanoat [3825-26-1], 223-320-4	2		1B								
Amorphe Kieselsäuren s. Kieselsäuren, amorphe											
Amosit s. Asbest											
Amylacetat, tert s. 1,1-Dimethylpropylacetat											
Anabolika	2	-	1B	1A							
Androgene	2	-	1B	1A							
Androgene, schwache	-	-	2	2							
Androsta-1,4,9(11)-trien-3,17-dion [15375-21-0], 433-560-3				2							
Anilin [62-53-3], 200-539-3 Salze von Anilin	2	2	-	-	Sh	7,7	2	2 (II)	AGW H, Y, 11 H	DFG	BGW
o-Anisidin s. 2-Methoxyanilin											
Anon s. Cyclohexanon											
Anthophyllit s. Asbest											
Antimontrioxid (Diantimontrioxid) [1309-64-4], 215-175-0	2										
ANTU [86-88-4], 201-706-3	2								(H)		
Aromatenextrakte aus Erdöldestillat s. Extrakte											
Arprocarb s. Propoxur											
Arsenik s. Arsenitoxid											
Arsenige Säure [36465-76-6]	1A					0,83 µg/m <sup>3</sup> E 8,3 µg/m <sup>3</sup> E		8 (II)	AK TK	AGS (2014) TRGS 910	ÄBM
Arsenpentoxid [1303-28-2], 215-116-9	1A					0,83 µg/m <sup>3</sup> E 8,3 µg/m <sup>3</sup> E		8 (II)	AK TK	AGS (2014) TRGS 910	ÄBM
Arsensäure und ihre Salze (Arsenate) [7778-39-4], 231-901-9	1A					0,83 µg/m <sup>3</sup> E 8,3 µg/m <sup>3</sup> E		8 (II)	AK TK	AGS (2014) TRGS 910	ÄBM
Arsentrioxid [1327-53-3], 215-481-4	1A					0,83 µg/m <sup>3</sup> E 8,3 µg/m <sup>3</sup> E		8 (II)	AK TK	AGS (2014) TRGS 910	ÄBM
Arzneistoffe, krebserzeugende s. Abschnitt 1.4											
Arsenwasserstoff, Arsin [7784-42-1], 232-066-3						0,016	0,005	8 (II)	AGW	AGS (2007)	
Asbest [1332-21-4] Chrysotil und Amphibol-Asbeste	1A					10 000 F/m <sup>3</sup> 100 000 F/m <sup>3</sup>		8 (II)	AK TK	AGS (2008) TRGS 910, 517, 519	
Atrazin [1912-24-9], 217-617-8					Sh	1 E		2 (II)	AGW Y	DFG (2013)	



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Auramin [492-80-8], 207-762-5 und seine Salze <sup>a</sup> Für Auramin und -hydrochlorid [2465-27-2]	2 1B <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	-	-	-						
Auramin, Herstellung von s. Abschnitt 1.4	1A										
Azafenidin 68049-83-2			1B	2							
Azinphos-methyl [86-50-0], 201-676-1					Sh	0,2 E		8 (II)	AGW H	DFG	
Aziridin s. Ethylenimin											
Azobenzol [103-33-3], 203-102-5	1B	2	-	-	-						
Azofarbstoffe s. Abschnitt 1.4	1A od. 1B										
Azofarbstoffe auf Benzidinbasis	1B										
Azofarbstoffe auf 3,3'-Dimethoxybenzidinbasis	1B										
Azofarbstoffe auf 3,3'-Dimethylbenzidinbasis	1B										
Azoimid s. Stickstoffwasserstoffsäure											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Bariumverbindungen, löslich (außer Bariumoxid und Barium- hydroxid)						0,5 E		1 (I)	AGW 10, 13, 15	EU (2007)	
Baumwollstaub						1,5 E		1 (I)	AGW 4, Y	DFG	
BBP s. Benzylbutylphthalat											
Benfuracarb (ISO) [82560-54-1]				2							
Benomyl (ISO) [17804-35-2], 241-775-7		1B	1B	1B	Sh						
Benz[e]acephenanthrylen s. Benz[b]fluoranthen											
Benzalchlorid s. $\alpha,\alpha$ -Dichlortoluol											
Benz[a]anthracen [56-55-3], 200-280-6	1B								(H)		
Benz[b]fluoranthen [205-99-2], 205-911-9	1B								(H)		
Benzidin [92-87-5], 202-199-1 und seine Salze	1A								H		
Benzo[d,e,f]chrysen s. Benzo[a]pyren											
Benzo[j]fluoranthen [205-82-3], 205-910-3	1B								(H)		
Benzo[k]fluoranthen [207-08-9], 205-916-6	1B								(H)		
Benzol [71-43-2], 200-753-7	1A	1B				0,2 1,9	0,06 0,6	8 (II)	AK TK H	AGS (2012) TRGS 910	ÄBM
1,2-Benzoldicarbonsäure, Di-C <sub>6-8</sub> -verzweigte Alkylester, C <sub>7</sub> -reich [71888-89-6], 276-158-1	-	-	1B	2							
1,2-Benzoldicarbonsäure, Di-C <sub>7-9</sub> -verzweigte und lineare Alkylester [68515-41-3], 271-083-0	-	-	2	-							
1,2-Benzoldicarbonsäure, Di-C <sub>7-11</sub> -verzweigte und lineare Alkylester [68515-42-4], 271-084-6	-	-	1B	2							
1,2-Benzoldicarbonsäure, Di-C <sub>9-11</sub> -verzweigte und lineare Alkylester [68515-43-5], 271-085-1	-	-	2	-							
* 1,2-Benzoldicarbonsäure, Dihexylester, verzweigt und linear [68515-50-4], 271-093-5			1B	1B							
1,2-Benzoldicarbonsäure, Dipentylester, verzweigt und linear [84777-06-0], 284-032-2 n-Pentyl-isopentylphthalat Di-n-pentylphthalat [131-18-0], 205-017-9 Diisopentylphthalat (DIPP) [605-50-5], 210-088-4			1B	1B							
$\alpha$ - und $\beta$ -Benzolhexachlorid s. 1,2,3,4,5,6-Hexachlor- cyclohexan											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Benzol-1,2,4-tricarbonsäure- 1,2-anhydrid (Rauch) [552-30-7], 209-008-0					S	0,04 A		1 (I)	AGW	DFG	
Benzo[a]pyren [50-32-8], 200-028-5	1B	1B	1B	1B	Sh	70 ng/m <sup>3</sup> E 700 ng/m <sup>3</sup> E in bestimmten PAK-Gemischen		8 (II)	AK TK H	AGS (2011) TRGS 910	EKA
Benzo[e]pyren [192-97-2], 205-892-7	1B										
Benzothiazol-2-thiol [149-30-4], 205-736-8					Sh	4 E			AGW Y	DFG (2006)	
Benzotrichlorid s. $\alpha,\alpha,\alpha$ -Trichlortoluol											
Benzoylperoxid s. Dibenzoylperoxid											
Benzyl-n-butylphthalat [85-68-7], 201-622-7	-	-	1B	2							
Benzylchlorid s. $\alpha$ -Chlortoluol											
Benzyl-2,4-dibrombutanoat [23085-60-1], 420-710-8				2	Sh						
Benzylidenchlorid s. $\alpha,\alpha$ -Dichlortoluol											
Benzyl violett 4 B [1694-09-3], 216-901-9	2										
Bernsteinsäuredimethylester s. Dimethylsuccinat											
Beryllium [7440-41-7], 231-150-7 und seine Verbindungen ) Von der Einstufung ausgenommen sind Beryllium-Tonerdesilikate	1B i )				Sh						
Berylliumoxid [1304-56-9], 215-133-1	1B i				Sh						
BHC (ISO) s. HCH (ISO)											
Bifenthrin (ISO) [82657-04-3]	2				Sh						
Binapacryl (ISO) [485-31-4], 207-612-9			1B						H		
2,2'-Bioxiran s. 1,2,3,4-Diepoxybutan											
1,1'-Biphenyl, Chlorderivate s. Chlorierte Biphenyle											
Biphenylether s. Diphenylether											
* Biphenyl-2-ol [90-43-7], 201-993-5 Natriumsalz s. Natrium-2-biphenylat						5 E		1 (I)	AGW Y, 11	DFG (2016)	
3,3',4,4'-Biphenyltetramin s. 3,3'-Diaminobenzidin											
Biphenyl-2-ylamin [90-41-5], 201-990-9	2										
3-(3-Biphenyl-4-yl-1,2,3,4-tetra- hydro-1-naphthyl)-4-hydroxy- cumarin s. Difenacoum (ISO)											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Bis(4-aminophenyl)ether s. 4,4'-Oxydianilin											
Bis(p-aminophenyl)ether s. 4,4'-Oxydianilin											
(7-(4,6-Bis-(2-ammoniopropyl- amino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)- 4-hydroxy-3-((2-methoxyphenyl)- azo)naphthalin-2-sulfonato)- monoformiat [108225-03-2], 402-060-7	1B										
4,4'-Bis(N-carbamoyl-4-methyl- benzolsulfonamid)diphenyl- methan [151882-81-4], 418-770-5	2										
Bis-2-chlorethylether s. 2,2'-Dichlordiethylether											
Bis(2-chlorethyl)methylamin s. N-Methyl-bis(2-chlorethyl)amin											
Bis(2-chlorethyl)sulfid s. 2,2'-Dichlordiethylsulfid											
Bis-(1-((5-chlor-2-hydroxyphenyl)- azo)-2-naphthalinolat(2-))-chro- mat-1-tetradecanamin s. Tetradecylammoniumbis(1- (5-chlor-2-oxidophenylazo)-2- naphtholato)chromat(1-)											
Bis(chlormethyl)ether [542-88-1], 208-832-8	1A								H		
Bis(cyclopenta-1,3-dienid-bis(2,6- difluor-3-(1H-pyrrol-1-yl)-pheno- lid)titan(IV) [125051-32-3], 412-000-1				2							
6,6'-Bis(diazo-5,5',6,6'-tetra- hydro-5,5'-dioxo)[methylenbis(5- (6-diazo-5,6-dihydro-5-oxo-1- naphthylsulphonyloxy)-6-methyl- 2-phenylen]di(naphthalen-1- sulfonat) 441-550-5	2										
[4[4,4'-Bis(dimethylamino)-benz- hydryliden]cyclohexa-2,5-dien- 1-ylidene]dimethyl-ammonium- chlorid s. C.I.Basic violet 3											
4,4'-Bis(dimethylamino)- benzophenon s. Michlers Keton											
Bis[4-(dimethylamino)- phenyl]methanon s. Michlers Keton											
Bis(dimethylthiocarbamoyl)- disulfid s. Thiram											
1,3-Bis(2,3-epoxypropoxy)benzol s. Diglycidylresorcinether											
S-[1,2-Bis(ethoxycarbonyl)ethyl]- O,O-dimethyldithiophosphat s. Malathion											
* Bis(2-ethylhexyl)phthalat [117-81-7], 204-211-0	-	-	1B	1B		2 E		2 (II)	AGW H, Y	DFG (2015)	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4-[[Bis-(4-fluorphenyl)methylsilyl]-methyl]-4H-1,2,4-triazol; 1-[[Bis-(4-fluorphenyl)-methylsilyl]methyl]-1H-1,2,4-triazol, Gemisch aus 403-250-2	2		1B								
Bis(4-fluorphenyl)(methyl) (1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)silan s. Flusilazol											
Bis(hydroxylammonium)sulfat Hydroxylaminsulfat (2:1) [10039-54-0], 233-118-8	2				Sh				H		
2,5-(und 2,6-)Bis(isocyanato- methyl)bicyclo[2.2.1]heptan 411-280-2					S	0,045	0,005		AGW	AGS (2007)	
4,7-Bis(mercaptomethyl)-3,6,9- trithia-1,11-undecandithiol, 4,8-Bis(mercaptomethyl)-3,6,9- trithia-1,11-undecandithiol und 5,7-Bis(mercaptomethyl)-3,6,9- trithia-1,11-undecandithiol, Gemisch aus 427-050-1				2	Sh						
1,2-Bis(2-methoxyethoxyethan) [112-49-2], 203-977-3	-	-	1B	<b>1B</b> 2							
Bis(2-methoxyethyl)ether [111-96-6], 203-924-4			1B	1B		28	5	8 (II)	AGW H, Z	DFG (1996)	
Bis(2-methoxyethyl)ether s. Diethylenglykoldimethylether											
Bis(2-methoxyethyl)phthalat [117-82-8], 204-212-6			1B	2							
Bis-2-methoxypropylether s. Dipropylenglykolmonomethyl- ether											
Bis(pentabromphenyl)ether [1163-19-5], 214-604-9	<b>2</b>	-	-	-							
Bisphenol A s. 4,4'-Isopropylidendiphenol											
Bis[4-(phenylazo)benzol-1,3- diamin]sulfat s. Chrysoidinmonohydrochlorid											
Bis(tributylzinn)oxid [56-35-9], 200-268-0			<b>2</b>	<b>1B</b>		s. Tri-n-butylzinn- verbindungen					
1,3-Bis(vinylsulfonylacetamido)- propan [93629-90-4], 428-350-3		2			Sh						
4,4'-Bi-o-toluidin s. 3,3'-Dimethylbenzidin											
Blausäure s. Cyanwasserstoff											
* Blei [7439-92-1], 231-100-4			1A	1A		0,1 E			BM	AGS TRGS 505	
Bleiacetat, basisch [1335-32-6], 215-630-3	2		1A	2		s. Blei- verbindungen				BGW	
Bleialkyle, C <sub>n</sub> = 1-5			1A	2		s. -tetraethyl s. -tetramethyl			H		
Bleiazid [13424-46-9], 236-542-1			1A	2		s. Blei- verbindungen				BGW	
Bleichromat [7758-97-6], 231-846-0	1B		1A	2		s. Blei- verbindungen				BGW	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Bleichromatmolybdatsulfatrot [12656-85-8], 235-759-9	1B		1A	2		s. Blei- verbindungen					BGW
Bleidi(acetat) [301-04-2], 206-104-4			1A	2		s. Blei- verbindungen					BGW
Bleihexafluorsilikat [25808-74-6], 247-278-1			1A	2		s. Blei- verbindungen					BGW
Bleihydrogenarsenat [7784-40-9], 232-064-2	1A		1A	2		s. Arsensäure- salze					BGW
Blei(II)methansulfonat [17570-76-2]			1A	2		s. Blei- verbindungen					BGW
Bleisulfochromatgelb [1344-37-2], 215-693-7	1B		1A	2		s. Blei- verbindungen					BGW
Bleitetraethyl [78-00-2], 201-075-4			1A	2		0,05		2 (II)	AGW Z, H, 10	DFG (1996)	BGW
Bleitetramethyl [75-74-1], 200-897-0			1A	2		0,05		2 (II)	AGW Z, H, 10	DFG (1997)	BGW
Blei-2,4,6-trinitroresorcinat [15245-44-0], 239-290-0			1A	2		s. Blei- verbindungen					BGW
Bleiverbindungen mit Ausnahme der namentlich genannten			1A	2		0,1 E			BM	AGS TRGS 505	BGW
Borsäure und Natriumborate [10043-35-3], 233-139-2			1B	1B		0,5 E		2 (I)	AGW Y, 10	AGS (2007)	
Bortrifluorid [7637-07-2], 231-569-5						1	0,35	2 (II)	AGW Y	AGS (2007)	
Bortrifluorid-Dihydrat [13319-75-0], 231-569-5						1,5	0,35	2 (II)	AGW Y	AGS (2007)	
* Brodifacoum (ISO) [56073-10-0], 259-980-5			1A						H		
Brom [7726-95-6], 231-778-1						0,7	0,1	1 (I)	AGW	EU, AGS (2007)	
* Bromadiolon (ISO) [28772-56-7], 249-205-9			1B						H		
3-[3-(4'-Brombiphenyl-4-yl)-3- hydroxy-1-phenylpropyl]-4- hydroxy-2H-chromen-2-on s. Bromadiolon (ISO)											
3-[3-(4'-Brombiphenyl-4-yl)- 1,2,3,4-tetrahydronaphthalen- 1-yl]-4-hydroxy-2H-1-benzothiopy- ran-2-on s. Difethialon (ISO)											
Bromchlortrifluorethan s. Halothan											
2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan s. Halothan											
Bromethan [74-96-4], 200-825-8	<b>1B</b> 2								(H)		
Bromethen (Bromethylen) [593-60-2], 209-800-6	1B										
Brommethan [74-83-9], 200-813-2	-	2	-	-		3,9	1	2 (I)	AGW Y	DFG (2013)	
1-Brom-2-methylpropylpropionat [158894-67-8], 422-900-6	2				Sh						
(R)-5-Brom-3-(1-methyl-2- pyrrolidinylmethyl)-1H-indol [143322-57-0], 422-390-5				2	Sh						
Bromoform s. Tribrommethan											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Bromoxynil [1689-84-5], 216-882-7			2		Sh						
Bromoxynil-Heptanoat [56634-95-8], 260-300-4			2		Sh						
Bromoxynil-octanoat s. 2,6-Dibrom-4-cyanphenyl- octanoat											
1-Brompropan [106-94-5], 203-445-0	-	-	1B	1B					(H)	EKA	
2-Brompropan [75-26-3], 200-855-1				1A							
1-Brom-3,4,5-trifluorbenzol [138526-69-9], 418-480-9	2										
Bromtrifluormethan (R13B1) [75-63-8], 200-887-6						6 200	1 000	8 (II)	AGW Y	DFG (1993)	
Bromwasserstoff s. Hydrogenbromid											
Buchenholzstaub s. Abschnitt 1.4	1A					2 E			BM	AGS TRGS 553	
* Bupirimat (ISO) [41483-43-6], 255-391-2	2				Sh						
1,3-Butadien [106-99-0], 203-450-8	1A	1B				0,5 5	0,2 2	8 (II)	AK TK	AGS (2010) TRGS 910	ÄBM EKA
n-Butan [106-97-8], 203-448-7						2 400	1 000	4 (II)	AGW	DFG	
iso-Butan [75-28-5], 200-857-2						2 400	1 000	4 (II)	AGW	DFG	
Butanal s. Butyraldehyd											
1,4-Butandiol [110-63-4], 203-786-5						200	50	4 (II)	AGW 11	AGS (1995)	
* Butandion (Diacyl) [431-03-8], 207-069-8					Sh	0,071	0,02	1 (II)	AGW H, Y	DFG (2015)	
1-Butanol (n-) [71-36-3], 200-751-6						310	100	1 (I)	AGW Y	DFG	BGW
iso-Butanol [78-83-1], 201-148-0						310	100	1 (I)	AGW Y	DFG	
tert-Butanol s. 2-Methyl-2-propanol											
2-Butanon [78-93-3], 201-159-0			-			600	200	1 (I)	AGW H, Y	EU, DFG (1998)	BGW
2-Butanonoxim [96-29-7], 202-496-6	2				Sh	1	0,3	8 (I)	AGW H, Y	AGS (2013)	
Butansulfon s. 1,4-Butansulfon											
1,4-Butansulfon [1633-83-6], 216-647-9	2										
2,4-Butansulfon [1121-03-5], 214-325-2	1B										
δ-Butansulfon s. 1,4-Butansulfon											
Butan-1-thiol [109-79-5], 203-705-3						1,9	0,5	2 (II)	AGW Y	DFG	
2-Butenal [123-73-9], 204-647-1 [4170-30-3], 224-030-0	-	2	-	-					H		
1,2-Butenoxid s. 1,2-Epoxybutan											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
But-2-in-1,4-diol [110-65-6], 203-788-6					Sh	0,36	0,1	1 (I)	AGW 11, H, Y	DFG (2012)	
Butoxydiethylenglykol, -acetat s. Butyldiglykol, -acetat											
1-n-Butoxy-2,3-epoxypropan [2426-08-6], 219-376-4	2	<b>1B</b> 2			Sh				H		
1-tert-Butoxy-2,3-epoxypropan [7665-72-7], 231-640-0	-	<b>2</b>	-	-					H		
2-Butoxyethanol [111-76-2], 203-905-0						49	10	4 (II)	AGW H, Y	AGS (2012)	BGW
2-(2-Butoxyethoxy)ethanol s. Butyldiglykol											
2-(2-Butoxyethoxy)ethylacetat s. Butyldiglykolacetat											
2-Butoxyethylacetat [112-07-2], 203-933-3						130	20	4 (II)	AGW H, Y, 11	EU, DFG	BGW
n-Butylacetat [123-86-4], 204-658-1						300	62	2 (I)	AGW Y	AGS (2012)	
iso-Butylacetat s. Isobutylacetat											
sec-Butylacetat [105-46-4], 203-300-1						300	62	2 (I)	AGW Y	AGS (2012)	
tert-Butylacetat [540-88-5], 208-760-7						200	42	2 (II)	AGW Y	AGS (2012)	
n-Butylacrylat [141-32-2], 205-480-7					Sh	11	2	2 (I)	AGW Y, (H)	DFG, EU	
Butylalkohol (n-, sec-, tert-, iso-) s. Butanol											
* Butylamin [109-73-9], 203-699-2						6,1	2	2; =2,5= (I)	AGW H, Y	DFG (2016)	
iso-Butylamin s. Isobutylamin											
* sec-Butylamin [13952-84-6], 237-732-7						6,1	2	2; =2,5= (I)	AGW	DFG (2016)	
* tert-Butylamin [75-64-9], 200-888-1						6,1	2	2; =2,5= (I)	AGW	DFG (2016)	
4-tert-Butylbenzoesäure [98-73-7], 202-696-3				1B		2 E		2 (II)	AGW H	DFG (2006)	
N-Butyl-1-butanamin s. Di-n-butylamin											
n-Butylchlorformiat [592-34-7], 209-750-5						1,1	0,2	2 (I)	AGW Y	DFG (2006)	
n-Butylchlorid s. 1-Chlorbutan											
Butyldiglykol [2-(2-Butoxy- ethoxy)ethanol] [112-34-5], 203-961-6						67	10	1,5 (I)	AGW Y, 11	EU, DFG (2011)	
Butyldiglykolacetat [124-17-4], 204-685-9						67	10	1,5 (I)	AGW Y, 11	DFG (2011)	
5-tert-Butyl-3-[2,4-dichlor-5- (prop-2-ynyloxy)phenyl]-1,3,4- oxadiazol-2(3H)-on s. Oxadiargyl											
4'-tert-Butyl-2',6'-dimethyl-3',5'- dinitroacetophenon [81-14-1], 201-328-9	2	-	-	-							
2-tert-Butyl-4,6-dinitrophenol s. Dinoterb											



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2-sec-Butyl-4,6-dinitrophenyl-3-methylcrotonat s. Binapacryl											
1,2-Butylenoxid s. 1,2-Epoxybutan											
5-Butyl-2-ethylamino-6-methyl- pyrimidin-4-yl-dimethylsulfamat s. Bupirimat (ISO)											
Butylglycidether n-Butylglycidylether s. 1-n-Butoxy-2,3-epoxypropan											
tert-Butylglycidylether s. 1-tert-Butoxy-2,3-epoxypropan											
Butylglykol s. 2-Butoxyethanol											
Butylglykolacetat s. 2-Butoxyethylacetat											
* tert-Butylhydroperoxid [75-91-2], 200-915-7		2									
Butylmercaptan s. Butanthiol											
tert-Butyl-4-methoxyphenol [25013-16-5], 246-563-8					20 E		1 (II)	AGW Y, 11	DFG (2012)		
(tert-Butyl)methylether [1634-04-4], 216-653-1					180	50	1,5 (I)	AGW Y	EU, DFG (2003)		
4-tert-Butylphenol (p-) [98-54-4], 202-679-0				2	0,5	0,08	2 (II)	AGW H, 11	DFG	BGW	
2-(4-tert-Butylphenoxy)- cyclohexylprop-2-ynylsulfid s. Propargit											
2-(4-tert-Butylphenyl)ethanol [5406-86-0], 410-020-5				2							
cis-4-[3-(p-tert-Butylphenyl)- 2-methylpropyl]-2,6-dimethyl- morpholin [67564-91-4], 266-719-9			2								
Butyl-2-[4-[[5-(trifluormethyl)- 2-pyridyl]oxy]phenoxy]propionat s. Fluazifop-butyl											
Butyl-(R)-2-[4-[[5-(trifluormethyl)- 2-pyridyl]oxy]phenoxy]propionat s. Fluazifop-P-butyl											
5-tert-Butyl-2,4,6-trinitro-m-xylol [81-15-2], 201-329-4	2	-	-	-							
n-Butylzinnverbindungen (Mono-)					0,009	0,0018	1 (I)	AGW, H, Y, 10, 11	AGS (2014)		
Butyraldehyd [123-72-8], 204-646-6					64	20	1 (I)	AGW	AGS (1993)		
2-Butyryl-3-hydroxy-5-thiocyclo- hexan-3-yl-cyclohex-2-en-1-on [94723-86-1], 425-150-8				1B	Sh						
5-(3-Butyryl-2,4,6-trimethyl- phenyl)-2-[1-(ethoxyimino)- propyl]-3-hydroxycyclohex-2- en-1-on) [138164-12-2], 414-790-3			2	2							

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Cadmium [7440-43-9], 2311528	1B	2	2	2		0,16 µg/m <sup>3</sup> A 1 µg/m <sup>3</sup> E		8 (II)	AK TK	AGS (2014) TRGS 910	
Cadmiumverbindungen in Form atembare Stäube/Aero- sole, ausgenommen die nament- lich aufgeführten	1B					s. Cadmium			H		
Cadmiumchlorid [10108-64-2], 233-296-7	1B	1B	1B	1B		s. Cadmium					
Cadmiumcyanid [542-83-6], 208-829-1	1B 2					s. Cadmium			H		
Cadmiumdiformiat [4464-23-7], 224-729-0	1B 2					s. Cadmium					
Cadmiumfluorid [7790-79-6], 232-222-0	1B	1B	1B	1B		s. Cadmium					
Cadmiumhexafluorsilikat [17010-21-8], 241-084-0	1B 2					s. Cadmium					
Cadmiumiodid [7790-80-9], 232-223-6	1B 2					s. Cadmium					
Cadmiumoxid [1306-19-0], 215-146-2	1B	2	2	2		s. Cadmium					
Cadmiumsulfat [10124-36-4], 233-331-6	1B	1B	1B	1B		s. Cadmium					
Cadmiumsulfid [1306-23-6], 215-147-8	1B	2	2	2		s. Cadmium					
Calciumarsenat s. Arsensäuresalze											
Calciumcarbimid s. Calciumcyanamid											
Calciumchromat [13765-19-0], 237-366-8	1B								(H)		
Calciumcyanamid [156-62-7], 205-861-8						1 E		2 (II)	AGW H, Y	DFG	
Calciumdihydroxid [1305-62-0], 215-137-3						1 E		2 (I)	AGW Y	DFG (2014) EU	
Calciumoxid [1305-78-8], 215-138-9						1 E		2 (I)	AGW Y	DFG (2014)	
Calciumsalicylate (verzweigt C <sub>10-14</sub> und C <sub>18-30</sub> alkyliert); Calciumphenate (verzweigt C <sub>10-14</sub> und C <sub>18-30</sub> alkyliert); geschwefelte Calciumphenate (verzweigt C <sub>10-14</sub> und C <sub>18-30</sub> alkyliert), Gemisch aus 415-930-6				2	Sh						
Calciumsulfat [7778-18-9], 231-900-3						6 A			AGW	DFG (1990)	
Campechlor [8001-35-2], 232-283-3	2								H		
ε-Caprolactam [105-60-2], 203-313-2						5 E		2 (I)	AGW 11, Y	EU, DFG (1990)	
Captafol (ISO) [2425-06-1], 219-363-3	1B				Sh						
Captan (ISO) [133-06-2], 205-087-0	2				Sh						
Carbadox (INN) [6804-07-5], 229-879-0	1B										
Carbamidsäureethylester s. Ethylcarbamat											
Carbanil s. Phenylisocyanat											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Carbaryl [63-25-2], 200-555-0	2					5 E		4 (II)	AGW H	DFG	
9H-Carbazol-3-amino-9-ethyl s. 3-Amino-9-ethylcarbazol											
Carbendazim (ISO) [10605-21-7], 234-232-0		1B	1B	1B		10 E		4 (II)	AGW Z	DFG (2013)	
4,4'-Carbonimidoylbis(N,N- dimethylanilin) und seine Salze s. Auramin											
Carbonylchlorid s. Phosgen											
Chinolin s. Quinolin											
Chinomethionat [2439-01-2], 219-455-3				2	Sh				H		
Chlor [7782-50-5], 231-959-5						1,5	0,5	1 (I)	AGW Y	DFG, EU	
2-Chloracetaldehyd [107-20-0], 203-472-8	2	-	-	-					H		
2-Chloracetamid [79-07-2], 201-174-2	-	-	-	2	Sh				(H)		
Chloracetamid-N-methylol s. N-Methylol-chloracetamid											
Chloralkane C10-13 [85535-84-8], 287-476-5	2										
Chloralkane, C <sub>14-17</sub> (Chlorierte Paraffine C <sub>14-17</sub> ) [85535-85-9], 287-477-0						6 E	0,3 E	8 (II)	AGW H, Y, 11	AGS (2011)	
γ-Chlorallylchlorid s. 1,3-Dichlorpropen											
2-Chlorallyldiethyl-dithio- carbamat s. Sulfallat											
cis-1-(3-Chlorallyl)-3,5,7-triaza- 1-azoniaadamantanchlorid [51229-78-8], 426-020-3			2		Sh						
Chlorameisensäurebutylester s. Butylchlorformiat											
Chlorameisensäuremethylester s. Methylchlorformiat											
4-Chlor-2-aminotoluol s. 5-Chlor-o-toluidin											
5-Chlor-2-aminotoluol s. 4-Chlor-o-toluidin											
4-Chloranilin (p-) [106-47-8], 203-401-0	1B				Sh				H		
Chlorbenzol [108-90-7], 203-628-5						47	10	2 (II)	AGW Y	DFG (1997)	BGW
4-Chlorbenzotrithlorid (p-) [5216-25-1], 226-009-1	1B	-	-	1B 2					H		
(1RS,5RS;1RS,5SR)-5-(4-Chlor- benzyl)-2,2-dimethyl-1-(1H-1,2,4- triazol-1-ylmethyl)cyclopentanol s. Metconazol (ISO)											
2-Chlor-1,3-butadien [126-99-8], 204-818-0	1B	-	-	-					(H)		
* 1-Chlorbutan [109-69-3], 203-696-6						12	3	2 (II)	AGW	AGS (2016)	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
3-Chlor-N-[3-chlor-2,6-dinitro-4-(trifluormethyl)phenyl]-5-(trifluormethyl)pyridin-2-amin s. Fluazinam (ISO)											
Chlordan [57-74-9], 200-349-0	2					0,5 E		8 (II)	AGW H	DFG	
Chlordecone [143-50-0], 205-601-3	2								H		
(2-Chlor-3-diethylamino-1-methyl-3-oxoprop-1-enyl)-dimethylphosphat s. Phosphamidon											
2-Chlor-2',6'-diethyl-N-(methoxymethyl)acetanilid s. Alachlor											
1-Chlor-1,1-difluorethan (R 142 b) [75-68-3], 200-891-8						4 200	1 000	8 (II)	AGW	DFG (1990)	
Chlordifluormethan (R 22) [75-45-6], 200-871-9						3 600			AGW 9	EU (1997)	
2-Chlor-1-(difluormethoxy)-1,1,2-trifluorethan s. 2-Chlor-1,1,2-trifluorethyl-difluormethylether											
5-Chlor-1,3-dihydro-2H-indol-2-on [17630-75-0], 412-200-9				2	Sh						
Chlordimeform (ISO) [6164-98-3], 228-200-5	2								H		
Chlordimeformhydrochlorid [19750-95-9], 243-269-1	2										
Chlordimethylether s. Monochlordimethylether											
Chlor-N,N-dimethylformiminium-chlorid [3724-43-4], 425-970-6			1B								
Chlordioxid [10049-04-4], 233-162-8						0,28	0,1	1 (I)	AGW	DFG	
1-Chlor-2,3-epoxypropan (Epichlorhydrin) [106-89-8], 203-439-8 [51594-55-9], 424-280-2	1B				Sh	2,3 8	0,6 2	2 (II)	AK TK H	AGS (2012) TRGS 910	ÄBM
Chloressigsäure [79-11-8], 201-178-4						4	1	1 (I)	AGW H, 11	AGS (1996)	
Chloressigsäureethylester s. Ethylchloracetat											
Chloressigsäuremethylester s. Methylchloracetat											
Chlorethan [75-00-3], 200-830-5	2					110	40	2 (II)	AGW (H)	EU, AGS (2007)	
2-Chlorethanol [107-07-3], 203-459-7						3,3	1	1 (II)	AGW H, Y	DFG	
* 2-Chlor-N-(ethoxymethyl)-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)acetamid [34256-82-1], 251-899-3	2			2	Sh						
Chlor-1-ethylcyclohexylcarbonat [99464-83-2], 444-950-8			2		Sh						
(2-Chlorethyl)(3-hydroxypropyl)-ammoniumchlorid [40722-80-3], 429-740-6	1B	1B			Sh						

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
6-(2-Chlorethyl)-6-(methoxyethoxy)-2,5,7,10-tetraoxa-6-silaundecan [37894-46-5], 253-704-7			1B								
3-Chlor-4-(3-fluorbenzyloxy)-anilin [202197-26-0], 445-590-4		2									
Chlorfluormethan (R 31) [593-70-4], 209-803-2	<b>1B</b>										
2-Chlor-6-fluorphenol [2040-90-6], 433-890-8		1B		2	Sh						
N-Chlorformylmorpholin s. Morpholin-4-carbonylchlorid											
2-Chlor-N-hydroxymethylacetamid s. N-Methylol-chloracetamid											
(3-Chlor-2-hydroxypropyl)-trimethylammoniumchlorid [3327-22-8], 222-048-3	2	-	-	-							
* Chlorierte Biphenyle [1336-36-3], 215-648-1 *) Gesamt-PCB	<b>2</b>		<b>1B</b>	<b>1B</b>	0,003 E *)		8 (II)	AGW H, Z, 11, 23	AGS, DFG (2017)		
Chloriertes Camphen s. Camphechlor											
Chlormethan [74-87-3], 200-817-4	2				100	50	2 (II)	AGW H, Z	DFG		
Chlormethyl s. Chlormethan											
3-Chlor-6-methylanilin s. 5-Chlor-o-toluidin											
Chlormethylmethylether s. Monochlordimethylether											
3-Chlor-2-methylpropen [563-47-3], 209-251-2	<b>2</b>				Sh						
2-[2-Chlor-4-(methylsulfonyl)-benzoyl]cyclohexan-1,3-dion s. Sulcotrione (ISO)											
2-[2-Chlor-4-(methylsulfonyl)-3-[(2,2,2-trifluorethoxy)methyl]-benzoyl]cyclohexan-1,3-dion s. Tembotrion (ISO)											
1-Chlor-2-nitrobenzol [88-73-3], 201-854-9	<b>2</b>	-	-	<b>2</b>				(H)			
1-Chlor-4-nitrobenzol [100-00-5], 202-809-6	2	2	-	-				H			
2-Chlor-6-nitro-3-phenoxyanilin s. Aclonifen (ISO)											
6-Chloro-N,N'-diethyl-1,3,5-triazin-2,4-diamin s. Simazin											
Chloroform s. Trichlormethan											
2-Chloropren s. 2-Chlor-1,3-butadien											
Chlorothalonil s. Chlorthalonil											
* Chlorphacinon (ISO) [3691-35-8], 223-003-0			1B					H			

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
(2RS, 3RS; 2RS, 3SR)-2-(4-Chlorphenyl)-3-cyclopropyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-ol s. Cyproconazol											
3-(4-Chlorphenyl)-1,1-dimethylharnstoff s. Monuron (ISO)											
1-(4-Chlorphenyl)-4,4-dimethyl-3-(1,2,4-triazol-1-ylmethyl)-pentan-3-ol s. Tebuconazol (ISO)											
3-(4-Chlorphenyl)-1,1-dimethyluronium-trichloracetat [140-41-0]	2										
(2RS, 3RS)-3-(2-Chlorphenyl)-2-(4-fluorphenyl)-[(1H-1,2,4-triazol-1-yl)methyl]oxiran [133855-98-8], 406-850-2	2		1B	2							
4-[(3-Chlorphenyl)(1H-imidazol-1-yl)methyl]-1,2-benzoldiamindihydrochlorid [159939-85-2], 425-030-5				2	Sh						
(3-Chlorphenyl)-(4-methoxy-3-nitrophenyl)methanon [66938-41-8], 423-290-4		2									
2-[[4-Chlorphenyl(phenyl)acetyl]-1H-inden-1,3(2H)-dion s. Chlorphacinon (ISO)											
Chlorpikrin s. Trichlornitromethan											
3-Chlor-1,2-propandiol [96-24-2], 202-492-4						0,023	0,005	8 (II)	AGW H, 11	DFG (2014)	
3-Chlorpropen [107-05-1], 203-457-6	2	2							H		
3-Chlor-1-propen s. 3-Chlorpropen											
Chlorpropham (ISO) [101-21-3], 202-925-7	2										
Chlorpyrifos (ISO) [2921-88-2], 220-864-4						0,2			AGW H	AUS-NL (1997)	
Chlorthalonil [1897-45-6], 217-588-1	2				Sh						
4-Chlor-o-toluidin [95-69-2], 202-441-6 und -hydrochlorid [3165-93-3], 221-627-8	1A 1B	2	-	-					H		
5-Chlor-o-toluidin [95-79-4], 202-452-6	2										
α-Chlortoluol [100-44-7], 202-853-6, s. auch α-Chlortoluole	1B	2	2	-					(H)		
Chlortoluole: Gemisch aus α-Chlortoluol [100-44-7], α,α-Dichlortoluol [98-87-3], α,α,α-Trichlortoluol [98-07-7]	1A								(H)		
Chlortoluron [15545-48-9], 239-592-2	2		2								

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
3-(3-Chlor-p-tolyl)-1,1-dimethyl- harnstoffe s. Chlortoluron											
N-(4-Chlor-o-tolyl)-N',N'- dimethylformamidin s. Chlordimeform											
4-Chlor-1-trichlormethylbenzol s. 4-Chlorbenzotrichlorid											
2-Chlor-1,1,2-trifluor- ethylidifluormethylether s. Enfluran											
Chlortrifluormethan (R 13) [75-72-9], 200-894-4						4 300	1 000	8 (II)	AGW	DFG (1990)	
(1E)-N-[4-Chlor-2-(trifluormethyl) phenyl]-1-(1H-imidazol-1-yl)-2- propoxyethanimin s. Triflumizol (ISO)											
Chlorwasserstoff [7647-01-0], 231-595-7						3	2	2 (I)	AGW Y	DFG (2006)	
Chlozolate [84332-86-5], 282-714-4	2										
Chrom [7440-47-3], 231-157-5 und anorganische Chrom(II) und (III)-Verbindungen						2 E		1 (I)	AGW 10	EU (2007)	
Chrom-III-chromate („Chromic-chromate“) [24613-89-6], 246-356-2	1B				Sh						
Chromdioxidchlorid s. Chromoxychlorid											
Chromdioxychlorid s. Chromoxychlorid											
Chromgelb s. Bleichromat											
Chromoxychlorid [14977-61-8], 239-056-8	1B i	1B			Sh						
Chromsäure (Anhydrid) s. Chromtrioxid											
Chromsäureanhydrid s. Chromtrioxid											
Chromtrioxid [1333-82-0], 215-607-8	1A	1B		2	S				H		
Chrom(VI)-Verbindungen ausgenommen sind Bariumchromat sowie namentlich genannte Verbindungen	1B i				Sh						
Chromylchlorid s. Chromoxychlorid											
Chrysen [218-01-9], 205-923-4	1B	2							(H)		
Chrysoidin [495-54-5], 207-803-7	-	2									

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Chrysoidin-C <sub>10-14</sub> -Alkylderivate Benzolsulfonsäure, Mono-C <sub>10-14</sub> - alkylderivate, Verbindungen mit 4-(Phenylazo)-1,3-benzoldiamin [85407-90-5], 286-946-7 Chrysoidin, Verbindung mit Dibutyl-naphthalinsulfonsäure, Dibutyl-naphthalinsulfonsäure, Verbindung mit 4-(Phenylazo)- benzol-1,3-diamin (1:1) [94247-67-3], 304-236-8		2									
Chrysoidinmonohydrochlorid, 4-Phenylazophenyl-1,3- diaminmonohydrochlorid [532-82-1], 208-545-8 Chrysoidinmonoacetat, 4- (Phenylazo)benzol-1,3-diamin- monoacetat [75660-25-2], 278-290-5 Chrysoidinacetat, 4-(Phenylazo)- benzol-1,3-diaminacetat [79234-33-6], 279-116-0 Chrysoidin-p-dodecylbenzol- sulfonat, Dodecylbenzolsulfonsäure, Verbindung mit 4-(Phenylazo)- benzol-1,3-diamin (1:1) [63681-54-9], 264-409-8 Chrysoidindihydrochlorid, 4- (Phenylazo)benzol-1,3-diamin- dihydrochlorid [83968-67-6], 281-549-5 Chrysoidinsulfat, Bis[4-(phenyl- azo)benzol-1,3-diamin]sulfat [84196-22-5], 282-432-1		2									
C.I. Basic Red 9 [569-61-9], 209-321-2	1B	-	-	-							
C.I. Basic Violet 3 [548-62-9], 208-953-6	2	-	-	-							
C.I. Direct Black 38 [1937-37-7], 217-710-3	1B		2								
C.I. Direct Blue 6 [2602-46-2], 220-012-1	1B		2								
C.I. Direct Blue 218 [73070-37-8], 277-272-4	2	-	-	-							
C.I. Direct Red 28 [573-58-0], 209-358-4	1B		2								
C.I. Disperse Blue 1 s. 1,4,5,8-Tetraaminoantra- chinon											
C.I. Disperse Yellow 3 s. N-[4-[(Hydroxy-5-methyl- phenyl)azo]phenyl]acetamid											
Cinerin I [25402-06-6], 246-948-0 s. Pyrethrum											
Cinerin II [121-20-0], 204-454-2 s. Pyrethrum											
Cinidonethyl (ISO) [142891-20-1]	2				Sh						
C.I. Pigment gelb 157 s. Nickel-Barium-Titan-Primerit											



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
C.I. Pigment schwarz 25 s. Cobalt-Nickel-Gray-Periklas unter Nickelverbindungen											
C.I. Solvent Yellow 14 [842-07-9], 212-668-2	2	2	-	-	Sh						
Clofenotan s. DDT											
Cobalt [7440-48-4], 231-158-0 (in Form atembarer Stäube/ Aerosole)	1B	-	-	-	S					EKA	
Cobaltverbindungen, (in Form atembarer Stäube/Aerosole) aus- genommen namentlich genannte sowie cobalthaltige Spinelle und organische Sikkative	2	-	-	-	S				(H)		
Cobaltacetat [71-48-7], 200-755-8 Cobaltacetat-Tetrahydrat [6147-53-1]	1B i	2	-	1B	S				(H)		
Cobaltcarbonat [513-79-1], 208-169-4	1B i	2	-	1B	S				(H)		
Cobaltdichlorid [7646-79-9], 231-589-4	1B i	2	-	1B	S				(H)		
Cobaltnitrat [10141-05-6], 233-402-1 Cobaltnitrat-Hexahydrat [10026-22-9]	1B i	2	-	1B	S				(H)		
Cobaltoxid [1307-96-6], 215-154-6 (in Form atembarer Stäube/ Aerosole)	2	-	-	-	Sh				(H)		
Cobaltsulfat [10124-43-3], 233-334-2 - Heptahydrat [10026-24-1]	1B i	2	-	1B	S				(H)		
Cobaltsulfid [1317-42-6], 215-273-3 (in Form atembarer Stäube/ Aerosole)	2	-	-	-	Sh				(H)		
Colchicin [64-86-8], 200-598-5		1B									
* Coumatetralyl (ISO) [5836-29-3], 227-424-0			1B						H		
p-Cresidin s. p-Kresidin											
Cresylglycidylether s. 1,2-Epoxy-3-(tolylxy)propan											
Cristobalit [14464-46-1], 238-455-4 s. Quarz											
Crotonaldehyd s. 2-Butenal											
Cryofluoran (R 114) [76-14-2], 200-937-7						7 100	1 000	8 (II)	AGW	DFG	
Cumol [98-82-8], 202-704-5						50	10	4 (II)	AGW H, Y	EU, DFG, AGS (2014)	BGW
Cyanacrylsäuremethylester [137-05-3], 205-275-2						9,2	2	1 (I)	AGW	DFG	
Cyanamid [420-04-2], 206-992-3					Sh	0,35 E	0,2	1 (II)	AGW H, Y, 11	DFG (2012)	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4-Cyan-2,6-diiodophenyl-octa- noat [3861-47-0], 223-375-4			2		Sh						
2-Cyan-N-[(ethylamino)carbonyl]- 2-(methoxyimino)-acetamid [57966-95-7], 261-043-0			2	2	Sh						
α-Cyan-4-fluor-3-phenoxybenzyl- 3-(2,2-dichlorvinyl)-2,2-dimethyl- cyclopropanocarboxylat s. Cyfluthrin											
Cyanide [als CN berechnet]										DFG	
4-Cyclododecyl-2,6-dimethylmor- pholin s. Dodemorph (ISO)											
4-Cyclododecyl-2,6-dimethylmor- pholin-4-iumacetat s. Dodemorphacetat (ISO)											
Cyclohexan [110-82-7], 203-806-2	-	-	-	-		700	200	4 (II)	AGW	EU, DFG (1998)	BGW
Cyclohexanon [108-94-1], 203-631-1	-					80	20	1 (I)	AGW H, Y	EU, AGS (1996)	EKA
Cycloheximid [66-81-9], 200-636-0		2	1B								
Cyclohexylamin [108-91-8], 203-629-0				2		8,2	2	2 (I)	AGW H, Y	DFG (2013)	
3-Cyclohexyl-6,7-dihydro- 1H-cyclopenta[d]pyrimidin- 2,4(3H,5H)-dion s. Lenacil (ISO)											
N-Cyclohexylhydroxydiazen- 1-oxid, Kaliumsalz [66603-10-9]						10 E		2 (II)	AGW H	DFG (2014)	
N-Cyclohexyl-N-methoxy-2,5-di- methyl-3-furamid [60568-05-0], 262-302-0	2										
trans-4-Cyclohexyl-L-prolinmono- hydrochlorid [90657-55-9], 419-160-1				2	Sh						
1-Cyclopropyl-6,7-difluor-1,4-dihy- dro-4-oxochinolin-3-carbonsäure [93107-30-3], 413-760-7				2							
5-Cyclopropyl-1,2-oxazol-4- yl-α,α,α-trifluor-2-mesyl-p- tolylketon s. Isoxaflutole											
Cycloxydim (ISO) [101205-02-1], 405-230-9			2								
Cyfluthrin [68359-37-5], 269-855-7						0,01 E		1 (I)	AGW Y	DFG (2006)	
Cymoxanil (ISO) s. 2-Cyan-N-[(ethylamino)carbo- nyl]-2-(methoxyimino)-acetamid											
Cyproconazol [94361-06-5]			2								

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2,4-D [94-75-7], 202-361-1					Sh	aufge- hoben			(H)	2014	
Salze und Ester der 2,4-D					Sh	aufge- hoben				2014	
DDT (1,1,1-Trichlor-2,2-bis(4-chlor- phenyl)ethan) [50-29-3], 200-024-3	2								H		
DDVP s. Dichlorvos											
Decaboran [17702-41-9], 241-711-8						0,25	0,05	2 (II)	AGW H	DFG	
Decabromphenylether s. Bis(pentabromphenyl)ether											
Decachlorpentacyclo- [5.2.1.0 <sup>2,6</sup> .0 <sup>3,9</sup> .0 <sup>5,8</sup> ]-decan-4-on s. Chlordecon											
Decachlortetracyclodecanon s. Chlordecon											
* Decahydronaphthalin, Decalin [91-17-8], 202-046-9						29	5	2 (II)	AGW 11	DFG (2016)	
DEHP s. Di-(2-ethylhexyl)phthalat											
Demeton [8065-48-3]						0,1	0,01		AGW H	AUS-NL	
Demetonmethyl [8022-00-2]						4,8	0,5	2 (II)	AGW H	DFG	
Diacetonalkohol s. 4-Hydroxy-4-methylpentan- 2-on											
Diacetyl s. Butandion											
N,N'-Diacetylbenzidin [613-35-4], 210-338-2	1B	2							H		
Diallat (ISO) [2303-16-4], 218-961-1	2										
2,4-Diaminoanisol [615-05-4], 210-406-1 und 2,4-Diaminoanisolsulfat [39156-41-7], 254-323-9	1B	2							H		
3,3'-Diaminobenzidin [91-95-2], 202-110-6, Salze von 3,3'-Diaminobenzidin	1B 2	2							H		
1,2-Diaminobenzol s. o-Phenylendiamin											
1,3-Diaminobenzol s. m-Phenylendiamin											
1,4-Diaminobenzol s. p-Phenylendiamin											
4,4'-Diamino-3,3'-dichlor- diphenylmethan s. 4,4'-Methylen-bis(2-chlor- anilin)											
4,4'-Diaminodiphenyl s. Benzidin											
4,4'-Diaminodiphenylether s. 4,4'-Oxydianilin											
4,4'-Diaminodiphenylmethan [101-77-9], 202-974-4	1B	2			Sh	0,07 0,7		8 (II)	AK TK H	AGS (2010) TRGS 910	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4,4'-Diaminodiphenylsulfid s. 4,4'-Thiodianilin											
3,8-Diamino-1-ethyl-6-phenyl- phenantridiniumbromid s. Ethidiumbromid											
1,3-Diamino-4-methylbenzol s. 2,4-Toluylendiamin											
1,5-Diaminonaphthalin s. 1,5-Naphthylendiamin											
Diaminotoluol s. Methylphenylendiamin											
2,4-Diaminotoluol s. 2,4-Toluylendiamin											
Diammonium-1-hydroxy-2-(4- (4-carboxyphenylazo)-2,5- dimethoxyphenylazo)-7-amino-3- naphthalinsulfonat 422-670-7				2							
o-Dianisidin s. 3,3'-Dimethoxybenzidin											
Diantimontrioxid s. Antimontrioxid											
Diarsenpentaoxid s. Arsenpentaoxid											
Diarsentrioxid s. Arsentrioxid											
Diazinon [333-41-5], 206-373-8						0,1E		2 (II)	AGW H, Y	DFG (1997)	
Diazomethan [334-88-3], 206-382-7	1B										
Dibasische Ester (DBE) (Gemische aus Dimethyladipat, Dimethylglutarat und Dimethyl- succinat)						8	1,2	2 (I)	AGW Y, 11	AGS (2011)	
Dibenz(a,h)anthracen [53-70-3], 200-181-8	1B								(H)		
Dibenz[b,e](1,4)dioxin s. 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p- dioxin											
Dibenzodioxin, chloriert s. 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p- dioxin											
Dibenzoylperoxid [94-36-0], 202-327-6					Sh	5 E		1 (I)	AGW	DFG	
Dibortrioxid [1303-86-2], 215-125-8			1B	1B							
Dibrom s. Naled											
1,2-Dibrom-3-chlorpropan [96-12-8], 202-479-3	1B	1B	-	1A					(H)		
2,6-Dibrom-4-cyanphenyl- octanoat [1689-99-2], 216-885-3			2		Sh						
2,6-Dibrom-4-cyanphenyl- Heptanoat s. Bromoxynil-Heptanoat											
1,2-Dibrom-2,2-dichlorethyl- dimethylphosphat s. Naled											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1,2-Dibromethan [106-93-4], 203-444-5	1B								H		
3,5-Dibrom-4-hydroxy-benzonitril s. Bromoxynil (ISO)											
2,2-Dibrom-2-nitroethanol [69094-18-4], 412-380-9	2				Sh						
2,3-Dibrompropan-1-ol [96-13-9], 202-480-9	1B	-	-	2					H		
Di-n-butylamin [111-92-2], 203-921-8						29	5	1 (I)	AGW H, 6	AGS (1993)	
3,5-Di-tert-butyl-4-hydroxyphen- ylpropionsäureoctadecylester s. Octadecyl-3-(3,5-di-tert-butyl- 4-hydroxyphenyl)propionat											
2,6-Di-tert-butyl-p-kresol [128-37-0], 204-881-4						10 E		4 (II)	AGW Y, 11	DFG (2012)	
N,N-Di-n-butylnitrosamin s. N-Nitrosodi-n-butylamin											
Di-tert-butylperoxid [110-05-4], 203-733-6		2									
Di-n-butylphthalat [84-74-2], 201-557-4	-	-	1B	2 1B		0,58	0,05	2 (I)	AGW Y, 11	DFG (2011)	
Dibutylzinnchlorid [683-18-1], 211-670-0		2	1B	1B		s. Di-n-butylzinn- verbindungen			H		
Dibutylzinnhydrogenborat [75113-37-0], 401-040-5		2	1B	1B	Sh	s. Di-n-butylzinn- verbindungen			H		
Di-n-butylzinnverbindungen						0,009	0,0018	1 (I)	AGW, H, Z, 10, 11	AGS (2014)	
Dichloracetylen [7572-29-4]	2 1B										
S-2,3-Dichlorallyldiiso- propylthiocarbamat s. Diallat											
3,3'-Dichlorbenzidin [91-94-1], 202-109-0 und seine Salze	1B				Sh				H		
1,2-Dichlorbenzol (o-) [95-50-1], 202-425-9						61	10	2 (II)	AGW H, Y	EU, DFG (2003)	BGW
1,3-Dichlorbenzol (m-) 541-73-1], 208-792-1						12	2	2 (II)	AGW Y	AGS (2010)	
1,4-Dichlorbenzol (p-) 106-46-7], 203-400-5	2	-				6	1	2 (II)	AGW (H), Y	EU, AGS (2009)	EKA
2,2'-[(3,3'-Dichlor[1,1'-biphenyl]- 4,4'-diyl)bis(azo)]bis[N-(2,4- dimethylphenyl)]-3-oxobutan- amid; 2-[[[3,3'-Dichlor-4'-[[1[(2,4- dimethylphenyl)amino]carbonyl]- 2-oxopropyl]azo][1,1'-biphenyl]- 4-yl]azo]-N-(2-methylphenyl)-3- oxobutanamid; 2-[[[3,3'-Dichlor-4'-[[1[(2,4-di- methylphenyl)amino]carbonyl]- 2-oxopropyl]azo][1,1'-biphenyl]- 4-yl]azo]-N-(2-carboxylphenyl)- 3-oxobutanamid, Gemisch aus 434-330-5	2				Sh						
1,4-Dichlor-2-buten [764-41-0], 212-121-8	1B								H		
2,2'-Dichlordiethylether [111-44-4], 203-870-1	2					59	10	1 (I)	AGW H	DFG	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2,2'-Dichlor-diethylsulfid [505-60-2]	1A								(H)		
Dichlordifluormethan (R 12) [75-71-8], 200-893-9					5 000	1 000	2 (II)	AGW Y	DFG		
Dichlordimethylether s. Bis(chlormethyl)ether											
1,1'-Dichlordimethylether s. Bis(chlormethyl)ether											
3,5-Dichlor-N-(1,1-dimethylprop- 2-ynyl)benzamid [23950-58-5], 245-951-4	2										
1,1-Dichlorethan [75-34-3], 200-863-5					410	100	2 (II)	AGW Y	DFG, EU		
* 1,2-Dichlorethan [107-06-2], 203-458-1	1B				0,8 4	0,2 1	8 (II)	AK TK H	AGS (2016) TRGS 910		
1,1-Dichlorethen [75-35-4], 200-864-0	2				8	2	2 (II)	AGW Y	DFG		
1,2-Dichlorethen sym. [540-59-0], 208-750-2 (cis- [156-59-2] und trans- [156-60-5])					800	200	2 (II)	AGW	DFG		
Dichlorethin s. Dichloracetylen											
1,2-Dichlorethylen s. 1,2-Dichlorethen											
1,2-Dichlorethylmethylether s. 1,2-Dichlormethoxyethan											
α,β-Dichlorethylmethylether s. 1,2-Dichlormethoxyethan											
Dichlorfluormethan (R 21) [75-43-4], 200-869-8					43	10	2 (II)	AGW	DFG		
α-Dichlorhydrin s. 1,3-Dichlor-2-propanol											
* Dichlormethan [75-09-2], 200-838-9	2				180	50	2 (II)	AGW H, Z	DFG (2015)	BGW EKA	
1,2-Dichlormethoxyethan [41683-62-9]	-	2	-	-				(H)			
Dichlormethylbenzol s. Dichlortoluol (Isomergemisch)											
1,3-Dichlor-4-methylbenzol s. 2,4-Dichlortoluol											
2,2'-Dichlor-N-methyldiethylamin s. N-Methyl-bis(2-chlorethyl)amin											
2,2'-Dichlor-4,4'-methylendianilin s. 4,4'-Methylen-bis(2-chlor- anilin)											
N-(2,6-Dichlor-3-methylphenyl)- 5,7-dimethoxy[1,2,4]triazolo- [1,5-a] pyrimidin-2-sulfonamid s. Metosulam (ISO)											
Dichlorodiphenyltrichlorethan s. DDT											
2,4-Dichlorphenoxyessigsäure s. 2,4-D											
3-(3,4-Dichlorphenyl)-1,1- dimethylharnstoff s. Diuron											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
3-(3,5-Dichlorphenyl)-2,4-dioxo-N-isopropylimidazolidin-1-carboxamid [36734-19-7], 253-178-9	2										
1-[4-[4-[[[(2SR,4RS)-2-(2,4-Dichlorphenyl)-2-(imidazol-1-ylmethyl)-1,3-dioxolan-4-yl]-methoxy]phenyl]piperazin-1-yl]-ethanon s. Ketoconazol											
3-(3,4-Dichlorphenyl)-1-methoxy-1-methylharnstoff s. Linuron (ISO)											
N-3,5-Dichlorphenyl-5-methyl-5-vinyl-1,3-oxazolidin-2,4-dion s. Vinclozolin											
2,4-Dichlorphenyl-4-nitrophenylether s. Nitrofen											
1-[2-(2,4-Dichlorphenyl)-penty]-1H-1,2,4-triazol s. Penconazol (ISO)											
* 1,2-Dichlorpropan [78-87-5], 201-152-2	1B										
1,3-Dichlor-2-propanol [96-23-1], 202-491-9	1B								H		
E,Z-1,3-Dichlorpropen [542-75-6], 208-826-5 (gilt nur für das technische Gemisch)	1B	2	-	-	Sh				H		
2,3-Dichlorpropen [78-88-6], 201-153-8		2							H		
3-[2,4-Dichlor-5-(2-propynyloxy)-phenyl]-5-(1,1-dimethylethyl)-1,3,4-oxadiazol-2(3H)-on s. Oxadiargyl											
2,4'-Dichlor- $\alpha$ -(pyrimidin-5-yl)-benzhydrylalkohol s. Fenarimol											
1,2-Dichlor-1,1,2,2-tetrafluorethan s. Cryofluoran (R 114)											
$\alpha,\alpha$ -Dichlortoluol [98-87-3], 202-709-2 s. auch $\alpha$ -Chlortoluole	2								(H)		
* Dichlortoluol (Isomergemisch, ringsubstituiert) [29797-40-8], 249-854-8						8	1,3	2 (II)	AGW Y	AGS (2016)	
2,4-Dichlortoluol [95-73-8], 202-445-8						30	5	4 (II)	AGW H	AGS (1995)	
2,2-Dichlor-1,1,1-trifluorethan (R 123) [306-83-2], 206-190-3	2	-	-	-							
(2,2-Dichlorvinyl)dimethylphosphat s. Dichlorvos											
Dichlorvos [62-73-7], 200-547-7					Sh	1	0,11	2 (II)	AGW H, Y	DFG	
Dicyclohexylamin [101-83-7], 202-980-7						5	0,7	2 (II)	AGW H, Y, 11	AGS (2013)	
Dicyclohexylnitrosamin [947-92-2]	-	2	-	-							

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
* Dicyclohexylphthalat [84-61-7], 201-545-9			1B		Sh						
Dicyclopentadien (3a,4,7,7a-Tetrahydro-4,7- methanoinden) [77-73-6], 201-052-9						2,7	0,5	1 (I)	AGW	DFG	
Dieisentrioxid s. Eisen(III)oxid											
Dieldrin (HEOD) [60-57-1], 200-484-5	2					0,25 E		8 (II)	AGW H	DFG	
1,2,3,4-Diepoxybutan [1464-53-5], 215-979-1	1B	1B	-	2					H		
1,3-Di(2,3-epoxypropoxy)benzol s. Diglycidylresorcinether											
Dieselmotor-Emissionen s. Abschnitt 1.4	1B										
* Diethanolamin [111-42-2], 203-868-0					Sh	0,5	0,11	1 (I)	AGW H, Y, 11, 6	AGS (2017)	
Diethanolaminperfluorooctansul- fonat s. Perfluorooctansulfonsäure											
N,N-Diethanolnitrosamin s. N-Nitrosodiethanolamin											
1,2-Diethoxyethan [629-14-1], 211-076-1			1B	2							
* Diethylamin [109-89-7], 203-716-3						6,1	2	2; =2,5= (I)	AGW H, 6	EU, DFG (2016)	
2-Diethylaminoethanol [100-37-8], 202-845-2						24	5	1 (I)	AGW H, Y	DFG (2000)	
Diethylcarbamidsäurechlorid [88-10-8], 201-798-5	2										
Diethylendioxid s. 1,4-Dioxan											
Diethylenglykol [111-46-6], 203-872-2						44	10	4 (II)	AGW Y, 11	DFG (1997)	
Diethylenglykoldimethylether s. Bis(2-methoxyethyl)ether											
Diethylenglykol-monobutylether s. Butyldiglykol											
Diethylether [60-29-7], 200-467-2						1200	400	1 (I)	AGW	DFG	
Di-(2-ethylhexyl)phthalat s. Bis(2-ethylhexyl)phthalat											
O,O-Diethyl-O-(4-nitrophenyl)- thiophosphat s. Parathion											
N,N-Diethylnitrosamin s. N-Nitrosodiethylamin											
Diethylsulfat [64-67-5], 200-589-6	1B	1B							H		
* Difenacoum (ISO) [56073-07-5], 259-978-4			1B						H		
* Difethialon (ISO) [104653-34-1]			1B						H		
1,1-Difluorethen (R 1132a) [75-38-7], 200-867-7	2										
1,1-Difluorethylen s. 1,1-Difluorethen											



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Difluormonochlorethan s. 1-Chlor-1,1-difluorethan											
Difluormonochlormethan s. Monochlordifluormethan											
Diglycidylether [2238-07-5], 218-802-6	2								(H)		
1,3-Diglycidylloxybenzol s. Diglycidylresorcinether											
Diglycidylresorcinether 1,3-Bis(2,3-epoxypropoxy)benzol [101-90-6], 202-987-5	1B 2	2			Sh				H		
Diglycolamin s. 2-(2-Aminoethoxy)ethanol											
Diglyme s. Diethylenglykoldimethylether											
Di-iso-heptylphthalat s. 1,2-Benzoldicarbonsäure, Di-C6-8-verzweigte Alkylester											
N,N'-Dihexadecyl-N,N'-bis(2- hydroxyethyl)propandiamid [149591-38-8], 422-560-9				2							
Dihexylphthalat [84-75-3], 201-559-5			1B	1B							
Dihydrogenselenid (Selenwasserstoff) [7783-07-5], 231-978-9						0,05	0,015	2 (I)	AGW Y	EU, DFG (2007)	
N-[6,9-Dihydro-9-[[2-hydroxy- 1-(hydroxymethyl)ethoxy)methyl]- 6-oxo-1H-purin-2-yl]acetamid [84245-12-5], 424-550-1	1B	1B	1B	1B							
(S)-2,3-Dihydro-1H-indol-2- carbonsäure [79815-20-6], 410-860-2				2	Sh						
(E)-4,5-Dihydro-6-methyl-4-(3- pyridylmethylenamino)-1,2,4- triazin-3(2H)-on s. Pymetrozin											
1,2-Dihydro-5-nitro-ace- naphthylen s. 5-Nitroacenaphthen											
1,3-Dihydroxybenzol (Resorcin) [108-46-3], 203-585-2					Sh	20 E	4	1 (I)	AGW Y, H, 11	EU, AGS (2007)	
1,4-Dihydroxybenzol [123-31-9], 204-617-8	2	2	-	-	Sh				(H)		
4-[4-(1,3-Dihydroxyprop-2-yl)- phenylamino]-1,8-dihydroxy-5- nitroanthrachinon [114565-66-1], 406-057-1	2				Sh						
Diisobutylphthalat [84-69-5], 201-553-2			1B	2							
m-Diisocyanattoluol [26471-62-5], 247-722-4	2				S	0,035	0,005	1; =4= (I)	AGW 11, 12	AGS (2003)	
2,4-Diisocyanattoluol [584-84-9], 209-544-5	2				S	0,035	0,005	1; =4= (I)	AGW 11, 12	AGS (2003)	
2,6-Diisocyanattoluol [91-08-7], 202-039-0	2				S	0,035	0,005	1; =4= (I)	AGW 11, 12	AGS (2003)	
Di-(isooctyl)phthalat s. Di-(2-ethylhexyl)phthalat											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Diisopentylphthalat (DIPP) s. 1,2-Benzoldicarbonsäure, Dipentylester											
Diisopropanolamin mit Formalde- hyd (1:4), Reaktionsprodukte von [220444-73-5], 432-440-8	2				Sh						
Di-isopropylether [108-20-3], 203-560-6						850	200	2 (I)	AGW Y	DFG (2003)	
N,N-Diisopropylnitrosamin s. N-Nitrosodi-i-propylamin											
3,3'-Dimethoxybenzidin [119-90-4], 204-355-4 und seine Salze	1B								H		
1,2-Dimethoxyethan [110-71-4], 203-794-9	-	-	1B	1B							
* Dimethoxymethan [109-87-5], 203-714-2						960	300	2 (II)	AGW Y	AGS (2016)	
N,N-Dimethylacetamid [127-19-5], 204-826-4	-	-	1B	2		36	10	2 (II)	AGW H, Y	DFG, EU (1997)	
Dimethyladipat [627-93-0], 211-020-6						8	1,2	2 (I)	AGW Y, 11	AGS (2011)	
Dimethylamin [124-40-3], 204-697-4						3,7	2	2 (I)	AGW 6	EU, DFG (1994)	
4,4'-Dimethylaminobenzophenonimid-Hydrochlorid s. Auramin											
2-(Dimethylamino)-5,6-dimethyl- pyrimidin-4-yl-dimethylcarbammat s. Pirimicarb (ISO)											
(E)-3-[1-[4-[2-(Dimethylamino)- ethoxy]phenyl]-2-phenylbut- 1-enyl]phenol [82413-20-5], 428-010-4	2			1B	Sh						
α-[4-(4-Dimethylamino-{4-[ethyl- (3-natriosulfonatobenzyl)-amino]- phenyl}benzyliden)-cyclohexa- 2,5-dienyliden-(ethyl)-ammonio]- toluol-3-sulfonat s. Benzyl violett 4B											
Dimethylaminosulfochlorid, Dimethylaminosulfonylchlorid s. Dimethylsulfamoylchlorid											
N,N-(Dimethylamino)thioacet- amid-hydrochlorid [27366-72-9], 435-470-1			1B								
N,N-Dimethylanilin [121-69-7], 204-493-5	2	-	-	-		25	5	2 (II)	AGW H	DFG	
2,4-Dimethylanilin s. 2,4-Xylidin											
N,N-Dimethylaniliniumtetrakis- (pentafluorphenyl)borat [118612-00-3], 422-050-6	2										
3,3'-Dimethylbenzidin [119-93-7], 204-358-0 und seine Salze	1B								H		
1,1'-Dimethyl-4,4'-bipyridinium s. Paraquatdichlorid											
2,2-Dimethylbutan [75-83-2], 200-906-8						1800	500	2 (II)	AGW	DFG (2010)	
2,3-Dimethylbutan [79-29-8], 201-193-6						1800	500	2 (II)	AGW	DFG (2010)	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
N-1,3-Dimethylbutyl-N <sup>4</sup> -phenyl-p-phenylendiamin [793-24-8], 212-344-0					Sh	2 E		2 (II)	AGW Y	DFG (2013)	
Dimethylcarbamidsäurechlorid [79-44-7], 201-208-6	1B								(H)		
Dimethylcarbamoylchlorid s. Dimethylcarbamidsäurechlorid											
3,3'-Dimethyl-4,4'-diaminodi-phenylmethan (Methylendi-o-toluidin) [838-88-0], 212-658-8	1B				Sh				H		
Dimethylether [115-10-6], 204-065-8						1900	1000	8 (II)	AGW	DFG, EU	
1,1-Dimethylethylamin s. tert-Butylamin											
N,N-Dimethylformamid [68-12-2], 200-679-2			1B			15	5	2 (II)	AGW Z, H	DFG, AGS, EU (2011)	BGW
Dimethylglutarat [1119-40-0], 214-277-2						8	1,2	2 (I)	AGW Y, 11	AGS (2011)	
Dimethylglykol s. 1,2-Dimethoxyethan											
1,1-Dimethylhydrazin [57-14-7], 200-316-0	1B								(H)		
1,2-Dimethylhydrazin [540-73-8]	1B								H		
Dimethylhydrogenphosphit [868-85-9], 212-783-8	2										
Dimethylhydrogenphosphonat s. Dimethylhydrogenphosphit											
Dimethyl(2-(hydroxymethylcarbamoyl)ethyl)phosphonat; Diethyl(2-(hydroxymethylcarbamoyl)ethyl)phosphonat; Methylethyl(2-(hydroxymethylcarbamoyl)ethyl)phosphonat, Gemisch aus 435-960-3	1B	1B			Sh						
N,N-Dimethylisopropylamin [996-35-0], 213-635-5						3,6	1	2 (I)	AGW	DFG (2006)	
Dimethyl-1-methyl-2-(methylcarbamoyl)-vinylphosphat s. Monocrotophos											
N,N-Dimethylnitrosamin s. N-Nitrosodimethylamin											
* 3,7-Dimethylocta-2,6-diennitril [5146-66-7], 225-918-0		1B									
(5s,8s)-3-(2,5-Dimethylphenyl)-8-methoxy-2-oxo-1-azaspiro[4,5]-dec-3-en-4-ylethylcarbonat s. Spirotetramat (ISO)											
Dimethylphosphit, Dimethylphosphonat s. Dimethylhydrogenphosphit											
Dimethylpropan [463-82-1], 207-343-7						3 000	1000	2 (II)	AGW	DFG, EU	
2,2-Dimethylpropanol s. Pentanole											
1,1-Dimethylpropylacetat [625-16-1]						270	50	1 (I)	AGW	EU, DFG (1998)	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Dimethylpropylenharnstoff s. Tetrahydro-1,3-dimethyl-1H- pyrimidin-2-on											
Dimethylsuccinat [106-65-0], 203-419-9						8	1,2	2 (I)	AGW Y, 11	AGS (2011)	
Dimethylsulfamoylchlorid [13360-57-1], 236-412-4	1B								H		
Dimethylsulfat [77-78-1], 201-058-1	1B	2	-	-	Sh				(H)	EKA	
* Dimethylsulfoxid (DMSO) [67-68-5], 200-664-3						160	50	2 (I)	AGW Z, H	DFG (2016)	
2,6-Dimethyl-4-tridecylmorpholin s. Tridemorph											
Dimethylzinnverbindungen s. Methylzinnverbindungen											
Dimethylzinndichlorid [753-73-1], 212-039-2			2			s. Methylzinn- verbindungen			H		
Dimoxystrobin (ISO) [149961-52-4]	2		2								
Dinatrium-{5-[(4'-((2,6-dihydroxy- 3-((2-hydroxy-5-sulfophenyl)azo- phenyl)azo)(1,1'-biphenyl)-4-yl)- azo]salicylato-(4-)}cuprat(2-) [16071-86-6], 240-221-1	1B										
Dinatrium-4-(3-ethoxycarbonyl-4- (5-(3-ethoxycarbonyl-5-hydroxy-1- (4-sulfonatophenyl)-pyrazol-4- yl)-penta-2,4-dienyliden)-4,5-di- hydro-5-oxopyrazol-1-yl)-benzol- sulfonat und Trinatrium-4-(3- ethoxycarbonyl-4-(5-(3-ethoxy- carbonyl-5-oxido-1-(4-sulfonato- phenyl)pyrazol-4-yl)-penta-2,4- dienyliden)-4,5-dihydro-5-oxo- pyrazol-1-yl)benzolsulfonat, Gemisch aus 402-660-9			1B								
* Dinatriumoctaborat wasserfrei [12008-41-2], 234-541-0 Dinatriumoctaborat Tetrahydrat [12280-03-4], 234-541-0			1B	1B		0,5 E		2 (I)	AGW Y, 10	AGS (2007)	
Dinatriumtetraborat, wasserfrei [1330-43-4], 215-540-4 -Decahydrat [1303-96-4], 215-540-4 -Pentahydrat [12179-04-3], 215-540-4			1B	1B		0,5 E		2 (I)	AGW Y, 10	AGS (2007)	
4,6-Dinitro-o-kresol (DNOC) [534-52-1], 208-601-1		2			Sh				H		
Dinitronaphthaline (alle Isomeren) [27478-34-8], 248-484-4	2										
Dinitrotoluole (techn. Gemisch) [25321-14-6], 246-836-1	1B	2	-	2					H		
2,3-Dinitrotoluol [602-01-7], 210-013-5	1B	2		2					H		
2,4-Dinitrotoluol [121-14-2], 204-450-0	1B	2		2					H		
2,5-Dinitrotoluol [619-15-8], 210-581-4	1B	2		2					H		
2,6-Dinitrotoluol [606-20-2], 210-106-0	1B	2		2					H		

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
3,4-Dinitrotoluol [610-39-9], 210-222-1	1B	2		2					H		
3,5-Dinitrotoluol [618-85-9], 210-566-2	1B	2		2					H		
Dinocarb [39300-45-3], 254-408-0			1B		Sh						
Dinoseb; 6-(1-Methyl-propyl)- 2,4-dinitrophenol [88-85-7], 201-861-7			1B	2					H		
Dinoseb, Salze und Ester			1B	2					H		
Dinoterb [1420-07-1], 215-813-8			1B						H		
Dinoterb, Salze und Ester			1B						H		
Di-sec-octylphthalat s. Di-(2-ethylhexyl)phthalat											
Di-n-octylzinnverbindungen						0,01	0,002	2 (II)	AGW, H, Z, 10, 11	AGS, DFG (2014)	
Dioxacyclopentan s. 1,3-Dioxolan											
Dioxan s. 1,4-Dioxan											
1,4-Dioxan [123-91-1], 204-661-8	2					73	20	2 (I)	AGW H, Y	EU, DFG (2001)	BGW
Dioxathion (ISO) [78-34-2], 201-107-7						0,2			AGW H	AUS-NL (1997)	
1,3-Dioxolan [646-06-0], 211-463-5						310	100	2 (II)	AGW H, Z	DFG (2007)	
Di-n-pentylphthalat s. 1,2-Benzoldicarbonsäure, Dipentylester											
Diphenylamin [122-39-4], 204-539-4						5 E		2 (II)	AGW Y, H	DFG (2013)	
Diphenylether (Dampf) [101-84-8], 202-981-2						7,1	1	1 (I)	AGW Y, 11	DFG	
Diphenylether, Octabromderivat s. Octabromdiphenylether											
1,3-Diphenylguanidin [102-06-7], 203-002-1				2							
Diphenylmethan-2,2'-diisocyanat s. 2,2'-Methyldiphenyldiiso- cyanat											
Diphenylmethan-2,4'-diisocyanat s. 2,4'-Methyldiphenyldiiso- cyanat											
Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat s. 4,4'-Methyldiphenyl- diisocyanat											
Diphenyl(2,4,6-trimethyl- benzoyl)phosphinoxid [75980-60-8], 278-355-8				2							
Diphosphorpentasulfid [1314-80-3], 215-242-4						1		4 (I)	AGW 13	EU (2007)	
Diphosphorpentoxid s. Phosphorpentoxid											
DIPP s. 1,2-Benzoldicarbonsäure, Dipentylester											
Dipropylenglykol s. Oxydipropanol											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Dipropylenglykolmonomethyl- ether s. (2-Methoxymethylethoxy)- propanol (Isomerenmisch)											
N,N-Di-n-propylnitrosamin s. N-Nitrosodi-n-propylamin											
Direct Blue 218 s. C.I. Direct Blue 218											
Distickstoffmonoxid [10024-97-2], 233-032-0						180	100	2 (II)	AGW Y	DFG (1994)	
Disulfiram [97-77-8], 202-607-8					Sh	2 E		8 (II)	AGW 6	DFG	
Diuron (ISO) [330-54-1], 206-354-4	2										
Divanadiumpentaoxid s. Vanadiumpentoxid											
DNOC s. 4,6-Dinitro-o-kresol											
Dodecachlorpentacyclo- [5.2.1.0 <sup>2,6</sup> .0 <sup>3,9</sup> .0 <sup>5,8</sup> ]decan s. Mirex											
Dodecan-1-ol [112-53-8], 203-982-0						155	20	1 (I)	AGW 11	AGS (2006)	
* Dodemorph (ISO) [1593-77-7], 216-474-9			2		Sh						
* Dodemorphacetat [31717-87-0], 250-778-2			2		Sh						
DOP s. Di-(2-ethylhexyl)phthalat											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Echtgranat-GBC-base s. 2-Aminoazotoluol											
Eichenholzstaub s. Abschnitt 1.4	1A					2 E			BM	AGS TRGS 553	
Endrin (ISO) [72-20-8], 200-775-7						0,05 E		8 (II)	AGW H, Y	DFG (2012)	
Eisenpentacarbonyl s. Pentacarbonylisen											
Enfluran [13838-16-9], 237-553-4						150	20	8 (II)	AGW Y	DFG (1996)	
Epichlorhydrin s. 1-Chlor-2,3-epoxypropan											
EPN s. O-Ethyl-O-(4-nitrophenyl)- phenylthiophosphonat											
Epoxiconazol (ISO) s. (2RS,3SR)-3-(2-Chlorphenyl)-2- (4-fluorphenyl)-[(1H-1,2,4-triazol- 1-yl)methyl]oxiran											
1,2-Epoxy-3-allyloxypropan s. 1-Allyloxy-2,3-epoxypropan											
* 1,2-Epoxybutan [106-88-7], 203-438-2	1B 2					3	1	2 (I)	AGW H, Y, X	AGS (2015)	
1,2-Epoxy-4-(epoxyethyl)- cyclohexan s. 1-Epoxyethyl-3,4-epoxycyclo- hexan											
(Epoxyethyl)benzol s. Styroloxid											
1-(Epoxyethyl)-3,4-epoxycyclo- hexan [106-87-6], 203-437-7	1B 2								H		
2,3-Epoxy-1,4,5,6,7,8,8-hepta- chlor-3a,4,7,7a-tetrahydro- 4,7-methanoindan s. Heptachlorepoxyd											
1,2-Epoxy-3-isopropoxypropan s. iso-Propylglycidylether											
1,2-Epoxy-3-phenoxypropan [122-60-1], 204-557-2	1B	2			Sh				(H)		
1,2-Epoxypropan (Propylenoxid) [75-56-9], 200-879-2	1B	1B			Sh	4,8	2	2 (I)	AGW H, X, Y	AGS (2013)	EKA
2,3-Epoxy-1-propanol [556-52-5], 209-128-3 [57044-25-4], 404-660-4	1B	2	-	1B					H		
2,3-Epoxypropyl-o-tolylother s. 1,2-Epoxy-3-(tolyloxy)propan											
2,3-Epoxypropyltrimethyl- ammoniumchlorid s. Glycidyltrimethylammonium- chlorid											
1,2-Epoxy-3-(tolyloxy)propan (alle Isomeren) [26447-14-3], 247-711-4	2	2			Sh						EKA
Erionit [12510-42-8]	1A										
Essigsäure [64-19-7], 200-580-7						25	10	2 (I)	AGW Y	EU, DFG (2007)	
Essigsäureamylester s. Pentylacetat											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Essigsäureanhydrid [108-24-7], 203-564-8						21	5	1 (I)	AGW	DFG	
Essigsäureethylester s. Ethylacetat											
Essigsäuremethylester s. Methylacetat											
Essigsäurevinylester s. Vinylacetat											
Estrogene	2	-	2	1A							
Estrogene, schwache	-	-	2	2							
Etacelasil s. 6-(2-Chlorethyl)-6-(2-methoxy- ethoxy)-2,5,7,10-tetraoxa-6- silaundecan											
Ethanal s. Acetaldehyd											
Ethandial s. Glyoxal											
1,2-Ethandiol s. Ethylenglykol											
3-(1,2-Ethandiylacetale)- estra-5(10),9(11)-dien-3,17-dion, zyklisch [5571-36-8], 427-230-8				1B							
Ethanol [64-17-5], 200-578-6						960	500	2 (II)	AGW Y	DFG (2003)	
Ethanolamin s. 2-Aminoethanol											
Ethanthiol [75-08-1], 200-837-3						1,3	0,5	2 (II)	AGW	DFG	
Ethen [74-85-1], 200-815-3	-	2	-	-							EKA
O,O'-(Ethenylmethylsilylen)di[(4- methylpentan-2-on)oxim] [156145-66-3], 421-870-1				2							
Ether s. Diethylether											
Ethidumbromid [1239-45-8], 214-984-6		2									
2-Ethoxy-6-aminonaphthalin s. 6-Amino-2-ethoxynaphthalin											
4-Ethoxyanilin [156-43-4], 205-855-5		2			Sh				H		
4'-Ethoxy-2-benzimidazolanilid [120187-29-3], 407-600-5		2									
2-(Ethoxybutanimidoyl)-3-hyd- roxy-5-(tetrahydro-2H-thiopyran- 3-yl)cyclohex-2-en-1-on s. Cycloxydim (ISO)											
2-Ethoxyethanol [110-80-5], 203-804-1			1B	1B		7,6	2	8 (II)	AGW Z, H	EU, DFG (2010)	BGW
2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol [111-90-0], 203-919-7						35	6	2 (I)	AGW Y, 11	AGS (2007)	
2-Ethoxyethylacetat [111-15-9], 203-839-2			1B	1B		10,8	2	8 (II)	AGW Z, H	EU, DFG (2010)	BGW
2-Ethoxy-1-methylethylacetat [54839-24-6], 259-370-9						300	50	2 (II)	AGW Y, 14	DFG (2007)	



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
(4-Ethoxyphenyl)(3-(4-fluor-3-phenoxyphenyl)propyl)-dimethylsilan [105024-66-6], 405-020-7				1B							
2-[(1E)-Ethoxypropanimidoyl]-3-hydroxy-5-mesitylcyclohex-2-en-1-on s. Tralkoxydim (ISO)											
1-Ethoxypropan-2-ol, 1-Ethoxy-2-propanol [1569-02-4], 216-374-5						220	50	2 (II)	AGW H, Y, 14	DFG (2007)	
1-Ethoxy-2-propylacetat s. 2-Ethoxy-1-methylethylacetat											
5-Ethoxy-3-trichlormethyl-1,2,4-thiadiazol [2593-15-9], 219-991-8	2										
* Ethylacetat [141-78-6], 205-500-4						730	200	2 (I)	AGW Y	DFG, EU (2017)	
* Ethylacrylat [140-88-5], 205-438-8					Sh	8,3	2	2 (I)	AGW H, Y	DFG, EU (2016)	
Ethylalkohol s. Ethanol											
Ethylamin [75-04-7], 200-834-7						9,4	5	=2= (I)	AGW	DFG, EU (1999)	
Ethylbenzol [100-41-4], 202-849-4						88	20	2 (II)	AGW H, Y	DFG(2012)	BGW EKA
Ethylbromid s. Bromethan											
Ethylcarbamat (Urethan) [51-79-6], 200-123-1	1B								(H)		
Ethylchloracetat [105-39-5], 203-294-0					S	5	1	1 (I)	AGW H	AGS (1996)	
Ethylchlorid s. Chlorethan											
Ethyl-(RS)-3-(3,5-dichlorphenyl)-5-methyl-2,4-dioxooxazolidin-5-carboxylat s. Chlozolinat											
Ethyl-1-(2,4-dichlorphenyl)-5-(trichlormethyl)-1H-1,2,4-triazol-3-carboxylat [103112-35-2], 401-290-5	1B										
Ethylen s. Ethen											
Ethylenbromid s. 1,2-Dibromethan											
Ethylenchlorhydrin s. 2-Chlorethanol											
Ethylenchlorid s. 1,2-Dichlorethan											
Ethylendibromid s. 1,2-Dibromethan											
2,2'-(Ethylenedioxy)diethanol [112-27-6], 203-953-2						1 000 E		2 (II)	AGW Y, 11	DFG (2007)	
Ethylenglykol (Ethandiol) [107-21-1], 203-473-3						26	10	2 (I)	AGW H, Y, 11	EU, DFG (1992)	
Ethylenglykoldinitrat (Glykoldinitrat) [628-96-6], 211-063-0						0,32	0,05	1 (II)	AGW 7, 11, H	DFG	BGW

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ethylenglykolmonobutylether s. 2-Butoxyethanol											
Ethylenglykolmonobutyl- etheracetat s. 2-Butoxyethylacetat											
Ethylenglykolmonoethylether s. 2-Ethoxyethanol											
Ethylenglykolmonoethylether- acetat s. 2-Ethoxyethylacetat											
Ethylenglykolmonomethylether s. 2-Methoxyethanol											
Ethylenglykolmonomethyl- etheracetat s. 2-Methoxyethylacetat											
Ethylenimin [151-56-4], 205-793-9	1B	1B							H		
Ethylenoxid [75-21-8], 200-849-9	1B	1B				0,2 2	0,1 1	2 (II)	AK TK H	AGS (2011) TRGS 910	ÄBM EKA
Ethylenthioharnstoff [96-45-7], 202-506-9	2	–	1B								
Ethylether s. Diethylether											
Ethyl-3-ethoxypropionat [763-69-9], 212-112-9						610	100	1 (I)	AGW H, Y	DFG (2007)	
Ethylformiat [109-94-4], 203-721-0						310	100	1 (I)	AGW Y, H	DFG	
Ethylglykol s. 2-Ethoxyethanol											
Ethylglykolacetat s. 2-Ethoxyethylacetat											
2-Ethylhexan-1-ol [104-76-7], 203-234-3						54	10	1 (I)	AGW Y, 11	DFG (2015)	
2-Ethylhexansäure [149-57-5], 205-743-6			2								
2-Ethylhexylacetat [103-09-3], 203-079-1						71	10	1 (I)	AGW Y, 11	DFG (2015)	
2-Ethylhexylacrylat [103-11-7], 203-080-7					Sh	38	5	1 (I)	AGW Y, 11	DFG (2009)	
2-Ethylhexyl-[[[3,5-bis(1,1- dimethylethyl)-4-hydroxyphenyl]- methyl]thio]acetat [80387-97-9], 279-452-8			1B		Sh						
2-Ethylhexyl-10-ethyl-4,4-di- methyl-7-oxo-8-oxa-3,5-dithia- 4-stannatetradecanoat [57583-35-4], 260-829-0			2		Sh						
2-Ethylhexyl-10-ethyl-4,4-di- octyl-7-oxo-8-oxa-3,5-dithia- 4-stannatetradecanoat [15571-58-1], 239-622-4			1B								
2-Ethylhexyl-10-ethyl-4-[[2-[(2- ethylhexyl)oxy]-2-oxoethyl]thio]- 4-methyl-7-oxo-8-oxa-3,5-dithia- 4-stannatetradecanoat [57583-34-3], 260-828-5			2								
2-Ethylhexyl-2-ethylhexanoat [7425-14-1], 231-057-1			2								

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ethylidenchlorid s. 1,1-Dichlorethan											
Ethylmercaptan s. Ethanthiol											
Ethylmethylketon s. 2-Butanon											
Ethylmethylketoxim s. 2-Butanonoxim											
3-Ethyl-2-methyl-2-(3-methyl- butyl)-1,3-oxazolidin [143860-04-2], 421-150-7				1B							
4-Ethyl-4-methylmorpholinium- bromid [65756-41-4], 418-210-1		2									
1-Ethyl-1-methylpyrrolidinium- bromid [69227-51-6], 418-200-5		2									
O-Ethyl-O-(4-nitrophenyl)- phenylthiophosphonat [2104-64-5], 218-276-8					0,5 E		2 (II)	AGW H	DFG		
N-Ethyl-N-nitrosoanilin s. N-Nitrosoethylphenylamin											
N-Ethyl-N-nitrosoethanamin s. N-Nitrosodiethylamin											
S-Ethyl-1-perhydroazepinthioat s. Molinat											
Ethyl [2-(4-phenoxyphenoxy)- ethyl]carbammat s. Fenoxycarb (ISO)											
2-Ethylphenylhydrazinhydro- chlorid [19398-06-2], 421-460-2	2				Sh						
N-Ethyl-2-pyrrolidon 1-Ethylpyrrolidin-2-on [2687-91-4], 220-250-6			1B								
Ethylurethan s. Ethylcarbammat											
Etridiazol s. 5-Ethoxy-3-trichlormethyl-1,2,4- thiadiazol											
Extrakte (Erdöl), leichte naphthenhaltige Destillat- Lösungsmittel [64742-03-6], 265-102-1	1B										
Extrakte (Erdöl), leichte paraffin- haltige Destillat-Lösungsmittel [64742-05-8], 265-104-2	1B										
Extrakte (Erdöl), leichtes Vakuum-Gasöl-Lösungsmittel [91995-78-7], 295-341-7	1B										
Extrakte (Erdöl), schwere naphthenhaltige Destillat- Lösungsmittel [64742-11-6], 265-111-0	1B										
Extrakte (Erdöl), schwere Paraffin- haltige Destillat-Lösungsmittel [64742-04-7], 265-103-7	1B										

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Faserstäube, anorganische, krebserzeugend Kat. 1, 2 u. 3 (außer Asbest) s. Abschnitt 1.4											
Fenarimol [60168-88-9], 262-095-7			2	2							
Fenoxycarb (ISO) [72490-01-8], 276-696-7	2										
Fenpropimorph s. cis-4-[3-(p-tert-Butylphenyl)- 2-methylpropyl]-2,6-dimethyl- morpholin											
Fenthion [55-38-9], 200-231-9		2				0,2 E		2 (II)	AGW H	DFG	
Fentinacetat [900-95-8], 212-984-0	2		2			s. Phenylzinn- verbindungen			H		
Fentinhydroxid [76-87-9], 200-990-6	2		2			s. Phenylzinn- verbindungen			H		
* Flocoumafen (ISO) [90035-08-8], 421-960-0			1B						H		
Fluazifop-butyl [69806-50-4], 274-125-6			1B								
Fluazifop-P-butyl [79241-46-6]			2								
Fluazinam (ISO) [79622-59-6]			2		Sh						
Flumioxazin [103361-09-7]			1B								
Fluor [7782-41-4], 231-954-8						1,6	1	2 (I)	AGW 13	EU (2007)	
N-(7-Fluor-3,4-dihydro-3-oxo-4- prop-2-ynyl-2H-1,4-benzoxazin- 6-yl)cyclohex-1-en-1,2-dicarbox- amid s. Flumioxazin											
1-(4-Fluor-5-hydroxymethyl-tetra- hydrofuran-2-yl)-1H-pyrimidin- 2,4-dion [41107-56-6], 415-360-8		2									
Fluoride (als Fluor berechnet) [16984-48-8]						1 E		4 (II)	AGW Y, H	DFG (2007)	BGW
Fluortrichlormethan s. Trichlorfluormethan											
Fluorwasserstoff [7664-39-3], 231-634-8						0,83	1	2 (I)	AGW Y, H	EU, DFG (2007)	BGW
Flusilazol [85509-19-9]	2		1B								
Folpet s. N-(Trichlormethylthio)- phthalimid											
Forchlorfenuron (ISO) [68157-60-8]	2										
Formaldehyd [50-00-0], 200-001-8	1B	2			Sh	0,37	0,3	2 (I)	AGW H, X, Y	AGS (2015)	
Formamid [75-12-7], 200-842-0			1B						H		
Fuberidazol (ISO) [3878-19-1], 223-404-0	2				Sh						
2-Furaldehyd s. 2-Furylmethanal											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	
Furan [110-00-9], 203-727-3	1B	2	-	-					(H)		
Furfural, Furfurol s. 2-Furylmethanal											
Furfurylalkohol [98-00-0], 202-626-1	2					aufge- hoben			H	2014	
Furmecyclox s. N-Cyclohexyl-N-methoxy- 2,5-dimethyl-3-furamid											
2-Furylmethanal [98-01-1], 202-627-7	2	-	-	-	Sh				H		

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
* Galliumarsenid [1303-00-0], 215-114-8	1B			1B		0,83 µg/m <sup>3</sup> E 8,3 µg/m <sup>3</sup> E		8 (II)	AK TK	AGS (2014) TRGS 910	
Gestagene	2	-	1B	1A							
Gestagene, schwache	-	-	2	2							
* E-Glas-Mikrofasern in reprä- sentativer Zusammensetzung; [ungerichtete Calcium-Aluminium- Silicat-Fasern mit folgender reprä- sentativer Zusammensetzung (Angabe in % Massenanteil): SiO <sub>2</sub> 50,0-56,0 %, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 13,0-16,0 %, B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5,8-10,0 %, Na <sub>2</sub> O < 0,6 %, K <sub>2</sub> O < 0,4 %, CaO 15,0-24,0 %, MgO < 5,5 %, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,5 %, F <sub>2</sub> < 1,0 %. Verfahren: Herstellung typischer- weise im Düsenblasverfahren oder im Schleuderverfahren.	1B i										
* Glas-Mikrofasern in repräsen- tativer Zusammensetzung; [ungerichtete Calcium-Aluminium- Silicat-Fasern mit folgender Zusammensetzung (Angabe in % Massenanteil): SiO <sub>2</sub> 55,0-60,0 %, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4,0-7,0 %, B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,0-11,0 %, ZrO <sub>2</sub> 0,0-4,0 %, Na <sub>2</sub> O 9,5-13,5 %, K <sub>2</sub> O 0,0-4,0 %, CaO 1,0-5,0 %, MgO 0,0-2,0 %, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,2 %, ZnO 2,0-5,0 %, BaO 3,0-6,0 %, F <sub>2</sub> < 1,0 %. Verfahren: Herstellung typischerweise im Düsenblas- verfahren oder im Schleuderver- fahren.	2										
Glucocorticoide	-	-	1A	2							
Glufosinat-Ammonium (ISO) [77182-82-2], 278-636-5			2	1B					H		
Glutaral [111-30-8], 203-856-5					S	0,2	0,05	2 (I)	AGW Y	DFG (2010)	
Glutaraldehyd Glutardialdehyd s. Glutaral											
Glutarsäuredimethylester s. Dimethylglutarat											
* Glycerin [56-81-5], 200-289-5						200 E		2 (I)	AGW Y	DFG (2016)	
Glycerin-α,γ-dichlorhydrin s. 1,3-Dichlor-2-propanol											
Glycerintrinitrat [55-63-0], 200-240-8						0,094	0,01	1 (II)	AGW H, Y	DFG (2012)	
Glycidol s. 2,3-Epoxy-1-propanol											
6-Glycidyloxynaphth-1-yl- oxymethyloxiran [27610-48-6], 429-960-2		2			Sh				H		
Glycidyltrimethylammonium- chlorid [3033-77-0], 221-221-0	1B	2	-	2	Sh				H		
Glykol s. Ethylenglykol											
Glykoldinitrat s. Ethylenglykoldinitrat											
Glyoxal [107-22-2], 203-474-9		2			Sh				(H)		

## Chemische Einwirkungen

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	
Graphit [7782-42-5; 7440-44-0], 231-955-3						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					
Grotan HD s. N-Methylol-chloracetamid											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Halothan [151-67-7], 205-796-5			1B	-		41	5	8 (II)	AGW Z	DFG	BGW
HCH (ISO) [608-73-1], 210-168-9	2					aufge- hoben			H	2014	
HDI s. Hexamethylen-1,6-diisocyanat											
Hempa s. Hexamethylphosphor- säuretriamid											
HEOD s. Dieldrin											
Heptachlor [76-44-8], 200-962-3	2					0,05 E		8 (II)	AGW H	DFG, AGS (2012)	
Heptachlorepoxyd [1024-57-3], 213-831-0	2										
1,4,5,6,7,8,8-Heptachlor- 3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7- methanoinden s. Heptachlor (ISO)											
Heptadecafluorooctan-1-sulfon- säure s. Perfluorooctansulfonsäure											
Heptan (alle Isomeren)						2 100	500	1 (I)	AGW	DFG	
Heptan-2-on [110-43-0], 203-767-1						238		2 (I)	AGW H	EU (1997)	
Heptan-3-on [106-35-4], 203-388-1						47	10	2 (I)	AGW	EU, DFG (2003)	
Hexabromcyclododecan [25637-99-4], 247-148-4			2								
1,2,5,6,9,10-Hexabromcyclodo- decan [3194-55-6], 221-695-9			2								
Hexachlorbenzol [118-74-1], 204-273-9	1B								(H)		BGW
* 1,1,2,3,4,4-Hexachlor-1,3- butadien [87-68-3], 201-765-5	2					0,22	0,02	2 (II)	AGW Y, H, 11	DFG (2016)	
1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan (technisches Gemisch aus $\alpha$ -HCH [319-84-6], 206-270-8, und $\beta$ -HCH [319-85-7], 206-271-3)	2					aufge- hoben			H	2014	
$\gamma$ -1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclo- hexan s. Lindan											
Hexachlorcyclopentadien [77-47-4], 201-029-3						0,2	0,02		AGW H, 11	AGS (2006)	
Hexachlorethan [67-72-1], 200-666-4						9,8	1	2 (II)	AGW 11	DFG	
Hexadecan-1-ol [36653-82-4], 253-149-0						200	20	1 (I)	AGW 11	AGS (2006)	
Hexahydrocyclopenta[c]-pyrrol-1- (1H)-ammonium-N-ethoxy-carbo- nyl-N-(p-tolylsulfonyl)azanid 418-350-1		2			Sh						
Hexamethylenbis(3-[3,5-di-tert- butyl-4-hydroxyphenyl]-propio- nat) [35074-77-2], 252-346-9						10 E		2 (II)	AGW Y	DFG (2012)	
Hexamethylen-1,6-diisocyanat [822-06-0], 212-485-8					S	0,035	0,005	1;=2= (I)	AGW 11, 12	DFG (1998)	BGW



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Hexamethylphosphorsäure- triamid [680-31-9], 211-653-8	1B	1B							(H)		
Hexan Isomere (außer n-Hexan) siehe auch Methylcyclopentan, Dimethylbutane und Methyl- pentane						1800	500	2 (II)	AGW	DFG (2010)	
n-Hexan [110-54-3], 203-777-6				2		180	50	8 (II)	AGW Y	DFG, EU	BGW
Hexandisäuredimethylester s. Dimethyladipat											
1-Hexanol [111-27-3], 203-852-3						210	50	1 (I)	AGW 11	AGS (2006)	
Hexan-2-on [591-78-6], 209-731-1				2		21	5	8 (II)	AGW H	DFG	BGW
Hexon s. 4-Methylpentan-2-on											
2-Hexyldecan-1-ol [2425-77-6], 219-370-1						200	20	1 (I)	AGW	AGS (2006)	
O-Hexyl-N-ethoxycarbonylthio- carbammat 432-750-3	1B	1B			Sh						
Holzäther s. Dimethylether											
Holzstaub *) Eichen- und Buchenholzstaub, s. dort	2*)				S	2 E			BM	AGS TRGS 553	
Hydrazin [302-01-2], 206-114-9	1B				Sh	0,0022 0,022	0,0017 0,017	2 (II)	AK TK H	AGS (2014) TRGS 910	ÄBM EKA
Salze von Hydrazin	1B				Sh				H		
Hydrazinbis(3-carboxy-4-hydro- xybenzolsulfonat) 405-030-1	1B				Sh						
(4-Hydrazinophenyl)-N-methyl- methansulfonamidhydrochlorid [81880-96-8], 406-090-1		2			Sh						
Hydrazin-trinitromethan 414-850-9	1B				Sh						
Hydrazobenzol [122-66-7], 204-563-5	1B										
Hydrochinon s. 1,4-Dihydroxybenzol											
Hydrogenazid s. Stickstoffwasserstoffsäure											
Hydrogenbromid [10035-10-6], 233-113-0						6,7		1 (I)	AGW 13	DFG, EU (2007)	
Hydrogenchlorid s. Chlorwasserstoff											
Hydrogensulfid s. Schwefelwasserstoff											
4-Hydroxy-3-(3-(4'-brom- 4-biphenylyl)-1,2,3,4-tetrahy- dro-1-naphthyl)cumarin s. Brodifacoum (ISO)											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2-[2-Hydroxy-3-(2-chlorphenyl)- carbamoyl-1-naphthylazo]-7-[2- hydroxy-3-(3-methylphenyl)- carbamoyl-1-naphthylazo] fluoren-9-on 420-580-2			1B								
4-Hydroxy-3,5-diiodbenzonitril s. loxynil (ISO)											
2-(2-Hydroxy-3,5-dinitroanilino) ethanol [99610-72-7], 412-520-9				2							
2-(2-(2-Hydroxyethoxy)ethyl)- 2-azabicyclo[2.2.1]heptan, 2-Hydroxyethoxyethyl-azanor- bornan [116230-20-7], 407-360-1						5	0,5		AGW H, 11	AGS (2006)	
N-(2-Hydroxyethyl)-3-methyl- 2-chinoxalincarboxamid-1,4-di- oxid s. Olaquinox											
6-Hydroxy-1-(3-isopropoxy- propyl)-4-methyl-2-oxo-5- [4-(phenylazo)phenylazo]-1,2-di- hydro-3-pyridincarboxitril [85136-74-9], 400-340-3	1B										
Hydroxylamin [7803-49-8], 232-259-2	2				Sh				H		
Hydroxylamindihydrogen- phosphat [19098-16-9], 242-818-2	2				Sh				H		
Hydroxylaminhydrochlorid, Hydroxylammoniumchlorid [5470-11-1], 226-798-2	2				Sh				H		
Hydroxylamin-4-methylbenzol- sulfonat [53933-48-5], 258-872-5	2				Sh				H		
Hydroxylaminphosphat [20845-01-6], 244-077-0	2				Sh				H		
Hydroxylaminsulfat, Hydroxyl- ammoniumhydrogensulfat [10046-00-1], 233-154-4	2				Sh				H		
Hydroxylammoniumnitrat [13465-08-2], 236-691-2	2				Sh				H		
N-[3-Hydroxy-2-(2-methyl-acrylo- ylaminomethoxy)propoxy- methyl]-2-methylacrylamid; N-[2,3-Bis-(2-methyl- acryloylaminomethoxy)- propoxymethyl]-2-methylacryl- amid; Methacrylamid; 2-Methyl-N- (2-methyl-acryloylaminomethoxy- methyl)acrylamid; N-(2,3-Di- hydroxy-propoxymethyl)-2- methylacrylamid, Gemisch aus 412-790-8	1B	2									
N-Hydroxymethyl-chloracetamid s. N-Methylol-chloracetamid											
4-Hydroxy-4-methyl-pentan-2-on [123-42-2], 204-626-7						96	20	2 (l)	AGW H	DFG (2003)	
N-[4-[(2-Hydroxy-5-methyl- phenyl)azo]phenyl]acetamid, C.I. Disperse yellow 3 [2832-40-8], 220-600-8	2				Sh						

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4-Hydroxy-3-nitroanilin s. 2-Nitro-4-aminophenol											
4-Hydroxy-3-(3-oxo-1-phenyl)- butylcumarin s. Warfarin											
4-Hydroxy-3-(1,2,3,4-tetrahydro- 1-naphthyl)cumarin s. Coumatetralyl (ISO)											
Reaktionsmasse aus: cis-4-Hy- droxy-3-(1,2,3,4-tetrahydro-3- (4-(4-trifluormethylbenzyloxy)- phenyl)-1-naphthyl)cumarin und trans- 4-Hydroxy-3-(1,2,3,4- tetrahydro-3-(4-(4-trifluormethyl- benzyloxy)phenyl)-1-naphthyl)- cumarin s. Flocoumafen (ISO)											
4-(7-Hydroxy-2,4,4-trimethyl-2- chromanyl)resorcinol-4-yl-tris- (6-diazo-5,6-dihydro-5-oxo- naphthalin-1-sulfonat) und 4-(7- Hydroxy-2,4,4-trimethyl-2-chro- manyl)resorcinol-bis(6-diazo- 5,6-dihydro-5-oxonaphthalin- 1-sulfonat), 2:1 Gemisch aus [140698-96-0], 414-770-4	2										

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Imazalil s. 1-[2-(Allyloxy)-2-(2,4-dichlor- phenyl)ethyl]-1H-imidazol											
* Imidazol [288-32-4], 206-019-2			1B								
Imidazolidin-2-thion s. Ethylenthioharnstoff											
4,4'-(Iminocyclohexa-2,5-dienyl- idenmethylendianilinhydro- chlorid s. C.I. Basic Red 9											
2,2'-Iminodiethanol s. Diethanolamin											
Indeno[1,2,3-c,d]pyren [193-39-5], 205-893-2 s. Abschnitt 1.4											
Indiumphosphid [22398-80-7], 244-959-5	1B			2							
Iodmethan [74-88-4], 200-819-5	2								H		
6-Iodo-2-propoxy-3-propylquina- zolin-4(3H)-on s. Proquinazid (ISO)											
* 3-Iod-2-propinylbutylcarbamit [55406-53-6], 259-627-5					Sh	0,058	0,005	2 (I)	AGW Y, 11	DFG (2016)	
Ioxynil (ISO) [1689-83-4], 216-881-1			2						H		
Ioxyniloctanoat s. 4-Cyan-2,6-diiodophenyl- octanoat											
IPDI s. 3-Isocyanatmethyl-3,5,5-tri- methylcyclohexylisocyanat											
Isobutan s. iso-Butan											
Isobutylacetat [110-19-0], 203-795-1						300	62	2 (I)	AGW Y	AGS (2012)	
* Isobutylamin [78-81-9], 201-145-4						6,1	2	2; =2,5= (I)	AGW	DFG (2016)	
Isobutylchlorformiat [543-27-1], 208-840-1						1,1	0,2	2 (I)	AGW Y	AGS (2006)	
O-Isobutyl-N-ethoxy-carbonyl- thiocarbamat [103122-66-3], 434-350-4	1B	1B			Sh						
4,4'-Isobutylethylidendiphenol [6807-17-6], 401-720-1				1B							
Isobutylnitrit [542-56-3], 208-819-7	1B	2									
3-Isocyanatmethyl-3,5,5-tri- methylcyclohexylisocyanat [4098-71-9], 223-861-6					S	0,046	0,005	1; =2= (I)	AGW 11, 12	DFG (2006)	
Isocyanatobenzol s. Phenylisocyanat											
o-(p-Isocyanatobenzyl)phenyl- isocyanat s. 2,4'-Methylendiphenyldiiso- cyanat											
2-(Isocyanatosulfonylmethyl)- benzoesäuremethylester [83056-32-0], 410-900-9		2			Sa						

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Isocyanursäuretris(2,3-epoxy- propyl)ester s. Triglycidylisocyanurat											
Isopentan [78-78-4], 201-142-8						3 000	1 000	2 (II)	AGW	DFG, EU	
Isopentylacetat s. 3-Methylbutylacetat											
Isophoron s. 3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexen- 1-on											
Isophorondiisocyanat s. 3-Isocyanatmethyl-3,5,5-tri- methylcyclohexylisocyanat											
Isophthalsäure s. m-Phthalsäure											
Isopren [78-79-5], 201-143-3	1B	2	-	-		8,4	3	8 (II)	AGW X	AGS (2012)	
Isopropenylacetat [108-22-5], 203-562-7						46	10	2 (I)	AGW	DFG (2006)	
Isopropenylbenzol [98-83-9], 202-705-0						250	50	2 (I)	AGW	DFG (2006)	
2-Isopropoxyethanol [109-59-1], 203-685-6						22	5	8 (II)	AGW H, Y	DFG (1992)	
2-Isopropoxyphenyl-N-methyl- carbamat s. Propoxur											
Isopropylalkohol s. 2-Propanol											
Isopropylamin s. 2-Aminopropan											
Isopropylbenzol s. Cumol											
Isopropylbromid s. 2-Bromopropan											
Isopropyl 3-chlorcarbanilat s. Chlorpropham (ISO)											
Isopropylether s. Diisopropylether											
Isopropylglycidether s. iso-Propylglycidylether											
Isopropylglykol s. Isopropoxyethanol											
* 4,4'-Isopropylidendiphenol [80-05-7], 201-245-8			-	1B	Sh	5 E		1 (I)	AGW Y	DFG (1998)	
Isopropylöl Rückstand bei der Isopropyl- alkohol-Herstellung siehe Abschnitt 1.4											
3-(4-Isopropylphenyl)-1,1- dimethylharnstoff s. Isoproturon											
N-Isopropyl-N'-phenyl- p-phenylendiamin [101-72-4], 202-969-7					Sh	2 E		2 (II)	AGW Y	DFG (2013)	
Isoproturon [34123-59-6], 251-835-4	2										
* Isotridecan-1-ol [27458-92-0], 248-469-2						21	2,56	2 (II)	AGW 11, Y	AGS (2017)	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Isovaleraldehyd s. 3-Methylbutanal											
Isoxaflutole [141112-29-0]			2								

## Chemische Einwirkungen

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Jasmolin I [4466-14-2] s. Pyrethrum											
Jasmolin II [1172-63-0] s. Pyrethrum											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Kaliumbromat [7758-01-2], 231-829-8	1B										
Kaliumchromat [7789-00-6], 232-140-5	1B i	1B			Sh						
Kaliumdichromat [7778-50-9], 231-906-6	1B	1B	1B	1B	S				H		
Kaliumheptadecafluorocan- 1-sulfonat, Kaliumperfluorocan- sulfonat s. Perfluorocansulfonsäure											
Kalium-1-methyl-3-morpho- lino-carbonyl-4-[3-(1-methyl- 3-morpholinocarbonyl-5-oxo- 2-pyrazolin-4-yliden)-1-propenyl] pyrazol-5-olat; [Gehalt an N,N- Dimethylformamid (EG-Nr. 200-679-5) ≥ 0,5 %] [183196-57-8], 418-260-2			1B		Sh						
Kaliumtitanoxid (K <sub>2</sub> Ti <sub>6</sub> O <sub>13</sub> ) [12056-51-8], 432-240-0	2										
Kayaset Black T-2 s. Tetradecylammoniumbis(1- (5-chlor-2-oxidophenylazo)- 2-naphtholato)chromat(1-)											
Kepone s. Chlordecon											
Keramische Mineralfasern, Fasern für spezielle Anwendun- gen [(künstlich hergestellte ungerichtete glasige (Silikat)- Fasern mit einem Anteil an Alkali- und Erdalkalimetallroxiden (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+CaO+MgO+BaO) von weniger oder gleich 18 Gewichtsprozent]	1B i					10 000 F/m <sup>3</sup> 100 000 F/m <sup>3</sup>  für Aluminium- silikatfasern	8 (II)	AK TK	AGS (2010) TRGS 910		
Ketoconazol [65277-42-1], 265-667-4				1B							
Kieselglas [60676-86-0], 262-373-8						0,3 A			AGW Y	DFG (1990)	
Kieselgur, gebrannt [68855-54-9], 272-489-0						0,3 A			AGW 1, Y	DFG (1990)	
Kieselgur, ungebrannt [61790-53-2]						4 E			AGW 1, Y	DFG (1990)	
Kieselgut [7699-41-4], 231-716-3						0,3 A			AGW Y	DFG (1990)	
Kieselrauch [69012-64-2], 273-761-1						0,3 A			AGW Y, 1	DFG (2010)	
Kieselsäuren, amorphe [7631-86-9], 231-545-4						4 E			AGW 2, Y	DFG (1990)	
Kobalt s. Cobalt											
Kohlendioxid [124-38-9], 204-696-9						9 100	5 000	2 (II)	AGW	DFG, EU	
Kohlendisulfid s. Kohlenstoffdisulfid											
Kohlenmonoxid [630-08-0], 211-128-3			1A			35	30	2 (II)	AGW Z	DFG (2012)	BGW
Kohlenoxid s. Kohlenmonoxid											
Kohlenstoffdisulfid [75-15-0], 200-843-6			2	2		30	10	2 (II)	AGW H	EU, AGS (2009)	BGW



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Kohlenstofftetrachlorid s. Tetrachlormethan											
Kohlenwasserstoffe, C <sub>26-55</sub> , aromatenreich [97722-04-8], 307-753-7	1B										
Kohlenwasserstoffgemische, Verwendung als Lösemittel (Lösemittelkohlenwasserstoffe), additiv-frei, siehe auch Nummer 2.9 der TRGS 900 bzw. Erläuterun- gen zur Spalte 6 Fraktionen (RCP-Gruppen): C5-C8 Aliphaten C9-C15 Aliphaten C7-C8 Aromaten C9-C15 Aromaten						1500 600 200 100		2 (II) 2 (II) 2 (II) 2 (II)	AGW	AGS (2007)	
p-Kresidin [120-71-8], 204-419-1	1B								H		
Kresoxim-methyl [143390-89-0]	2										
Kresylglycidylether s. 1,2-Epoxy-3-(tolyloxy)propan											
Kristallviolett s. C.I. Basic Violet 3											
Krokydolith s. Asbest											
Künstliche Mineralfasern s. Faserstäube, krebserzeugend											
Schleime und Schlämme, elektrolytische Kupferraffination, entkupfert, Nickelsulfat [92129-57-2], 295-859-3	1A i	2	1B		S						
Schleime und Schlämme, elektrolytische Kupferraffination, entkupfert, [94551-87-8], 305-433-1	1A i	2	1A		S						

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Lachgas s. Distickstoffmonoxid											
* Lenacil (ISO) [2164-08-1], 218-499-0	2										
Leucomalachitgrün [129-73-7], 204-961-9	2	2									
d-Limonen s. (R)-p-Mentha-1,8-dien											
Lindan [58-89-9], 200-401-2	2	–							H	BGW	
Linuron (ISO) [330-55-2], 206-356-5	2		1B	2							
Lithiumheptadecafluoroc- tafluronat, Lithiumperfluoroc- tafluronat s. Perfluoroc-tansulfonsäure											
Lithiumhydrid [7580-67-8], 231-484-3						0,025 E			AGW 13	EU (2007)	
Lithiumverbindungen, anorgani- sche mit Ausnahme von Lithium- und stärker reizenden Lithiumver- bindungen (z. B. Lithiumamid, -hydrid, -hydroxid, -nitrid, -oxid, -tetrahydroaluminat, -tetrahyd- roborat)						0,2 E		1 (I)	AGW Y, 10	DFG (2015)	
Lösemittelkohlenwasserstoffe s. Kohlenwasserstoffgemische											
Lost s. 2,2'-Dichlordiethylsulfid											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im biologischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung	Bemerkungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Magnesiumoxid [1309-48-4], 215-171-9						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					
Magnesiumoxid-Rauch [1309-48-4]						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					
Malachitgrün Hydrochlorid, C.I. Basic Green 4 [569-64-2], 209-322-8 Malachitgrün Oxalat [18015-76-4], 219-441-7			2								
Malathion [121-75-5], 204-497-7					Sh	15 E		4 (II)	AGW	DFG	
Maleinsäureanhydrid [108-31-6], 203-571-6					S	0,41	0,1	1; =2= (I)	AGW Y, 11	DFG (1992)	
Mancozeb [8018-01-7]			2		Sh						
Maneb [12427-38-2], 235-654-8			2		Sh						
Mangan [7439-96-5], 231-105-1 und seine anorganischen Verbindungen						0,02 A 0,2 E		8 (II) 8 (II) 1 (II) für Perman- ganate	AGW Y, 10, 20	DFG (2015)	
MDI s. 4,4'-Methyldiphenyl-diiso- cyanat, Polymer											
Mecrilat s. Cyanacrylsäuremethylester											
(R)-p-Mentha-1,8-dien [5989-27-5], 227-813-5					Sh	28	5	4 (II)	AGW Y, H	DFG (2013)	
Mepanipyrim [110235-47-7]	2										
Mesitylen [108-67-8], 203-604-4						100	20	2 (II)	AGW Y	EU, DFG (2003)	BGW
4-Mesyl-2-nitrotoluol [1671-49-4], 430-550-0				2	Sh						
Metazachlor (iso) [67129-08-2], 266-583-0	2				Sh						
Metconazol (ISO) [125116-23-6]			2								
* Methacrylsäure [79-41-4], 201-204-4						180	50	2 (I)	AGW H, Y	DFG (2016)	
Methacrylsäuremethylester s. Methylmethacrylat											
2-Methallylchlorid s. 3-Chlor-2-methylpropen											
Methanol [67-56-1], 200-659-6						270	200	4 (II)	AGW H, Y	DFG, EU	BGW
Methansulfonsäure [75-75-2], 200-898-6						0,7		1 (I)	AGW Y, 11	AGS (2015)	
Methanthiol [74-93-1], 200-822-1						1	0,5	2 (II)	AGW	DFG	
2-Methoxyanilin [90-04-0], 201-963-1	1B	2	-	-					H		
2-(Methoxycarbonylhydrazono- methyl)chinoxalin-1,4-dioxid s. Carbadox											
Methoxychlor (DMDT) [72-43-5], 200-779-9						aufge- hoben			(H)	2014	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
* Methoxyessigsäure [625-45-6], 210-894-6			1B	1B		3,7	1	2 (II)	AGW Z, H	DFG (2016)	
2-Methoxyethanol [109-86-4], 203-713-7			1B	1B		3,2	1	8 (II)	AGW H, Z	DFG (2010) EU	BGW
2-(2-Methoxyethoxy)ethanol [111-77-3], 203-906-6			2			50	10		AGW Y, H, 11	EU (2007)	
2-(2-[2-Methoxyethoxy]ethoxy)- ethanol [112-35-6], 203-962-1						50 E		2 (II)	AGW Y, 11	DFG (2012)	
2-Methoxyethylacetat [110-49-6], 203-712-9			1B	1B		4,9	1	8 (II)	AGW H, Z	DFG (2010) EU	BGW
(E)-2-(Methoxyimino)-N-methyl-2- [α-(2,5-xylyloxy)-o-tolyl]acetamid s. Dimoxystrobin (ISO)											
(Z)-2-Methoxyimino-2-[2-(trityl- amino)thiazol-4-yl]essigsäure [64485-90-1], 431-520-1	2										
2-Methoxy-5-methylanilin s. p-Kresidin											
(2-Methoxymethylethoxy)- propanol (Isomerenmisch) [34590-94-8], 252-104-2						310	50	1 (I)	AGW 11	DFG, EU (1997)	
2-Methoxy-1-methylethylacetat [108-65-6], 203-603-9						270	50	1 (I)	AGW Y	DFG (1992) EU	
7-Methoxy-6-(3-morpholin-4-yl- propoxy)-3H-quinazolin-4-on; [Gehalt an Formamid (EG-Nr. 200-842-0) ≥ 0,5 %] [199327-61-2], 429-400-7			1B								
1-Methoxy-2-nitrobenzol s. 2-Nitroanisol											
4-Methoxyphenol s. Mequinol											
4-Methoxy-m-phenylendiamin s. 2,4-Diaminoanisol											
1-Methoxy-2-propanol [107-98-2], 203-539-1						370	100	2 (I)	AGW Y	DFG, EU	BGW
2-Methoxy-1-propanol [1589-47-5], 216-455-5	-	-	1B	-		19	5	8 (II)	AGW H, Z	DFG (2003)	
1-Methoxypropylacetat-2 s. 2-Methoxy-1-methylethylacetat											
2-Methoxypropylacetat-1 [70657-70-4], 274-724-2			1B			28	5	8 (II)	AGW H, Z	DFG (2003)	
6-Methoxy-m-toluidin s. p-Kresidin											
N-Methylacetamid [79-16-3], 201-182-6	-	-	1B	-							
Methylacetat [79-20-9], 201-185-2						610	200	4 (II)	AGW Y	DFG (1999)	
Methylacrylamidoglykolat (mit ≥ 0,1% Acrylamid) [77402-05-2], 403-230-3	1B	1B			Sh						
Methylacrylamido-methoxyacetat (mit ≥ 0,1% Acrylamid) [77402-03-0], 401-890-7	1B	1B									
Methylacrylat [96-33-3], 202-500-6					Sh	18	5	1 (I)	AGW H	DFG, EU	
Methyläther s. Dimethylether											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Methylal s. Dimethoxymethan											
Methylalkohol s. Methanol											
2-Methyl-allylchlorid s. 3-Chlor-2-methylpropen											
Methylamin [74-89-5], 200-820-0						13	10	=1= (I)	AGW	DFG	
1-Methyl-2-amino-5-chlorbenzol s. 4-Chlor-o-toluidin											
1-Methyl-2-amino-4-nitrobenzol s. 2-Amino-4-nitrotoluol											
Methylamylalkohol s. 4-Methylpentan-2-ol											
4-Methylanilin s. p-Toluidin											
N-Methylanilin [100-61-8], 202-870-9						2,2	0,5	2 (II)	AGW H, 6	DFG	
2-Methyl-2-azabicyclo[2.2.1]- heptan [4524-95-2], 404-810-9						20	5		AGW H	AGS (2006)	
2-Methylaziridin s. Propylenimin											
(Methyl-ONN-azoxy)methylacetat [592-62-1], 209-765-7	1B		1B								
Methylbenzimidazol-2- ylcarbamat s. Carbendazim (ISO)											
Methylbenzol s. Toluol											
(2-Methylbiphenyl-3-yl)methyl rel-(1R,3R)-3-[(1Z)-2-chlor-3,3,3- trifluorprop-1-en-1-yl]- 2,2-dimethylcyclopropancarbo- xylat s. Bifenthrin (ISO)											
N-Methyl-bis(2-chlorethyl)amin [51-75-2], 200-120-5	1A	1B							(H)		
Methylbromid s. Brommethan											
Methyl-1,3-butadien s. Isopren											
Methylbutan s. Isopentan											
3-Methylbutanal [590-86-3], 209-691-5						39	10	1 (I)	AGW	AGS (1993)	
Methylbutanole s. Pentanole											
2-Methylbut-3-en-2-ol [115-18-4], 204-068-4						2	0,6	2 (I)	AGW	AGS (2001)	
2-Methylbut-3-in-2-ol [115-19-5], 204-070-5						3	0,9	2 (I)	AGW	AGS (2001)	
1-Methylbutylacetat [626-38-0], 210-946-8						270	50	1 (I)	AGW	EU, DFG (1998)	
2-Methylbutylacetat [624-41-9], 210-843-8						270	50	1 (I)	AGW Y	EU, DFG (1998)	
3-Methylbutylacetat [123-92-2], 204-662-3						270	50	1 (I)	AGW	EU, DFG (1998)	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Methyl-1-(butyl-carbamoyl)- benzimidazol-2-ylcarbamat s. Benomyl (ISO)											
Methylbutylketon s. 2-Hexanon											
Methyl-tert-butylether s. (tert-Butyl)methylether											
2-Methyl-5-tert-butylthiophenol 444-970-7			2		Sh						
Methyl-3-(chinoxalin-2-yl- methylen)carbazat-1,4-dioxid s. Carbadox											
Methylchloracetat [96-34-4], 202-501-1						4,5	1	1 (I)	AGW H, Y	DFG (1996)	
2-Methyl-4-chloranilin s. 4-Chlor-o-toluidin											
Methylchlorformiat [79-22-1], 201-187-3						0,78	0,2	2 (I)	AGW Y, H	DFG (2006)	
Methylchlorid s. Chlormethan											
Methylchloroform s. 1,1,1-Trichlorethan											
Methyl-2-cyanacrylat s. Cyanacrylsäure-methylester											
Methylcyclohexan [108-87-2], 203-624-3						810	200	2 (II)	AGW	DFG (2003)	
Methylcyclohexanol, techn. Gemisch [25639-42-3], 247-152-6						28	6	2 (II)	AGW	AGS (2008)	
Methylcyclopentan [96-37-7], 202-503-2						1800	500	2 (II)	AGW	DFG (2010)	
Methyldichlorbenzol s. Dichlortoluol (Isomergemisch)											
1-Methyl-2,4-dichlorbenzol s. 2,4-Dichlortoluol											
Methyl 2-([4-(dimethylamino)-6- (2,2,2-trifluorethoxy)-1,3,5- triazin-2-yl]carbamoyl)sulfamoyl)- 3-methylbenzoat s. Triflusulfuron-methyl											
6-Methyl-1,3-dithiolo(4,5-b)- chinoxalin-2-on s. Chinomethionat											
4,4'-Methylenbis(2-chloranilin) [101-14-4], 202-918-9 und seine Salze (2,2'-Dichlor-4,4'-methylen- dianilin)	1B								H		
4,4'-Methylenbis(N,N-dimethyl- anilin) s. N,N,N',N'-Tetramethyl-4,4'- methyldianilin											
4,4'-Methylenbis(N,N-dimethyl)- benzamin s. N,N,N',N'-Tetramethyl-4,4'- methyldianilin											
4,4'-Methylenbis(2-ethylanilin) [19900-65-3], 243-420-1	2	-	-	-							

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gemisch aus: Reaktionsprodukt aus 4,4'-Methylenbis[2-(4-hydroxybenzyl)-3,6-dimethylphenol] und 6-Diazo-5,6-dihydro-5-oxo-naphthalinsulfonat (1:2) Reaktionsprodukt aus 4,4'-Methylenbis[2-(4-hydroxybenzyl)-3,6-dimethylphenol] und 6-Diazo-5,6-dihydro-5-oxo-naphthalinsulfonat (1:3) 417-980-4	2										
Diester von 4,4'-Methylenbis[2-(2-hydroxy-5-methylbenzyl)-3,6-dimethylphenol] und 6-Diazo-5,6-dihydro-5-oxonaphthalin-1-sulfonsäure (1:2), Triester von 4,4'-Methylenbis[2-(2-hydroxy-5-methylbenzyl)-3,6-dimethylphenol] und 6-Diazo-5,6-dihydro-5-oxonaphthalin-1-sulfonsäure (1:3), Gemisch aus 427-140-9	2										
(Methylenbis(4,1-phenylenazo(1-(3-(dimethylamino)propyl)-1,2-dihydro-6-hydroxy-4-methyl-2-oxopyridin-5,3-diyli))) <sup>1</sup> ,1'-dipyridiniumdichloriddihydrochlorid 401-500-5	1B										
Methylenchlorid s. Dichlormethan											
4,4'-Methyldianilin s. 4,4'-Diamino-diphenylmethan											
2,2'-Methyldiphenyl-diisocyanat [2536-05-2], 219-799-4	2				S	0,05		1;=2= (I)	AGW 11, 12	AGS (2009)	
2,4'-Methyldiphenyl-diisocyanat [5873-54-1], 227-534-9	2				S	0,05		1;=2= (I)	AGW 11, 12	AGS (2009)	
4,4'-Methyldiphenyl-diisocyanat [101-68-8], 202-966-0	2				S	0,05 E	0,005	1;=2= (I)	AGW 11, 12 Y, H	DFG (1993)	
4,4'-Methyldiphenyl-diisocyanat, Polymer (als MDI berechnet) [9016-87-9] <sup>1</sup> in Form atembarer Aerosole, A-Fraktion	2 <sup>1</sup>				S	0,05 E		1;=2= (I)	AGW H, Y, 12	DFG (2010)	
Methyldiphenyldiisocyanat [26447-40-5], 247-714-0	2				S						
4,4'-Methylen-di-o-toluidin s. 3,3'-Dimethyl-4,4'-diamino-phenylmethan											
Methylethylketon s. Butanon											
N,N-Methylethyl-nitrosamin s. N-Nitrosomethyl-ethylamin											
N-Methylformamid [123-39-7], 204-624-6			1B						H		
Methylformiat [107-31-3], 203-481-7						120	50	4 (II)	AGW H, Y	DFG (1998)	
Methylglykol s. 2-Methoxyethanol											
Methylglykolacetat s. 2-Methoxyethylacetat											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
5-Methyl-3-heptanon [541-85-5], 208-793-7						53	10	2 (I)	AGW	DFG, EU (2003)	
5-Methyl-2-hexanon [110-12-3], 203-737-8						95	20		AGW	EU (2003)	
Methyliodid s. Iodmethan											
Methylisobutylcarbinol s. 4-Methylpentan-2-ol											
Methylisobutylketon s. 4-Methylpentan-2-on											
Methylisocyanat [624-83-9], 210-866-3			2		S	0,024	0,01	1 (I)	AGW H, 12	DFG	
Methyljodid s. Iodmethan											
Methylmercaptan s. Methanthiol											
Methylmethacrylat [80-62-6], 201-297-1					Sh	210	50	2 (I)	AGW Y	DFG, EU	
Methyl (E)-2-methoxyimino-[2-(o- tolyl)oxymethyl]phenylacetat s. Kresoxim-methyl											
2-Methyl-4-[(2-methylphenyl)- azo]benzamin s. 2-Aminoazotoluol											
N-Methyl-1-naphthylcarbammat s. Carbaryl											
2-Methyl-5-nitrobenzamin s. 2-Amino-4-nitrotoluol											
1-Methyl-3-nitro-1-nitroso- guanidin [70-25-7], 200-730-1	1B										
N-Methyl-N-nitrosoanilin s. N-Nitrosomethylphenylamin											
N-Methyl-N-nitrosoethamin s. N-Nitroso-methylethylamin											
N-Methyl-N-nitroso-methanamin s. N-Nitroso-dimethylamin											
N-Methylolchloracetamid [2832-19-1], 220-598-9	-	2	-	-	Sh						
Methyloxiran s. 1,2-Epoxypropan											
2-Methyl-4-oxo-3-(penta-2,4- dienyl)cyclopent-2-enyl-[1R- [1α[S*(Z)],3β]]chrysanthemmat s. Pyrethrin I											
2-Methyl-4-oxo-3-(penta-2,4-di- enyl)cyclopent-2-enyl-[1R[1α- [S*(Z)]-(3β)]]-3-(3-methoxy-2- methyl-3-oxoprop-1-enyl-2,2- dimethylcyclopropan-carboxylat s. Pyrethrin II											
2-Methylpentan [107-83-5], 203-523-4						1800	500	2 (II)	AGW	DFG (2010)	
3-Methylpentan [96-14-0], 202-481-4						1800	500	2 (II)	AGW	DFG (2010)	
4-Methylpentan-2-ol [108-11-2], 203-551-7						85	20	1 (I)	AGW	DFG (2004)	
4-Methylpentan-2-on [108-10-1], 203-550-1						83	20	2 (I)	AGW H, Y	EU, DFG (1998)	BGW



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im biologischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung	Bemerkungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
* 4-Methylpent-3-en-2-on [141-79-7], 205-502-5						8,1	2	2 (I)	AGW H	DFG (2016)	
Methylphenylendiamin [25376-45-8], 246-910-3 Techn. Gemisch aus 4- und 2-Methyl...	1B	2		2	Sh				H		
4-Methyl-m-phenylendiamin s. 2,4-Tolylendiamin											
2-Methyl-m-phenylendiamin [823-40-5], 212-513-9		2			Sh				H		
2-Methyl-m-phenylendiisocyanat s. 2,6-Diisocyanattoluol											
4-Methyl-m-phenylendiisocyanat s. 2,4-Diisocyanattoluol											
2-Methylpropan s. iso-Butan											
2-Methylpropan-1-ol s. iso-Butanol											
2-Methyl-2-propanol [75-65-0], 200-889-7						62	20	4 (II)	AGW Y	DFG (2001)	
6-(1-Methylpropyl)-2,4-dinitro- phenol s. Dinoseb											
1-Methylpropylenglykol-2 s. 1-Methoxy-2-propanol											
N-Methyl-2-pyrrolidon (Dampf) [872-50-4], 212-828-1			1B			82	20	2 (I)	AGW, H, Y, 11, 19	EU, AGS, DFG (2007)	BGW
Methylstyrol s. Vinyltoluol (alle Isomeren)											
α-Methylstyrol s. Isopropenylbenzol											
Methylvinylether [107-25-5], 203-475-4						120	50	2 (II)	AGW Y	AGS (2013)	
Methylzinnverbindungen											
Mono- und Dimethylzinnverbin- dungen mit Ausnahme der separ- at genannten						0,009	0,0018	1(I)	AGW Y, 10, 11	AGS (2015)	
Triisooctyl-2,2',2''-((methylstann- ylidin)tris(thio)triacetat [54849-38-6], 259-374-0 Bis[methylzinn-di(isooctylmer- captoacetat)]sulfid, Bis[methylzinn-di(2-mercapto- ethyloleat)]sulfid [59118-99-9]						1	0,2	2(II)	AGW Z, 10, 11	DFG (2015)	
Diisooctyl-2,2'-((dimethylstann- ylen)bis(thio)diacetat [26636-01-1], 247-862-6 2-Ethylhexyl-10-ethyl-4,4-di- methyl-7-oxo-8-oxa-3,5-dithia- 4-stannatetradecanoat [57583-35-4], 260-829-0 Bis[dimethylzinn(isooctylmercap- toacetat)]sulfid Bis[dimethylzinn(2-mercapto- ethyloleat)]sulfid						0,05	0,01	2 (II)	AGW Y, 10, 11	DFG (2015)	
Trimethylzinnverbindungen						0,005	0,001	4 (II)	AGW H, 10, 11	DFG (2015)	
Tetramethylzinn [594-27-4], 209-833-6						0,005	0,001	4 (II)	AGW H, 10, 11	DFG (2015)	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
* Metosulam (ISO) [139528-85-1]	2										
Mevinphos [7786-34-7], 232-095-1						0,093	0,01	2 (II)	AGW H, 11	DFG	
Michlers Keton [90-94-8], 202-027-5	1B	2	-	-							
Mineralfasern s. Abschnitt 1.4 s. Faserstäube, anorganische											
Mineralwolle [künstlich herge- stellte ungerichtete glasige (Silikat)-Fasern mit einem Anteil an Alkali- und Erdalkalimetalloxi- den (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+CaO+MgO+BaO) von über 18 Gewichtsprozent <sup>1</sup> s. Abschnitt 1.4	2 1B'										
Mirex [2385-85-5], 219-196-6	2		2	2					H		
Molinat [2212-67-1], 218-661-0	2			2	Sh						
Molybdäntrioxid [1313-27-5], 215-204-7	2										
Mono-n-butylzinnverbindungen s. n-Butylzinnverbindungen											
Monochlordifluormethan (R 22) s. Chlordifluormethan (R 22)											
Monochlordimethylether (Chlormethylmethylether) [107-30-2], 203-480-1	1A								H		
Monochloressigsäure s. Chloressigsäure											
Monochloressigsäure-ethylester s. Ethylchloracetat											
Monochloressigsäure-methyl- ester s. Methylchloracetat											
Monochlormonofluormethan s. Chlorfluormethan											
Monochlortrifluormethan s. Chlortrifluormethan											
Monocrotophos (ISO) [6923-22-4], 230-042-7		2							H		
Mono-n-octylzinnverbindungen s. n-Octylzinnverbindungen											
Monuron (ISO) [150-68-5], 205-766-1	2										
Monuron-TCA s. 3-(4-Chlorphenyl)-1,1-dimethyl- uroniumtrichloracetat											
Morpholin [110-91-8], 203-815-1						36	10	2 (I)	AGW H, 6	EU, DFG (2002)	
Morpholinylcarbamoylchlorid s. Morpholin-4-carbonylchlorid											
Morpholin-4-carbonylchlorid [15159-40-7], 239-213-0	2 1B										
Musk Ketone s. 4'-tert-Butyl-2',6'-dimethyl- 3',5'-dinitroacetophenon											

Chemische Einwirkungen

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Musk Xylene s. 5-tert-Butyl-2,4,6-trinitro-m- xylol											
Myclobutanil [88671-89-0]			2								

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Naled [300-76-5], 206-098-3					Sh	1 E		2 (II)	AGW Y, H	DFG, AGS (2007)	
Naphthalin [91-20-3], 202-049-5	2	-	-	-	-	0,5 E	0,1	1 (I)	AGW 11, H, Y	AGS (2011)	
1-Naphthylamin (α-) [134-32-7], 205-138-7						1 E	0,17	4 (II)	AGW H, 11	AGS (1994)	
2-Naphthylamin (β-) [91-59-8], 202-080-4 und seine Salze	1A								(H)		
2-Naphthylamino-1-sulfonsäure s. 2-Amino-1-naphthalinsulfon- säure											
N-2-Naphthylanilin s. N-Phenyl-2-naphthylamin											
1,5-Naphthylendiamin [2243-62-1], 218-817-8	2								(H)		
1,5-Naphthylendiisocyanat [3173-72-6], 221-641-4					Sa	0,05		1; =2= (I)	AGW 11, 12	AGS (2006)	
1-Naphthylmethylcarbamat s. Carbaryl											
1-(1-Naphthylmethyl)-quino- liniumchlorid [65322-65-8], 406-220-7	2	2									
1-Naphthylthioharnstoff s. ANTU											
Natriumazid [26628-22-8], 247-852-1						0,2		2 (I)	AGW	DFG, EU	
* Natrium-2-biphenylat [132-27-4], 205-055-6						2 E		1 (I)	AGW Y	DFG (2016)	
Natriumchromat [7775-11-3], 231-889-5	1B	1B	1B	1B	S				H		
Natriumdichromat [10588-01-9], 234-190-3 Natriumdichromatdihydrat [7789-12-0], 234-190-3	1B	1B	1B	1B	S				H		
Natriumfluoracetat [62-74-8], 200-548-2						0,05 E		4 (II)	AGW H, Z	DFG, AGS (2007)	
Natriumperborat [15120-21-5], 239-172-9 Perborsäure, Natriumsalz [11138-47-9], 234-390-0 Perborsäure, Natriumsalz, Monohydrat [12040-72-1] Natriumperoxometaborat [7632-04-4], 231-556-4 Perborsäure (HBO(O <sub>2</sub> )), Natriumsalz, Monohydrat, Natriumperoxoborat [10332-33-9]			1B	2							
Natriumpyrithion [3811-73-2, 15922-78-8], 240-062-8, 223-296-5						1 E		2 (II)	AGW H, Z	DFG (1996)	
* Natriumtrichloracetat (TCA-Natrium) [650-51-1], 211-479-2						2 E		1 (I)	AGW H, Y	DFG (2017)	
NDI s. 1,5-Naphthylendiisocyanat											
* Nickel (Metall) [7440-02-0], 231-111-4	2				Sh	0,006 A		8 (II)	AGW 10, Y	AGS (2015)	EKA
Nickelverbindungen:											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
• Ameisensäure, Kupfer-Nickel-Salz [68134-59-8], 268-755-0	1A i	2	1B		S						
• Ameisensäure, Nickelsalz [15843-02-4], 239-946-6	1A i	2	1B		S						
• Bis(D-gluconato-O1,O2)nickel [71957-07-8], 276-205-6	1A i	2	1B		S						
• [Carbonato(2-)]tetrahydroxy- trinickel [12607-70-4], 235-715-9	1A i	2	1B		S						
• [μ-[Carbonato(2-)-O:O']- dihydroxytrinickel [65405-96-1], 265-748-4	1A i	2	1B		S						
• Cobalt-Dimolybdän-Nickel- octaoxid [68016-03-5], 268-169-5	1A i				Sh						
• Cobalt-Lithium-Nickeloxid 442-750-5	1A i				Sh						
• Cobalt-Nickel-Dioxid [58591-45-0], 261-346-8 Cobalt-Nickel-Oxid [12737-30-3]	1A i				Sh						
• Cobalt-Nickel-Gray-Periklas, C.l. 77332 [68186-89-0], 269-051-6	1A i				Sh						
• Dialuminium-Nickeltetraoxid [12004-35-2], 234-454-8	1A i				Sh						
• Diammoniumnickelhexacyano- ferrat [74195-78-1]	1A i				S						
• Dimethylhexansäure, Nickelsalz [93983-68-7], 301-323-2	1A i	2	1B		S						
• Dinickelborid [12007-01-1], 234-494-6	1A i				Sh						
• Dinickeldiphosphat [14448-18-1], 238-426-6	1A i				S						
• Dinickelhexacyanoferrat [14874-78-3], 238-946-3	1A i				Sh						
• Dinickelorthosilikat [13775-54-7], 237-411-1	1A i				Sh						
• Dinickelphosphid [12035-64-2], 234-828-0	1A i				Sh						
• Dinickelsilicid [12059-14-2], 235-033-1	1A i				Sh						
• Dinickeltrioxid [1314-06-3], 215-217-8	1A i				Sh						
• Diphosphorsäure, Nickel(II)- Salz [19372-20-4]	1A i				S						
• (2-Ethylhexanoato-O)- (isodecanoato-O)nickel [84852-39-1], 284-351-7	1A i	2	1B		S						
• (2-Ethylhexanoato-O)- (isononanoato-O)nickel [85508-45-8], 287-470-2	1A i	2	1B		S						
• (2-Ethylhexanoato-O)- (neodecanoato-O)nickel [85135-77-9], 285-698-7	1A i	2	1B		S						
• 2-Ethylhexansäure, Nickelsalz [7580-31-6], 231-480-1	1A i	2	1B		S						

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
• Ethylhydrogensulfat, Nickel(II)-Salz [71720-48-4], 275-897-7	1A i	2	1B		S						
• Fettsäuren, C <sub>6-19</sub> -verzweigt, Nickelsalze [91697-41-5], 294-302-1	1A i	2	1B		S						
• Fettsäuren, C <sub>8-18</sub> und C <sub>18</sub> -ungesättigt, Nickelsalze [84776-45-4], 283-972-0	1A i	2	1B		S						
• (Isodecanoato-O)-(isononanoato-O)nickel [84852-36-8], 284-348-0	1A i	2	1B		S						
• (Isodecanoato-O)-(isooctanoato-O)nickel [85166-19-4], 285-909-2	1A i	2	1B		S						
• (Isononanoato-O)-(isooctanoato-O)nickel [85508-46-9], 287-471-8	1A i	2	1B		S						
• (Isononanoato-O)-(neodecanoato-O)nickel [85551-28-6], 287-592-6	1A i	2	1B		S						
• (Isooctanoato-O)(neodecanoato-O)nickel [84852-35-7], 284-347-5	1A i	2	1B		S						
• Kieselsäure, Blei-Nickel-Salz [68130-19-8]	1A i		1A	2	S						
• Kieselsäure, Nickelsalz [37321-15-6], 253-461-7	1A i				Sh						
• Lithium-Nickeldioxid [12031-65-1]	1A i				Sh						
• Molybdän-Nickelhydroxidoxid-phosphat [68130-36-9], 268-585-7	1A i				S						
• Molybdän-Nickeloxid [12673-58-4]	1A i				Sh						
• Molybdän-Nickeltetraoxid [14177-55-0], 238-034-5	1A i				Sh						
• 2,7-Naphthalendisulfonsäure, Nickel(II)-Salz [72319-19-8]	1A i	2	1B		S						
• Neodecansäure, Nickelsalz [51818-56-5], 257-447-1	1A i	2	1B		S						
• Nickelacetat [14998-37-9], 239-086-1	1A i	2	1B		S						
• Nickel(II)-arsenat s. Trinickel-bis(arsenat)											
• Nickelarsenid [27016-75-7], 248-169-1	1A i				Sh						
• Nickel-Barium-Titan-Primerit, C.I. 77900 [68610-24-2], 271-853-6	1A i				Sh						
• Nickel-bis(benzolsulfonat) [39819-65-3], 254-642-3	1A i	2	1B		S						
• Nickel-3,5-bis(tert-butyl)-4-hydroxybenzoat(1:2) [52625-25-9], 258-051-1	1A i	2	1B		S						
• Nickel-bis(4-cyclohexylbutyrat) [3906-55-6], 223-463-2	1A i	2	1B		S						
• Nickel-bis(dihydrogenphosphat) [18718-11-1], 242-522-3	1A i				S						

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
• Nickel-bis(2-ethylhexanoat) [4454-16-4], 224-699-9	1A i	2	1B		S						
• Nickel-bis(isononanoat) [84852-37-9], 284-349-6	1A i	2	1B		S						
• Nickel-bis(phosphinat) [14507-36-9], 238-511-8	1A i				S						
• Nickel-bis(sulfamidat) [13770-89-3], 237-396-1	1A i	2	1B		S						
• Nickel-bis(tetrafluorborat) [14708-14-6], 238-753-4	1A i	2	1B		S						
• Nickelborid (NiB) [12007-00-0], 234-493-0 Nickelborid [12619-90-8], 235-723-2	1A i				Sh						
• Nickel-Borophosphid [65229-23-4]	1A i				Sh						
• Nickelcarbonat [3333-67-3], 222-068-2 Kohlensäure, Nickelsalz [16337-84-1], 240-408-8	1A i	2	1B		S					EKA	
• Nickelcarbonyl s. Nickeltriacarbonyl											
• Nickelchromat [14721-18-7], 238-766-5	1A i				S						
• Nickeldi(acetat) [373-02-4], 206-761-7	1A i	2	1B		S						
• Nickeldiammonium-bis(sulfat), Diammoniumnickel-bis(sulfat) [15699-18-0], 239-793-2	1A i	2	1B		S						
• Nickeldiarsenid [12068-61-0], 235-103-1	1A i				Sh						
• Nickeldibenzoat [553-71-9], 209-046-8	1A i	2	1B		S						
• Nickel dibromat [14550-87-9], 238-596-1	1A i	2	1B		S						
• Nickel dibromid [13462-88-9], 236-665-0	1A i	2	1B		S						
• Nickel dichlorat [67952-43-6], 267-897-0	1A i	2	1B		S						
• Nickel dichlorid [7718-54-9], 231-743-0	1A i	2	1B		S						
• Nickel dichromat [15586-38-6], 239-646-5	1A i	2	1B		S						
• Nickel dicyanid [557-19-7], 209-160-8	1A i				S						
• Nickel difluorid [10028-18-9], 233-071-3	1A i	2	1B		S						
• Nickel diformat [3349-06-2], 222-101-0	1A i	2	1B		S						
• Nickel dihydroxid [12054-48-7], 235-008-5 [11113-74-9], 234-348-1	1A i	2	1B		S						
• Nickel diiodid [13462-90-3], 236-666-6	1A i	2	1B		S						
• Nickel dikalium-bis(sulfat) [13842-46-1], 237-563-9	1A i	2	1B		S						
• Nickel dilactat [16039-61-5]	1A i	2	1B		S						

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
• Nickeldinitrat [13138-45-9], 236-068-5 Salpetersäure, Nickelsalz [14216-75-2], 238-076-4	1A i	2	1B		S						
• Nickeldioxid [12035-36-8], 234-823-3	1A i				Sh						EKA
• Nickeldiperchlorat, Perchlorsäure, Nickel(II)-Salz [13637-71-3], 237-124-1	1A i	2	1B		S						
• Nickeldisilicid [12201-89-7], 235-379-3	1A i				Sh						
• Nickeldithiocyanat [13689-92-4], 237-205-1	1A i	2	1B		S						
• Nickel-Divanadiumhexaoxid [52502-12-2], 257-970-5	1A i				Sh						
• Nickelhexafluorsilikat [26043-11-8], 247-430-7	1A i	2	1B		S						
• Nickel(II)-hydrogencitrat [18721-51-2], 242-533-3	1A i	2	1B		S						
• Nickelhydrogenphosphat [14332-34-4], 238-278-2	1A i				S						
• Nickel(II)-isodecanoat [85508-43-6], 287-468-1	1A i	2	1B		S						
• Nickel(II)-isooctanoat [29317-63-3], 249-555-2	1A i	2	1B		S						
• Nickelisooctanoat [27637-46-3], 248-585-3	1A i	2	1B		S						
• Nickel-Kalium-Fluorid [11132-10-8]	1A i	2	1B		S						
• Nickelmatte sowie Rösten oder elektrolytische Raffination von s. Abschnitt 1.4 [69012-50-6], 273-749-6	1A				Sh						
• Nickelmonoxid [1313-99-1], 215-215-7 Nickeloxid [11099-02-8], 234-323-5 Bunsenit [34492-97-2]	1A i				Sh						EKA
• Nickel(II)-neodecanoat [85508-44-7], 287-469-7	1A i	2	1B		S						
• Nickel(II)-neononanoat [93920-10-6], 300-094-6	1A i	2	1B		S						
• Nickel(II)-neoundecanoat [93920-09-3], 300-093-0	1A i	2	1B		S						
• Nickel(II)-octadecanoat s. Nickel(II)-stearat											
• Nickel(II)-octanoat [4995-91-9], 225-656-7	1A i	2	1B		S						
• Nickeloxalat [547-67-1], 208-933-7 Oxalsäure, Nickelsalz [20543-06-0], 243-867-2	1A i				Sh						
• Nickel(II)-palmitat [13654-40-5], 237-138-8	1A i	2	1B		S						
• Nickelphosphinat [36026-88-7], 252-840-4	1A i				S						
• Nickel(II)-propionat [3349-08-4], 222-102-6	1A i	2	1B		S						



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im biologischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung	Art Bemerkungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
• Nickelseleat [15060-62-5], 239-125-2	1A i	2	1B		S						
• Nickelseleatid [1314-05-2], 215-216-2	1A i				Sh						
• Nickel(II)-Selenit [10101-96-9], 233-263-7	1A i				S						
• Nickelsilikat (3:4) [31748-25-1], 250-788-7	1A i				Sh						
• Nickel(II)-Silikat [21784-78-1], 244-578-4	1A i				Sh						
• Nickelstannat s. Nickel-Zinn-Trioxid											
• Nickel(II)-stearat [2223-95-2], 218-744-1	1A i	2	1B		S						
• Nickelsulfamat s. Nickel-bis(sulfamidat)											
• Nickelsulfat [7786-81-4], 232-104-9	1A i	2	1B		S						
• Nickelsulfid [16812-54-7], 240-841-2 Nickelsulfid [11113-75-0], 234-349-7 Millerit [1314-04-1]	1A i	2			Sh					EKA	
• Nickel(II)-sulfid [7757-95-1], 231-827-7	1A i				S						
• Nickeltellurid [12142-88-0], 235-260-6	1A i				Sh						
• Nickel-tellurtetraoxid [15852-21-8], 239-974-9	1A i				S						
• Nickel-Tellurtrioxid [15851-52-2], 239-967-0	1A i				S						
• Nickeltriacetyl [13463-39-3], 236-669-2	2		1B		S						
• Nickel-Titanoxid [12653-76-8], 235-752-0	1A i				Sh						
• Nickel-Titantrioxid [12035-39-1], 234-825-4	1A i				Sh						
• Nickel(II)-trifluoacetat [16083-14-0], 240-235-8	1A i	2	1B		S						
• Nickeltriurandecaoxid [15780-33-3], 239-876-6	1A i				Sh						
• Nickel-Wolframtetraoxid [14177-51-6], 238-032-4	1A i				Sh						
• Nickel-Zinn-Trioxid [12035-38-0], 234-824-9	1A i				Sh						
• Nickel-Zirkontrioxid [70692-93-2], 274-755-1	1A i				Sh						
• Olivin, Nickel grün [68515-84-4], 271-112-7	1A i				Sh						
• Phosphorsäure, Calcium-Nickel-Salz [17169-61-8]	1A i				S						
• Trihydrogenhydroxy-bis[ortho-silikato(4-)]trinickelat(3-) [12519-85-6], 235-688-3	1A i				Sh						
• Trinickel-bis(arsenat) [13477-70-8], 236-771-7	1A				Sh	As: 0,83 µg/m <sup>3</sup> E As: 8,3 µg/m <sup>3</sup> E	8 (II)	AK TK	AGS (2014) TRGS 910		

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
• Trinickel-bis(arsenit) [74646-29-0]	1A i				Sh	As: 0,83 µg/m <sup>3</sup> E As: 8,3 µg/m <sup>3</sup> E		8 (II)	AK TK	AGS (2014) TRGS 910	
• Trinickel-bis(orthophosphat) [10381-36-9], 233-844-5	1A i				S						
• Trinickelborid [12007-02-2], 234-495-1	1A i				Sh						
• Trinickeldisulfid [12035-72-2]; [12035-71-1], 234-829-6	1A i	2			Sh						EKA
• Trinickeltetrasulfid [12137-12-1]	1A i				Sh						
• Zitronensäure, Ammonium- Nickel-Salz [18283-82-4], 242-161-1	1A i	2	1B		S						
• Zitronensäure, Nickelsalz [22605-92-1], 245-119-0	1A i	2	1B		S						
Nikotin [54-11-5], 200-193-3						0,5		2 (II)	AGW 11, 13, H	EU (2007)	
5-Nitroacenaphthen [602-87-9], 210-025-0	1B										
2-Nitro-4-aminophenol [119-34-6], 204-316-1	2								(H)		
4-Nitro-2-aminotoluol s. 2-Amino-4-nitrotoluol											
2-Nitroanisol [91-23-6], 202-052-1	1B										
Nitrobenzol [98-95-3], 202-716-0	2			1B		1	0,2	2 (II)	AGW H	EU (2007)	BGW
4-Nitrobiphenyl [92-93-3], 202-204-7	1B								(H)		
o-Nitrochlorbenzol s. 1-Chlor-2-nitrobenzol											
p-Nitrochlorbenzol s. 1-Chlor-4-nitrobenzol											
2-Nitro-1,4-diaminobenzol s. 2-Nitro-p-phenylendiamin											
Nitroethan [79-24-3], 201-188-9						310	100	4 (II)	AGW	DFG	
Nitrofen (ISO) [1836-75-5], 217-406-0	1B		1B								
Nitroglykol s. Ethylenglykoldinitrat											
2-Nitronaphthalin [581-89-5], 209-474-5	1B										
2-Nitro-p-phenylendiamin [5307-14-2], 226-164-5	2				Sh				(H)		
1-Nitropropan [108-03-3], 203-544-9						92	25	4 (I)	AGW 3, H	DFG (2000)	
* 2-Nitropropan [79-46-9], 201-209-1	1B					0,18 1,8	0,05 0,5	8 (II)	AK TK H	AGS (2015) TRGS 910	
Nitropyrene (Mono-, Di- Tri-, Tetra-) (Isomere) [5522-43-0], 226-868-2	2										
N-Nitroso-bis(2-hydroxyethyl)- amin s. N-Nitroso-diethanolamin											
Nitrosodi-n-butylamin [924-16-3], 213-101-1	1B								(H)		

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im biologischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung	Art Bemerkungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
N-Nitrosodiethanolamin [1116-54-7], 214-237-4	1B								(H)		
N-Nitrosodiethylamin [55-18-5], 200-226-1	1B								(H)		
N-Nitrosodimethylamin [62-75-9], 200-549-8	1B					0,075 µg/m <sup>3</sup> 0,75 µg/m <sup>3</sup>		8 (II)	AK TK H	AGS (2014) TRGS 910	
N-Nitrosodi-i-propylamin [601-77-4]	1B								(H)		
N-Nitrosodi-n-propylamin [621-64-7], 210-698-0	1B								(H)		
Nitrosoethylanilin s. Nitrosoethylphenylamin											
N-Nitrosoethylphenylamin [612-64-6]	1B								(H)		
2,2'-(Nitrosoimino)bisethanol s. N-Nitroso-diethanolamin											
Nitrosomethylanilin s. N-Nitroso-methylphenylamin											
N-Nitrosomethyl-ethylamin [10595-95-6]	1B								(H)		
N-Nitrosomethylphenylamin [614-00-6], 210-366-5	1B								(H)		
N-Nitrosomorpholin [59-89-2]	1B								(H)		
p-Nitrosophenol [104-91-6], 203-251-6		2									
N-Nitrosopiperidin [100-75-4], 202-886-6	1B								(H)		
N-Nitrosopyrrolidin [930-55-2], 213-218-8	1B								(H)		
5-Nitro-3-toluidin s. 2-Amino-4-nitrotoluol											
2-Nitrotoluol [88-72-2], 201-853-3	1B	1B	-	2					H		
3-Nitrotoluol [99-08-1], 202-728-6									H		
4-Nitrotoluol [99-99-0], 202-808-0									H		
Nonylphenol [25154-52-3], 246-672-0	-	-	2	2							
4-Nonylphenol, verzweigt [84852-15-3], 284-325-5	-	-	2	2							
Norfluran s. 1,1,1,2-Tetrafluorethan											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Octabromdiphenylether [32536-52-0], 251-087-9	-	-	1B	2							
1,2,4,5,6,7,8,8-Octachlor- 3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7- methanoindan s. Chlordan (ISO)											
Octadecan-1-ol [112-92-5], 204-017-6						224	20	1 (I)	AGW	AGS (2006)	
* Octadecyl-3-(3,5-di-tert-butyl- 4-hydroxyphenyl)propionat [2082-79-3], 218-216-0						20 E		2 (II)	AGW Y	DFG (2017)	
Octamethylcyclotetrasiloxan [556-67-2], 209-136-7	-	-	-	2							
Octan (alle Isomeren außer Trime- thylpentanisomere) [111-65-9, 540-84-1, 560-21-4, 563- 16-6, 564-02-3, 565-75-3, 583-48- 2, 584-94-1, 589-43-5, 589-53-7, 589-81-1, 590-73-8, 592-13-2, 592- 27-8, 594-82-1, 609-26-7, 619-99- 8, 1067-08-9, 26635-64-3]						2 400	500	2 (II)	AGW	DFG	
Octan-1-ol [111-87-5], 203-917-6						106	20	1 (I)	AGW 11	AGS (2006)	
2-Octyl-2H-isothiazol-3-on [26530-20-1], 247-761-7					Sh	0,05 E		2 (I)	AGW H, Y	DFG (2000)	
4-tert-Octylphenol s. 4-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl) phenol											
n-Octylzinnverbindungen (Mono-)						0,01	0,002	2 (II)	AGW, H, Y, 10, 11	AGS, DFG (2014)	
Olaquinox [23696-28-8], 245-832-7	2	1B	-	2	Sh						
Orthoborsäure, Natriumsalz [13840-56-7], 237-560-2			1B	1B		0,5 E		2 (I)	AGW Y, 10	AGS (2007)	
Orthophosphorsäure [7664-38-2], 231-633-2						2 E		2 (I)	AGW Y	DFG, AGS, EU (2007)	
Oxadiargyl [39807-15-3], 254-637-6			2								
Oxalsäure [144-62-7], 205-634-3						1 E		1 (I)	AGW H, 13	EU (2007)	
Oxiran s. Ethylenoxid											
Oxiranmethanol, 4-methylbenzol- sulfonat, (S)- [70987-78-9], 417-210-7	1B	2			Sh						
3-Oxoandrost-4-en-17-beta- carbonsäure [302-97-6], 414-990-0				2							
4,4'-Oxy-bis-benzolamin s. 4,4'-Oxydianilin											
2,2'-(Oxybis(methylen))bisoxiran s. Diglycidylether											
4,4'-Oxydianilin [101-80-4], 202-977-0	1B	1B	-	2					H		
2,2'-Oxydiethanol s. Diethylenglykol											
* Oxydiopropanol [25265-71-8], 246-770-3						100 E		2 (II)	AGW Y, 11	DFG (2016)	
Ozon [10028-15-6], 233-069-2	2	-	-	-							

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Paraffine, chlorierte s. Chloralkane											
Paraquatdichlorid [1910-42-5], 217-615-7					0,1 E		1 (I)	AGW H	DFG		
Parathion [56-38-2], 200-271-7					0,1 E		8 (II)	AGW H	DFG	BGW	
Passivrauchen am Arbeitsplatz s. Abschnitt 1.4	1A	2	1A	-							
PCP s. Pentachlorphenol											
Penconazol (ISO) [66246-88-6], 266-275-6			2								
Pentaboran [19624-22-7], 243-194-4					0,013	0,005	2 (II)	AGW	DFG		
Pentacarbonyleisen [13463-40-6], 236-670-8					0,81	0,1	2 (I)	AGW H	DFG (2012)		
Pentachlorethan [76-01-7], 200-925-1	2										
Pentachlorphenol [87-86-5], 201-778-6	2 1B	2	1B	-				H		EKA	
- Salze von (außer Alkalisalze)	1B							H			
- Alkalisalze von	1B 2							H			
n-Pentan [109-66-0], 203-692-4					3 000	1 000	2 (II)	AGW Y	DFG, EU		
iso-Pentan s. Isopentan											
tert-Pentan s. Dimethylpropan											
Pentan-2,4-dion (Acetylaceton) [123-54-6], 204-634-0					126	30	2 (II)	AGW H, Y	AGS (2007)		
* Pentanole (alle Isomere) Pentan-1-ol [71-41-0], 200-752-1 Pentan-2-ol [6032-29-7], 227-907-6 Pentan-3-ol [584-02-1], 209-526-7 2-Methylbutan-1-ol [137-32-6], 205-289-9 3-Methylbutan-1-ol [123-51-3], 204-633-5 3-Methylbutan-2-ol [598-75-4], 209-950-2 2-Methylbutan-2-ol [75-85-4], 200-908-9 2,2-Dimethylpropanol [75-84-3], 200-907-3 Isomerenmische [30899-19-5]; [9464-12-1], 250-378-8					73	20	2 (I)	AGW Y	DFG (2016)		
1-Pentylacetat [628-63-7], 211-047-3					270	50	1 (I)	AGW Y	EU, DFG (1998)		
3-Pentylacetat [620-11-1]					270	50	1 (I)	AGW	EU, DFG (1998)		

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Perborsäure (H <sub>3</sub> BO <sub>2</sub> (O <sub>2</sub> )), Mononatriumsalz-Trihydrat [13517-20-9] Perborsäure, Natriumsalz- Tetrahydrat [37244-98-7] Perborsäure (HBO(O <sub>2</sub> )), Natriumsalz-Tetrahydrat Natriumperoxoborat-Hexahydrat [10486-00-7]			1B	2							
Perchlorbutadien s. 1,1,2,3,4,4-Hexachlor-1,3-butadien											
Perchlorethylen s. Tetrachlorethen											
* Perfluornonan-1-säure [375-95-1], 206-801-3 und ihre Natrium- [21049-39-8 ] und Ammoniumsalze [4149-60-4]	2		1B	2							
Perfluorooctansäure [335-67-1], 206-397-9	2		1B					(H)		BGW	
Perfluorooctansäure, anorgani- sche Salze										BGW	
Perfluorooctansulfonsäure, Hepta- decafluorooctan-1-sulfonsäure [1763-23-1], 217-179-8	2		1B		0,01 E		8 (II)	AGW H, Z	DFG (2012)	BGW	
Perfluorooctansulfon- säureverbindungen: Kaliumperfluorooctansulfonat, Kaliumheptadecafluorooctan- 1-sulfonat [2795-39-3], 220-527-1 Diethanolaminperfluorooctan- sulfonat [70225-14-8], 274-460-8 Ammoniumperfluorooctan- sulfonat, Ammoniumhepta- decafluorooctansulfonat [29081-56-9], 249-415-0 Lithiumperfluorooctansulfonat, Lithiumheptadecafluorooctan- sulfonat [29457-72-5], 249-644-6	2		1B							BGW	
PHC s. Propoxur											
Phenol [108-95-2], 203-632-7	-	2	-	-		8	2	2 (II)	AGW H, 11	EU (2006)	BGW
* Phenol, dodecyl-, verzweigt; [121158-58-5], 310-154-3 Phenol, 2-dodecyl-, verzweigt; Phenol, 3-dodecyl-, verzweigt; Phenol, 4-dodecyl-, verzweigt; [210555-94-5] Phenol, (tetrapropenyl) Derivate [74499-35-7]				1B							
* Phenol, isopropyliert, Phosphat (3:1) [68937-41-7], 273-066-3						1 E		2 (II)	AGW	DFG (2016)	
Phenolphthalein [77-09-8], 201-004-7	1B	2		2							
2-Phenoxyethanol [122-99-6], 204-589-7						110	20	2 (I)	AGW H, Y, 11	DFG (2001)	
4-(Phenylazo)benzol-1,3-diamin s. Chrysoidin											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im biologischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung	Art Bemerkungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4-(Phenylazo)benzol-1,3-diamindihydrochlorid 4-(Phenylazo)benzol-1,3-diaminmonoacetat 4-Phenylazophenyl-1,3-diaminmonohydrochlorid s. Chrysoidinmonohydrochlorid											
1-Phenylazo-2-naphthol s. C.I. Solvent Yellow 14											
Phenylbenzol s. Biphenyl											
(4-Phenylbutyl)phosphinsäure [86552-32-1], 420-450-5	2										
4,4'-(1,3-Phenyl-bis(1-methylethyliden))bisphenol [13595-25-0], 428-970-4				2	Sh						
m-Phenylendiamin [108-45-2], 203-584-7	-	2	-	-	Sh				H		
m-Phenylendiamin-dihydrochlorid [541-69-5], 208-790-0	-	2	-	-	Sh				H		
o-Phenylendiamin [95-54-5], 202-430-6	2	2	-	-	Sh				H		
o-Phenylendiamin-dihydrochlorid [615-28-1], 210-418-7	2	2	-	-	Sh				H		
p-Phenylendiamin [106-50-3], 203-404-7	-	-	-	-	Sh	0,1 E		2 (II)	AGW H, Y, 11	DFG	
(R)- $\alpha$ -Phenylethylammonium-(-)-(1R, 2S)-(1,2-epoxypropyl)-phosphonatmonohydrat [25383-07-7], 418-570-8				2							
Phenylglycidether s. 1,2-Epoxy-3-phenoxypropan											
Phenylglycidylether s. 1,2-Epoxy-3-phenoxypropan											
Phenylhydrazin [100-63-0], 202-873-5	1B	2	-	-	Sh				H		
Phenylhydrazinhydrochlorid [27140-08-5], 248-259-0	1B	2	-	-	Sh				H		
Phenylhydraziniumchlorid [59-88-1], 200-444-7	1B	2	-	-	Sh				H		
Phenylhydraziniumsulfat, 2:1 [52033-74-6], 257-622-2	1B	2	-	-	Sh				H		
Phenylisocyanat [103-71-9], 203-137-6					Sa	0,05	0,01	1 (I)	AGW 12	AGS (1994)	
N-Phenyl-2-naphthylamin [135-88-6], 205-223-9	2				Sh						
4-Phenyl-nitrobenzol s. 4-Nitrobiphenyl											
Phenylloxiran s. Styroloxid											
Phenylphosphin [638-21-1], 211-325-4						0,05	0,01		AGW	AGS (2003)	
trans-4-Phenyl-L-prolin [96314-26-0], 416-020-1				2	Sh						
2-Phenylpropen s. Isopropenylbenzol											
Phenylzinnverbindungen						0,002 E	0,0004	2 (II)	AGW, H, Y, 10, 11	DFG, AGS 2014	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Phosdrin s. Mevinphos											
Phosgen [75-44-5], 200-870-3						0,41	0,1	2 (I)	AGW Y	AGS, DFG, EU (2009)	
Phosphamidon [13171-21-6], 236-116-5		2							H		
Phosphin [7803-51-2], 232-260-8						0,14	0,1	2 (II)	AGW Y	DFG, EU (2011)	
Phosphor, weiß/gelb [12185-10-3], 601-810-2						0,01 E		2 (II)	AGW Y	AGS (2008)	
* Phosphoroxidchlorid [10025-87-3], 233-046-7						0,13	0,02	1 (I)	AGW Y	DFG (2016)	
Phosphorpentachlorid [10026-13-8], 233-060-3						1 E		1 (I)	AGW 11	EU, DFG (2007)	
Phosphorpentasulfid s. Diphosphorpentasulfid											
Phosphorpentoxid (als Orthophosphorsäure) [1314-56-3], 215-236-1						2 E		2 (I)	AGW Y	DFG, AGS (2007)	
Phosphorsäure s. Orthophosphorsäure											
Phosphorsäuretrimethylester s. Trimethylphosphat											
* Phosphortrichlorid [7719-12-2], 231-749-3						0,57	0,1	1 (I)	AGW Y	DFG (2016)	
Phosphorwasserstoff s. Phosphin											
Phosphoryltrichlorid s. Phosphoroxidchlorid											
Phoxim (ISO) [14816-18-3], 238-887-3				2	Sh						
m-Phthalsäure [121-91-5], 204-506-4						5 E		2 (I)	AGW Y	DFG (2013)	
p-Phthalsäure [100-21-0], 202-830-0						5 E		2 (I)	AGW Y	DFG (2013)	
Pikrinsäure s. 2,4,6-Trinitrophenol											
Piperazin [110-85-0], 203-808-3			2	2	S	0,1		1 (I)	AGW 6, 11, 13	EU (2007)	
Piperazinhydrochlorid [6094-40-2], 228-042-7 Piperazindihydrochlorid [142-64-3], 205-551-2 Piperazinphosphat [1951-97-9], 217-775-8			2	2	S						
3-(Piperazin-1-yl)-benzo[d]iso- thiazolhydrochlorid [87691-88-1], 421-310-6				2	Sh						
* Pirimicarb (ISO) [23103-98-2], 245-430-1	2				Sh						
Platin (Metall) [7440-06-4], 231-116-1						1 E			AGW 13	EU (2007)	
PMDI s. Diphenylmethan-4,4'-diiso- cyanat, Polymer											
Polyalphaolefine z.B. [68649-12-7]						5 A		4 (II)	AGW Y	DFG (2012)	
Polychlorierte Biphenyle s. Chlorierte Biphenyle											



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Polyethylenglykole (PEG) mittlere Molmasse 200 - 400						1 000 E		8 (II)	AGW Y	DFG (1997)	
Polyethylenglykol 600 (PEG 600)						1 000 E		8 (II)	AGW Y	DFG (1999)	
Polyvinylchlorid [9002-86-2]						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe s. Abschnitt 1.4											EKA
Polyhexamethylenbiguanid- hydrochlorid [27083-27-8], 32289-58-0	2				Sh						
Portlandzement (Staub) [65997-15-1], 266-043-4						aufge- hoben				2014	
Profoxydim [139001-49-3]	2		2		Sh						
Propan [74-98-6], 200-827-9						1 800	1 000	4 (II)	AGW	DFG	
Propan-1,2-diyldinitrat s. Propylenglykoldinitrat											
Propan-2-ol [67-63-0], 200-661-7						500	200	2 (II)	AGW Y	DFG (1999)	BGW
2-Propanol, Herstellung von Starke-Säure- Verfahren	1A										
3-Propanolid s. β-Propiolacton											
1,3-Propansulton [1120-71-4], 214-317-9	1B								H		
Propargit [2312-35-8], 219-006-1	2										
Propargylalkohol (Prop-2-in-ol) [107-19-7], 203-471-2						4,7	2	2 (I)	AGW H	DFG (2001)	
Propazin [139-40-2], 205-359-9	2										
2-Propenal s. Acrylaldehyd											
2-Propen-1-ol s. Allylalkohol											
Propensäure-n-butylester s. n-Butylacrylat											
iso-Propenylbenzol s. Isopropenylbenzol											
Prop-2-in-2-ol s. Propargylalkohol											
β-Propiolacton (1,3-) (3-Propanolid) [57-57-8], 200-340-1	1B								(H)		
Propionsäure [79-09-4], 201-176-3						31	10	2 (I)	AGW Y	DFG, EU (2007)	
Propoxur [114-26-1], 204-043-8						2 E		8 (II)	AGW	DFG	
2-Propoxyethanol s. 2-(Propyloxy)ethanol											
2-Propoxyethylacetat s. 2-(Propyloxy)-ethylacetat											
iso-Propylalkohol s. 2-Propanol											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Propylallyldisulfid s. Allylpropyldisulfid											
iso-Propylamin s. 2-Aminopropan											
iso-Propylbenzol s. Cumol											
2-Propylbromid s. 2-Bromopropan											
Propylendichlorid s. 1,2-Dichloropropan											
Propylenglykoldinitrat [6423-43-4], 229-180-0						0,34	0,05	1 (II)	AGW H, 7, 11	DFG	
Propylenglykol-2-methylether s. 2-Methoxy-1-propanol											
Propylenglykol-2-methylether- 1-acetat s. 2-Methoxy-propylacetat-1											
Propylenglykol-1-mono-methyl- ether s. 1-Methoxy-2-propanol											
Propylenglykol-1-mono-methyl- ether-2-acetat s. 2-Methoxy-1-methylethylacetat											
Propylenimin (2-Methylaziridin) [75-55-8], 200-878-7	1B								H		
1,2-Propylenoxid s. 1,2-Epoxypropan											
Propylenthioharnstoff [2122-19-2]			2								
iso-Propylether s. Di-isopropylether											
iso-Propylglycidylether [4016-14-2], 233-672-9	-	2	-	-					H		
n-Propylglykol s. 2-(Propyloxy)ethanol											
n-Propylglykolacetat s. 2-(Propyloxy)ethylacetat											
2-(Propyloxy)ethanol [2807-30-9], 220-548-6						86	20	2 (I)	AGW H, Y	DFG (1998)	
2-(Propyloxy)ethylacetat [20706-25-6]						120	20	2 (I)	AGW H, Y, 11	DFG (1998)	
Proquinazid (ISO) [189278-12-4]	2										
PVC s. Polyvinylchlorid											
Pymetrozin [123312-89-0]	2										
Pyrethrin I [121-21-1], 204-455-8						1E		1 (I)	AGW Y, H	AGS (2007)	
Pyrethrin II [121-29-9], 204-462-6						1E		1 (I)	AGW Y, H	AGS (2007)	
Pyrethrum (gereinigter Roh- extrakt) [8003-34-7], 232-319-8 Rohextrakt					Sh	1E		1 (I)	AGW Y, H	AGS (2007)	
Pyridin-2-thiol-1-oxid, Natrium- salz s. Natriumpyrithion											

## Chemische Einwirkungen

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
3-Pyridyl-N-methylpyrrolidin s. Nikotin											
Pyrogallol [87-66-1], 201-762-9		2							H		
Pyrolyseprodukte aus org. Material s. Abschnitt 1.4	<b>1A</b> od. <b>1B</b>										

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	
* Quarz [14808-60-7], 238-878-4 s. Abschnitt 1.4						0,05 A		8	BM	AGS (2016) TRGS 559	
Quecksilber [7439-97-6], 231-106-7			1B		Sh	0,02		8 (II)	AGW H	DFG, AGS, EU (2011)	BGW
Quecksilberdichlorid [7487-94-7], 231-299-8		2		2	Sh	s. Quecksilber- verbindungen, anorganische			H		
Quecksilberverbindungen, anorganische					Sh	0,02 E		8 (II)	AGW H, 10	DFG, AGS, EU (2011)	BGW
Quinolin [91-22-5], 202-051-6	1B	2							H		

Chemische Einwirkungen

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Resorcin s. 1,3-Dihydroxybenzol											
Resorcin-bis(2,3-epoxypropyl)- ether s. Diglycidylresorcinether											
Resorcinoldiglycidylether s. Diglycidylresorcinether											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Safrol s. 5-Allyl-1,3-benzodioxol											
Salpetersäure [7697-37-2], 231-714-2						2,6	1		AGW 13, 16	EU (2007)	
Salzsäure s. Chlorwasserstoff											
* Schwefeldioxid [7446-09-5], 231-195-2						2,7	1	1 (I)	AGW Y	AGS (2017)	
Schwefelhexafluorid [2551-62-4], 219-854-2						6 100	1 000	8 (II)	AGW	DFG	
Schwefelkohlenstoff s. Kohlenstoffdisulfid											
Schwefel-Lost s. 2,2'-Dichlordiethylsulfid											
Schwefelsäure [7664-93-9], 231-639-5						0,1 E		1 (I)	AGW Y	DFG, EU (2011)	
Schwefelwasserstoff [7783-06-4], 231-977-3						7,1	5	2 (I)	AGW Y	EU, AGS, DFG (2011)	
Selen [7782-49-2], 231-957-4						0,05 E		1 (II)	AGW Y, (H)	DFG (2007)	
Selenverbindungen, anorganische						0,05 E		1 (II)	AGW, Y, 10, (H)	DFG (2007)	
Selenwasserstoff s. Dihydrogenselenid											
Senfgas s. 2,2'-Dichlordiethylsulfid											
Silber [7440-22-4], 231-131-3						0,1 E		8 (II)	AGW	EU, DFG (1998)	
Silberverbindungen, anorganische						0,01 E		2 (I)	AGW 10	EU (1992) DFG (1998)	
Siliciumcarbid (faserfrei) [409-21-2], 206-991-8						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					
Simazin [122-34-9], 204-535-2	2										
* Spirotetramat (ISO) [203313-25-1]			2	2	Sh						
* Stickstoffdioxid [10102-44-0], 233-272-6						0,95	0,5	2 (I)	AGW 22	EU (2016)	
Stickstoff-Lost s. N-Methyl-bis(2-chlorethyl)amin											
* Stickstoffmonoxid [10102-43-9], 233-271-0						2,5	2	2 (II)	AGW 22	EU, AGS (2016)	
Stickstoffwasserstoffsäure (Hydrogenazid) [7782-79-8], 231-965-8						0,18	0,1	2 (I)	AGW	DFG	
Strontiumchromat [7789-06-2], 232-142-6	1B										
Styrol [100-42-5], 202-851-5			2			86	20	2 (II)	AGW Y	DFG (1987)	BGW
Styroloxid [96-09-3], 202-476-7	1B								H		
Sulcotrione (ISO) [99105-77-8]			2		Sh						
Sulfallat (ISO) [95-06-7], 202-388-9	1B										
* Sulfonsäuren, Erdöl-, Calciumsalze [61789-86-4], 263-093-9						5 A		4 (II)	AGW	DFG (2015)	

## Chemische Einwirkungen

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	
Sulfotep [3689-24-5], 222-995-2						0,13	0,01	2 (II)	AGW H, Y, 11	EU, DFG (2013)	
Sulfuryldifluorid [2699-79-8], 220-281-5						10				AUS-NL (2006)	

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2,4,5-T s. 2,4,5-Trichlorphenoxy- essigsäure											
Tantal [7440-25-7], 231-135-5						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					
TCDD s. 2,3,7,8-Tetrachlor-dibenzo-p- dioxin											
TDI s. Diisocyanattoluol (2,4- und 2,6-)											
* Tebuconazol (ISO) [107534-96-3], 403-640-2			2								
TEDP s. Sulfotep											
TEGDME s. 1,2-Bis(2-methoxyethoxyethan)											
* Tembotrion (ISO) [335104-84-2]			2		Sh						
TEOS s. Tetraethylorthosilikat											
TEPP [107-49-3], 203-495-3						0,06	0,005	2 (II)	AGW H, 11	DFG	
Tepaloxymid (ISO) [149979-41-9]	2		2	2							
Terephthalsäure s. p-Phthalsäure											
1,4,5,8-Tetraaminoanthrachinon [2475-45-8], 219-603-7	1B	-	-	-	Sh						
Tetrabordinatriumheptaoxid, Hydrat [12267-73-1], 235-541-3			1B	1B		0,5 E		2 (I)	AGW Y, 10	AGS (2007)	
Tetra-n-butylzinn [1461-25-2], 215-960-8						0,009	0,0018	1 (I)	AGW, H, Y, 10, 11	AGS (2014)	
5,6,12,13-Tetrachloranthra(2,1,9- def:6,5,10-d'e'f')diisochinolin- 1,3,8,10(2H,9H)tetron [115662-06-1], 405-100-1				2							
2,4,5,6-Tetrachlorbenzo-1,3-di- nitril s. Chlorthalonil											
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p- dioxin [1746-01-6], 217-122-7	<b>1B</b>								(H)		
1,1,1,2-Tetrachlor-2,2- difluorethan (R 112a) [76-11-9], 200-934-0						1700	200	2 (II)	AGW	DFG (2007)	
1,1,2,2-Tetrachlor-1,2- difluorethan (R 112) [76-12-0], 200-935-6						1700	200	2 (II)	AGW	DFG (1990)	
1,1,2,2-Tetrachlorethan [79-34-5], 201-197-8	<b>2</b>	<b>2</b>	-	-		7	1	2 (II)	AGW H	DFG	
Tetrachlorethen [127-18-4], 204-825-9	2	-	<b>2</b>	-		138	20	2 (II)	AGW H, Y	AGS, EU (2012)	BGW EKA
Tetrachlorethylen s. Tetrachlorethen											
Tetrachlorisophthalsäuredinitril s. Chlorthalonil											
Tetrachlorkohlenstoff s. Tetrachlormethan											



Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im biologischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung	Art Bemerkungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Tetrachlormethan [56-23-5], 200-262-8  α,α,α,4-Tetrachlortoluol s. 4-Chlorbenzotrithlorid	2					3,2	0,5	2 (II)	AGW H, Y	DFG (2004)	BGW
Tetradecanol [112-72-1], 204-000-3						178	20	1 (I)	AGW 11	AGS (2006)	
Tetradecylammoniumbis(1-(5-chlor-2-oxidophenylazo)-2-naphtholato)chromat(1-) [88377-66-6], 405-110-6						10 E		2 (II)	AGW 18	AGS (2009)	
Tetraethylblei s. Bleitetraethyl											
Tetraethyldiphosphat s. TEPP											
O,O,O,O-Tetraethyldithio- diphosphat (TEDP) s. Sulfofep											
Tetraethylorthosilikat (TEOS) [78-10-4], 201-083-8						12	1,4	1 (I)	AGW	AGS (2010)	
1,1,1,2-Tetrafluorethan [811-97-2], 212-377-0						4 200	1 000	8 (II)	AGW Y	DFG (1998)	
* trans-1,3,3,3-Tetrafluorpropen [29118-24-9], 471-480-0						4700	1 000	2 (II)	AGW Y	DFG (2016)	
* 2,3,3,3-Tetrafluorpropen [754-12-1], 616-220-0						950	200	2 (II)	AGW Y	DFG (2016)	
N,N,N',N'-Tetraglycidyl-4,4'- diamino-3,3'-diethyl-diphenyl- methan [130728-76-6], 410-060-3		2			Sh						
Tetrahydro-1,3-dimethyl-1H- pyrimidin-2-on [7226-23-5], 230-625-6				2							
Tetrahydrofuran [109-99-9], 203-726-8	2					150	50	2 (I)	AGW H, Y	EU, DFG (1999)	BGW
Tetrahydrofurfurylalkohol [97-99-4], 202-625-6			1B	2							
(±)-Tetrahydrofurfuryl-(R)-2-[4-(6-chlorchinoxalin-2-yloxy)phenyl-oxy]propanoat [119738-06-6], 414-200-4		2	1B	2							
Tetrahydro-2-furylmethanol s. Tetrahydrofurfurylalkohol											
3a,4,7,7a-Tetrahydro- 4,7-methanoinden s. Dicyclopentadien											
1,2,3,6-Tetrahydro-N-(1,1,2,2-tetrachlorethylthio)phthalimid s. Captafol (ISO)											
Tetrahydrothiophen [110-01-0], 203-728-9						180	50	1 (I)	AGW Y, H	DFG (2008)	
Tetrahydrothiopyran-3-carbox- aldehyd [61571-06-0], 407-330-8			1B								
Tetrakis(hydroxymethyl)- phosphoniumchlorid; Reaktionsprodukt mit Harnstoff und destilliertem hydriertem C <sub>16-18</sub> -Talgalkylamin [166242-53-1], 422-720-8	2				Sh						

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
N,N,N',N'-Tetramethylacridin-3,6-yl-diaminhydrochlorid und N,N,N',N'-Tetramethylacridin-3,6-diaminmonohydrochlorid [65-61-2], 200-614-0 [10127-02-3], 233-353-6 Verbindung mit ZnCl <sub>2</sub>	-	2	-	-							
2,2'-((3,5',5,5'-Tetramethyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diyl)-bis(oxymethylen))bisoxiran [85954-11-6], 413-900-7	2				Sh						
Tetramethylblei s. Bleitetramethyl											
* 4-(1,1,3,3-Tetramethylbutyl)-phenol [140-66-9], 205-426-2						4	0,5	1 (I)	AGW 11	DFG (2017)	
Tetramethyldiamino-benzophenon s. Michlers Keton											
Tetramethyldiamino-diphenylacetimin-Hydrochlorid s. Auramin											
N,N,N',N'-Tetramethyl-4,4'-diaminodiphenylmethan, N,N,N',N'-Tetramethyl-4,4'-methylen-dianilin s. 4,4'-Methylen-bis(N,N-dimethylanilin)											
N,N,N',N'-Tetramethyl-4,4'-methylen-dianilin [101-61-1], 202-959-2	1B										
Tetramethylorthosilikat [681-84-5], 211-656-4						2	0,3	1 (I)	AGW	AGS (2006)	
Tetramethylsuccininitril [3333-52-6]						1		2 (II)	AGW	AGS (2007)	
Tetramethylthiuramdisulfid s. Thiram											
Tetramethylzinn s. Methylzinnverbindungen											
3,3',4,4'-Tetramino-biphenyl s. 3,3'-Diaminobenzidin											
Tetranitromethan [509-14-8], 208-094-7	1B								(H)		
Tetra-n-octylzinn [3590-84-9], 222-733-7						0,01	0,002	2 (II)	AGW H, 10, 11	AGS, DFG (2014)	
Tetraphosphor s. Phosphor gelb/weiß											
Tetryl s. N-Methyl-2,4,6,N-tetranitroanilin											
TGIC s. Triglycidylisocyanurat											
Thancat AN 20 s. 2-(2-[2-Hydroxyethoxy]ethyl)-2-azabicyclo[2.2.1]heptan											
Thiabendazol [148-79-8], 205-725-8						20 E		2 (II)	AGW Y	DFG (2010)	
Thioacetamid [62-55-5], 200-541-4	1B										
Thiocarbamid s. Thioharnstoff											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4,4'-Thiodianilin und seine Salze [139-65-1], 205-370-9	1B								H		
p,p'-Thiodianilin s. 4,4'-Thiodianilin											
Thioglykolate					Sh	2 E		2 (II)	AGW H, Y	DFG (2013)	
Thioharnstoff [62-56-6], 200-543-5	2	-	2	-							
Thiophanatmethyl [23564-05-8], 245-740-7		2			Sh						
2-Thiourea s. Thioharnstoff											
Thiram [137-26-8], 205-286-2					Sh	1 E		2 (II)	AGW 6	DFG (2013)	
THU s. Thioharnstoff											
Titandioxid [13463-67-7], 236-675-5						s. Allgemeiner Staubgrenzwert					
TNT s. 2,4,6-Trinitrotoluol											
Tobiassäure s. 2-Amino-1-naphthalinsulfon- säure											
o-Tolidin s. 3,3'-Dimethylbenzidin											
o-Toluidin [95-53-4], 202-429-0	1B								H		
p-Toluidin [106-49-0], 203-403-1	2	-	-	-	Sh				H		
p-Toluidiniumchlorid [540-23-8], 208-740-8	2				Sh				H		
p-Toluidinsulfat [540-25-0], 208-741-3	2				Sh				H		
Toluol [108-88-3], 203-625-9	-	-	2	-		190	50	4 (II)	AGW H, Y	EU, DFG (1994)	BGW
2,4-Toluyldiamin [95-80-7], 202-453-1	1B	2		2	Sh				H		EKA
2,4-Toluyldiaminsulfat [65321-67-7], 265-697-8	1B				Sh				H		
2,6-Toluyldiamin s. 2-Methyl-m-phenylendiamin											
2,4-Toluyldiisocyanat s. 2,4-Diisocyanattoluol											
2,6-Toluyldiisocyanat s. 2,6-Diisocyanattoluol											
4-o-Tolylazo-o-toluidin s. 2-Aminoazotoluol											
m-Tolylidendiisocyanat s. m-Diisocyanattoluol											
[(Tolyoxy)methyl]oxiran s. 1,2-Epoxy-3-(tolyloxy)propan											
Toxaphen s. Camphechlor											
Tralkoxydim (ISO) [87820-88-0]	2										
Tremolit s. Asbest											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Triammonium-6-amino-3-((2,5-diethoxy-4-(3-phosphonophenyl)azo)phenyl)azo-4-hydroxy-2-naphthalensulfonat; Diammonium-3-((4-((7-amino-1-hydroxy-3-sulfo-naphthalen-2-yl)azo)-2,5-diethoxyphenyl)azo)benzoat, Gemisch aus 438-310-7				2							
Triammonium-4-[4-[7-(4-carboxylatoanilino)-1-hydroxy-3-sulfonato-2-naphthylazo]-2,5-dimethoxyphenylazo]benzoat [221354-37-6], 432-270-4				2							
1,2,4-Triazol [288-88-0], 206-022-9			2								
1H-1,2,4-Triazol-3-ylamin s. Amitrol											
Tribleibis(orthosphat) [7446-27-7], 231-205-5			1A	2		s. Blei- verbindungen					BGW
Tribrommethan [75-25-2], 200-854-6	2										
Tri-n-butylphosphat [126-73-8], 204-800-2	2					11	1	2 (II)	AGW H, Y, 11	DFG (2013)	
* Tributyl-Zinnverbindungen, soweit in dieser Liste nicht geson- dert aufgeführt			2	2					H		
* Tri-n-butylzinnverbindungen			2	2		0,009	0,0018	1 (I)	AGW, H, Z, 10, 11	AGS (2014)	
Trichlorbenzol (alle Isomeren außer 1,2,4-) [12002-48-1], 234-413-4						38	5	2 (II)	AGW H, Y	DFG	
1,2,4-Trichlorbenzol [120-82-1], 204-428-0	-	-	-	-		3,8	0,5	4 (II)	AGW (H)	EU, AGS (2003)	
1,1,1-Trichlor-2,2-bis- (4-chlorphenyl)ethan s. DDT											
2,3,4-Trichlor-1-buten [2431-50-7], 219-397-9	1B 2								(H)		
* Trichloressigsäure [76-03-9], 200-927-2 Natriumtrichloracetat, s. dort						1,4	0,2	1 (I)	AGW Y	DFG (2017)	
1,1,1-Trichlorethan [71-55-6], 200-756-3						1100	200	1 (II)	AGW H, Y	DFG, EU	BGW
1,1,2-Trichlorethan [79-00-5], 201-166-9	2	-	-	-		55	10	2 (II)	AGW H	DFG	
Trichlorethen [79-01-6], 201-167-4	1B	2				33 60	6 11	8 (II)	AK TK H	AGS (2010) TRGS 910	ÄBM EKA
Trichlorethylen s. Trichlorethen											
Trichlorfluormethan (R 11) [75-69-4], 200-892-3						5 700	1 000	2 (II)	AGW Y	DFG	
Trichlormethan [67-66-3], 200-663-8	1B 2	2	2	-		2,5	0,5	2 (II)	AGW Y, H, X	DFG (2007)	
1-Trichlormethylbenzol s. α,α,α-Trichlortoluol											
Trichlormethylstannan [993-16-8], 213-608-8			2			s. Methylzinnver- bindungen					

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im biologischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung	Art Bemerkungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
N-(Trichlormethylthio)phthalimid; Folpet [133-07-3], 205-088-6	2				Sh						
Trichlornitromethan [76-06-2], 200-930-9						0,68	0,1	1 (I)		DFG	
2-Trichloromethylsulfanyl- 3a,4,7,7a-tetrahydroisindole- 1,3-dione s. Captan											
2,4,6-Trichlorphenol [88-06-2], 201-795-9	2										
2,4,5-Trichlorphenoxy- essigsäure (2,4,5-T) [93-76-5], 202-273-3					aufge- hoben					2013	
1,2,3-Trichlorpropan [96-18-4], 202-486-1	1B	2	-	1B					H		
α,α,α-Trichlor-4-chlortoluol s. 4-Chlorbenzotrchlorid											
α,α,α-Trichlortoluol [98-07-7], 202-634-5 s. auch α-Chlortoluole	1B								(H)		
1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluoethan (R 113) [76-13-1], 200-936-1						3 900	500	2 (II)	AGW	DFG	
Tridemorph [24602-86-6], 246-347-3			1B								
Tridymit s. Quarz											
Triethylamin [121-44-8], 204-469-4						4,2	1	2 (I)	AGW H, 6	EU, DFG (2001)	
Triethylarsenat [15606-95-8], 427-700-2	1A										
Triethylenglykol s. 2,2'-(Ethylendioxy)diethanol											
Triethylenglykol-dimethylether s. 1,2-Bis(2-methoxyethoxyethan)											
* Triflumizol (ISO) 68694-11-1			1B		Sh						
Trifluorbrommethan s. Bromtrifluormethan											
Trifluoriodmethan [2314-97-8], 219-014-5		2	-								
Trifluralin (ISO) (enthält < 0,5 ppm NPDA) [1582-09-8], 216-428-8	2				Sh						
* Triflusulfuron-methyl [126535-15-7]	2										
Triglycidylisocyanurat [2451-62-9], 219-514-3	-	1B	-	2	Sh						
Triglyme s. 1,2-Bis(2-methoxyethoxyethan)											
1,2,3-Trihydroxybenzol s. Pyrogallol											
Triisobutylphosphat [126-71-6], 204-798-3					Sh	50		2 (II)	AGW 11	AGS (2007)	
Trimellitsäureanhydrid (Rauch) s. Benzol-1,2,4-tricarbonsäure- 1,2-anhydrid											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2,4,5-Trimethylanilin [137-17-7], 205-282-0 -hydrochlorid [21436-97-5]	1B	-	-	-					H		
1,2,3-Trimethylbenzol [526-73-8], 208-394-8						100	20	2 (II)	AGW Y	EU DFG (2003)	BGW
1,2,4-Trimethylbenzol [95-63-6], 202-436-9						100	20	2 (II)	AGW Y	EU DFG (2003)	BGW
1,3,5-Trimethylbenzol s. Mesitylen											
3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexen-1-on [78-59-1], 201-126-0	2	-	-	-		11	2	2 (I)	AGW H, Y, 11	DFG (1997)	
Trimethylphosphat [512-56-1], 208-144-8	2	1B							(H)		
Trimethylpropan-tri(3-aziridinyl- propanoat), (TAZ) [52234-82-9], 257-765-0		2			Sh						
Trimethylzinnverbindungen s. Methylzinnverbindungen											
Trinatrium-[4'-(8-acetylamino- 3,6-disulfonato-2-naphthylazo)- 4''-(6-benzoylamino-3-sulfonato- 2-naphthylazo)-biphenyl- 1,3',3'',1''''-tetraolato- O,O',O'',O'''']kupfer(II) [164058-22-4], 413-590-3	1B										
Trinatriumbis(7-acetamido-2)-(4- nitro-2-oxidophenylazo)-(3-sulfo- nato-1-naphtholato)-chromat(1-) 400-810-8		2									
Trinatriumnitritriacetat [5064-31-3], 225-768-6	2										
2,4,7-Trinitrofluoren-9-on [129-79-3], 2049650	2										
2,4,6-Trinitrophenol (Pikrinsäure) [88-89-1], 201-865-9						0,1 E		1 (I)	AGW H, 13	EU (2007)	
2,4,6-Trinitrophenyl-methyl- nitramin s. N-Methyl-2,4,6-N-tetra- nitroanilin											
* 2,4,6-Trinitrotoluol (und Isomeren in technischen Gemischen) [118-96-7], 204-289-6	2				Sh	0,1	0,01	2 (II)	AGW H	AGS (2017)	
Tri-n-octylzinnverbindungen						0,01	0,002	2 (II)	AGW H, 10, 11	AGS, DFG (2014)	
1,3,5-Trioxan [110-88-3], 203-812-5	-	-	2	-							
Trioxymethylen s. 1,3,5-Trioxan											
Triphenylphosphin [603-35-0], 210-036-0					Sh	5 E		2 (II)	AGW Y	DFG (2011)	
Triphenylzinnacetat s. Fentinacetat											
Triphenylzinnhydroxid s. Fentinhydroxid											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1,3,5-Tris(3-aminomethylethylphenyl)-1,3,5-(1H,3H,5H)-triazin-2,4,6-trion und Oligomeren-gemisch aus 3,5-Bis(3-amino-methylphenyl)-1-poly[3,5-bis(3-aminomethylphenyl)-2,4,6-triazin-1,3,5-(1H,3H,5H)-triazin-1-yl]-1,3,5-(1H,3H,5H)-triazin-2,4,6-trion, Gemisch aus 421-550-1	1B		1B		Sh						
Tris[2-chlor-1-(chlormethyl)ethyl]-phosphat [13674-87-8], 237-159-2	2										
Tris(2-chlorethyl)phosphat) [115-96-8], 204-118-5	<b>1B</b> 2	-	-	1B							
Tris(2,3-epoxypropyl)-1,3,5-triazin-2,4,6-trion s. Triglycidylisocyanurat											
1,3,5-Tris-[(2S und 2R)-2,3-epoxy-propyl]-1,3,5-triazin-2,4,6-(1H, 3H, 5H)-trion [59653-74-6], 423-400-0		1B			Sh						
N,N',N'-Tris(2-methyl-2,3-epoxy-propyl)perhydro-2,4,6-oxo-1,3,5-triazin [26157-73-3], 435-010-8		2									
1,3,5-Tris(oxiranylmethyl)-1,3,5-triazin-2,4,6-(1H,3H,5H)-trion s. Triglycidylisocyanurat											
Trixylylphosphat [25155-23-1], 246-677-8				1B							
Trizinat s. Blei-2,4,6-trinitroresorcinat											

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Urethan s. Ethylcarbamat											



Chemische Einwirkungen

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Valinamid [20108-78-5], 402-840-7				2	Sh						
* Vanadiumverbindungen, anorga- nische, 4+- und 5+wertige (z. B. Divanadiumpentaoxid)						0,005 A 0,030 E		1(I)	AGW Y, 10, 21	AGS (2015)	
Vanadiumpentoxid [1314-62-1], 215-239-8		2	2			s. Vanadium- verbindungen					
Vinclozolin [50471-44-8], 256-599-6	2		1B	1B	Sh						
Vinylacetat [108-05-4], 203-545-4	2					18	5	2 (I)	AGW	EU, AGS (2007)	
Vinylbutyrolactam s. N-Vinyl-2-pyrrolidon											
9-Vinylcarbazol [1484-13-5], 216-055-0	-	2	-	-	Sh				H		
Vinylchlorid [75-01-4], 200-831-0	1A					7,77	3		BOELV	2004/37/ EG	EKA
4-Vinylcyclohexen [100-40-3], 202-848-9	2	-	-	2					(H)		
4-Vinyl-1,2-cyclohexendiepoxyd s. 1-Epoxyethyl-3,4-epoxycyclo- hexan											
Vinylidenchlorid s. 1,1-Dichlorethen											
Vinylidenfluorid s. 1,1-Difluorethen											
N-Vinyl-2-pyrrolidon [88-12-0], 201-800-4	2	-	-	-		0,05	0,01	2 (II)	AGW H, Y, 11	AGS (2011)	
Vinyltoluol (alle Isomeren) [25013-15-4], 246-562-2						490	100	2 (I)	AGW	DFG	
Vitamin-K-Antagonisten											BGW

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	
Warfarin [81-81-2], 201-377-6			1A			0,02 E	0,0016	8 (II)	AGW H, Z, 11	DFG (2012)	
Warfarinnatrium [129-06-6], 204-929-4						0,02 E		8 (II)	AGW H, Z	DFG (2012)	
* (+)-Weinsäure [87-69-4], 201-766-0						2 E		2 (I)	AGW Y	DFG (2016)	
* Weißes Mineralöl (Erdöl) [8042-47-5], 232-455-8						5 A		4(II)	AGW Y	DFG (2015)	

## Chemische Einwirkungen

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	
2,4-Xylidin (2,4-Dimethylanilin) [95-68-1], 202-440-0	2								H		
2,6-Xylidin [87-62-7], 201-758-7	2	-	-	-					H		
Xylol (alle Isomeren) [1330-20-7], 215-535-7						440	100	2 (II)	AGW H	DFG, EU	BGW

Stoffidentität CAS-Nr., EG-Nr.	Einstufung/Bewertung					Beurteilungsmaßstab/Grenzwert					Werte im bio- logischen Material
	K	M	R <sub>D</sub>	R <sub>F</sub>	S	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>	Spitzen- begren- zung	Art Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	
Zinkchromate einschließlich Zinkkaliumchromat	1A				Sh						
Zinn(II)-Verbindungen, anorganische						8 E			AGW 10	AGS (2007)	
Zinn(IV)-Verbindungen, anorganische						2 E			AGW 13, 10	EU (2007)	
* Ziram [137-30-4], 205-288-3					Sh	0,01 E		2 (I)	AGW Y	DFG (2016)	
Zirkonium [7440-67-7], 231-176-9 und wasserunlösliche Verbindungen					S	1 E		1 (I)	AGW 10	DFG (2007)	

## 1.2 Stoffspezifische Äquivalenzwerte in biologischem Material zur Akzeptanz- und Toleranzkonzentration

Tabelle: Stoffspezifische Äquivalenzwerte in biologischem Material zur Akzeptanz- und Toleranzkonzentration nach TRGS 910

Arbeitsstoff [CAS-Nummer]	Parameter	Äquivalenzwert zur Toleranz- konzentration	Äquivalenzwert zur Akzeptanz- konzentration (zu 4:10.000)	Unter- suchungs- material	Probe- nahme- zeitpunkt
Acrylamid [79-06-1]	N-(2-Carbonamidethyl)valin	800 pmol/g Globin	400 pmol/g Globin	B <sub>E</sub>	f
Acrylnitril [107-13-1]	N-(2-Cyanoethyl)valin	6500 pmol/g Globin	650 pmol/g Globin	B <sub>E</sub>	f
Arsenverbindungen	Σ Arsen(+III), Arsen(+V), Monomethylarsonsäure und Dimethylarsinsäure	40 µg/L	14 µg/L	U	b, c
Benzol [71-43-2]	Benzol	5 µg/l	0,8 µg/L	U	b
	S-Phenylmercaptursäure	0,025 mg/g Kreatinin	2,5 µg/g Kreatinin	U	b
	Trans, trans-Muconsäure	500 µg/g Kreatinin	–	U	b
1,3-Butadien [106-99-0]	3,4-Dihydroxybutyl- mercaptursäure (DHBMA)	2900 µg/g Kreatinin	600 µg/g Kreatinin	U	b, c
	2-Hydroxy-3-butenyl- mercaptursäure (MHBMA)	80 µg/g Kreatinin	10 µg/g Kreatinin	U	b, c
Epichlorhydrin	S-(3-Chlor-2-hydroxypropyl)- mercaptursäure	28 mg/g Kreatinin <sup>o</sup>	8 mg/g Kreatinin	U	b, c
Ethylenoxid [75-21-8]	N-(2-Hydroxyethyl)valin	3900 pmol/g Globin	#	B <sub>E</sub>	f
Hydrazin 302-01-2]	Hydrazin	62 µg/g Kreatinin	*	U	b
	Hydrazin	47 µg/l	*	P	b
Trichlorethen [79-01-6]	Trichloressigsäure	22 mg/l	12 mg/l	U	b, c

\* Extrapolation auf Grundlage der EKA-Korrelation nicht zulässig

# Extrapolation wird geprüft

<sup>o</sup> Äquivalenzwert zum AGW-analogen Wert: 8 mg/m<sup>3</sup> (2 ppm);  
Überschreitungsfaktor 2

Abkürzungen und Symbole

Untersuchungsmaterial:

B = Vollblut

B<sub>E</sub> = Erythrozytenfraktion des Vollblutes

P/S = Plasma/Serum

U = Urin

Probenahmezeitpunkt:

a) keine Beschränkung

b) Expositionsende, bzw. Schichtende

c) bei Langzeitexposition: am Schichtende nach mehreren voran-  
gegangenen Schichten

d) vor nachfolgender Schicht

e) nach Expositionsende...Stunden

f) nach mindestens 3 Monaten Exposition

g) unmittelbar nach Exposition

### 1.3 Biologische Grenzwerte (BGW)

Abkürzungen:

Untersuchungsmaterial:

B = Vollblut

B<sub>E</sub> = Erythrozytenfraktion des Vollblutes

P/S = Plasma/Serum

U = Urin

Probenahmezeitpunkt:

- keine Beschränkung
- Expositionsende bzw. Schichtende
- bei Langzeitexposition: am Schichtende nach mehreren vorangegangenen Schichten
- vor nachfolgender Schicht
- nach Expositionsende: ... Stunden
- nach mindestens 3 Monaten Exposition
- unmittelbar nach Exposition
- vor der letzten Schicht einer Arbeitswoche

Arbeitsstoff	Parameter	BGW	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt
Aceton [67-64-1]	Aceton	80 mg/l	U	b
Acetylcholinesterase-Hemmer	Acetylcholinesterase	Reduktion der Aktivität auf 70 % des Bezugswertes <sup>1</sup>	B <sub>E</sub>	b, c
Aluminium [7429-90-5]		BGW in Überprüfung		
* Anilin [62-53-3]	Anilin (nach Hydrolyse)	500 µg/l	U	b, c
Blei [7439-92-1]	Blei	400 µg/l <sup>2</sup> 300 µg/l (Frauen < 45 J.)	B	a
Bleitetraethyl [78-00-2]	Diethylblei	25 µg/l, als Pb berechnet	U	b
	Gesamtblei (gilt auch für Gemische mit Bleitetramethyl)	50 µg/l	U	b
Bleitetramethyl [75-74-1]	Gesamtblei	50 µg/l	U	b
2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan (Halothan) [151-67-7]	Trifluoressigsäure	2,5 mg/l	B	b, c
1-Butanol [71-36-3]	1-Butanol (nach Hydrolyse)	2 mg/g Kreatinin	U	d
	1-Butanol (nach Hydrolyse)	10 mg/g Kreatinin	U	b
* 2-Butanon (Methylethylketon) [78-93-3]	2-Butanon	2 mg/l	U	b
* 2-Butoxyethanol [111-76-2]	Butoxyessigsäure (nach Hydrolyse)	150 mg/g Kreatinin	U	b, c
* 2-Butoxyethylacetat [112-07-2]	Butoxyessigsäure (nach Hydrolyse)	150 mg/g Kreatinin	U	b, c
p-tert-Butylphenol (PTBP) [98-54-4]	PTBP (nach Hydrolyse)	2 mg/l	U	b
Chlorbenzol [108-90-7]	4-Chlorkatechol (nach Hydrolyse)	25 mg/g Kreatinin	U	d
		150 mg/g Kreatinin	U	b
Cyclohexan [110-82-7]	1,2-Cyclohexandiol (nach Hydrolyse)	150 mg/g Kreatinin	U	c, b
1,2-Dichlorbenzol [95-50-1]	1,2-Dichlorbenzol	140 µg/l	B	b
	3,4- und 4,5-Dichlorkatechol (nach Hydrolyse)	150 mg/g Kreatinin	U	b
* Dichlormethan [75-09-2]	Dichlormethan	500 µg/l	B	g

Arbeitsstoff	Parameter	BGW	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt
N,N-Dimethylacetamid [127-19-5]	N-Methylacetamid plus N-Hydroxymethyl-N-methylacetamid	30 mg/g Kreatinin	U	c, b
N,N-Dimethylformamid [68-12-2]	N-Methylformamid plus N-Hydroxymethyl-N-methylformamid	35 mg/l	U	b
1,4-Dioxan [123-91-1]	2-Hydroxyethoxyessigsäure	400 mg/g Kreatinin	U	b
* 1,2-Epoxypropan [75-56-7]	N-(2-Hydroxypropyl)valin	2500 pmol/g Globin	B <sub>E</sub>	a
2-Ethoxyethanol [110-80-5]	Ethoxyessigsäure	50 mg/l	U	c
2-Ethoxyethylacetat [111-15-9]	Ethoxyessigsäure	50 mg/l	U	c
* Ethylbenzol [100-41-4]	Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure	250 mg/g Kreatinin	U	b
Ethylenglykoldinitrat [628-96-6]	Ethylenglykoldinitrat	0,3 µg/l	B	b
Fluorwasserstoff [7664-39-3] und anorganische Fluorverbindungen (Fluoride)	Fluorid	7,0 mg/g Kreatinin	U	b
		4,0 mg/g Kreatinin	U	d
Hexachlorbenzol [118-74-1]	Hexachlorbenzol	150 µg/l	P/S	a
Hexamethylendiisocyanat [822-06-0]	Hexamethyldiamin (nach Hydrolyse)	15 µg/g Kreatinin	U	b
n-Hexan [110-54-3]	2,5-Hexandion plus 4,5-Dihydroxy-2-hexanon (nach Hydrolyse)	5 mg/l	U	b
2-Hexanon (Methylbutylketon) [591-78-6]	2,5-Hexandion plus 4,5-Dihydroxy-2-hexanon (nach Hydrolyse)	5 mg/l	U	b
Kohlenstoffmonoxid [630-08-0]	CO-Hb	5 % <sup>1,3</sup>	B	b
Lindan (γ-1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan) [58-89-9]	Lindan	25 µg/l	P/S	b
Methanol [67-56-1]	Methanol	30 mg/l	U	c, b
2-Methoxyethanol [109-86-4]	Methoxyessigsäure	15 mg/g Kreatinin	U	b
2-Methoxyethylacetat [110-49-6]	Methoxyessigsäure	15 mg/g Kreatinin	U	b
1-Methoxypropan-2-ol [107-98-2]	1-Methoxypropan-2-ol	15 mg/l	U	b
* 4-Methylpentan-2-on (Methylisobutylketon) [108-10-1]	4-Methylpentan-2-on	0,7 mg/l	U	b
N-Methylpyrrolidon [872-50-4]	5-Hydroxy-N-methyl-2-pyrrolidon	150 mg/l	U	b
Nitrobenzol [98-95-3]	Anilin (aus Hämoglobin-Konjugat freigesetzt)	100 µg/l	B	c
Parathion [56-38-2]	p-Nitrophenol (nach Hydrolyse) Acetylcholinesterase	500 µg/l	U	c
		Reduktion der Aktivität auf 70 % des Bezugswertes <sup>1</sup>	B <sub>E</sub>	c
Perfluorooctansäure (Pentadecafluorooctansäure) [335-67-1] und ihre anorganischen Salze	Perfluorooctansäure (Pentadecafluorooctansäure)	5 mg/l	S	a
Perfluorooctansulfonsäure (Heptadecafluorooctan-1-sulfonsäure) [1763-23-1] und ihre Salze	Perfluorooctansulfonsäure (Heptadecafluorooctan-1-sulfonsäure)	15 mg/l	S	a
Phenol [108-95-2]	Phenol (nach Hydrolyse)	120 mg/g Kreatinin	U	b
2-Propanol [67-63-0]	Aceton	25 mg/l	B	b
		25 mg/l	U	b
* iso-Propylbenzol [98-82-8]	2-Phenyl-2-propanol (nach Hydrolyse)	10 mg/g Kreatinin	U	b
Quecksilber [7439-97-6], metallisches, und anorganische Quecksilberverbindungen	Quecksilber	25 µg/g Kreatinin	U	a
		(30 µg/l Urin)		
Schwefelkohlenstoff (Kohlendisulfid) [75-15-0]	2-Thiothiazolidin-4-carboxylsäure (TTCA)	4 mg/g Kreatinin <sup>1</sup>	U	b

Arbeitsstoff	Parameter	BGW	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt
Styrol [100-42-5]	Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure	600 mg/g Kreatinin	U	c, b
* Tetrachlorethen (Perchlorethylen) [127-18-4]	Tetrachlorethen	0,4 mg/l	B	h
Tetrachlormethan (Tetrachlorkoh- lenstoff) [56-23-5]	Tetrachlormethan	3,5 µg/l	B	b, c
Tetrahydrofuran [109-99-9]	Tetrahydrofuran	2 mg/l	U	b
Toluol [108-88-3]	Toluol	600 µg/l	B	b
	o-Kresol (nach Hydrolyse)	1,5 mg/l	U	c, b
1,1,1-Trichlorethan (Methylchloroform) [71-55-6]	1,1,1-Trichlorethan	550 µg/l	B	c, d
Trimethylbenzol (alle Isomeren): 1,2,3-Trimethylbenzol [526-73-8]; 1,2,4-Trimethylbenzol, Mesitylen [95-63-6] 1,3,5-Trimethylbenzol [108-67-8]	Dimethylbenzoesäuren (Summe aller Isomeren nach Hydrolyse)	400 mg/g Kreatinin	U	c, b
Vitamin K-Antagonisten	Quick-Wert	Reduktion auf nicht weniger als 70 % <sup>1</sup>	B	a
* Xylol (alle Isomeren) [1330-20-7]	Methylhippur-(Tolur-)säure (alle Isomere)	2 g/l	U	b

<sup>1</sup> Ableitung des BGW als Höchstwert wegen akut toxischer Effekte

<sup>2</sup> Beibehaltung des bisherigen BGW als Umsetzung der Richtlinie 98/24/EG, Neufestsetzung in Vorbereitung

<sup>3</sup> Gesonderte Bewertung für Raucher



#### 1.4 Besondere Stoffgruppen

Folgende Tätigkeiten und Verfahren werden in der TRGS 906 als krebserzeugend der Kategorie 1A oder 1B bezeichnet:

- (1) Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte Hartholzstäuben ausgesetzt sind.

Verzeichnis einiger Hartholzarten nach TRGS 906 bzw. Anhang I Nr. 5 der Richtlinie 2004/37/EG.

Quelle: Band 62 der vom Internationalen Krebsforschungszentrum (IARC) veröffentlichten Monographie zur Evaluierung von Krebsrisiken für den Menschen: Wood Dust and Formaldehyde, Lyon, 1995.

Harthölzer sind insbesondere:

Afrikanisches Mahagony (Khaya)  
 Afrormosia (Pericopsis elata)  
 Ahorn (Acer)  
 Balsa (Ochroma)  
 Birke (Betula)  
 Brasilianisches Rosenholz (Dalbergia nigra)  
 Buche (Fagus)  
 Ebenholz (Diospyros)  
 Eiche (Quercus)  
 Erle (Alnus)  
 Esche (Fraxinus)  
 Hickory (Carya)  
 Iroko (Chlorophora excelsa)  
 Kastanie (Castanea)  
 Kaurikiefer (Agathis australis)  
 Kirsche (Prunus)  
 Limba (Terminalia superba)  
 Linde (Tilia)  
 Mansonia (Mansonia)  
 Meranti (Shorea)  
 Nyaoth (Palaquium hexandrum)  
 Obeche (Triplochiton scleroxylon)  
 Palisander (Dalbergia)  
 Pappel (Populus)  
 Platane (Platanus)  
 Rimu, Red Pine (Dacrydium cupressinum)  
 Teak (Tectona grandis)  
 Ulme (Ulmus)  
 Walnuss (Juglans)  
 Weide (Salix)  
 Weißbuche (Carpinus)

- (2) Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte krebserzeugenden polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ausgesetzt sind, die in Pyrolyseprodukten aus organischem Material (z. B. Steinkohlenruß, Steinkohlenteer oder Steinkohlepech) vorhanden sein können. Es ist zulässig, als Bezugssubstanz für Pyrolyseprodukte mit krebserzeugenden polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen den Stoff Benzo[a]pyren zu wählen.

- (3) Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte in Bereichen arbeiten, in denen Dieselmotoremissionen freigesetzt werden.
- (4) Die Herstellung von Auramin
- (5) Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte Staub, Rauch oder Nebel beim Rösten oder bei der elektrolytischen Raffination von Nickelmatte<sup>1)</sup> ausgesetzt sind.
- (6) Tätigkeiten oder Verfahren, bei denen Beschäftigte alveolengängigen Stäuben aus kristallinem Siliciumdioxid in Form von Quarz und Cristobalit ausgesetzt sind (ausgenommen Steinkohlengrubenstaub)
- (7) Starke Säure-Verfahren bei der Herstellung von Isopropanol

*Stoffgruppen, die in der TRGS 905 als krebserzeugend aufgeführt sind*

- **Krebserzeugende Azofarbstoffe**

Azofarbstoffe mit einer krebserzeugenden Aminkomponente (H350). Gemische von Azofarbstoffen mit krebserzeugender Aminkomponente der Kategorie 1A oder 1B sind nach § 3 Absatz 2 GefStoffV und TRGS 905 Nr. 4 entsprechend ihrem Gehalt an potenziell durch reduktive Azospaltung freisetzbarem krebserzeugenden Amin und dem Gehalt des Azofarbstoffes im Gemisch als krebserzeugend einzustufen (H350).

- **Anorganische Faserstäube (außer Asbest)<sup>2),3)</sup>**

- (1) Dieser Abschnitt gilt für anorganische Fasern (ausgenommen Asbest) mit einer Länge > 5 µm, einem Durchmesser < 3 µm und einem Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von > 3:1 (WHO-Fasern).
- (2) Die Bewertung der WHO-Fasern erfolgt nach den Kategorien für krebserzeugende Stoffe in Anhang I der CLP-Verordnung und für glasige Fasern zusätzlich der Grundlage des Kanzerogenitätsindex KI, der sich für die jeweils zu bewertenden WHO-Fasern aus der Differenz zwischen der Summe der Massengehalte (in v. H.) der Oxide von Natrium, Kalium, Bor, Calcium, Magnesium, Barium und dem doppelten Massengehalt (in v. H.) von Aluminiumoxid ergibt.

$$KI = \sum Na, K, B, Ca, Mg, Ba\text{-Oxide} - 2 \cdot Al\text{-Oxid}$$

- a) Glasige WHO-Fasern mit einem Kanzerogenitätsindex  $KI \leq 30$  werden in die Kategorie 1B eingestuft.
- b) Glasige WHO-Fasern mit einem Kanzerogenitätsindex  $KI > 30$  und  $< 40$  werden in die Kategorie 2 eingestuft.
- c) Für glasige WHO-Fasern erfolgt keine Einstufung als krebserzeugend, wenn deren Kanzerogenitätsindex  $KI \geq 40$  beträgt.

<sup>1)</sup> Nickelstein, hergestellt durch Sulfidierung von Ferronickel mit Schwefel

<sup>2)</sup> Zur Einstufung von Asbest und Erionit s. dort

<sup>3)</sup> Zur Ermittlung des KI-Wertes s. IFA-Arbeitsmappe, Kennzahl 7488

**Anmerkung**

Die Nutzung des Kanzerogenitätsindexes KI zur Einstufung von WHO-Fasern als krebserzeugend kann dazu führen, dass WHO-Fasern mit einem KI kleiner 40 als krebserzeugend eingestuft werden, obwohl ein Kanzerogenitätsversuch nach Absatz 3 oder die Bestimmung der in vivo Biobeständigkeit nach Absatz 4 nicht zu einer Einstufung als krebserzeugend führen. Das bedeutet, dass WHO-Fasern, für die lediglich ein KI Index unter 40 vorliegt, vorsorglich als krebserzeugend einzustufen sind, obwohl weitere Prüfungen diese Einstufung widerlegen könnten.

Der KI ist jedoch ein preiswerter Test, mit dem alte Wollen, die vor 1996 eingebaut wurden, im Zweifelsfalle auf Kanzerogenität untersucht werden können. Alte Wollen mit WHO-Fasern, die einen KI größer 40 aufweisen, können aufgrund des KI-Indexes als nicht krebserzeugend eingestuft werden. Für die Beurteilung alter Mineralwolle und die Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten ist die TRGS 521 heranzuziehen.

- (3) Die Einstufung von WHO-Fasern kann durch einen Kanzerogenitätsversuch mit intraperitonealer Applikation, vorzugsweise mit Faserstäuben in einer arbeitsplatztypischen Größenverteilung, vorgenommen werden.
- a) Wird für WHO-Fasern in einem Kanzerogenitätsversuch nach Satz 1 mit einer Dosis von  $1 \times 10^9$  WHO-Fasern eine krebserzeugende Wirkung beobachtet, erfolgt eine Einstufung in Kategorie 1B. Dagegen erfolgt eine Einstufung in Kategorie 2, wenn in diesem Kanzerogenitätsversuch keine krebserzeugende Wirkung beobachtet wurde.
- b) In letzterem Fall empfiehlt es sich, zusätzlich einen Kanzerogenitätsversuch nach Satz 1 mit einer Dosis von  $5 \times 10^9$  WHO-Fasern durchzuführen. Wird bei dieser Dosis eine krebserzeugende Wirkung der Faserstäube nachgewiesen, wird die Einstufung in Kategorie 2 beibehalten. Dagegen erfolgt keine Einstufung der WHO-Fasern, wenn in diesem Kanzerogenitätsversuch keine krebserzeugende Wirkung beobachtet wurde.
- (4) Die Einstufung von WHO-Fasern kann auch durch Bestimmung der in vivo-Biobeständigkeit erfolgen. Danach erfolgt eine Einstufung in die Kategorie 2 der krebserzeugenden Stoffe, wenn für WHO-Fasern nach intratrachealer Instillation von  $4 \times 0,5$  mg Fasern in einer Suspension eine Halbwertszeit von mehr als 40 Tagen ermittelt wurde. Die WHO-Fraktion der instillierten Faserprobe sollte einen mittleren geometrischen Durchmesser von  $0,6 \mu\text{m}$  oder mehr aufweisen. Faserproben mit kleinerem Durchmesser können geprüft werden, falls dies mit dem geringeren Durchmesser des Ausgangsmaterials begründet werden kann. Die Halbwertszeit sollte mit der nichtlinearen exponentiellen Regression gemäß ECB/TM27 rev. 7 berechnet werden. Falls nach den dort genannten Kriterien eine biphasige Eliminationskinetik zur Beschreibung der Retentionsdaten erforderlich ist, ist die Halbwertszeit der langsamen Eliminationsphase zur Bewertung heranzuziehen. Kriterien für die Einstufung in die Kategorie 1B liegen nicht vor.
- (5) WHO-Fasern aus Erionit sind in die Kategorie 1A einzustufen.
- (6) Folgende Typen von WHO-Fasern, für die positive Befunde aus Tierversuchen (inhalativ, intratracheal, intrapleurale, intraperitoneal) vorliegen, werden in die Kategorie 1B eingestuft:
- a) Attapulgit
- b) Dawsonit
- c) künstlich hergestellte anorganische einkristalline Fasern (Whisker) aus
- Aluminiumoxid
  - Kaliumtitanaten
  - Siliciumkarbid.
- (7) Alle anderen anorganischen Typen von WHO-Fasern werden in die Kategorie 2 eingestuft, wenn die vorliegenden tierexperimentellen Ergebnisse (einschließlich Daten zur Biobeständigkeit) für eine Einstufung in die Kategorie 1B nicht ausreichen. Dies betrifft derzeit folgende:
- Halloysit
  - Magnesiumoxidsulfat
  - Nematolith
  - Sepiolith
  - anorganische Faserstäube, soweit nicht erwähnt (ausgenommen Gipsfasern und Wollastonitfasern).
- (8) Folgende Typen von WHO-Fasern sind derzeit nicht einzustufen:
- Gipsfasern
  - Wollastonitfasern.
- **Krebserzeugende Arzneistoffe**
- Von krebserzeugenden Eigenschaften der Kategorien 1A und 1B ist bei therapeutischen Substanzen auszugehen, denen ein gentoxischer Wirkungsmechanismus zugrunde liegt. Erfahrungen in der Therapie mit alkylierenden Zytostatika wie Cyclophosphamid, Etylenimin, Chlornaphazin sowie mit arsen- und teerhaltigen Salben, die über lange Zeit angewendet worden sind, bestätigen dies insofern, als bei so behandelten Patienten später Tumorneubildungen beschrieben worden sind.

## Chemische Einwirkungen

- Passivrauchen

Passivrauchen wurde nach den Kriterien der GefStoffV in Verbindung mit den dort in Bezug genommenen Richtlinien der EG bewertet; die Begründung ist als Bekanntmachung des AGS zugänglich unter [www.baua.de](http://www.baua.de). Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten am Arbeitsplatz werden durch das Arbeitsschutzgesetz und die Arbeitsstättenverordnung geregelt.

## 2 Gefahrstoffe in Innenräumen

### 2.1 Einführung und Erläuterungen

Die Bewertung der Luftqualität an Innenraumarbeitsplätzen wie Büros gibt immer wieder Anlass zur Diskussion über die heranzuziehenden Beurteilungswerte.

Die gesetzliche Grundlage für den Arbeitsschutz liefert das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) [1]. Dessen Vorschriften werden auf der hierarchisch darunter liegenden Verordnungsebene durch die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) [2] und durch spezielle Verordnungen wie die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [3] konkretisiert.

Im Allgemeinen dienen zur Beurteilung einer möglichen Gesundheitsgefährdung des Menschen beim Auftreten von Gefahrstoffen in seiner Atemluft Grenzwerte, die entsprechend dem jeweiligen Anwendungsbereich definiert sind. Für die in der Arbeitswelt vorkommenden gefährlichen Stoffe werden nach GefStoffV vom Ausschuss für Gefahrstoffe Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW), biologische Grenzwerte und andere Beurteilungsmaßstäbe vorgeschlagen (s. Kapitel 1). Diese gelten jedoch nur an solchen Arbeitsplätzen, an denen im Sinne der Gefahrstoffverordnung Tätigkeiten mit den betreffenden Gefahrstoffen durchgeführt werden oder diese bei den Tätigkeiten entstehen. Für die Beurteilung der Luftqualität an Innenraumarbeitsplätzen können sie daher nicht herangezogen werden.

Stattdessen sind die allgemeinen Angaben zur Lüftung nach Anhang 3.6 der ArbStättV zu beachten. Demnach muss in Arbeitsräumen ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft vorhanden sein. Diese Forderung gilt nach der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A 3.6 Lüftung [4] dann als erfüllt, wenn die Luftqualität im Wesentlichen der Außenluftqualität entspricht. Die Außenluftqualität ist dabei nicht definiert; sie wird aber u. a. durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) [5] geregelt.

Die für den Außenluftbereich festgelegten Immissionswerte oder andere Beurteilungswerte sind für den Innenraumbereich nicht ohne Weiteres anwendbar, da sie z. B. auf den Schutz empfindlicher Pflanzen oder Tiere und nicht auf den Schutz des Menschen ausgerichtet sein können. In der Praxis bereitet die Ermittlung der Außenluftqualität immer dann Probleme, wenn die Außenluft belastet ist und trotzdem als Vergleichsmaßstab für die Innenraumluft herangezogen werden soll.

Derzeit werden in Deutschland zur Beurteilung der Exposition an Innenraumarbeitsplätzen Werte sehr unterschiedlicher Art und Herkunft herangezogen. Diese Werte sind – anders als z. B. die Arbeitsplatzgrenzwerte – nicht in einer einheitlichen verbindlichen Regel zusammengefasst und haben insbesondere auch keine einheitliche rechtliche Relevanz. So haben praktisch alle für Innenräume aufgestellten Werte lediglich den Charakter einer Empfehlung. Die wichtigsten für die Innenraumluft herangezogenen Beurteilungswerte werden im Folgenden vorgestellt. Eine Übersicht der zurzeit zur Verfügung stehenden Beurteilungswerte bietet die Tabelle der Beurteilungswerte für Gefahrstoffexposition in der Innenraumluft im Abschnitt 2.2.

### Richtwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte

Die allgemein für Innenräume einschließlich Wohnräume abgeleiteten und toxikologisch begründeten Richtwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (vormals Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluft-hygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden) [6] erfüllen am ehesten die Kriterien für eine valide Beurteilung der Luftqualität an Innenraumarbeitsplätzen. Dabei wird zwischen dem Richtwert I (RW I) und dem Richtwert II (RW II) unterschieden:

*„Der Richtwert II (RW II – Gefahrenrichtwert) ist ein wirkungsbezogener Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich zu handeln ist. Diese höhere Konzentration kann, besonders für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen, eine gesundheitliche Gefährdung sein. Je nach Wirkungsweise des Stoffes kann der Richtwert II als Kurzzeitwert (RW II K) oder als Langzeitwert (RW II L) definiert sein.“*

*„Der Richtwert I (RW I – Vorsorgerichtwert) beschreibt die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der bei einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch dann keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist, wenn ein Mensch diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist. Eine Überschreitung ist allerdings mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, unerwünschten Belastung verbunden.“*

*„Aus Gründen der Vorsorge sollte auch im Konzentrationsbereich zwischen Richtwert I und Richtwert II gehandelt werden, sei es durch technische und bauliche Maßnahmen am Gebäude (handeln muss in diesem Fall der Gebäudebetreiber) oder durch verändertes Nutzerverhalten. RW I kann als Zielwert bei der Sanierung dienen.“*

Im Gegensatz zu den auf acht Stunden bezogenen Arbeitsplatzgrenzwerten handelt es sich bei den Richtwerten üblicherweise um Langzeitwerte (24 Stunden an sieben Tagen pro Woche), die auch für Kinder und Kranke gelten.

### Leitwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte

Vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte werden auch sogenannte Leitwerte veröffentlicht. Dabei handelt es sich um hygienisch begründete Beurteilungswerte eines Stoffes oder einer Stoffgruppe [6]:

*„Leitwerte werden festgelegt, wenn systematische praktische Erfahrungen vorliegen, dass mit steigender Konzentration die Wahrscheinlichkeit für Beschwerden oder nachteilige gesundheitliche Auswirkungen zunimmt, der Kenntnisstand aber nicht ausreicht, um toxikologisch begründete Richtwerte abzuleiten.“*

### EG-Richtlinien

Die Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa [8], die am 21. Mai 2008 zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt insgesamt verabschiedet wurde, schafft eine europaweit gültige Grundlage für die Beurteilung und Kontrolle der Außenluftqualität. In ihr sind Grenzwerte, Zielwerte sowie Informations- und Alarmschwellen für ausgewählte Luftschadstoffe festgelegt. Weitere Zielwerte enthält die Richtlinie 2004/107/EG [9] über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft.

### Bundesimmissionsschutzrecht

Die Umsetzung der europäischen Richtlinien zur Luftqualität in deutsches Recht erfolgt durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz [5] sowie durch die 39. Bundesimmissionsschutzverordnung [10] (39. BImSchV).

### WHO-Leitlinien (Air Quality Guidelines)

1987 stellte eine Arbeitsgruppe der Weltgesundheitsorganisation (WHO) erstmals Leitlinien für die Luftqualität in Europa (Air Quality Guidelines for Europe) auf [11]. In der Folgezeit wurde die Methodik zur Risikoabschätzung weiterentwickelt. Daher überarbeitete das Europäische WHO-Zentrum für Umwelt und Gesundheit in enger Zusammenarbeit mit der Europäischen Kommission und dem Internationalen Programm für Chemikaliensicherheit (IPCS) die Leitlinien und brachte im Jahr 2000 eine zweite Ausgabe heraus [12].

Die Leitlinien wurden zum Schutz der Bevölkerung vor gesundheitsschädlichen Auswirkungen von Luftschadstoffen und für die Beseitigung oder Verringerung der Belastung durch diese Schadstoffe, die nachweislich oder wahrscheinlich gefährlich für die Gesundheit oder das Wohlergehen des Menschen sind, aufgestellt. Diese gelten sowohl für die Außen- als auch für die Innenraumluft. Für die einzelnen Stoffe wurden Leitwerte festgelegt, bei deren Einhaltung die Gesundheit der Bevölkerung – entweder absolut oder zumindest für einen bestimmten Zeitraum – nicht signifikant gefährdet wird.

Die Ableitung der Leitwerte stützt sich – sofern vorhanden – auf epidemiologische Erkenntnisse und berücksichtigt die toxikologischen Erkenntnisse, wobei zum Schutz empfindlicher Bevölkerungsgruppen Sicherheitsfaktoren eingebracht wurden. Für krebserzeugende Stoffe ist kein Konzentrationswert angegeben, sondern nur das „unit risk“, das angibt, welches anteilige Krebsrisiko einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von meist  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zuzuschreiben ist.

Neben den Leitlinien für die Europäische Union wurden im Jahre 2006 weltweit gültige Leitwerte für Staub, Ozon, Schwefeldioxid sowie Stickstoffdioxid herausgegeben [13].

Im Jahre 2009 veröffentlichte die WHO erstmals Leitlinien für die Innenraumluftqualität zum Schutz der öffentlichen Gesundheit vor Gesundheitsrisiken durch Feuchtigkeit und damit verbundenem Wachstum von Mikroorganismen [14]. Diese Leitlinien wurden im Jahre 2010 durch weitere Leitlinien für einige häufig in der Innenraumluft vorkommende Schadstoffe ergänzt [15].

### Maximale Immissionskonzentrationen (MIK)

Die Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (KRDL) erarbeitet Maximale Immissionswerte (d. h. Maximale Immissionskonzentrationen – MIK – und Maximale Immissionsraten) [16], „bei deren Einhaltung der Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen, Boden, Wasser, Atmosphäre sowie Kultur- und sonstigen Sachgütern nach derzeitigem Wissensstand und nach Maßgabe der dazugehörigen Kriterien gewährleistet ist“. In der folgenden Tabelle der Beurteilungswerte der Gefahrstoffexposition in der Innenraumluft werden nur diejenigen MIK genannt, die auf den Menschen bezogen abgeleitet wurden.

## 2.2 Tabelle der Beurteilungswerte der Gefahrstoffexposition in der Innenraumluft

Hinweise:

a) (I) = Innenluft; (A) = Außenluft

Gefahrstoff	Beurteilungswert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
Acetaldehyd	1000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Acrylnitril	–	–	unit risk (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, bei $2 \cdot 10^{-5}$ .
Aldehyde (C <sub>4</sub> - bis C <sub>11</sub> ; gesättigt, acyclisch, aliphatisch)	2000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen Summenrichtwert.
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen Summenrichtwert.
Alkane (C <sub>9</sub> bis C <sub>14</sub> , aromatenarm)	2000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen Summenrichtwert.
	200	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen Summenrichtwert. Der RW I sollte auch Schutz vor Geruchsbelästigungen bieten.
Alkylbenzole (C <sub>9</sub> bis C <sub>15</sub> )	1000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen Summenrichtwert.
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen Summenrichtwert.
Arsen	0,006	Jahresmittelwert	Zielwert (A)	Mensch	2004/107/EG [9] 39. BImSchV [10]	Dieser Wert stellt den Gesamtgehalt an Arsen in der PM <sub>10</sub> -Fraktion dar.
	–	–	unit risk (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, bei $1,5 \cdot 10^{-3}$ .
Asbest	–	–	unit risk (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von 500 Fasern/m <sup>3</sup> (optisch gemessen) liegt die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, bei $10^{-6}$ bis $10^{-5}$ , (mesothelioma risk $10^{-5}$ bis $10^{-4}$ ).
Benzaldehyd	200	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen vorläufigen Richtwert.
	20	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen vorläufigen Richtwert.
Benzo[a]-pyren						siehe polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Gefahrstoff	Beurteilungswert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
Benzol	5	Jahresmittelwert	Grenzwert (A)	Mensch	2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10]	Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt die Wahrscheinlichkeit, an Leukämie zu erkranken, bei $6 \cdot 10^{-6}$ .
	–	–	unit risk (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	
Benzylalkohol	4 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	400	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Blei	0,5	Jahresmittelwert	Grenzwert (A)	Mensch	2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10]	Dieser Wert stellt den Gesamtgehalt an Blei in der $\text{PM}_{10}$ -Fraktion dar.
	0,5	Jahresmittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
Butanal	2 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	siehe auch Aldehyde ( $\text{C}_6$ bis $\text{C}_{11}$ ; gesättigt, acyclisch, aliphatisch)
1-Butanol	2 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	700	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Butanonoxim	60	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	20	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Cadmium	0,005	Jahresmittelwert	Zielwert (A)	Mensch	2004/107/EG [9] 39. BImSchV [10]	Dieser Wert stellt den Gesamtgehalt an Cadmium in der $\text{PM}_{10}$ -Fraktion dar.  Der Leitwert soll eine Erhöhung des Cadmiumgehalts in Agrarböden vermeiden, da vermutet wird, dass dies auch zu einer erhöhten Aufnahme in den Körper führt.
	0,005	Jahresmittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
2-Chlorpropan	8 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	800	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Chrom(VI)	–	–	unit risk (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, bei $4 \cdot 10^{-2}$ .
1,2-Dichlorethan	700	24-h-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	

Gefahrstoff	Beurteilungswert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
Dichlormethan	2000	24-h-Mittelwert	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	200	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	3000	24-h-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
	450	Wochenmittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
Diethylenglykolbutylether (DEGBE)	1000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Hierbei handelt es sich um vorläufige Richtwerte. Zur Gesamtbewertung aller gefundenen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebildet und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	400	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Diethylenglykoldimethylether (DEGDME)	300	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Zur Gesamtbewertung aller gefundenen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebildet und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	30	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Diethylenglykolmethylether (DEGME)	6000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Hierbei handelt es sich um vorläufige Richtwerte. Zur Gesamtbewertung aller gefundenen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebildet und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	2000	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Diethylenglykolmonoethylether (DEGEE)	2000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Hierbei handelt es sich um vorläufige Richtwerte. Zur Gesamtbewertung aller gefundenen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebildet und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	700	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Diisocyanate	–	–	–	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Die Festlegung eines Richtwertes II für Diisocyanate (DI) hat die Arbeitsgruppe nicht als sinnvoll erachtet: Eine möglicherweise anfänglich erhöhte Konzentration in der Raumluft bei der Verarbeitung von diisocyanathaltigen Lacken und Klebern sinkt rasch ab, da Diisocyanate während des Aushärtvorgangs abreagieren. Generell sollte beim Verarbeiten DI-haltiger Produkte gut gelüftet werden.



Gefahrstoff	Beurteilungswert [µg/m <sup>3</sup> ]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
Dipropylenglykoldimethyl- ether (DPGME)	7 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	Hierbei handelt es sich um vorläufige Richtwerte. Zur Gesamtbewertung aller gefunde- nen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebil- det und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	2 000	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	
Ethylacetat	6 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	
	600	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	
Ethylbenzol	2 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	
	200	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	
Ethylen- glykolbutyl- ether (EGBE)	1 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	Zur Gesamtbewertung aller gefunde- nen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebil- det und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	
Ethylen- glykolbutyl- etheracetat (EGBEA)	2 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	Hierbei handelt es sich um vorläufige Richtwerte. Zur Gesamtbewertung aller gefunde- nen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebil- det und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	200	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	
Ethylen- glykolhexyl- ether (EGHE)	1 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	Zur Gesamtbewertung aller gefunde- nen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebil- det und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	
Ethylen- glykolmono- ethylether (EGEE)	1 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	Zur Gesamtbewertung aller gefunde- nen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebil- det und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumricht- werte [6]	

Gefahrstoff	Beurteilungswert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
Ethylen-glykolmono-ethylether-acetat (EGEEA)	2000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Hierbei handelt es sich um vorläufige Richtwerte.
	200	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Zur Gesamtbewertung aller gefundenen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebildet und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
Ethylen-glykolmono-methylether (EGME)	200	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Zur Gesamtbewertung aller gefundenen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebildet und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	20	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
2-Ethylhexanol	1000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Hierbei handelt es sich um einen vorläufigen Richtwert.
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Hierbei handelt es sich um einen vorläufigen Richtwert.
Feinstaub ( $\text{PM}_{2,5}$ )	25	Jahresmittelwert	Grenzwert (A)	Mensch	39. BImSchV [10]	siehe auch Abschnitt 2.3.3
	25	24-h-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines [13]	siehe auch Abschnitt 2.3.3
	10	Jahresmittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines [13]	siehe auch Abschnitt 2.3.3
Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ )	50	24-h-Mittelwert	Grenzwert (A)	Mensch	2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10]	Dieser Wert darf nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden.
	40	Jahresmittelwert	Grenzwert (A)	Mensch	2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10]	siehe auch Abschnitt 2.3.3
	50	24-h-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines [13]	siehe auch Abschnitt 2.3.3
	20	Jahresmittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines [13]	siehe auch Abschnitt 2.3.3
Fluorverbindungen	1	–	Leitwert (I, A)	Flora und Fauna	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	Der Leitwert sollte auch zum Schutz des Menschen ausreichen.
Formaldehyd	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Der Richtwert sollte auch kurzzeitig, bezogen auf einen Messzeitraum von einer halben Stunde, nicht überschritten werden.
	100	30-min-Mittelwert	Leitwert (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	Die Einhaltung dieses Wertes beugt Wirkungen auf die Lungenfunktion ebenso vor wie auch Krebs des Nasen-Rachenraums und myeloischer Leukämie.
2-Furaldehyd	100	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	10	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	

Gefahrstoff	Beurteilungswert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
Isopropylbenzol (Cumol)	1 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	siehe auch Alkylbenzole
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Keramikfasern	–	–	unit risk (I)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von 1 Faser/l liegt die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, bei $1 \cdot 10^{-6}$ .
Kohlendioxid	siehe Abschnitt 2.3.1					
Kohlenmonoxid	10 000	höchster 8-h-Mittelwert eines Tages	Grenzwert (A)	Mensch	2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10]	„Der Ausschuss für Innenraumrichtwerte übernimmt die Leitwerte der Weltgesundheitsorganisation (WHO) einschließlich der Begründung für die Leitwertableitung.“ [6]
	100 000	15-min-Mittelwert	Leitwert (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	
	35 000	1-h-Mittelwert	Leitwert (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	
	10 000	8-h-Mittelwert	Leitwert (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	
	7 000	24-h-Mittelwert	Leitwert (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	
Kohlenstoffdisulfid	100	24-h-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	Dieser Wert stellt den Leitwert für die Geruchsbelästigung dar.
	20	½-h-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
Kresole	50	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	5	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Limonen	2 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	siehe auch Terpene, monocyclische Monoterpene
	200	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Lindan	1	–	Empfehlung (I)	Mensch	ehemaliges Bundesgesundheitsamt [17]	Die Heranziehung dieses Wertes wird bei der Beurteilung von Sanierungsmaßnahmen empfohlen. Der Wert ist nicht toxikologisch begründet, hat sich aber unter Vorsorgeaspekten praktisch bewährt.
Mangan	0,15	Jahresmittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	

Gefahrstoff	Beurteilungswert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
Methylisobutylketon	1000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
1-Methyl-2-pyrrolidon	1000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Naphthalin	30	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Diese Richtwerte können vorläufig auch als Summenwert für die Gesamtgruppe der bi- und tricyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe verwendet werden.
	10	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	10	Jahresmittelwert	Leitwert (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	Der Langzeit-Leitwert soll mögliche bösartige Erkrankungen der Atemwege verhindern.
Nickel	0,02	Jahresmittelwert	Zielwert (A)	Mensch	2004/107/EG [9] 39. BImSchV [10]	Dieser Wert stellt den Gesamtgehalt an Nickel in der $\text{PM}_{10}$ -Fraktion dar.
	–	–	unit risk (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, bei $4 \cdot 10^{-4}$ .
Ozon	120	höchster 8-h-Mittelwert eines Tages	Zielwert (A)	Mensch	2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10]	Dieser Wert darf an höchstens 25 Tagen pro Jahr überschritten werden.
	100	8-h-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines [13]	Dieser Wert stellt einen ausreichenden Schutz der Gesundheit der Bevölkerung sicher, obwohl bei sensiblen Personen auch unterhalb dieses Wertes gesundheitliche Wirkungen auftreten können.
	120	½-h-Mittelwert	Maximale Immissionskonzentration (A)	Mensch	VDI 2310 Blatt 15 [18]	gilt für Wohngebiete
	100	8-h-Mittelwert	Maximale Immissionskonzentration (A)	Mensch	VDI 2310 Blatt 15 [18]	gilt für Wohngebiete
Pentachlorphenol	1	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	0,1	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
Phenol	200	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	20	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	

Gefahrstoff	Beurteilungswert [µg/m <sup>3</sup> ]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
polychlorierte Biphenyle	3	–	Beurteilungsmaßstab (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Wenn eindeutig Fugenmassen mit PCB vorliegen, deren Chlorierungsgrad geringer ist als Clophen A60, dienen die Gesamt-PCB, basierend auf sechs Indikator-PCB (ohne PCB <sub>118</sub> ) als Beurteilungsmaßstab. Bei Raumluftkonzentrationen oberhalb von 3 µg/m <sup>3</sup> für Gesamt-PCB sind expositionsminimierende Maßnahmen zu prüfen. Bei Konzentrationen darunter ist das Lüftungsverhalten zu überprüfen und ggf. zu verbessern.
	0,01	–	Beurteilungsmaßstab (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Dieser Wert gibt die Konzentration von PCB <sub>118</sub> an. Er gilt für einen Gesamt-PCB-Gehalte größer 1 µg/m <sup>3</sup> bei hauptsächlich hochchlorierten Clophenen als PCB-Quellen. Bei Raumluftkonzentrationen oberhalb von 0,01 µg/m <sup>3</sup> PCB <sub>118</sub> sind expositionsminimierende Maßnahmen zu prüfen. Bei Konzentrationen darunter ist das Lüftungsverhalten zu überprüfen und ggf. zu verbessern.
polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) Leitsubstanz: Benzo[a]pyren	0,001	Jahresmittelwert	Zielwert (A)	Mensch	2004/107/EG [9] 39. BImSchV [10]	Der Wert stellt den Gesamtgehalt an Benzo[a]pyren in der PM <sub>10</sub> -Fraktion dar.
	–	–	unit risk (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von 1 ng/m <sup>3</sup> BaP liegt die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, bei $8,7 \cdot 10^{-5}$ .
2-Propylen-glykol-1-ethylether (2PG1EE)	3000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Zur Gesamtbewertung aller gefundenen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebildet und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	300	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
2-Propylen-glykol-1-methylether (2PG1ME)	10 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Zur Gesamtbewertung aller gefundenen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebildet und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	1000	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
2-Propylen-glykol-1-tert-butylether (2PG1tBE)	3000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Zur Gesamtbewertung aller gefundenen Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft wird das Verhältnis aus der Konzentration jeder Verbindung, geteilt durch ihren Richtwert, gebildet und zu einem Summenrichtwert addiert. Die Summenrichtwerte gelten als eingehalten, wenn ihr Wert jeweils 1 unterschreitet.
	300	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	

Gefahrstoff	Beurteilungswert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
Quecksilber	0,35	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	als metallischer Dampf
	0,035	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	als metallischer Dampf
	1	Jahresmittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	als metallischer Dampf
Radon	300 Bq/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Referenzwert (I)	Mensch	2013/59/EURATOM [19]	Bei Überschreitung dieses Wertes sollten einfache Schutzmaßnahmen in Betracht gezogen werden.
	100 Bq/m <sup>2</sup>	Jahresmittelwert	Leitwert (I)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
Schwefeldioxid	350	1-h-Mittelwert	Grenzwert (A)	Mensch	2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10]	Der Wert darf nicht öfter als 24-mal im Kalenderjahr überschritten werden.
	125	24-h-Mittelwert	Grenzwert (A)	Mensch	2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10]	Der Wert darf nicht öfter als dreimal im Kalenderjahr überschritten werden.
	500	10-min-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines [13]	
	20	24-h-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines [13]	
Schwefelwasserstoff	7	30-min-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	Hierbei handelt es sich um den Leitwert für die Geruchsbelästigung.
	150	24-h-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
Siloxane (D3 bis D6)	4 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen Summenrichtwert.
	400	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen Summenrichtwert.
Stickstoffdioxid	350	30-min-Mittelwert	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Dieser Wert darf nicht öfter als 18-mal im Jahr überschritten werden.
	60	Wochenmittelwert	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	200	1-h-Mittelwert	Grenzwert (A)	Mensch	2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10]	
	40	Jahresmittelwert	Grenzwert (A)	Mensch	2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10]	Dieser Wert gilt für Wohngebiete.
	200	1-h-Mittelwert	Leitwert (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	
	40	Jahresmittelwert	Leitwert (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	
	50	24-h-Mittelwert	Maximale Immissionskonzentration (A)	Mensch	VDI 2310 Blatt 12 [20]	

Gefahrstoff	Beurteilungswert [µg/m³]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
Stickstoffdioxid (Fortsetzung)	20	Jahresmittelwert	Maximale Immissionskonzentration (A)	Mensch	VDI 2310 Blatt 12 [20]	Dieser Wert gilt für Wohngebiete.
Styrol	300	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Hierbei handelt es sich um den Leitwert für die Geruchsbelästigung.
	30	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	70	30-min-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
	260	Wochenmittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
Terpene, bicyclische	2000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Als Leitsubstanz dient α-Pinen.
	200	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Als Leitsubstanz dient α-Pinen.
Terpene, monocyclische Monoterpene	10 000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Als Leitsubstanz dient d-Limonen.
	1 000	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Als Leitsubstanz dient d-Limonen.
Tetrachlorethen	250	Jahresmittelwert	Leitwert (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	
Toluol	3000	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Hierbei handelt es sich um den Leitwert für die Geruchsbelästigung.
	300	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
	1 000	30-min-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
	260	Wochenmittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
Trichlorethen	20	–	Leitwert (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Der Ausschuss für Innenraumrichtwerte betrachtet expositionsmindernde Maßnahmen unterhalb des Leitwertes als nicht angemessen.
	–	–	unit risk (I)	Mensch	WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15]	Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von 1 µg/m³ liegt die Wahrscheinlichkeit, an Krebs zu erkranken, bei $4,3 \cdot 10^{-7}$ .
Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	50	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Obwohl die Ergebnisse tierexperimenteller Studien auf ein krebserzeugendes Potenzial der Verbindung hinweisen und für krebserzeugende Stoffe das Basisschema zur Richtwertableitung keine Anwendung finden sollte, sieht die Kommission aufgrund des Fehlens eindeutiger Hinweise zur Genotoxizität und des Bedarfs an Orientierungshilfen die Ableitung von Richtwerten für TCEP als vertretbar an.
	5	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	
TVOC					s. Abschnitt 2.3.2	

Gefahrstoff	Beurteilungswert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Zeitbezug	Art des Wertes a)	Schutzobjekt	Herkunft	Bemerkungen
Vanadium	1	24-h-Mittelwert	Leitwert (I, A)	Mensch	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	
Vinylchlorid	–	–	–	–	WHO Air Quality Guidelines for Europe [12]	Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt die Wahrscheinlichkeit, an Krebs zu erkranken, bei $1 \cdot 10^{-6}$ .
Xylole	800	–	Richtwert II (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen Summenrichtwert.
	100	–	Richtwert I (I)	Mensch	Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6]	Bei diesem Wert handelt es sich um einen Summenrichtwert.



## 2.3 Spezielle Beurteilungswerte und Indikatoren für Innenraumarbeitsplätze

### 2.3.1 Kohlendioxid

Die Kohlendioxidkonzentration in Innenräumen gilt als ein wesentlicher Indikator für ausreichende Luftqualität, wenn der Mensch selbst die Hauptemissionsquelle ist und andere Quellen von untergeordneter Bedeutung sind. Die CO<sub>2</sub>-Konzentration ist in diesem Zusammenhang auch ein Maß für die Effektivität der Raumlüftung.

Zur Beurteilung der Kohlendioxidkonzentration sind nach ASR A3.6 Lüftung [4] folgende Werte heranzuziehen:

- Kohlendioxidkonzentration unter 1 000 ppm: hygienisch unbedenklich
- Kohlendioxidkonzentration zwischen 1 000 und 2 000 ppm: hygienisch auffällig
- Kohlendioxidkonzentration über 2 000 ppm: hygienisch inakzeptabel

Bei Überschreitung der Momentankonzentration von 1 000 ppm Kohlendioxid soll gelüftet werden. Bei Überschreitung eines Wertes von 2 000 ppm muss gelüftet werden. Reichen die Lüftungsmaßnahmen (ggf. Einführung eines

Lüftungsplans) nicht aus, um den Leitwert von 2 000 ppm zu unterschreiten, so sind weitergehende organisatorische, Lüftungstechnische oder bauliche Maßnahmen erforderlich. Hierzu zählen z. B. die Verringerung der Personenzahl im Raum oder der Einbau einer technisch geregelten Lüftung.

### 2.3.2 Flüchtige organische Verbindungen

#### *Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC)*

Ein wichtiger Parameter zur Beurteilung der Innenraumluftqualität ist die Summe der flüchtigen organischen Verbindungen im Siedebereich 50 bis 260 °C, die als TVOC bezeichnet werden. Der Siedebereich umfasst weitestgehend die Stoffe, die analytisch auf einer unpolaren Säule im Elutionsbereich zwischen n-Hexan und n-Hexadecan detektierbar sind [21].

Obwohl gesicherte Dosis-Wirkungs-Beziehungen fehlen und TVOC-Konzentrationen sich nicht als alleiniges Kriterium für eine gesundheitliche Bewertung der Innenraumluftqualität eignen, lassen sich dennoch anhand der TVOC-Konzentrationen Beeinträchtigungen durch VOC in der Innenraumluft bewerten. So ist beispielsweise festzustellen, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reizwirkungen und Geruchswahrnehmungen mit steigender TVOC-Konzentration zunimmt. Der Ausschuss für Innenraumrichtwerte empfiehlt, für die Beurteilung der TVOC-Konzentration das fünfstufige Konzept von *Seifert* aus dem Jahre 1999 heranzuziehen (siehe Tabelle 1) [21].

Tabelle 1:  
Hygienische Bewertung von TVOC-Werten und daraus resultierende Empfehlungen für Maßnahmen [21]

Stufe	Konzentration	Hygienische Bewertung	Empfehlungen
1	$\leq 0,3 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch unbedenklich. I. d. R. keine Beschwerden.	Keine weiteren Maßnahmen.
2	$> 0,3 \text{ bis } 1 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch noch unbedenklich, soweit keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe oder Stoffgruppen vorliegen. In Einzelfällen Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z. B. nach kleineren Renovierungsmaßnahmen oder Neumöblierungen in den letzten Wochen.	Ausreichend lüften, besonders nach Renovierungsarbeiten. VOC-Quellen ermitteln (z. B. Begehung des Raumes). Verwendung von Putz- und Reinigungsmitteln überprüfen. Nachmessungen zur Kontrolle von Richtwertüberschreitungen unter Nutzungsbedingungen.
3	$> 1 \text{ bis } 3 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch auffällig. Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel ( $< 12$ Monate). Innerhalb von ca. sechs Monaten sollte die TVOC-Konzentration deutlich unter den anfangs gemessenen TVOC-Wert abgesenkt werden. Fälle mit Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z. B. nach größeren Renovierungsarbeiten.	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingungen kontrollieren. Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz prüfen. In jedem Fall: Quellensuche durchführen und Lüftungsverhalten überprüfen: intensiv lüften und ggf. Nutzungs- und Lüftungsbedingungen festlegen. Kontrollmessung bzw. Nachmessung nach ca. einem Monat empfohlen (unter Nutzungsbedingungen). Liegt nach 12 Monaten trotz der beschriebenen Bemühungen die TVOC-Konzentration weiterhin über $1 \text{ mg/m}^3$ , so sind adäquate Sanierungsmaßnahmen in die weitere Planung aufzunehmen.
4	$> 3 \text{ bis } 10 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch bedenklich. Nutzung bei Räumen, die regelmäßig genutzt werden, nur befristet akzeptabel ( $< 1$ Monat). Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter $3 \text{ mg/m}^3$ abgesenkt werden. Fälle mit Häufung von Beschwerden oder Geruchswahrnehmungen, z. B. nach größeren Renovierungsarbeiten.	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingungen kontrollieren. Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz prüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen oder Stoffgruppen erforderlich. In jedem Fall: Quellensuche durchführen und intensiv lüften und ggf. Nutzungs- und Lüftungsbedingungen festlegen und geeignete Minimierungsmaßnahmen veranlassen. Ein ggf. notwendiger Aufenthalt ist nur mit zeitlicher Beschränkung pro Tag über einen vom Gesundheitsamt vorzugebenden maximalen Zeitraum (pro Tag stundenweise/zeitlich befristet) tolerabel. Kontrollmessung bzw. Nachmessung nach ca. einem Monat empfohlen (unter Nutzungsbedingungen). Liegt nach einem Monat trotz der beschriebenen Bemühungen die TVOC-Konzentration weiterhin über $3 \text{ mg/m}^3$ , so sind adäquate Sanierungsmaßnahmen in die weitere Planung aufzunehmen.
5	$> 10 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch inakzeptabel. Raumnutzung möglichst vermeiden. Ein Aufenthalt ist allenfalls pro Tag stundenweise/zeitlich befristet zulässig. Bei Werten oberhalb von $25 \text{ mg/m}^3$ ist eine Raumnutzung zu unterlassen. Die TVOC-Konzentration sollte innerhalb eines Monats unter $3 \text{ mg/m}^3$ abgesenkt werden. In der Regel Beschwerden und Geruchswahrnehmungen, z. B. nach Fehlanwendungen, Unfällen.	Richtwertüberschreitungen umgehend durch Nachmessung unter Nutzungsbedingungen kontrollieren. Auffällige Referenzwertüberschreitungen auf gesundheitliche Relevanz prüfen. Toxikologische Bewertung von Einzelstoffen oder Stoffgruppen erforderlich. In jedem Fall: Quellensuche durchführen und intensiv lüften und Nutzungs- und Lüftungsbedingungen festlegen und geeignete Minimierungsmaßnahmen veranlassen. Ein ggf. notwendiger Aufenthalt ist nur mit zeitlicher Beschränkung pro Tag über einen vom Gesundheitsamt vorzugebenden maximalen Zeitraum (pro Tag stundenweise/zeitlich befristet) tolerabel. Kontrollmessung bzw. Nachmessung nach ca. einem Monat empfohlen (unter Nutzungsbedingungen). Wird durch Minimierungsmaßnahmen $10 \text{ mg/m}^3$ im betrachteten Zeitraum zwar unterschritten, eine Konzentration von $3 \text{ mg/m}^3$ allerdings weiterhin überschritten, gelten die Maßnahmeempfehlungen wie unter Stufe 4. Liegt nach einem Monat trotz der beschriebenen Bemühungen die TVOC-Konzentration weiterhin über $10 \text{ mg/m}^3$ , so sollte die Raumnutzung unterbleiben, und es sind adäquate Sanierungsmaßnahmen zu veranlassen.

Ableitung von Referenzwerten für Einzelstoffe

Für Stoffe, für die es bislang keine Richtwerte gibt, können statistisch abgeleitete Referenzwerte für Einzelstoffe zur Bewertung herangezogen werden. Entsprechend einer international anerkannten Konvention wird der 95-Perzentilwert eines hinreichend großen Datenkollektivs als Referenzwert bezeichnet. Dabei wird ohne toxikologische Bewertung angenommen, dass der in den untersuchten Räumen angetroffene und nicht zu Erkrankungen und Beschwerden Anlass gebende „Normalzustand“ allgemein akzeptiert werden kann. Referenzwerte ermöglichen – im Gegensatz zu den Richtwerten – keine Beurteilung der gesundheitlichen Gefährdung. Sind die Referenzwerte unterschritten, bedeutet das also nicht zwangsläufig, dass keine gesundheitliche Gefährdung vorliegt. Umgekehrt kann aus einer Überschreitung dieser Werte nicht automatisch auf eine Gefährdung geschlossen werden [21]. Eine wesentliche Überschreitung des Wertes kann jedoch ein Hinweis darauf sein, dass in dem Raum Emissionsquellen vorhanden sind, die möglicherweise zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen können.

Voraussetzung für die Anwendung von Referenzwerten ist die Vergleichbarkeit der Referenzräume und des jeweils betrachteten Innenraums. Als ausschlaggebende Parameter der Vergleichbarkeit sind die Ausstattung und die Nutzung des Innenraums, das Messverfahren und die Messstrategie hervorzuheben.

Referenzwerte zur Beurteilung von Innenraumarbeitsplätzen (z. B. Büros)

Im Jahre 2004 wurden basierend auf Messdaten der Unfallversicherungsträger erstmals Referenzwerte zur Beurteilung von Innenraumarbeitsplätzen (Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte, IRW) veröffentlicht [22]. Diese Werte wurden im Jahr 2011 überprüft und anhand einer erneuten statistischen Auswertung aller bis September 2010 in der IFA Expositionsdatenbank MEGA dokumentierten Messdaten aktualisiert [23].

Für die statistische Auswertung wurden dabei nur Messdaten betrachtet, die stationär in Büroräumen ohne maschinelle Lüftung bestimmt wurden und bei denen die Probenahmedauer den Vorgaben der Messverfahren [24; 25] entsprach.

Da in der Regel mehr als 700 Messwerte pro Verbindung ausgewertet wurden, ist eine statistische Absicherung gewährleistet. Entgegen der international geltenden Konvention ziehen die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung im Sinne der Prävention zur Ableitung von Referenzwerten die niedrigeren 90-Perzentile anstelle der 95-Perzentile heran. Generell wurden die Werte auf zwei Nachkommastellen gerundet. Die 2011 abgeleiteten Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Sie gelten nur bei Anwendung des im Report „Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld“ [26] beschriebenen Messprogramms „Innenraummessungen“ einschließlich der zugehörigen Messstrategie.

Tabelle 2: Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte der Unfallversicherungsträger

Verbindung	Innenraumarbeitsplatz-Referenzwert (mg/m³)
TVOC	1
Kohlenwasserstoffgemische, aliphatische (C <sub>9</sub> bis C <sub>14</sub> )	0,07
Alkane	
n-Heptan	0,02
n-Octan	0,01
n-Nonan	0,01
n-Decan	0,01
n-Undecan	0,02
n-Dodecan	0,01
n-Tridecan	0,01
n-Tetradecan	0,01
n-Pentadecan	0,01
Aromatische Verbindungen	
Toluol	0,04
Ethylbenzol	0,01
o-Xylol	0,01
m-Xylol	0,02
p-Xylol	0,01
1,2,4-Trimethylbenzol	0,01
Styrol	0,01
Alkohole	
Butan-1-ol	0,04
2-Ethylhexan-1-ol	0,02
Ketone	
Butanon	0,01
Ester	
Ethylacetat	0,02
n-Butylacetat	0,02
Ether	
2-Butoxyethanol	0,01
2-Phenoxyethanol	0,01
Terpene	
α-Pinen	0,02
Limonen	0,03
3-Caren	0,01
Aldehyde	
Formaldehyd	0,06
Acetaldehyd	0,05
Hexanal	0,03
Siloxane	
Hexamethylcyclotrisiloxan (D3)	0,03
Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)	0,02
Decamethylcyclopentasiloxan (D5)	0,06

## Referenzwerte zur Beurteilung von Klassenräumen

In den Jahren 2004 bis 2009 wurden im Rahmen eines Projektes die Konzentrationen von Aldehyden und VOC in unbelasteten Klassenräumen von Schulen in Nordrhein-Westfalen erhoben [27]. Insgesamt wurden 421 Räume in 119 Schulen untersucht. Das Messverfahren und die Analytik sind vergleichbar mit dem MGU Messprogramm „Innenraummessungen“. Aus den ermittelten Messdaten wurden in Analogie zum Verfahren der Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte Klassenraum-Referenzwerte abgeleitet [28]. Diese sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3:  
Klassenraum-Referenzwerte der Unfallversicherungsträger [28]

Verbindung	Klassenraum-Referenzwert (mg/m <sup>3</sup> )
TVOC	0,68
Kohlenwasserstoffgemische, aliphatische (C <sub>9</sub> bis C <sub>14</sub> )	0,03
Alkane	
n-Heptan	0,01
n-Undecan	0,01
n-Dodecan	0,01
n-Tridecan	0,01
Aromatische Verbindungen	
Toluol	0,03
Ethylbenzol	0,01
Xylol (alle Isomere)	0,02
m-Xylol	0,01
1,2,4-Trimethylbenzol	0,01
Styrol	0,01
Phenol	0,01
Alkohole	
Butan-1-ol	0,03
2-Ethylhexan-1-ol	0,02
Ketone	
Butanon	0,01
Ester	
Ethylacetat	0,01
n-Butylacetat	0,01
Ether	
2-Butoxyethanol	0,02
2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	0,03
2-Phenoxyethanol	0,02
Terpene	
α-Pinen	0,02
Limonen	0,02
3-Caren	0,01
Aldehyde	
Formaldehyd	0,06
Acetaldehyd	0,05
Hexanal	0,02
Siloxane	
Hexamethylcyclotrisiloxan (D3)	0,03
Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)	0,02
Decamethylcyclopentasiloxan (D5)	0,02

## Einzelstoffbewertung basierend auf anderen Messverfahren

Pionierarbeit zur Ableitung von Referenzwerten für Einzelstoffe hat das ehemalige Bundesgesundheitsamt mit seinem ersten Umweltsurvey aus den Jahren 1985/86 geleistet [17]. Mittlerweile wurde mit dem Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06 bereits der 4. Umweltsurvey vom Umweltbundesamt durchge-

führt. Im Jahre 2010 wurden, basierend auf dieser Erhebung, Ergebnisse zu flüchtigen organischen Verbindungen in der Innenraumluft in Haushalten mit Kindern in Deutschland veröffentlicht [29]. Dazu wurden die mittleren Konzentrationen von chemischen Schadstoffen im Wohnumfeld von 555 Kindern mithilfe von Passivsammlern über einen Zeitraum von einer Woche ermittelt (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4:

Flüchtige organische Verbindungen in mg/m<sup>3</sup> in der Innenraumluft in 555 Haushalten mit drei- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland, Bestimmungsgrenze: 0,001 mg/m<sup>3</sup> [29]

Verbindung	n < BG	Konzentrationen (mg/m <sup>3</sup> )	
		90%-Wert	95%-Wert
TVOC		0,8	1,1
<b>Alkane</b>			
n-Heptan	204	0,0127	0,0228
n-Octan	257	0,0045	0,0103
n-Nonan	293	0,0052	0,0121
n-Decan	222	0,0082	0,0149
n-Undecan	220	0,0098	0,0148
n-Dodecan	255	0,0048	0,0079
n-Tridecan	323	0,0027	0,0042
n-Tetradecan	86	0,0041	0,0054
n-Pentadecan	204	0,0027	0,0037
n-Hexadecan	298	0,0019	0,0023
n-Heptadecan	427	0,0014	0,002
n-Octadecan	516	<0,0010	0,002
Cyclohexan	152	0,0156	0,0391
Methylcyclohexan	266	0,0104	0,0265
<b>Σ 14 Alkane</b>		<b>0,0972</b>	<b>0,158</b>
<b>Aromatische Verbindungen</b>			
Benzol	137	0,0057	0,0077
Toluol	0	0,0472	0,0576
Ethylbenzol	179	0,0046	0,0068
m-, p-Xylol	52	0,0111	0,016
o-Xylol	241	0,0041	0,0055
m-, o-, p-Xylol		0,015	0,0212
Isopropylbenzol	516	<0,001	0,0013
n-Propylbenzol	454	0,0017	0,0026
Iso- und n-Propylbenzol		0,0014	0,0026
2-Ethyltoluol	475	0,0016	0,0023
3-Ethyltoluol	341	0,0033	0,0055
4-Ethyltoluol	475	0,0014	0,0026
3- und 4-Ethyltoluol		0,0051	0,0083
1,2,3-Trimethylbenzol	446	0,0019	0,0029
1,2,4-Trimethylbenzol	177	0,0058	0,0103
1,3,5-Trimethylbenzol	449	0,00017	0,0029
Styrol	329	0,0028	0,0048
Naphthalin	517	<0,001	0,0012
4-Phenylcyclohexen	555	–	–
<b>Σ 16 aromatische Verbindungen</b>		<b>0,0887</b>	<b>0,123</b>

Verbindung	n < BG	Konzentrationen (mg/m <sup>3</sup> )	
		90%-Wert	95%-Wert
Halogenhaltige Verbindungen			
1,1,1-Trichlorethan	528	< 0,001	<0,001
Trichlorethen	534	< 0,001	<0,001
Perchlorethen	517	< 0,001	0,0014
1,4-Dichlorbenzol	548	< 0,001	<0,001
<b>Σ 4 halogenhaltige Verbindungen</b>		<b>0,0036</b>	<b>0,0054</b>
Sauerstoffhaltige Verbindungen			
Ethylacetat	12	0,047	0,0708
Butylacetat	64	0,018	0,0307
1-Methoxy-2-propanolacetat	426	0,002	0,0036
Methylethylketon	519	< 0,0075	0,0092
Methylisobutylketon	407	0,0019	0,0026
1-Butanol	10	0,0129	0,0176
Isobutanol	505	< 0,0035	0,0049
2-Methoxyethanol	528	< 0,001	0,0012
2-Ethoxyethanol	502	< 0,001	0,0015
2-Butoxyethanol	215	0,0058	0,0103
2-Butoxyethoxy-ethanol	374	0,0027	0,006
2-Phenoxyethanol	357	0,0028	0,0037
1-Methoxy-2-propanol	198	0,0053	0,0084
1-Butoxy-2-propanol	295	0,0076	0,0128
1-Phenoxy-2-propanol	544	< 0,001	<0,001
2-Ethyl-1-hexanol	86	0,0075	0,0114
Dipropylglykol-monobutylether	457	0,0016	0,0032
Texanol	407	0,002	0,0028
TXIB	227	0,004	0,0055
<b>Σ 19 sauerstoffhaltige Verbindungen</b>		<b>0,130</b>	<b>0,194</b>
Terpene			
α-Pinen	8	0,047	0,0676
β-Pinen	240	0,0042	0,0083
Limonen	38	0,0714	0,103
3-Caren	141	0,0146	0,0227
Longifolen	465	0,0013	0,0018
<b>Σ 5 Terpene</b>		<b>0,123</b>	<b>0,184</b>
Aldehyde			
Formaldehyd	0	0,041	0,0477
Acetaldehyd	8	0,0372	0,0503
Propanal	0	0,0048	0,0061
Butanal	4	0,0059	0,0081
Pentanal	7	0,0072	0,0106
Hexanal	0	0,0212	0,030
Heptanal	68	0,0024	0,003
Octanal	3	0,0032	0,0036
Nonanal	0	0,0125	0,0147
Decanal	17	0,0048	0,0055
Undecanal	327	0,0023	0,0031
Furfural	21	0,002	0,0028
Benzaldehyd	13	0,0056	0,0066
Isovaleraldehyd	384	0,0031	0,0039
Methylglyoxal	295	0,0141	0,0178
<b>Σ 11 Aldehyde (Formaldehyd bis Undecanal)</b>		<b>0,122</b>	<b>0,155</b>
<b>Σ 15 Aldehyde (Formaldehyd bis Methylglyoxal)</b>		<b>0,135</b>	<b>0,170</b>

Darüber hinaus gibt es weitere Veröffentlichungen von diversen Messinstituten, die aus eigenen Daten (u. a. aus Schadensfällen) Werte zur Beurteilung der Innenraumluft abgeleitet haben [z. B. 30]. Diese Untersuchungen wurden in verschiedenartigen Innenräumen einschließlich Wohnräumen vorgenommen.

### 2.3.3 Stäube

Zur Beurteilung möglicher Gesundheitsgefahren durch Staubbelastungen werden von der Partikelgröße abhängige Staubfraktionen herangezogen. Die im Arbeitsschutz üblicherweise verwendeten Fraktionen „einatembare Staub“ (E-Fraktion) und „lungengängiger Staub“ (Alveolarfraktion, A-Fraktion) stimmen nicht exakt überein mit den im Bereich des Umweltschutzes gebräuchlichen Fraktionen  $PM_{10}$  (particulate matter) und  $PM_{2,5}$ . Darunter versteht man in erster Näherung die Summe aller Schwebstaubpartikeln mit einem Durchmesser von bis zu 10  $\mu m$  und bis zu 2,5  $\mu m$  [31].

Für Innenraumarbeitsplätze wird empfohlen, zur Beurteilung von Staubbelastungen die im Umweltschutz definierten Fraktionen  $PM_{2,5}$  und  $PM_{10}$  heranzuziehen, da die Konzentrationen hauptsächlich durch die Außenluft bedingt sind und hierfür entsprechende Beurteilungswerte zur Verfügung stehen. So schlägt der Ausschuss für Innenraumrichtwerte (vormals Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte) vor, bei Abwesenheit von Verbrennungsprozessen (z. B. Tabakrauch) als Leitwert für Feinstaub der Fraktion  $PM_{2,5}$  den von der Weltgesundheitsorganisation als Tageswert festgelegten Wert von 25  $\mu g/m^3$  heranzuziehen [32].

Für die Fraktion  $PM_{10}$  schlägt der Ausschuss dagegen keinen Bewertungsmaßstab vor. Er begründet dies damit, dass für diese Fraktion die Konzentrationen in Innenräumen deutlich über denjenigen in der Außenluft liegen. Dies bedeutet, dass die Hauptquellen für diese Partikelfraktion im Innenraum zu suchen sind. Da die Zusammensetzung dieser Fraktion nicht näher bekannt ist, kann keine abschließende Bewertung durchgeführt werden [32].

Generell sollte darauf geachtet werden, dass die Staubkonzentration bezogen auf die  $PM_{10}$ -Fraktion nicht über dem EU-Staubgrenzwert [8] für die Luft der Troposphäre von 50  $\mu g/m^3$  liegt.

### 2.4 Literatur

- [1] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 7. August 1996. BGBl. I (1996), S. 1246; zul. geänd. BGBl. I (2015), S. 1474
- [2] Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) vom 12. August 2004. BGBl. I (2004), S. 2179; zul. geänd. BGBl. I (2016), S. 2681
- [3] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010. BGBl. I (2010), S. 1643; zul. geänd. BGBl. I (2016), S. 2549
- [4] Technische Regeln für Arbeitsstätten: Lüftung (ASR A3.6). GMBL (2012), S. 92; geänd. GMBL (2017), S. 10
- [5] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) vom 17. Mai 2013. BGBl. I (2013), S. 1274; zul. geänd. BGBl. I (2016), S. 2749
- [6] Ausschuss für Innenraumrichtwerte. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.  
<http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte-vormals-ad-hoc>
- [7] Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Gesundheitlich-hygienische Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mithilfe von Geruchsleitwerten. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 57 (2014) Nr. 1, S. 148-153
- [8] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. ABl. EG Nr. L 152 (2008), S. 1; geänd. Richtlinie 2015/1480/EU ABl. EU Nr. L 226 (2015), S. 4
- [9] Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Dezember 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft. ABl. EG Nr. L 23 (2005), S. 3; zul. geänd. Richtlinie 2015/1480/EU, ABl. EU Nr. L 226 (2015), S. 4
- [10] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) vom 2. August 2010. BGBl. I (2010), S. 1065; zul. geänd. BGBl. I (2016), S. 2244
- [11] Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series, No. 23. Hrsg.: World Health Organization, Regional Office for Europe, Kopenhagen 1987
- [12] WHO Air Quality Guidelines for Europe. 2<sup>nd</sup> ed. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. Hrsg.: World Health Organization, Regional Office for Europe, Kopenhagen 2000  
[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf)
- [13] WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Hrsg.: Weltgesundheitsorganisation, Genf 2006  
[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/78638/E90038.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf)
- [14] WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Hrsg.: World Health Organization, Regional Office for Europe, Kopenhagen 2009.  
[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0017/43325/E92645.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf)

- [15] WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Hrsg.: World Health Organization Regional Office for Europe, Kopenhagen 2010.  
[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/128169/e94535.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf)
- [16] VDI 2310 Blatt 1: Maximale Immissions-Werte – Zielsetzung und Bedeutung der Richtlinienreihe VDI 2310 (12/2010). Beuth, Berlin 2010
- [17] Bekanntmachung des Bundesgesundheitsamtes: Bewertung der Luftqualität in Innenräumen. Bundesgesundheitsbl. 36 (1993) Nr. 3, S. 117-118
- [18] VDI 2310 Blatt 15: Maximale Immissions-Werte zum Schutz des Menschen – Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon (12/2001). Beuth, Berlin 2001
- [19] Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom. ABl. EU Nr. L 13 (2014), S. 1; ber. ABl. EU Nr. L 72 (2016), S. 69
- [20] VDI 2310 Blatt 12: Maximale Immissions-Werte zum Schutz des Menschen – Maximale Immissions-Konzentrationen für Stickstoffdioxid (12/2004). Beuth, Berlin 2004
- [21] Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 50 (2007) Nr. 7, S. 990-1005
- [22] *Schlechter, N.; Pohl, K.; Barig, A.; Kupka, S.; Kleine, H.; Gabriel, S.; Van Gelder, R.; Lichtenstein, N.; Hennig, M.*: Beurteilung der Raumluftqualität an Büroarbeitsplätzen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 64 (2004) Nr. 3, S. 95-99
- [23] *von Hahn, N.; Van Gelder, R.; Breuer, D.; Hahn, J.-U.; Gabriel, S.; Kleine, H.*: Ableitung von Innenraum-arbeitsplatz-Referenzwerten. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 71 (2011) Nr. 7/8, S. 314-322
- [24] *Breuer, D.; Friedrich, C.; Moritz, A.*: VOC (Volatile Organic Compounds, flüchtige organische Verbindungen) (Kennzahl 8936). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 45. Lfg. X/10. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989  
[www.ifa-arbeitsmappedigital.de/8936](http://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/8936)
- [25] *Assenmacher-Maiworm, H.; Hahn, J.-U.*: Aldehyde (Kennzahl 6045). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 39. Lfg. XI/07. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. Erich Schmidt – Losebl.-Ausg. 1989  
[www.ifa-arbeitsmappedigital.de/6045](http://www.ifa-arbeitsmappedigital.de/6045)
- [26] Innenraum-arbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld. Report der gewerblichen Berufsgenossenschaften, der Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand und des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung – IFA. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin, 2013  
[www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode d650356
- [27] *Neumann, H.-D.*: Luftqualität und Lüftung in Schulen. Gefahrstoffe – Reinhalt. der Luft 71 (2011) Nr. 11/12, S. 495-497
- [28] *Neumann, H.-D.; Buxtrup, M.; von Hahn, N.; Koppisch, D.; Breuer, D.; Hahn, J.-U.*: Vorschlag zur Ableitung von Innenraum-arbeitsplatz-Referenzwerten in Schulen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 72 (2012) Nr. 7/8, S. 291-297
- [29] Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06 – Innenraumluft – Flüchtige organische Verbindungen in der Innenraumluft in Haushalten mit Kindern in Deutschland. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin 2010
- [30] AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V. (AGÖF), Springe-Eldagsen.  
<http://www.agoef.de/orientierungswerte/agoef-voc-orientierungswerte.html>
- [31] *Mattenklott, M.; Höfert, N.*: Stäube an Arbeitsplätzen und in der Umwelt – Vergleich der Begriffsbestimmungen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 69 (2009) Nr. 4, S. 127-129
- [32] Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Gesundheitliche Bedeutung von Feinstaub in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 51 (2008) Nr. 7, S. 1370-1378





# Biologische Einwirkungen

## 1 Einführung und Erläuterungen

In der Umwelt erfüllen viele Mikroorganismen (z. B. Bakterien, Pilze) nützliche Funktionen. Einige dieser Mikroorganismen können Erkrankungen hervorrufen. Davon können auch Beschäftigte betroffen sein.

Die Biostoffverordnung (BioStoffV) zum Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Biostoffe bei der Arbeit stellt die nationale Umsetzung der Richtlinie 2000/54/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 18. September 2000 zu dieser Thematik dar [1]. Die BioStoffV trat am 1. April 1999 erstmals in Kraft. Am 15. Juli 2013 wurde die erste Neufassung der Biostoffverordnung veröffentlicht [2].

Gemäß dieser Verordnung ist der Arbeitgeber verpflichtet, für jede berufliche Tätigkeit, bei der eine Exposition gegenüber biologischen Agenzien erfolgen kann, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen, um die Risiken für die Beschäftigten abzuschätzen und ggf. Schutzmaßnahmen festlegen zu können. Die BioStoffV regelt auch Maßnahmen zum Schutz anderer Personen, soweit diese aufgrund des Verwendens von Biostoffen gefährdet werden können.

Nach § 3 der BioStoffV werden Biostoffe entsprechend dem von ihnen ausgehenden Infektionsrisiko in vier Risikogruppen unterteilt:

1. Biostoffe der Risikogruppe 1 sind solche, bei denen es unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit hervorrufen.
2. Biostoffe der Risikogruppe 2 sind solche, die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine Gefahr für Beschäftigte darstellen können; eine Verbreitung des Agens in der Bevölkerung ist unwahrscheinlich; eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich.
3. Biostoffe der Risikogruppe 3 sind solche, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für Beschäftigte darstellen können, die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung kann bestehen, doch ist normalerweise eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung möglich.
4. Biostoffe der Risikogruppe 4 sind solche, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für Beschäftigte darstellen; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung ist unter Umständen groß; normalerweise ist eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung nicht möglich.

Für die Einstufung biologischer Arbeitsstoffe in die Risikogruppen 2 bis 4 gilt nach § 3 der BioStoffV der Anhang III der Richtlinie 2000/54/EG [1]. Wird der Anhang im Verfahren nach Artikel 19 dieser Richtlinie an den technischen Fortschritt angepasst, so kann die geänderte Fassung bereits ab ihrem Inkrafttreten angewendet werden. Sie ist nach dem Ablauf der festge-

legten Umsetzungsfrist anzuwenden. In der Technischen Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 450 sind die in Deutschland angewendeten Einstufungskriterien für Biostoffe zusammengefasst [3]. Für die Zuordnung von biologischen Arbeitsstoffen zu Risikogruppen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung stehen weiterhin folgende Quellen zur Verfügung:

1. die Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe zur Einstufung von Pilzen in Risikogruppen (TRBA 460), zur Einstufung von Viren in Risikogruppen (TRBA 462), zur Einstufung von Parasiten in Risikogruppen (TRBA 464), zur Einstufung von Bakterien (*Bacteria*) und Archaeobakterien (*Archaea*) in Risikogruppen (TRBA 466) sowie zur Einstufung von Zellkulturen in Risikogruppen und Zuordnung der Tätigkeiten mit diesen Zellkulturen zu einer Schutzstufe [4 bis 8]
2. die Merkblätter „Sichere Biotechnologie“ der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie [9]
3. die Einstufungsliste der Zentralen Kommission für die Biologische Sicherheit (ZKBS) [10]

Grenzwerte für biologische Agenzien in der Luft am Arbeitsplatz liegen zurzeit weder auf europäischer noch auf nationaler Ebene vor. Für Rohbaumwollstaub und Holzstaub, die ebenfalls biologischen Ursprungs sind, existieren dagegen über das Technische Regelwerk für Gefahrstoffe (TRGS 900 – Arbeitsplatzgrenzwerte) bzw. die Richtlinie 2004/37/EG Grenzwerte am Arbeitsplatz. Daneben liegen toxikologisch begründete Arbeitsplatzgrenzwerte für einige chemische Verbindungen vor, die auch von Bakterien und Pilzen in größeren Mengen freigesetzt werden können, wie z. B. Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) oder Acrolein.

Weiterhin werden für die Bereiche Produktschutz und Hygienestandard Reinheitsklassen für Räume auf der Grundlage des Mikroorganismengehaltes in der Luft definiert. Sie sind beispielsweise im Krankenhaus, bei der Lebensmittel- und Pharmazeutikaherstellung oder in der mikroelektronischen Fertigung von Bedeutung.

Dem Schutz des Verbrauchers dienen Grenzwerte für den Mikroorganismengehalt von Trinkwasser, Badewasser und Lebensmitteln. Allen diesen Grenzwerten ist gemeinsam, dass sie ursächlich nicht für den Arbeitsschutz konzipiert wurden und höchstens indirekt für diesen Bereich bedeutsam sind. Für die Beurteilung mikrobiologischer Arbeitsplatzbelastungen lassen sich folgende Größen heranziehen:

- a) anzüchtbare und auszählbare Gesamtkoloniezahl der Bioaerosole (z. B. Schimmelpilze allgemein, ohne Artendifferenzierung)
- b) spezifische anzüchtbare und auszählbare Mikroorganismen im Sinne von Leitkeimen wie z. B. *Aspergillus fumigatus* in Kompostieranlagen
- c) spezifische infektiöse Mikroorganismen (z. B. *Legionella pneumophila*, *Mycobacterium tuberculosis*)

- d) Zellwandbestandteile und Bestandteile von biologischen Partikeln (z. B. Endotoxine,  $\beta$ 1 $\rightarrow$ 3-Glucane u. a. Allergene)
- e) Gesamtzellzahlbestimmung nach DAPI-Färbung und fluoreszenzmikroskopischer Analyse

Insbesondere an Arbeitsplätzen, an denen gemäß § 2 der BioStoffV sogenannte nicht gezielte Tätigkeiten mit Biostoffen durchgeführt werden, kann eine Vielzahl von biologischen Agenzien bzw. Bioaerosolen mit möglicher sensibilisierender oder toxischer Wirkung vorkommen, z. B. Abfall- oder Landwirtschaft. Zur Abschätzung der Größenordnung einer Belastung erscheint es zunächst sinnvoll, Summen- oder Gruppenparameter, wie z. B. die Koloniezahl der anzüchtbaren Bakterien bzw. Schimmelpilze oder die Endotoxinkonzentration in der Arbeitsplatzatmosphäre, zu bestimmen. Darüber hinaus kann auch das Vorkommen von Leitorganismen zur Beurteilung herangezogen werden, sofern solche für bestimmte Arbeitsbereiche bekannt sind.

Bei speziellen Fragestellungen wie z. B. der Auslösung bestimmter Infektionskrankheiten oder dem Vorliegen von Allergien gegen bestimmte Schimmelpilzarten empfiehlt sich weiterhin die gezielte Untersuchung des Vorkommens einzelner Organismenarten oder die Bestimmung der Artenspektren der jeweils vorhandenen Mikroorganismen.

Im Rahmen der Umsetzung der Richtlinie 2000/54/EG wurde vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) der Ausschuss für Biostoffe gebildet (ABAS; [www.baua.de/abas](http://www.baua.de/abas)).

Eine der Hauptaufgaben des Arbeitskreises (AK) Arbeitsplatzbewertung im ehemaligen Unterausschuss (UA) 1 Grundsatz- und Anwendungsfragen des ABAS war es, standardisierte Messverfahren für biologische Agenzien am Arbeitsplatz zu erarbeiten sowie Messstrategien für Biostoffe festzulegen. Ziel dieser Vorgehensweise war es, eine einheitliche Beurteilung von Arbeitsbereichen hinsichtlich der mikrobiologischen Belastung sicherzustellen. So gewonnene, vergleichbare Daten können beispielsweise zur Ableitung von Technischen Kontrollwerten (TKW) für bestimmte Arbeitsbereiche herangezogen werden.

Bisher wurden Messverfahren zur Bestimmung der Schimmelpilz-, Bakterien- und Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz erarbeitet und in der IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen veröffentlicht [11]. Um das Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz zu validieren, wurden unter der Federführung des IFA zwei Ringversuche mit realen Proben sowie mit in einem Staubkanal unter definierten Bedingungen beaufschlagten Probenträgern durchgeführt [12; 13]. Sowohl die grundlegende Messstrategie-Basisregel als auch das Messverfahren zur Schimmelpilzbestimmung wurden vom BMAS im Bundesarbeitsblatt als Technische Regel für Biostoffe (TRBA) veröffentlicht [14; 15]. Das Messverfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz wurde im März 2003 als TRBA zurückgezogen. Das in der IFA-Arbeitsmappe unter der Kennzahl 9420 veröffentlichte Verfahren entspricht im Wortlaut jedoch der mittlerweile aufgehobenen TRBA 430. Das Verfahren zur Erfassung der Exposition gegenüber Biostoffen mithilfe der Gesamtzellzahlbestimmung wurde in der Zeitschrift Gefahr-

stoffe – Reinhaltung der Luft und als VDI-Richtlinie veröffentlicht [16 bis 19].

Der Arbeitskreis Arbeitsplatzbewertung ist heute im Unterausschuss (UA) 1, Grundsatzfragen und neue Entwicklungen, des ABAS angesiedelt. Er berät das BMAS u. a. auch in Fragen zur Stellungnahme zu in anderen europäischen Staaten bestehenden Richtwerten für Bioaerosole wie dem Endotoxinrichtwert in den Niederlanden und zur Ableitung von Technischen Kontrollwerten.

## 2 Kontrollwertkonzept

Das Kontrollwertkonzept für Biostoffe wurde im AK Arbeitsplatzbewertung im ehemaligen UA 1 des ABAS erarbeitet und mit Beschluss des ABAS vom September 2000 in der TRBA 405 veröffentlicht [14]. Mit der Neufassung der BiostoffV wurde es im Jahr 2013 dort ebenfalls verankert (§ 8, 6 Grundpflichten).

Nach § 4 der BioStoffV ist der Arbeitgeber verpflichtet, bei Tätigkeiten mit Biostoffen anhand von Informationen zu Art, Ausmaß und Dauer der Exposition von Arbeitnehmern gegenüber diesen Agenzien eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen [2]. Eine Verpflichtung zur Durchführung von Messungen biologischer Agenzien ist damit laut BioStoffV nicht verbunden. Lediglich in Einzelfällen – wie z. B. bei der Einführung neuer Arbeitsverfahren oder wenn eine mögliche Kontamination eines Arbeitsplatzes untersucht werden soll – kann es erforderlich sein, die mikrobiologische Belastung der Luft am Arbeitsplatz zu bestimmen. Eine Zuordnung zu Schutzstufen erfolgt ausschließlich aufgrund der Infektionsgefährdung vorkommender Biostoffe und nur für Tätigkeiten in Laboratorien, in der Versuchstierhaltung, in der Biotechnologie sowie in Einrichtungen des Gesundheitsdienstes. Auch für Tätigkeiten mit Biostoffen in anderen Bereichen, (z. B. Abfallwirtschaft, Landwirtschaft) muss die Gefährdung ermittelt und müssen ggf. Schutzmaßnahmen festgelegt werden. Sie werden jedoch keinen Schutzstufen zugeordnet.

### 2.1 Technischer Kontrollwert

Ein Technischer Kontrollwert (TKW) legt diejenige Konzentration biologischer Arbeitsstoffe in der Luft für einen Arbeitsbereich, ggf. auch für ein bestimmtes Verfahren oder einen bestimmten Anlagentyp, fest, die grundsätzlich nach dem Stand der Technik erreicht werden kann.

Solch ein Wert dient der Beurteilung von technischen Schutzmaßnahmen und wird vom ABAS bestimmt. Er kann als Summenwert oder bezogen auf Mikroorganismengruppen definiert werden. Ein TKW ist an die jeweils dafür festgelegte Messstrategie gebunden.

Für die Festlegung der Höhe eines TKW sind maßgebend:

- der jeweilige Stand der technischen Maßnahmen; bei unterschiedlichen Verfahren können auch unterschiedliche TKW für die gleichen biologischen Parameter festgelegt werden
- die Berücksichtigung arbeitsmedizinischer, toxikologischer und epidemiologischer Erfahrungen

TKW liefern keine Aussagen zu Korrelationen zwischen Expositionen und damit verbundenen möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Beschäftigten. Da für die durch den TKW erfassten biologischen Arbeitsstoffe in der Regel keine Wirkungsschwelle ermittelt werden kann und auch bei Einhaltung der TKW eine Beeinträchtigung der Gesundheit nicht auszuschließen ist, sind fortgesetzte Verbesserungen der Arbeitsverfahren und der technischen Schutzmaßnahmen notwendig. Es gilt das Minimierungsgebot nach § 9 Abs. 3 BioStoffV. TKW werden vom ABAS laufend an den Stand der technischen Entwicklung, der analytischen Möglichkeiten sowie der Überprüfung nach dem Stand der Wirkungsforschung angepasst.

## 2.2 Messstrategie/Messverfahren

Für Biostoffe an Arbeitsplätzen gibt es verschiedene Quellen. Im Rahmen der Ermittlungen zu biologischen Agenzien können zahlreiche Informationen zur potenziellen Quelle, zur Art des emittierten Biostoffs sowie zu den daraus folgenden Charakteristika und zu den Umgebungsbedingungen anfallen (z. B. Lufttemperatur und -feuchtigkeit).

Grundsätzlich obliegt es dem Unternehmer, eine Gefährdungsbeurteilung nach den Vorgaben des Arbeitsschutzgesetzes durchzuführen. Hierbei soll z. B. die TRBA 400 – Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unterrichtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen – Hilfestellung leisten [20]. An vielen Arbeitsplätzen besteht eine luftgetragene Exposition gegenüber Biostoffen. Neben ihrer infektiösen Wirkung soll nach BioStoffV auch beurteilt werden, ob durch die vorhandenen Biostoffe auch eine Gefährdung durch sensibilisierende oder toxische Wirkungen besteht. In der Neufassung der TRBA 400 wurde dies mit der Einführung des Konzepts der Expositionsstufen berücksichtigt. Per Konvention wurden zunächst für Schimmelpilze und Endotoxine sogenannte Expositionsstufen festgelegt, die im Vergleich zur Außenluft als erhöht, hoch oder sehr hoch einzustufen sind. Aus dieser Einstufung lässt sich keine gesundheitsbasierte Aussage zur Gefährdung ableiten. Es ist jedoch anzunehmen, dass eine Gefährdung mit Höhe, Dauer und Häufigkeit der Exposition zunimmt. Auch wenn keine Messergebnisse vorliegen, können Tätigkeiten anhand von Tätigkeits- und Arbeitsplatzmerkmalen, die die Expositionshöhe beeinflussen, Expositionsstufen zugeordnet werden. Darüber hinaus sind in einer Anlage Informationen zusammengefasst, in welchen Arbeitsbereichen mit welchen Expositionsstufen für die oben genannten Biostoffe zu rechnen ist. Aus Dauer und Häufigkeit einer Exposition ergibt sich die Expositionszeit. Auf der Grundlage von Expositionsstufe und Expositionszeit werden drei Gefährdungsstufen abgeleitet. Aus diesen Gefährdungsstufen ergeben sich letztendlich die Anforderungen an die Schutzmaßnahmen.

Aus einem nach dem optischen Eindruck nicht einwandfreien Befund an Arbeitsplätzen lässt sich nicht automatisch ein Messbedarf ableiten. Oftmals können die Beseitigung von Emissionsquellen für Biostoffe und das Ergreifen geeigneter Schutzmaßnahmen auch ohne Messung erfolgen. Andererseits bedeutet ein optisch einwandfreier Befund bei der Begehung nicht zwingend, dass keine biologischen Agenzien in höherer Zahl vorkommen können.

Besteht aus einem der im zweiten Abschnitt des Kapitels „Kontrollwertkonzept“ genannten Gründe ein Messbedarf, so ist grundsätzlich auf die für die Messung von Mikroorganismen in der Luft ausgelegte Messstrategie TRBA 405 – Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe – zurückzugreifen [14]. Bei der Messplanung sind Messparameter, Messverfahren, Messorte, Messdauer sowie die Anzahl der zu beaufschlagenden Probenträger festzulegen. Bei der Messung der mikrobiologischen Belastung in der Luft in Arbeitsbereichen sollten standardisierte Messverfahren angewendet werden, wie sie beispielsweise in der IFA-Arbeitsmappe veröffentlicht werden [11]. Erkenntnisse und Ergebnisse aus der Validierung dieser Messverfahren und damit verbundene aktuelle Verfahrensanpassungen sollten dabei berücksichtigt werden, z. B. [12; 13; 21]. In den entsprechenden Texten werden dem Benutzer auch Hinweise zur Durchführung der Messung, z. B. hinsichtlich der maximalen Messdauer, gegeben.

Zusätzlich zu den Luftmessungen können bei mikrobiologischen Ermittlungen an Arbeitsplätzen weitere Untersuchungen sinnvoll sein, z. B. die Bestimmung des Mikroorganismengehaltes von Flüssigkeiten, Materialproben oder Oberflächen.

Im Einzelfall können zur Beurteilung möglicher Belastungen von Arbeitsplätzen mit Biostoffen neben einer Messung mit mikrobiologischen Verfahren ergänzend auch andere aussagekräftige Methoden – z. B. Staubmessungen – zum Einsatz kommen.

## 2.3 Schwankungsbreite von Messergebnissen

Der Gehalt an Biostoffen in der Luft in Arbeitsbereichen kann, je nach Arbeitsplatz oder Anlagentyp, erheblich schwanken. Solche Schwankungen können z. B. durch die klimatischen, Lüftungs- und verarbeitungstechnischen Verhältnisse oder durch das verarbeitete Material, aber auch durch die Zusammensetzung der jeweils vorhandenen Mikroorganismenpopulation selbst, bedingt sein. An ein und demselben Arbeitsplatz können deshalb an verschiedenen Messtagen unterschiedliche Konzentrationen von Biostoffen festgestellt werden. In der Literatur sind in identischen Arbeitsbereichen geometrische Standardabweichungen der gemessenen Konzentrationen im Bereich von 1,6 bis 4 dokumentiert worden [22]. Auch zwischen den Ergebnissen aus stationären Messungen, die auf den gesamten Arbeitsbereich bezogen sind, und solchen aus personengetragenen Messungen können grundsätzlich Unterschiede bestehen [23].

Durch die Messgröße selbst (lebendes Material, Mischpopulationen oder Stoffgruppen, Abhängigkeit von Umweltfaktoren wie Substratangebot und Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Temperatur, Feuchtigkeit) sind Variabilitäten bei der Bestimmung von Biostoffen vorgegeben. Aus diesem Grund wurde versucht, die Messverfahren weitestgehend zu standardisieren, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Mithilfe von Ringversuchen wurden die Leistungsdaten solcher mikrobiologischer Messverfahren ermittelt bzw. überprüft [12; 13; 22; 24].

## 2.4 Glossar

### Biostoffe

Mikroorganismen, Zellkulturen, Endoparasiten sowie stationäre Ektoparasiten einschließlich ihrer gentechnisch veränderten Formen, mit Transmissibler Spongiformer Enzephalopathie (TSE) assoziierte Agenzien und künstlich geschaffene oder veränderte biologische Einheiten, die den Menschen durch Infektionen, übertragbare Krankheiten, Toxinbildung oder sensibilisierende Wirkungen gefährden können.

### Biologische luftgetragene Kontaminanten

- Bioaerosole
- flüchtige von Organismen freigesetzte Verbindungen, z. B. Aceton, Aldehyde, Alkohole, Amine, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Schwefeldioxid
- biologische Produkte, z. B. Enzyme, Mykotoxine

### Bioaerosole

Luftgetragene biologische Partikel, die aus lebenden Organismen zusammengesetzt sind oder von diesen produziert wurden

- Mikroorganismen, anzüchtbare und nicht anzüchtbare (Bakterien, Pilze, Algen, Protozoen einschließlich Viren)
- Pollen
- Bestandteile von lebenden Organismen, z. B. Zellwandkomponenten oder Zellinhaltsstoffe, Federn, Speichel, Kot

### Hintergrundkonzentration in der Außenluft

Die am Tage der betrieblichen Messung vorliegende Konzentration von Biostoffen (Schimmelpilze, Bakterien, Endotoxine u.a.) in der Außenluft (Angabe pro m<sup>3</sup> Luft), die auf dem Betriebsgelände oder in unmittelbarer Nachbarschaft gemessen wurde.

Die Messung der Hintergrundkonzentration in der Außenluft dient als Referenz zur Beurteilung der am Probenahmetag ermittelten Konzentration von Biostoffen in der Arbeitsplatzatmosphäre.

Die Höhe des Messwertes in der Außenluft wird durch

- natürliche Quellen (z. B. Vegetation) oder
- anthropogen beeinflusste Quellen (z. B. keimemittierende Tätigkeiten wie Getreideernte)

in der näheren Umgebung des beprobten Betriebes beeinflusst. Sie kann jahreszeitlich variieren [25].

Die Außenluftmessung soll stets auf der dem Wind zugewandten Seite des untersuchten Betriebes erfolgen, um eine Beeinflussung des Wertes durch Keimemissionen aus dem Betrieb selbst weitgehend ausschließen zu können.

### Messung, personenbezogen

Personenbezogene Messungen zur Expositionsermittlung werden im Atembereich der Beschäftigten personengetragen oder ortsfest (stationär) durchgeführt. Messungen zur Beurteilung von Tätigkeiten, die einen Arbeitsplatzwechsel erfordern, sollten vorrangig als personengetragene Messungen durchgeführt werden. Ist eine solche Messung aus technischen Gründen nicht möglich oder wegen eines räumlich eng begrenzten Einsatzes der Beschäftigten oder der Gleichförmigkeit der Konzentrationsverhältnisse im Arbeitsbereich nicht erforderlich, können auch ortsfeste Messungen zur Expositionsermittlung erfolgen. Dabei ist auf eine Entnahme der Luftprobe in Atemhöhe (z. B. 150 bis 165 cm bei stehender, 110 cm bei sitzender Tätigkeit) und in unmittelbarer Nähe der Beschäftigten zu achten.

### Messung, ortsbezogen

Ortsbezogene Messungen erfolgen ohne Personenbezug und werden in der Regel zur Beurteilung der Emission aus technischen Anlagen/Maschinen durchgeführt, z. B. am Luftauslass einer raumlufttechnischen Anlage.

### MVOCs

Microbial volatile organic compounds = englisch für leicht flüchtige organische Verbindungen mikrobiellen Ursprungs

## 3 Grenzwerte

Arbeitsmedizinisch-epidemiologisch begründete Grenzwerte für Bioaerosole in der Luft am Arbeitsplatz liegen derzeit nicht vor.

### 3.1 Technischer Kontrollwert für biologische und andere Abfallbehandlungsanlagen

Das Prinzip des technischen Kontrollwertes wurde bisher nur einmal, im Bereich der Abfallwirtschaft, umgesetzt: Auf der Grundlage von Untersuchungen zur mikrobiellen Luftbelastung in 32 Wertstoffsortieranlagen [26] wurde im Auftrag des BMAS in der Vergangenheit ein Schutzkonzept für Abfallsortieranlagen erarbeitet, das im Juni 1999 als TRBA im Bundesarbeitsblatt veröffentlicht wurde. Im Zusammenhang mit der Veröffentlichung der TRBA „Biologische Abfallbehandlungsanlagen: Schutzmaßnahmen“ hat der AK Abfallwirtschaft im UA 2 Schutzmaßnahmen des ABAS erstmals einen Technischen Kontrollwert formuliert. Dieser TKW wurde auf  $5 \cdot 10^4$  KBE/m<sup>3</sup> Atemluft als Summenwert für mesophile Schimmelpilze festgelegt. Er galt ausschließlich für die Kontrolle von Schutzmaßnahmen in Sortierkabinen, Kabinen und Steuerständen und war bis August 2003 zur Erprobung ausgeschrieben. In einer Studie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) wurde die Einhaltung dieses TKW überprüft. Dazu wurden in der warmen Jahreszeit 2004 die Gehalte an mesophilen Schimmelpilzen an Arbeitsplätzen in 26 ausgewählten biologischen Abfallbehandlungsanlagen untersucht. Die Studie zeigte, dass bei konsequenter Umsetzung des in der TRBA 211 beschriebenen Konzeptes sich ergänzender Schutzmaßnahmen der TKW an den Arbeitsplätzen des Anwendungsbereiches (Sortierkabinen, Leitwarten, Radladerkabinen) in der Regel eingehalten wurde [27]. Im Juli 2007 wurde die TRBA 211 „Biologische Abfallbehandlungsanlagen: Schutzmaßnahmen“ daraufhin

aufgehoben. Die TRBA 210 „Abfallsortieranlagen: Schutzmaßnahmen“ und der Beschluss 607 „Anforderungen an Sortieranalysen“ wurden inhaltlich ebenfalls in die neue TRBA 214 „Abfallbehandlungsanlagen einschließlich Sortieranlagen in der Abfallwirtschaft“ integriert [28].

Der dort festgelegte TKW von  $5 \cdot 10^4$  KBE pro  $m^3$  Atemluft als Summenparameter für mesophile Schimmelpilze gilt für die Kontrolle von Schutzmaßnahmen an Arbeitsplätzen in Sortierkabinen, Kabinen, Führerhäusern und Steuerständen in folgenden Anlagentypen:

- Sortieranlagen, z. B. für Verpackungsabfälle, Siedlungsabfälle, Altpapier, Glas-, Bauschutt- und Baumischabfälle
- Kompostierungsanlagen (Anlagen zur Erzeugung von Kompost aus organischen Abfällen)
- abfallvergärende Biogasanlagen
- mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen (MBA)
- mechanisch-physikalische Abfallbehandlungsanlagen/ Stabilisierungsanlagen (MPS)
- Abfallumladestationen

### 3.2 Endotoxine

Zur Beurteilung von Endotoxinkonzentrationen wurde in der Vergangenheit zunächst ein Richtwert von 50 EU (engl. Endotoxin units) pro  $m^3$  Luft als 8-Stunden-Mittelwert vorgeschlagen, der mithilfe eines standardisierten Messverfahrens ermittelt wurde [29; 30]. Zahlreiche Messungen in der Praxis zeigten, dass die Endotoxinkonzentrationen in vielen Arbeitsbereichen wesentlich höher liegen, ohne dass entsprechende Erkrankungen auftreten. Es wurde vielfach diskutiert, ob dieses Ergebnis möglicherweise auch durch große Schwankungsbreiten bei der Probenahme und der Durchführung der Analysenmethode bedingt sein könnte. Im Arbeitskreis „Arbeitsplatzbewertung“ im ehemaligen UA 1 des ABAS wurde deshalb unter Einbindung nation-

aler Experten eine Stellungnahme zur Einschätzung im Hinblick auf die praktische Umsetzbarkeit dieses Richtwertes erarbeitet [31]. Die Auswertung von 25 wissenschaftlichen Studien, in denen an unterschiedlichen Arbeitsplätzen Endotoxinaktivitäten bestimmt wurden, zeigte eine sehr große Variationsbreite dieser Ergebnisse. In den meisten Fällen wurde die Endotoxinaktivität mithilfe des als Standardverfahren beschriebenen Limulus-Amoebocyten-Lysat-(LAL)-Tests bestimmt [11]. Teilweise erfolgten die Endotoxinanalysen jedoch unter sehr unterschiedlichen Bedingungen hinsichtlich der zur Probenahme verwendeten Filter, Extraktion der Proben und Lagerung der Extrakte bis zur Analyse. Aus der bisher vorliegenden Datenbasis können daher weder präzise Angaben für einzelne Branchen entnommen werden noch erlaubt sie die Ableitung eines Schwellen- oder Grenzwertes für Endotoxine [32].

### 3.3 Luftbefeuchtungseinrichtungen

Für den hygienisch einwandfreien Betrieb von Luftbefeuchtungseinrichtungen fordert die Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse in ihrem Geltungsbereich die Einhaltung der Richtwerte 1000 KBE/ $m^3$  Atemluft am Arbeitsplatz und 1000 KBE/ml im Befeuchterwasser. Werden diese Werte übertroffen, sind Wartungs-, Reinigungs- bzw. Sanierungsarbeiten der Anlagen angezeigt [33].

### 3.4 Innenräume

Für die Bewertung des Vorkommens von Biostoffen in der Luft in Innenräumen, insbesondere in Büroräumen, werden in der Literatur unterschiedliche Herangehensweisen vorgeschlagen (Zusammenfassung siehe [34]). Manche Autoren bewerten bereits Messwerte aus Innenräumen, die um 100 KBE/ $m^3$  Luft höher liegen als die Außenluftreferenz, als Schimmelpilzbelastung [35]. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich betont werden, dass es sich bei allen Werten um reine Erfahrungsrichtwerte der jeweiligen Autoren handelt. Dies gilt auch für Werte, die in einem Leitfaden des Landesgesundheitsamts Stuttgart zur Beurteilung des Vorkommens von Schimmelpilzen in Innenräumen genannt werden [36]. Die Broschüre enthält viele wertvolle Hinweise zur Thematik.

An verschiedenen Arbeitsplätzen vorkommende biologische Arbeitsstoffe und von ihnen ausgelöste Erkrankungen (Beispiele – ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

- EAA = Exogen-allergische Alveolitis
- ODTS = Organic Dust Toxic Syndrome
- FSME = Frühsommer-Meningoenzephalitis

Tätigkeiten/Arbeitsbereiche	Mögliche Erkrankungen	Mögliche Erreger/Allergene/Toxine
Landwirtschaft (z. B. Getreide-, Milchproduzenten, Tierzüchter)	Allergien Farmerlunge (EAA) ODTS Zoonosen, z. B. Leptospirose Brucellose Q-Fieber Listeriose Hautmykosen  Hautinfektion (Lymphadenitis)	Schimmelpilze Actinomyceten <i>Erwinia herbicola</i> u. a.  <i>Leptospira interrogans</i> <i>Brucella spec.</i> <i>Coxiella burnetii</i> <i>Listeria monocytogenes</i> Dermatophyten ( <i>Trichophyton spp.</i> ) <i>Melkerknotenvirus</i> , <i>Orfvirus</i>
Veterinäre, Tierpfleger, Fleischverarbeitung, Zoobarbeiter	Zoonotische Infektionen (siehe „Landwirtschaft“)	Bakterien, Pilze, Viren
Fischerei, Aquarienhandlungen	kutane Mycobacteriosen Leptospirose	<i>Mycobacterium marinum</i> <i>Leptospira interrogans</i>

Tätigkeiten/Arbeitsbereiche	Mögliche Erkrankungen	Mögliche Erreger/Allergene/Toxine
Vogelzucht	Vogelhalterlunge (EAA) Lungenkrebs Ornithose Kryptokokkose	mikrobiell belasteter Kot mikrobiell belasteter Kot <i>Chlamydia psittaci</i> <i>Cryptococcus neoformans</i>
Gärtnerei, Pilzzucht	Tetanus Zoonosen (s. o.) Pilzsporen-Alveolitis (EAA) Pilzarbeiterlunge	<i>Clostridium tetani</i> Bakterien Austernseitlinge Actinomyceten im Kompost
Forstwirtschaft	Frühsommer-Meningoenzephalitis Borreliose Tollwut Sporotrichosenmykose	FSME-Virus <i>Borrelia burgdorferi</i> Rabiesvirus <i>Sporothrix schenckii</i>
Lederindustrie, Pelzindustrie	Zoonosen, z. B. Milzbrand Erysipeloid Hautmykosen	<i>Bacillus anthracis</i> <i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> <i>Trichophyton mentagrophytes</i>
Textilindustrie, Baumwoll-, Flachs-, Hanfspinnerei	Byssinose	Endotoxine, gramnegative Bakterien, <i>Erwinia herbicola</i>
Müllverarbeitung, Müllsortierung, Kompostieranlagen, Deponien	Allergien EAA ODTS Infektionen, z. B. Gastroenteritis Aspergillose, Aspergillom	Schimmelpilze, Actinomyceten, gramnegative Bakterien  Enteroviren, Enterobakterien <i>Aspergillus fumigatus</i>
Großhandel, Lagerei, Brauerei, Getreidesilos (z. B. Malz, Nüsse, Kräuter)	EAA, z. B. Obstbauerlunge  Malzarbeiterlunge  Bagassose ODTS	<i>Penicillium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Mucor mucedo</i> <i>Thermoactinomyces sacchari</i> Endotoxine, gramnegative Bakterien
Sägewerke, Holzverarbeitung, Papierwerke	Holzarbeiterlunge (EAA)  ODTS	Schimmelpilze ( <i>Alternaria</i> , <i>Aspergillus</i> ), gramnegative Bakterien Endotoxine
Archive, Museen, Büchereien	ODTS Allergien	Endotoxine Schimmelpilze ( <i>Penicillium</i> u. a.) gramnegative Bakterien
Druckereien luftbefeuchtete Räume (Raumlufttechnische Anlagen, Luftbefeuchter)	ODTS, z. B. Befeuchterfieber  Pontiacfieber  Befeuchterlunge (EAA) <i>Asthma bronchiale</i> Legionärkrankheit Sick-Building-Syndrom	Endotoxine (gramnegative Bakterien) Endotoxine ( <i>Legionella pneumophila</i> ) gramnegative Bakterien Schimmelpilze, Actinomyceten <i>Legionella pneumophila</i> gramnegative Bakterien, Schimmelpilze
Metallver- und -bearbeitung (Kühlschmierstoffeinsatz)	Wundinfektion  Lungeninfektion <i>Asthma bronchiale</i> Befeuchterlunge (EAA) Kontaktdermatitis	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus</i> <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> Schimmelpilze, Bakterien
Schwimmbäder, Saunen, Whirlpools	Whirlpool-Dermatitis <i>Otitis media</i> Legionellose Hautmykosen Schwimmbad-Konjunktivitis Augen-, Lungeninfektion Gastroenteritis	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>  <i>Legionella pneumophila</i> Dermatophyten <i>Chlamydia trachomatis</i> Adenoviren, Reoviren Norwalk-, Rotaviren
Wäschereien	Hautmykosen Allergien	Dermatophyten Schimmelpilze
Bergwerke	Hautmykosen Leptospirose	<i>Trichophyton spp.</i> <i>Leptospira interrogans</i>
Kläranlagen, Kanalarbeiten	Hepatitis A Salmonellose Enterovirose Leptospirose	Hepatitis-A-Virus <i>Salmonella enteritidis</i> Echo-, Rotavirus <i>Leptospira interrogans</i>

Tätigkeiten/Arbeitsbereiche	Mögliche Erkrankungen	Mögliche Erreger/Allergene/Toxine
Biotechnologie, Lebensmittelindustrie	Allergien  Hautirritationen ODTS	biotechnologische Produkte, Schimmelpilze Proteasen von <i>Bacillus subtilis</i> Endotoxine
Bäckereien	Bäckerasthma	u. a. Pilze, Bakterien, Amylasen
Gesundheitswesen, Krankenhäuser, Diagnose-Laboratorien, Rettungsdienste, Polizei	verschiedene Infektionen, z. B. Hepatitis B Tuberkulose Keuchhusten Aids	Hepatitis-B-Virus <i>Mycobacterium tuberculosis</i> <i>Bordetella pertussis</i> HIV-Virus

#### 4 Literatur

- [1] Richtlinie 2000/54/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 18. September 2000 über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit (7. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikel 16 Abs. 1 der Richtlinie 89/391/EWG) ABl. EG (2000) Nr. L 262 S. 21
- [2] Verordnung über Sicherheit und und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BiostoffV) vom 15. Juli 2013. BGBl. I, S. 2514
- [3] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Einstufungskriterien für Biostoffe (TRBA 450). Ausg. 6/2016. GMBL. (2016) Nr. 23, S. 445
- [4] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Pilzen in Risikogruppen (TRBA 460). Ausg. 7/2016. GMBL. (2016) Nr. 29/30, S. 562  
1. Änderung: GMBL. (2016) Nr. 42, S. 839
- [5] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Viren in Risikogruppen (TRBA 462). Ausg. 4/2012. GMBL. (2012) Nr. 15-20, S. 299-372  
1. Änderung: GMBL. (2015) Nr. 29, S. 577  
2. Änderung: GMBL. (2016) Nr. 23, S. 454
- [6] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Parasiten in Risikogruppen (TRBA 464). Ausg. 7/2013. GMBL. (2013) Nr. 31, S. 594-619
- [7] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Prokaryonten (*Bacteria* und *Archaea*) in Risikogruppen (TRBA 466). Ausgabe 8/2015. GMBL. (2015) Nr. 46-50, S. 910.  
1. Änderung: GMBL. (2016) Nr. 23, S. 455
- [8] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Liste der Zelllinien und Tätigkeiten mit Zellkulturen (TRBA 468). Ausg. 4/2012. GMBL. (2012) Nr. 15-20, S. 250-299.  
1. Änderung: GMBL. (2015) Nr. 29, S. 578
- [9] Merkblatt B 004: Sichere Biotechnologie, Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Viren (bisher: BGI 631) DGUV Information 213-088, Stand 10/2011
- Merkblatt B 005: Sichere Biotechnologie, Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Parasiten. Besondere Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit Parasiten (bisher: BGI 632). DGUV Information 213-089. Download-Version Stand 9/2014
- Merkblatt B 006: Sichere Biotechnologie, Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Prokaryonten (Bacteria und Archaea, bisher: BGI 633), DGUV Information 213-090, Download-Version Stand 7/2015
- Merkblatt B 007: Sichere Biotechnologie, Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Pilze (bisher: BGI 634). Stand 6/2016
- Merkblatt B 009: Sichere Biotechnologie, Eingruppierung biologischer Agenzien: Zellkulturen (bisher: BGI 636). DGUV Information 213-093, Stand 9/2011
- Hrsg.: Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie. Jedermann-Verlag, Heidelberg
- [10] Liste risikobewerteter Spender- und Empfängerorganismen für gentechnische Arbeiten vom 5. Juli 2013: Excel-sheet, [www.bvl.bund.de](http://www.bvl.bund.de)
- [11] Biologische Arbeitsstoffe – Rechtlicher Hintergrund (Kennzahl 9400). Anwendung von Meßverfahren für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe (Kennzahl 9411). Probenahme von Bioaerosolen am Arbeitsplatz (Kennzahl 9410). Benutzerhinweise für die Auswahl von Meßverfahren für Biostoffe (Kennzahl 9417). Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9420). Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Probenahme mit Abscheidung auf einem Membranfilter und Bestimmung durch Kultivierung) (Kennzahl 9430). Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Kennzahl 9450). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). Berlin. Erich Schmidt, Berlin – Losebl.-Ausg. 1989
- [12] Bestimmung der Konzentration Biologischer Arbeitsstoffe am Arbeitsplatz – Erster Ringversuch „Schimmelpilze“ (Kennzahl 9427). In: IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 18. Lfg. IV/97 Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. Erich Schmidt, Berlin – Losebl.-Ausg. 1989



- [13] *Averdiek, B.; Deininger, C.; Engelhart, S.; Missel, T.; Philipp, W.; Riege, F.; Schicht, B.; Simon, R.*: Bestimmung der Konzentration Biologischer Arbeitsstoffe in der Luft am Arbeitsplatz — Erster Ringversuch Schimmelpilze. Gefahrstoffe — Reinhalt. Luft 57 (1997) Nr. 4, S. 129-136
- [14] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Anwendung von Messverfahren für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 405). Ausg. 5/2001. BArbBl. (2001) Nr. 5, S. 58-61; geändert. BArbBl. (2003) Nr. 3, S. 59-60, BArbBl. (2006) Nr. 7, S. 193-194
- [15] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (TRBA 430). BArbBl. (2001) Nr. 8, S. 79-83 – aufgehoben
- [16] *Klug, K.; Martin, E.; Ernst, S.; Jäckel, U.*: Laborinterne Verfahrenskenngrößen der DAPI (4',6-Diamidino-2-phenylindol)-Gesamtzellzahlbestimmung in Bioaerosolproben von Arbeitsplätzen, Teil I: Zählung und Aufarbeitung nach Fixierung. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 70 (2010) Nr. 10, S. 399-403
- [17] *Klug, K.; Jäckel, U.*: Laborinterne Verfahrenskenngrößen der DAPI (4',6-Diamidino-2-phenylindol)-Gesamtzellzahlbestimmung in Bioaerosolproben von Arbeitsplätzen, Teil II: Aufarbeitungsvorschrift: Lager-, Fixier- Färbezeiten. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 70 (2010) Nr. 10, S. 404-407
- [18] *Klug, K.; Jäckel, U.*: Erfassung der Exposition gegenüber biologischen Arbeitsstoffen über die Arbeitsschicht mithilfe der Gesamtzellzahlbestimmung. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 72 (2012) Nr. 9, S. 373-378
- [19] VDI-Richtlinie 4253, Blatt 4: Bioaerosole und biologische Agenzien: Bestimmung der Gesamtzellzahl mittels Fluoreszenzanalyse nach Anfärbung mit DAPI. Ausg. 2/2013. Beuth, Berlin 2013
- [20] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung und für die Unter richtung der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (TRBA 400). Neufassung März 2017. GMBL. (2017) Nr. 10-11, S. 158-182
- [21] Mikroorganismen in der Arbeitsplatzatmosphäre – Aktinomyceten. KAN-Bericht 13, 2. Aufl. Hrsg.: Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa, Sankt Augustin 1999
- [22] EN 13098: Workplace atmosphere – guidelines for measurement of airborne micro-organisms and endotoxin. Brüssel, September 2000
- [23] *Esmen, N. A.; Hall, T. H.*: Theoretical investigation of the interrelationship between stationary and personal sampling in exposure estimation. Appl. Occup. Environm. Hyg. 15 (2000) Nr. 1, S. 114-119
- [24] *Chun, D. T. W.; Chew, V.; Bartlett, K.; Gordon, T.; Jacobs, R. R.; Larsson, B.-M.; Larsson, L.; Lewis, D. M.; Liesivuori, J.; Michel, O.; Milton, D. K.; Rylander, R.; Thorne, P. S.; White, E. M.; Brown, M. E.*: Preliminary report on the results of the second phase of a round-robin endotoxin-assay study using cotton dust. Appl. Occup. Environm. Hyg. 15 (2000) Nr. 1, S. 152-157
- [25] *Kolk, A.; Van Gelder, R.; Schneider, G.; Gabriel, S.*: Mikrobiologische Hintergrundwerte in der Außenluft – Auswertung der IFA-Expositionsdatenbank MEGA. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 69 (2009) Nr. 4, S. 130-136
- [26] *Deininger, C.*: Untersuchungen zur mikrobiellen Luftbelastung in 32 Wertstoffsortieranlagen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 58 (1998) Nr. 3, S. 113-123
- [27] *Felten, Ch.; Albrecht, A.; Missel, T.; Willer, E.*: Schimmelpilzkonzentrationen an Arbeitsplätzen in Kompostierungsanlagen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Fb 1081. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven 2006
- [28] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Abfallbehandlungsanlagen einschließlich Sortieranlagen in der Abfallwirtschaft (TRBA 214). GMBL. (2013) Nr. 49, S. 978-989 – wird derzeit aktualisiert
- [29] *Linsel, G.; Kummer, B.*: Endotoxine in der Luft am Arbeitsplatz. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 58 (1998) Nr. 7/8, S. 281-287
- [30] Endotoxins. Health-based recommended occupational exposure limit. Report of the Dutch expert committee on occupational standards, a committee of the Health Council of the Netherlands. Hrsg.: Gezondheidsraad, Rijswijk, Niederlande 1998
- [31] Irritativ-toxische Wirkungen von luftgetragenen biologischen Arbeitsstoffen am Beispiel der Endotoxine. BArbBl. (2005) Nr. 6, S. 49-59
- [32] *Duqenne, P., Marchand, G., Duchaine, C.*: Measurement of Endotoxins in Bioaerosols at Workplace: A Critical Review of Literature and a Standardization Issue. Ann. Occup. Hyg., 57 (2013) Nr. 2, S. 137-172
- [33] Medienauswahl zum Thema Luftbefeuchtung/Raumklima. Hrsg.: Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienzeugnisse, www.bgetem.de
- [34] *Deininger, C.; Danhamer, E.; Kolk, A.; Warfolomeow, I.*: Biologische Einwirkungen. In: Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld. 3. Aufl. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2013
- [35] *Senkpiel, K.; Ohgke, H.*: Beurteilung der „Schimmelpilz“-Sporenkonzentration in der Innenraumluft und ihre gesundheitlichen Auswirkungen. gi 113 (1992), S. 42-45

- [36] Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement. Abgestimmtes Arbeitsergebnis des Arbeitskreises „Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen“ am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Stuttgart 2001



# Physikalische Einwirkungen

## 1 Lärm

### 1.1 Einführung und Erläuterungen

#### 1.1.1 Gehörgefährdung

**Gehörgefährdung** besteht dann, wenn Geräuscheinwirkung zu bleibenden **Hörminderungen** führen kann, d. h., es können sich lärmbedingte Hörverluste vorzugsweise bei den Frequenzen oberhalb 1 kHz ausbilden. Insbesondere sind Gehörgefährdungen auszuschließen, die zu Gehörschäden mit Beeinträchtigung des sozialen Sprachgehörs führen können. Als Kenngrößen für diese Lärmwirkung werden verwendet:

$L_{EX,8h}$  in dB(A)

**Tages-Lärmexpositionspegel** nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) [1] – kann orts- und personenbezogen ermittelt werden (TRLV Lärm, Teil 1 [2]).

$L_{EX,40h}$  in dB(A)

**Wochen-Lärmexpositionspegel** nach LärmVibrationsArbSchV – kann ausnahmsweise auf Antrag des Arbeitgebers anstelle des  $L_{EX,8h}$  bestimmt werden, „wenn die Lärmexposition von einem Tag zum anderen so stark schwankt, dass sich keine typische Lärmexposition für den Arbeitstag angeben lässt“ [2].

$L_{pC,peak}$  in dB

**Spitzenwert des C-bewerteten Schalldruckpegels** nach Lärm-VibrationsArbSchV

$L_{Terz}$  in dB

Terzband-Schalldruckpegel als Grenzwert für Ultraschall

Die Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung enthält in der Gruppe der durch physikalische Einwirkungen verursachten Berufskrankheiten die BK 2301 „Lärmschwerhörigkeit“.

#### 1.1.2 Extraaurale Lärmwirkungen

Extraaurale Lärmwirkungen sind diejenigen, die zu erhöhten psychischen oder physischen Beanspruchungen führen mit Ausnahme der Gehörgefährdung. Als Beispiele seien lärmbedingte Herz-Kreislauf-Effekte und Konzentrationsstörungen durch Umgebungsgeräusche genannt. Extraaurale Lärmwirkungen werden bisher nicht als Berufskrankheit anerkannt. Als Kennwert wird der Beurteilungspegel mit Impuls- und Tonzuschlag in der Regel nach DIN 45 645 Teil 2 [3] verwendet. Der Beurteilungspegel ergibt sich aus dem äquivalenten Dauerschallpegel  $L_{Aeq}$  der entsprechenden Tätigkeit und ggf. erforderlichen Zuschlägen, z. B. für Impulshaltigkeit  $K_I$  und für Ton- und Informationshaltigkeit  $K_T$ :  $L_T = L_{Aeq} + K_I + K_T$ .

#### 1.1.3 Unfallgefahren

Unfallgefahren durch Umgebungsgeräusche und beim Tragen von Gehörschutz können durch akustische Verdeckung von Sprache, Warnsignalen oder informationshaltigen Arbeitsgeräuschen entstehen. Kennwerte für die Beeinträchtigung der Sprachkommunikation durch Lärm sind nach DIN EN ISO 9921 [4] der Sprachinterferenzpegel  $L_{SIL}$  oder der A-bewertete Mittelungspegel  $L_{Aeq}$  für den Kommunikationszeitraum. Kennwerte für die Signalerkennung sind der Signal-Störabstand in dB für Terz- oder Oktavbänder nach DIN EN ISO 7731 [5].

1.2 Auslösewerte und maximal zulässige Expositionswerte

1.2.1 Gehörgefährdung

Auslösewerte/maximal zulässige Grenzwerte	Maßnahmen/Erläuterungen	Bestimmung
I) Untere Auslösewerte <sup>2</sup> : $L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ oder $L_{pC,peak} = 135 \text{ dB(C)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Information und Unterweisung der Beschäftigten (<math>L_{EX,8h} \geq 80 \text{ dB(A)}</math>)</li> <li>Bereitstellen geeigneter Gehörschützer (<math>L_{EX,8h} &gt; 80 \text{ dB(A)}</math>)</li> <li>Anspruch auf vorbeugende audiometrische Untersuchungen (<math>L_{EX,8h} &gt; 80 \text{ dB(A)}</math>)</li> </ul>	<p>§ 11<sup>1</sup></p> <p>§ 8, Abs. 1<sup>1</sup></p> <p>§ 14<sup>1</sup></p>
II) Obere Auslösewerte <sup>2</sup> : $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ oder $L_{pC,peak} = 137 \text{ dB(C)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kennzeichnung von Lärmereichen (<math>L_{EX,8h} &gt; 85 \text{ dB(A)}</math>)</li> <li>Lärminderungsprogramm (<math>L_{EX,8h} &gt; 85 \text{ dB(A)}</math>)</li> <li>Benutzungspflicht für Gehörschützer (<math>L_{EX,8h} \geq 85 \text{ dB(A)}</math>)</li> <li>Veranlassung von Gehörvorsorgeuntersuchungen (<math>L_{EX,8h} \geq 85 \text{ dB(A)}</math>)</li> </ul>	<p>§ 7, Abs. 4<sup>1</sup></p> <p>§ 7, Abs. 5<sup>1</sup></p> <p>ArbSchG § 15, Abs. 2</p> <p>§ 13<sup>1</sup></p>
III) Maximal zulässige Expositionswerte <sup>3</sup> : $L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ oder $L_{pC,peak} = 137 \text{ dB(C)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lärmbedingte Gehörschäden sind möglich</li> <li>Maximal zulässige Expositionswerte dürfen unter keinen Umständen überschritten werden</li> <li>Unverzüglich Maßnahmen einleiten, um die Exposition zu verringern</li> <li>Gründe der Überschreitung ermitteln</li> </ul>	<p>§ 8, Abs. 2<sup>1</sup></p> <p>§ 8, Abs. 4<sup>1</sup></p> <p>§ 8, Abs. 4<sup>1</sup></p>
IV) $L_{Terz} (20 \text{ kHz}) < 110 \text{ dB}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bleibende Gehörschäden durch Ultraschall sind nicht wahrscheinlich, wenn dieser Richtwert eingehalten wird. Für höhere Frequenzen werden auch höhere Grenzwerte diskutiert</li> </ul>	<p>VDI 2058 Blatt 2 [6]</p>

<sup>1</sup> LärmVibrationsArbSchV

<sup>2</sup> Wirkung des Gehörschützers wird nicht berücksichtigt

<sup>3</sup> Wirkung des Gehörschützers wird berücksichtigt

1.2.2 Extraaurale Lärmwirkungen

Grenzwerte	Maßnahmen/Erläuterungen	Bestimmung
$L_r > 55 \text{ dB(A)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geräusche stören und führen zu vegetativen Reaktionen und Leistungsbeeinträchtigungen.</li> <li>Grenzwert gilt für überwiegend geistige Tätigkeiten, bei denen eine hohe Komplexität mit entsprechenden Schwierigkeiten, schöpferisches Denken, Entscheidungsfindung, Problemlösungen und einwandfreie Sprachverständlichkeit gefordert werden, z. B. Teilnahme an Besprechungen, Lehrtätigkeit in Unterrichtsräumen, wissenschaftliches Arbeiten, Untersuchen, Behandeln und Operieren durch Ärzte, Durchführen technisch-wissenschaftlicher Berechnungen, Tätigkeit in Funkräumen und Notrufzentralen.</li> </ul>	<p>VDI 2058 Blatt 3 [7]</p>
$L_r > 70 \text{ dB(A)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geräusche stören und führen zu vegetativen Reaktionen und Leistungsbeeinträchtigungen.</li> <li>Grenzwert gilt für einfache oder eingeübte Bürotätigkeiten und vergleichbare Tätigkeiten: z. B. Textverarbeitung, Steuerungsanlagen in geschlossenen Messwarten, Verkaufen, schwierige Feinmontagen.</li> </ul>	<p>VDI 2058 Blatt 3 [7]</p>
$L_r \geq 80 \text{ dB(A)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kein Einsatz von Schwangeren</li> </ul>	<p>Mutterschutzgesetz [8]                  § 4, Übereinkommen der Staatlichen Gewerbeärzte</p>

### 1.2.3 Unfallgefahren

Kein Grenzwert festgelegt: Wird durch Hörprobe (nötigenfalls beim Tragen von Gehörschützern) nach DIN EN ISO 7731 festgestellt, dass im Lärm Gefahrensignale nicht wahrgenommen werden können, sollte gestützt auf § 3 Abs. 3 LärmVibrations-ArbSchV mit Maßnahmen der technischen Lärminderung oder, falls dies nicht möglich ist, durch Verbesserung der Signalgeber die Wahrnehmbarkeit für alle Beschäftigten sichergestellt werden.

### 1.3 Literatur

- [1] Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007. BGBl. I (2007) Nr. 8, S. 261
- [2] Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung, TRLV Lärm, Teil 1: Beurteilung der Gefährdung durch Lärm. Ausg. Januar 2010. GMBL. (2010) Nr. 18-20, S. 362, <http://www.baua.de/TRLV>
- [3] DIN 45 645 Teil 2: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Teil 2: Ermittlung des Beurteilungspegels am Arbeitsplatz bei Tätigkeiten unterhalb des Pegelbereiches der Gehörgefährdung. Ausg. 9/2012. Beuth, Berlin 2012
- [4] DIN EN ISO 9921: Ergonomie – Beurteilung der Sprachkommunikation. Ausg. 2/2004. Beuth, Berlin 2004
- [5] DIN EN ISO 7731: Ergonomie – Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten – Akustische Gefahrensignale. Ausg. 2/1999. Beuth, Berlin 2005
- [6] VDI 2058 Blatt 2: Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung. Ausg. 6/1988. Beuth, Berlin 1988
- [7] VDI 2058 Blatt 3: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten. Ausg. 8/2014. Beuth, Berlin 2014
- [8] Gesetz zum Schutz der erwerbstätigen Mutter (Mutterschutzgesetz – MuSchG) vom 20. Juni 2002, BGBl. I (2002), S. 2318, in der Fassung vom 5. Dezember 2006

#### Weiterführende Literatur

*Maue, J. H.:* Lärmmessung im Betrieb. Erich Schmidt, Berlin 2011

## 2 Vibrationen

### 2.1 Einführung und Erläuterung relevanter Grenzwerte in Normen und Verordnungen

Die Gefährdung der Gesundheit durch Vibrationen ist von der Einleitungsstelle in den menschlichen Körper, Art und Ausmaß der Vibrationseinwirkung und einer sich über Jahre hinweg fortsetzenden täglichen Wiederholung der Vibrationseinwirkung abhängig. Entsprechend der Einleitungsstelle von Vibrationen in den menschlichen Körper werden unterschieden:

- Hand-Arm-Vibrationen: Vibrationseinwirkung über die Hände, z. B. ausgehend von handgehaltenen und handgeführten vibrierenden Werkzeugen, Geräten, Maschinen oder Werkstücken sowie möglicherweise von Bedienelementen an mobilen und stationären Maschinen
- Ganzkörper-Vibrationen: Vibrationseinwirkungen über die Füße (stehend) oder das Gesäß (sitzend), z. B. ausgehend von Fahrzeugen, Erdbaumaschinen, Gabelstaplern oder Traktoren

In Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung [1] sind drei Berufskrankheiten (BKen) aufgeführt, die maßgeblich aufgrund von Vibrationen entstehen:

- BK 2103: Erkrankungen durch Erschütterungen bei Arbeiten mit Druckluftwerkzeugen oder gleichartig wirkenden Werkzeugen oder Maschinen
- BK 2104: Vibrationsbedingte Durchblutungsstörungen an den Händen, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können
- BK 2110: Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjährige, vorwiegend vertikale Einwirkung von Ganzkörperschwingungen im Sitzen, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können (siehe auch überarbeitetes Merkblatt zur BK 2110 [2])

Vibrationseinwirkungen sind darüber hinaus mitwirkende Faktoren für die Berufskrankheit 2113 „Carpaltunnel-Syndrom“ [16] und die Berufskrankheit 2114 „Hypothenar-Hammer-Syndrom“ [17].

In den Merkblättern und wissenschaftlichen Empfehlungen zu den BKen werden Belastungen nur beschrieben, die zu den Krankheitsbildern führen können. Bisher werden dort für die BKen keine festen Grenzwerte formuliert. Im Gegensatz dazu gibt es im Bereich der Prävention Grenzwerte für Hand-Arm-Vibrationen und Ganzkörper-Vibrationen. Ausgangspunkt ist die Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkung (Vibrationen) [3]. Sie ist als 16. Einzelrichtlinie zur Rahmenrichtlinie 89/391/EWG über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit [4] veröf-

fentlicht worden und enthält Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte für Hand-Arm-Vibrationen und Ganzkörper-Vibrationen.

Die Richtlinie 2002/44/EG ist national im Bereich des Bergrechts durch die Änderung der Bergverordnung im Jahr 2005 [5; 6] umgesetzt worden, im Übrigen durch die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007, in Kraft getreten am 9. März 2007 [7]. Darin ist gleichlautend mit der EG-Richtlinie für den auf acht Stunden normierten Tages-Vibrationsexpositionswert  $A(8)$  der tägliche Expositionsgrenzwert für Hand-Arm-Vibrationen auf  $A(8) = 5 \text{ m/s}^2$  festgesetzt, der tägliche Auslösewert auf  $A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$ . Für Ganzkörper-Vibrationen beträgt der tägliche Expositionsgrenzwert  $A(8) = 1,15 \text{ m/s}^2$  in x- und y-Richtung und – abweichend von der EG-Richtlinie –  $A(8) = 0,8 \text{ m/s}^2$  in z-Richtung. Der tägliche Auslösewert beträgt  $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$  in allen drei Schwingungsrichtungen.

Daraus ergibt sich ein Ampelsystem der Belastung:

- grün –  $A(8)$  kleiner oder gleich Auslösewert
- gelb –  $A(8)$  zwischen Auslöse- und Expositionsgrenzwert
- rot –  $A(8)$  oberhalb Expositionsgrenzwert

Die Vibrationsbelastung der Arbeitnehmer darf den Expositionsgrenzwert nicht überschreiten. Die Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV Vibrationen [8]) konkretisieren die Verordnung. Wenn Arbeitgeber die dort beispielhaft genannten Maßnahmen anwenden, können sie die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der LärmVibrations-ArbSchV für sich geltend machen.

Wird bei der Gefährdungsbeurteilung festgestellt, dass Auslösewerte überschritten werden, ist ein Programm mit technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen zur Minimierung der Expositionen gegenüber Vibrationen sowie der damit verbundenen Risiken auszuarbeiten und durchzuführen. Mit dem Ziel, die Schwingungsbelastung zu verringern, sind zu berücksichtigen: alternative Arbeitsverfahren, die Auswahl geeigneter ergonomischer Arbeitsmittel, die Bereitstellung von Zusatzausrüstungen wie schwingungsdämpfenden Sitzen und geeigneten Gerätehandgriffen, angemessene Wartungsprogramme, Gestaltung und Auslegung der Arbeitsstätten und Arbeitsplätze, angemessene Information und Schulung der Arbeitnehmer, Begrenzung der Dauer und Intensität der Exposition, zweckmäßige Arbeitspläne und ausreichende Ruhezeiten sowie die Bereitstellung von Kleidung für gefährdete Arbeitnehmer zum Schutz vor Kälte und Nässe.

Darüber hinaus ist beim Erreichen oder Überschreiten der Auslösewerte eine Unterweisung der Beschäftigten und eine allgemeine arbeitsmedizinische Beratung der Beschäftigten sicherzustellen. Eine arbeitsmedizinische Vorsorge ist beim Überschreiten der Auslösewerte dem Beschäftigten anzubieten und beim Erreichen oder Überschreiten der Expositionsgrenzwerte regelmäßig zu veranlassen. Eine Handlungsanweisung für die arbeitsmedizinische Vorsorge gibt der Berufsgenossenschaftliche Grundsatz G 46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen“ [9].

## 2.2 Bestimmung von A(8)

Die EU-Richtlinie verweist zur Bestimmung des Tages-Vibrationsexpositionswertes A(8) (Tages-Schwingungsbelastung) im Anhang auf die Norm ISO 5349-1 [10] für Hand-Arm-Vibration und für Ganzkörper-Vibration auf die Norm ISO 2631-1 [11].

Beide Normen werden in der Neufassung der VDI-Richtlinie 2057 [12] berücksichtigt.

Die LärmVibrationsArbSchV verweist nicht auf einzelne Normen, sondern vielmehr darauf, dass der Stand der Technik zu berücksichtigen ist. Die Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung ist für Hand-Arm- und Ganzkörper-Schwingungen getrennt vorzunehmen.

### 2.2.1 Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung für Hand-Arm-Schwingungen

Die Messgröße für die Schwingungseinwirkung auf das Hand-Arm-System ist der Schwingungsgesamtwert  $a_{hv}$ . Dieser wird aus den Effektivwerten der frequenzbewerteten Beschleunigung der drei Messrichtungen wie folgt bestimmt:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hvx}^2 + a_{hvy}^2 + a_{hvw}^2} \quad (1)$$

Sofern nur Werte in der dominierenden Schwingungsrichtung zur Verfügung stehen, z. B. bei älteren Messwerten, kann der Schwingungsgesamtwert  $a_{hv}$  entsprechend der Richtlinie VDI 2057-2: 2002 mit den Korrekturfaktoren  $c$  nach Gleichung (2) abgeschätzt werden (Tabelle 1):

$$a_{hv} = c \cdot a_{hw} \quad (2)$$

Tabelle 1:  
Korrekturfaktoren (Quelle: VDI 2057-2: 2012)

	Beispiele	Korrekturfaktor c
Schlagende Maschinen	Meißelhämmer Aufbruchhämmer Abbauhämmer Nadelentrostern	1,2
Rotierende und oszillierende Maschinen	Bohrhämmer Schlagbohrmaschinen Winkelschleifmaschinen Geradschleifmaschinen Vertikalschleifmaschinen Schwingschleifmaschinen Pneumatische Bohrmaschinen Stichsägen Kreissägen	1,4

Daraus ergibt sich der Tages-Vibrationsexpositionswert, der auch als Tages-Schwingungsbelastung [ $a_{hv(8)} = A(8)$ ] bezeichnet wird, wie folgt:

$$a_{hv(8)} = a_{hv} \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_0}} \quad (3)$$

mit

$$\begin{aligned} T_0 &= 8 \text{ h Bezugseinwirkungsdauer} \\ T_e &= \text{tägliche Einwirkungsdauer in Stunden} \\ a_{hv} &= \text{Schwingungsgesamtwert für die tägliche Einwirkungsdauer } T_e \end{aligned}$$

Setzt sich die Schwingungsbelastung während eines Tages aus  $n$  Belastungsabschnitten zusammen (unterschiedliche Geräte oder Arbeitsgänge), so berechnet sich  $a_{hv(8)}$  wie folgt:

$$a_{hv(8)} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \cdot \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i} \quad (4)$$

mit

$$\begin{aligned} T_0 &= 8 \text{ h Bezugseinwirkungsdauer} \\ T_i &= \text{Einwirkungsdauer des } i\text{-ten Belastungsabschnittes, z. B. des jeweiligen Gerätes bzw. Arbeitsgangs in Stunden} \\ a_{hvi} &= \text{Schwingungsgesamtwert der } i\text{-ten Tätigkeit, z. B. des jeweiligen Gerätes bzw. Arbeitsgangs} \end{aligned}$$

### 2.2.2 Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung für Ganzkörper-Schwingungen

Die Tages-Schwingungsbelastung oder Beurteilungsbeschleunigung  $A_l(8)$  wird zunächst in den drei Raumrichtungen  $l = \{x, y, z\}$  separat ausgewertet [13]. Bei  $n$  Arbeitsgängen ergibt sie sich aus den Effektivwerten der frequenzbewerteten Beschleunigung analog zu Gleichung (4). Zusätzlich wird noch ein richtungsabhängiger Faktor  $k_l$  berücksichtigt:

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_i a_{wli}^2 T_i} \quad (5)$$

mit

$$\begin{aligned} T_0 &= 8 \text{ h Bezugseinwirkungsdauer} \\ T_i &= \text{Einwirkungsdauer des } i\text{-ten Belastungsabschnittes, z. B. des jeweiligen Gerätes bzw. Arbeitsgangs in Stunden} \\ a_{wli} &= \text{energieäquivalenter Mittelwert der frequenzbewerteten Beschleunigung der } i\text{-ten Tätigkeit, z. B. des jeweiligen Gerätes bzw. Arbeitsgangs} \\ \{k_x = k_y = 1,4 \\ k_z = 1,0\} &= \text{richtungsabhängige Faktoren für das Kriterium Gesundheit [12]} \end{aligned}$$

Der Tages-Vibrationsexpositionswert  $A(8)$  ist diejenige Tages-Schwingungsbelastung  $A_l(8)$ ,

- die im Vergleich mit den anderen im höheren Bereich des Ampelsystems liegt (rot vor gelb vor grün)
- oder die am schnellsten zum Expositionsgrenzwert führt (bei mehreren Auslösewertüberschreitungen)



- oder die am größten ist (falls nur eine oder keine Auslösewert-überschreitung vorliegt).

### 2.3 Richtwertkurven für die Prävention

#### 2.3.1 Richtwertkurve Hand-Arm-Schwingungen

Entlang der in Abbildung 1 gezeigten Richtwertkurve [12] gilt  $a_{hv(8)}(a_{hv}, T_e) = 2,5 \text{ m/s}^2$  (Gleichung 3). Bei Belastungen, gekennzeichnet durch Wertepaare  $a_{hv}$  und  $T_e$ , die oberhalb der Richtwertkurve liegen, werden Präventionsmaßnahmen empfohlen.

Hilfestellungen zur Abschätzung der Einwirkungsdauer bei der Benutzung einzelner Arbeitsmaschinen enthält DIN V 45 694 [14].

Die Ankopplungskräfte sind maßgeblich für die Schwingungsübertragung auf das Hand-Arm-System. Sie werden nach DIN 45679 [18] gemessen und bewertet. Bei der überwiegenden Anzahl der handgehaltenen Maschinen liegt die Ankopplungskraft zwischen 80 und 200 N. Für diese Maschinen liegt der Korrekturwert zwischen -15 und +10 % und damit im Bereich der Messunsicherheit. Eine Beurteilung der Ankopplungskräfte wird daher hier nur in besonderen Fällen notwendig sein.

#### 2.3.2 Richtwertkurve Ganzkörper-Schwingungen

In der Neufassung der VDI 2057-1:2002 [12] wird für Ganzkörper-Schwingungen entsprechend ISO 2631-1:1997 ein Bereich möglicher Gesundheitsgefährdung definiert (Abbildung 2).

Oberhalb der Richtwertkurve 1 mit  $a_{wz(8)} = 0,45 \text{ m/s}^2$  kann von einer möglichen Gefährdung, bei Belastungen oberhalb der Richtwertkurve 2 mit  $a_{wz(8)} = 0,8 \text{ m/s}^2$  von einer deutlichen Gefährdung ausgegangen werden. Der letztgenannte Wert liegt unterhalb des Expositionsgrenzwertes für Ganzkörper-Schwingungen nach der EU-Richtlinie 2002/44/EG und ist der Expositionsgrenzwert in z-Richtung, der für die Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung gilt.

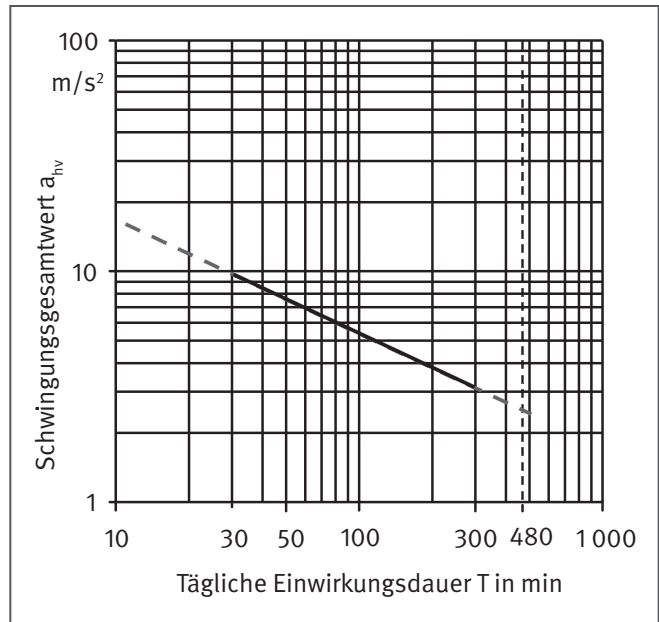


Abbildung 1: Richtwertkurve als Grundlage für die Prävention in Abhängigkeit vom Schwingungsgesamtwert und der täglichen Einwirkungsdauer (Quelle: VDI 2057-2: 2012)

Für die Vibrationseinwirkung in Gebäuden (Neuanlagen) gibt die Richtlinie VDI 2057-3:2006 Anhaltswerte für die Arbeitsplatzgestaltung in Abhängigkeit von unterschiedlichen Anforderungen. Tabelle 2 entspricht inhaltlich auch der Tabelle 1 im Teil 1 der TRLV Vibrationen [8]. Weil es sich um Werte zum Kriterium „Schwingungswahrnehmung und Wohlbefinden“ handelt, werden die Werte  $a_{we,x}$ ,  $a_{we,y}$  für die horizontalen Schwingungsrichtungen nicht mit dem Faktor 1,4, sondern mit 1,0 multipliziert, um  $a_{we}$  zu erhalten.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Die genannten Anhaltswerte beziehen sich ausdrücklich nicht auf Gesundheitsgefährdungen

Abbildung 2: Gesundheitsgefährdung in Abhängigkeit vom Effektivwert der frequenzbewerteten Beschleunigung und der täglichen Einwirkungsdauer; die dargestellte Beziehung sagt nicht das Risiko für ein bestimmtes Individuum voraus, das zu einer Gruppe von Personen gehört, die derselben Schwingungsbelastung ausgesetzt sind (VDI 2057-1: 2002)

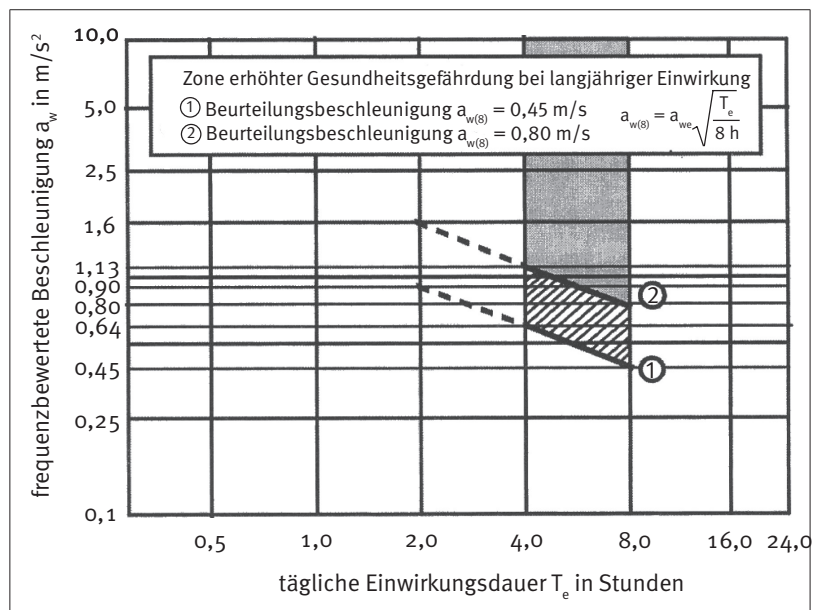


Tabelle 2:  
Anhaltswerte in Abhängigkeit von unterschiedlichen Anforderungsarten [12]

Einwirkungsorte	In x-, y-, z-Richtung jeweils		
	$a_{we}$ in $m/s^2$	$a_{w(8)}$ in $m/s^2$	$max. \{a_{wf}(t)\}$ in $m/s^2$
Erholungsräume, Ruheräume, Sanitätsräume (evtl. auch Aufenthaltsräume)	0,01		0,03
Arbeitsplätze mit hohen Anforderungen an die Feinmotorik (z. B. Forschungslabor)	0,015		0,015
Arbeitsplätze mit überwiegend geistiger Tätigkeit (z. B. Schaltwarten, Büroräume)		0,015	0,045
Arbeitsbereiche mit erhöhter Aufmerksamkeit (z. B. Werkstätten)		0,04	0,12
Arbeitsbereiche mit einfachen oder überwiegend mechanischen Tätigkeiten		0,08	
Sonstige Arbeitsbereiche		0,15	

$max. \{a_{wf}(t)\}$ : für stark stoßhaltige Anregungen

Maximalwert des gleitenden Effektivwertes der frequenzbewerteten Beschleunigung mit der Integrationszeitkonstanten  $\tau = 0,125\ c$

Die Anhaltswerte liegen unterhalb des Auslösewertes der LärmVibrationsArbSchV. Durch die Vibrationseinwirkung in Gebäuden kann es aber mittelbar zu Gefährdungen kommen (z. B. Unfälle), sodass in diesem Fall auch Schutzmaßnahmen zu ergreifen sind.

In einigen Sonderbereichen, z. B. Schmieden und Gießereien, ist die Einhaltung dieser Anhaltswerte derzeit bei Anwendung des Standes der Schwingschutztechnik nicht immer möglich.

## 2.4 Einfaches Verfahren zur Gefährdungsanalyse

### 2.4.1 Punktwerte für Hand-Arm-Schwingungen

Das Verfahren nach DIN V 45694 [14] verwendet Punktwerte  $P_E$  für die Schwingungsbelastung aus dem Schwingungsgesamtwert  $a_{hv}$  einzelner Arbeitsmaschinen oder Arbeitsaufgaben, hier äquivalenter Schwingungsgesamtwert  $a_{hv,eq}$  genannt, und der dazugehörigen Einwirkungsdauer  $T_e$  (Exposition). Diese Punktwerte können aus Tabelle 3 (siehe Seite 156) abgelesen werden.

Bei mehreren Schwingungseinwirkungen, d. h. Benutzung von zwei oder mehr Maschinen oder Arbeitsprozessen an einem Tag, kann der Punktwert  $P_{E,tot}$  der Gesamt-Schwingungsbelastung infolge aller  $n$  Teilbelastungen durch einfache Addition der Punktwerte  $P_{E,i}$  jeder betrachteten Schwingungseinwirkung  $i$  bestimmt werden.

Zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung wird der Punktwert der Gesamt-Schwingungsbelastung dem Expositionsbereich zugeordnet (siehe Tabelle 4), woraus sich nach der LärmVibrationsArbSchV die jeweiligen Maßnahmen durch den Arbeitgeber ergeben.

Weiterführende Informationen sowie ein Kennwertrechner können im Internetangebot des IFA unter [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode d3245, abgerufen werden.

### 2.4.2 Punktwerte für Ganzkörper-Schwingungen

Ein ähnliches Verfahren zur Gefährdungsanalyse mithilfe von Punktwerten existiert auch für Ganzkörper-Schwingungen [15]. Ausgangsgrößen zur Bestimmung der Tagesexposition sind hier die Effektivwerte der frequenzbewerteten Beschleunigung in den drei Schwingungsrichtungen  $x, y, z$  und die zugehörige Einwirkungsdauer  $T_e$ . Bei Ganzkörper-Schwingungen sind jedoch die unterschiedlichen Expositionsgrenzwerte zu beachten.

Auch bei Ganzkörper-Schwingungen wird der Auslösewert  $0,5\ m/s^2$  mit dem Punktwert 100 verknüpft. Für den Expositionsgrenzwert  $0,8\ m/s^2$  für die  $z$ -Schwingungsrichtung ergibt sich ein Punktwert von 256, für den Expositionsgrenzwert  $1,15\ m/s^2$  für die Schwingungsrichtungen  $x$  und  $y$  ein Punktwert von 529. Für die Nutzung eines einzelnen Fahrzeuges oder einer einzelnen Arbeitsmaschine können die zu den Beschleunigungswerten (ggf. unter Berücksichtigung des Faktors  $k_{x,y} = 1,4$  wie oben angegeben) zugehörigen Punktwerte unter Berücksichtigung der Einwirkungsdauer aus Tabelle 5 abgelesen und miteinander verglichen werden. Tabelle 6 unterstützt die Beurteilung und führt erforderliche Maßnahmen auf.

Wenn mehrere Maschinen an einem Tag genutzt werden, können auch für Ganzkörper-Schwingungen die Einzelpunktwerte  $P_{E,i}$  zu einem Ergebnis für die Summenpunktzahl  $P_{E,tot}$  (Tabelle 6) addiert werden. Daraus ergeben sich die erforderlichen Maßnahmen.

Tabelle 3:

Bestimmung der gerundeten Punktwerte PE der Schwingungsbelastung aus dem äquivalenten Schwingungsgesamtwert und der zugehörigen Einwirkungsdauer nach Richtlinie 2002/44/EG [3] – Hand-Arm-Vibration

Äquivalenter Schwingungsgesamtwert $a_{hv,eq}$ in $m/s^2$	Einwirkungsdauer $T_e$									
	0,1 h	0,2 h	0,5 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	8 h
	6 min	12 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min	300 min	360 min	480 min
2,5	1	3	6	13	25	38	50	63	75	100
3	2	4	9	18	36	54	72	90	108	144
3,5	2	5	12	25	49	74	98	123	147	196
4	3	6	16	32	64	96	128	160	192	256
4,5	4	8	20	41	81	122	162	203	243	324
5	5	10	25	50	100	150	200	250	300	400
5,5	6	12	30	61	121	182	242	303	363	484
6	7	14	36	72	144	216	288	360	432	576
6,5	8	17	42	85	169	254	338	423	507	676
7	10	20	49	98	196	294	392	490	588	784
7,5	11	23	56	113	225	338	450	563	675	900
8	13	26	64	128	256	384	512	640	768	1024
8,5	14	29	72	145	289	434	578	723	867	1156
9	16	32	81	162	324	486	648	810	972	1296
9,5	18	36	90	181	361	542	722	903	1083	1444
10	20	40	100	200	400	600	800	1000	1200	1600
10,5	22	44	110	221	441	662	882	1103	1323	1764
11	24	48	121	242	484	726	968	1210	1452	1936
11,5	26	53	132	265	529	794	1058	1323	1587	2116
12	29	58	144	288	576	864	1152	1440	1728	2304
12,5	31	63	156	313	625	938	1250	1563	1875	2500
13	34	68	169	338	676	1014	1352	1690	2028	2704
13,5	36	73	182	365	729	1094	1458	1823	2187	2916
14	39	78	196	392	784	1176	1568	1960	2352	3136
14,5	42	84	210	421	841	1262	1682	2103	2523	3364
15	45	90	225	450	900	1350	1800	2250	2700	3600
15,5	48	96	240	481	961	1442	1922	2403	2883	3844
16	51	102	256	512	1024	1536	2048	2560	3072	4096
16,5	54	109	272	545	1089	1634	2178	2723	3267	4356
17	58	116	289	578	1156	1734	2312	2890	3468	4624
17,5	61	123	306	613	1225	1838	2450	3063	3675	4900
18	65	130	324	648	1296	1944	2592	3240	3888	5184
18,5	68	137	342	685	1369	2054	2738	3423	4107	5476
19	72	144	361	722	1444	2166	2888	3610	4332	5776
19,5	76	152	380	761	1521	2282	3042	3803	4563	6084
20	80	160	400	800	1600	2400	3200	4000	4800	6400

Tabelle 4:  
Erforderliche Maßnahmen durch den Arbeitgeber aufgrund von Hand-Arm-Vibrations-Schwingungsbelastung nach Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [3]

Punktwert $P_{E,tot}$ der Gesamtschwingungsbelastung	Tagesexpositionswert $A(8)$	Expositionsbereich	Erforderliche Maßnahmen durch den Arbeitgeber
$P_{E,tot} < 100$	$A(8) < 2,5 \text{ m/s}^2$	Auslösewert nicht überschritten	Nur Maßnahmen bei mittelbaren Gefährdungen erforderlich Das Minimierungsgebot nach Arbeitsschutzgesetz bleibt davon unberührt [Absenken der Risiken durch Vibrationseinwirkung auf ein Minimum (Stand der Technik) und Bedienern Informationen und Schulung zur Vibrationsminderung bereitstellen]
$P_{E,tot} = 100$	$A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$	Auslösewert erreicht	Beschäftigte sind über Gesundheitsgefährdungen zu unterweisen.
$100 < P_{E,tot} < 400$	$2,5 \text{ m/s}^2 < A(8) < 5 \text{ m/s}^2$	Über dem Auslösewert, aber unter dem Expositionsgrenzwert	Zusätzlich zur Unterweisung ist ein Aktionsprogramm zur Verringerung der Exposition durch Vibrationen durchzuführen. Den Beschäftigten ist eine Vorsorgeuntersuchung nach G 46 [9] anzubieten und eine allgemeine arbeitsmedizinische Beratung ist sicherzustellen.
$400 = P_{E,tot}$	$5 \text{ m/s}^2 = A(8)$	Expositionsgrenzwert erreicht	Regelmäßige Vorsorgeuntersuchungen nach G 46 [9] sind zu veranlassen.
$400 < P_{E,tot}$	$5 \text{ m/s}^2 \leq A(8)$	Expositionsgrenzwert erreicht oder überschritten	Zusätzlich zur Vorsorgeuntersuchung ist die Schwingungsbelastung <b>unverzüglich</b> unter den Grenzwert abzusenken.

Tabelle 5:

Bestimmung der Punktwerte  $P_E$  der Schwingungsbelastung aus dem äquivalenten Schwingungsgesamtwert und der zugehörigen Einwirkungsdauer nach Richtlinie 2002/44/EG [3] – Ganzkörper-Vibration

Äquivalenter Vibrationswert $a_{we} = k \cdot a_{w,eq}$ [m/s <sup>2</sup> ]	Einwirkungsdauer $T_e$									
	0,1 h	0,2 h	0,5 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	8 h
	6 min	12 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min	300 min	360 min	480 min
0,45	1	2	5	10	20	30	41	51	61	81
0,5	1	3	6	13	25	38	50	63	75	100
0,55	2	3	8	15	30	45	61	76	91	121
0,6	2	4	9	18	36	54	72	90	108	144
0,65	2	4	11	21	42	63	85	106	127	169
0,7	2	5	12	25	49	74	98	123	147	196
0,75	3	6	14	28	56	84	113	141	169	225
0,8	3	6	16	32	64	96	128	160	192	256
0,85	4	7	18	36	72	108	145	181	217	289
0,9	4	8	20	41	81	122	162	203	243	324
0,95	5	9	23	45	90	135	181	226	271	361
1,00	5	10	25	50	100	150	200	250	300	400
1,05	6	11	28	55	110	165	221	276	331	441
1,1	6	12	30	61	121	182	242	303	363	484
1,15	7	13	33	66	132	198	265	331	397	529
1,2	7	14	36	72	144	216	288	360	432	576
1,25	8	16	39	78	156	234	313	391	469	625
1,3	8	17	42	85	169	254	338	423	507	676
1,35	9	18	46	91	182	273	365	456	547	729
1,4	10	20	49	98	196	294	392	490	588	784
1,45	11	21	53	105	210	315	421	526	631	841
1,5	11	23	56	113	225	338	450	563	675	900
1,55	12	24	60	120	240	360	481	601	721	961
1,6	13	26	64	128	256	384	512	640	768	1024
1,65	14	27	68	136	272	408	545	681	817	1089
1,7	14	29	72	145	289	434	578	723	867	1156
1,75	15	31	77	153	306	459	613	766	919	1225
1,8	16	32	81	162	324	486	648	810	972	1296
1,85	17	34	86	171	342	513	685	856	1027	1369
1,9	18	36	90	181	361	542	722	903	1083	1444
1,95	19	38	95	190	380	570	761	951	1141	1521
2	20	40	100	200	400	600	800	1000	1200	1600
2,05	21	42	105	210	420	630	841	1051	1261	1681
2,1	22	44	110	221	441	662	882	1103	1323	1764
2,15	23	46	116	231	462	693	925	1156	1387	1849
2,2	24	48	121	242	484	726	968	1210	1452	1936
2,25	25	51	127	253	506	759	1013	1266	1519	2025
2,3	26	53	132	265	529	794	1058	1323	1587	2116
2,35	28	55	138	276	552	828	1105	1381	1657	2209
2,4	29	58	144	288	576	864	1152	1440	1728	2304
2,45	30	60	150	300	600	900	1201	1501	1801	2401
2,5	31	63	156	313	625	937	1250	1563	1875	2500

Tabelle 6:  
Erforderliche Maßnahmen durch den Arbeitgeber aufgrund von Schwingungsbelastung nach Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [3]

Schwingungsrichtung z		Schwingungsrichtungen x, y (inkl. Faktor 1,4)			
Punktwert der Gesamtschwingungsbelastung	Tagesexposition A(8)	Punktwert der Gesamtschwingungsbelastung	Tagesexposition	Expositionsbereich	Erforderliche Maßnahmen durch den Arbeitgeber
$P_{E,tot} < 100$	$A(8) < 0,5 \text{ m/s}^2$		$A(8) < 0,5 \text{ m/s}^2$	Auslösewert nicht überschritten	Nur Maßnahmen bei mittelbaren Gefährdungen erforderlich Das Minimierungsgebot nach Arbeitsschutzgesetz bleibt davon unberührt [Absenken der Risiken durch Vibrationswirkung auf ein Minimum (Stand der Technik) und Bedienern Informationen und Schulung zur Vibrationsminderung bereitstellen]
$P_{E,tot} = 100$	$A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$	$P_{E,tot} = 100$	$A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$	Auslösewert erreicht	Beschäftigte sind über Gesundheitsgefährdungen zu unterweisen.
$100 < P_{E,tot} < 256$	$0,5 \text{ m/s}^2 < A(8)$ und $A(8) < 0,8 \text{ m/s}^2$	$100 < P_{E,tot} < 529$	$0,5 \text{ m/s}^2 < A(8) < 1,15 \text{ m/s}^2$	Auslösewert überschritten, aber unter dem Expositionsgrenzwert	Zusätzlich zur Unterweisung ist ein Aktionsprogramm zur Verringerung der Exposition durch Vibrationen durchzuführen. Den Beschäftigten ist eine Vorsorge nach G 46 [9] anzubieten und eine allgemeine arbeitsmedizinische Beratung ist sicherzustellen.
$P_{E,tot} = 256$	$A(8) = 0,8 \text{ m/s}^2$	$P_{E,tot} = 529$	$A(8) = 1,15 \text{ m/s}^2$	Expositionsgrenzwert erreicht	Regelmäßige Vorsorge nach G 46 [9] ist zu veranlassen.
$P_{E,tot} > 256$	$A(8) > 0,8 \text{ m/s}^2$	$P_{E,tot} > 529$	$A(8) > 1,15 \text{ m/s}^2$	Expositionsgrenzwert überschritten	Zusätzlich zur Vorsorge ist die Schwingungsbelastung <b>unverzüglich</b> unter den Grenzwert abzusenken.

## 2.5 Literatur

- [1] Berufskrankheiten-Verordnung (BeKV) vom 31. Oktober 1997, BGBl. I, S. 2623, die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 22. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2397) geändert worden ist
- [2] Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2110 Anlage 1 Berufskrankheiten-Verordnung (BeKV) vom 1. Juni 205, BArbBl. (2000) Nr. 7, S. 43
- [3] Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen). (16. Einzelrichtlinie im Sinne des § 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG). ABl. EG (2002) Nr. L 177, S. 13
- [4] Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juli 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit. ABl. EG (1989) Nr. L 183, S. 1
- [5] Bergverordnung zum gesundheitlichen Schutz der Beschäftigten (Gesundheitsschutz-Bergverordnung – GesBergV) vom 31. Juli 1991. BGBl. I, S. 1751
- [6] Zweite Verordnung zur Änderung bergrechtlicher Verordnungen vom 10. August 2005. BGBl. I, S. 2452, darin: Artikel 1: Änderung der Allgemeinen Bundesbergverordnung vom 23. Oktober 1995. BGBl. I, S. 1466; Artikel 2: Änderung der Gesundheitsschutz-Bergverordnung vom 31. Juli 1991. BGBl. I, S. 1751, in der Fassung vom 26. November 2010, BGBl.(2010), S. 1643
- [7] Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) vom 6. März 2007. BGBl. I, S. 261, zuletzt geändert durch Art. 2 der Verordnung vom 15. November 2016, BGBl. I, Nr. 54, S. 2548
- [8] Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung – TRLV Vibrationen, Ausgabe: März 2015, GMBL Nr. 25-26 vom 24. Juni 2015. S. 482 [www.baua.de/trlv](http://www.baua.de/trlv)
- [9] DGUV Grundsätze für arbeitsmedizinische Untersuchungen, Gentner, Stuttgart 2014 Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen“, DGUV Information 240-460 (bisher BGI/GUV-I 504-46), Juli 2009

- [10] DIN EN ISO 5349: Mechanische Schwingungen – Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (ISO 5349-1: 2001); Deutsche Fassung EN ISO 5349-1: 2001. Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz (ISO 5349-2: 2015); Deutsche Fassung EN ISO 5349-2: 2001 + A1: 2015. Beuth, Berlin 2015
- [11] ISO 2631-1: 1997 Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole body vibration – Part 1: General requirements
- [12] VDI 2057: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen.  
Blatt 1: Ganzkörper-Schwingungen. Ausg. 9/2002. Beuth, Berlin 2002  
Blatt 2: Hand-Arm-Schwingungen. Ausg. 3/2016. Beuth, Berlin 2016  
Blatt 3: Ganzkörperschwingungen an Arbeitsplätzen in Gebäuden. Ausg. 6/2006. Beuth, Berlin 2006
- [13] DIN EN 14253: Mechanische Schwingungen – Messung und rechnerische Ermittlung der Einwirkung von Ganzkörper-Schwingungen auf den Menschen am Arbeitsplatz im Hinblick auf seine Gesundheit – Praxisgerechte Anleitung, Deutsche Fassung EN 14253:2003
- [14] DIN CEN/TR 15350; DIN SPEC 45694: 2013-12  
Mechanische Schwingungen – Anleitung zur Beurteilung der Belastung durch Hand-Arm-Schwingungen aus Angaben zu den benutzten Maschinen einschließlich Angaben von den Maschinenherstellern; Deutsche Fassung CEN/TR 15350:2013. Ausgabe 2013-12
- [15] *Mohr, D.*: Expositionspunkte für Ganzkörper-Schwingungen. Hrsg.: Landesamt für Arbeitsschutz, Potsdam  
[http://bb.osha.de/docs/GKV\\_Tafel.pdf](http://bb.osha.de/docs/GKV_Tafel.pdf)
- [16] Bek. vom 1. Mai 2009, Berufskrankheiten-Verordnung; Empfehlung des Ärztlichen Sachverständigenbeirats „Berufskrankheiten“. GMBL. (2009) Nr. 27, S. 573
- [17] Bek. vom 1. Mai 2012, Berufskrankheiten-Verordnung; Empfehlung des Ärztlichen Sachverständigenbeirats „Berufskrankheiten“. GMBL. (2012) Nr. 25, S. 449
- [18] DIN 45679 Mechanische Schwingungen – Messung und Bewertung der Ankopplungskräfte zur Beurteilung der Schwingungsbelastung des Hand-Arm-Systems  
Ausg. 2/2013. Beuth, Berlin 2013

### 3 Thermische Belastungen

#### 3.1 Klimatische Belastungen

##### 3.1.1 Erläuterungen

Klimatische Belastungen (Klimaempfinden) des menschlichen Körpers werden hauptsächlich durch die Klimafaktoren Luft- und Umgebungslufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Wärmestrahlung sowie durch individuelle Faktoren beeinflusst.

Zu den individuellen Faktoren zählt zum einen der Gesamtenergieumsatz des Menschen. Die innere Wärmeproduktion eines Menschen ist u. a. abhängig vom Stoffwechsel. Bei völliger Ruhe hat der erwachsene Mensch einen Grundumsatz von ca. 0,8 met (1 met = 58 Watt pro m<sup>2</sup> Körperoberfläche). Der Stoffwechsel wird durch jegliche Aktivitäten erhöht. Zum Beispiel beträgt der Gesamtenergieumsatz bei Schwerarbeit an Maschinen 2,8 met oder 162,4 W/m<sup>2</sup>, bei Schwerarbeit sind Spitzenbelastungen von > 232 W/m<sup>2</sup> (4 met) möglich.

Neben dem Gesamtenergieumsatz ist die Bekleidung entscheidend für das thermische Empfinden. Dabei sind die Wärmeisolation (Schutz gegen niedrige Temperaturen) der Kleidung und der Wärmeleitwiderstand (Wärmetransport zwischen Haut und Umgebung) der Kleidung bedeutend.

Darüber hinaus wirken das Geschlecht, das Alter, die Jahreszeit, die Beleuchtung, Gerüche, Stresssituationen, Nahrungsaufnahme und physisches sowie psychisches Wohlbefinden auf das klimatische Empfinden ein.

Da die wichtigsten inneren Organe des Menschen nur in einem Temperaturbereich um 37 °C voll funktionsfähig sind, verfügt das Thermoregulationssystem des Menschen über Mechanismen, die für eine konstante Körperkerntemperatur sorgen. Je nach Arbeitsenergieumsatz kann sich der menschliche Körper in gewissen Grenzen wechselnden Zuständen des Umgebungsklimas anpassen. Werden diese Grenzen überschritten, gerät der Wärmehaushalt des Menschen aus dem Gleichgewicht. Dies führt zu einer erhöhten Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems. Als Folge dieser erhöhten Beanspruchung können kurzzeitige Störungen (z. B. Kreislaufstörungen, Unwohlsein) oder, bei länger andauernder Belastung, Erkrankungen auftreten. Bei extremen Klimabedingungen können die Belastungen sogar zum Kreislaufversagen und – sofern nicht unverzüglich eingegriffen wird – zum Tode führen.

Trotz einer guten Gesamtklimabewertung können auch einzelne Klima- bzw. Belastungsfaktoren bei Über- oder Unterschreitung gewisser Grenzbereiche kurzfristiges Unbehagen oder bei längerer Einwirkung Erkrankungen hervorrufen.

##### 3.1.2 Klimabereiche und Grenzbetrachtungen

Arbeitsplätze können in vier Klimabereiche eingeteilt werden [1; 2]:

- Kältebereich
- Behaglichkeitsbereich
- Warmbereich
- Hitzebereich

Der Behaglichkeitsbereich beschreibt die Klimaanforderungen und Belastungssituation, die üblicherweise an Arbeitsplätzen vorliegen sollen. Er ist als weitgehend thermisch neutraler Bereich anzusehen. Der Wärmeaustausch zwischen dem menschlichen Körper und der Umgebung steht hier im Gleichgewicht: Wärmezufuhr und -abfuhr sind ausgeglichen.

Im Warmbereich liegen Belastungssituationen und/oder klimatische Verhältnisse vor, die zu erhöhten Schweißabgaben und Beanspruchungen des Herz-Kreislauf-Systems führen. Bei längeren Einwirkungen ergeben sich Störungen des Klimaempfindens. Der Warmbereich beschreibt somit Belastungssituationen, die nicht unmittelbar zu gesundheitlichen Schäden führen, jedoch die Leistungsfähigkeit des Menschen herabsetzen. Arbeitspausen von ausreichender Zahl und Dauer, regelmäßiger Ausgleich des Flüssigkeitsverlustes (ggf. verbunden mit der Zuführung von Mineralstoffen), Wahl angemessener Kleidung usw. können die körperliche Belastung mindern, die Leistungsfähigkeit erhalten und gesundheitliche Probleme in der Regel ausschließen.

Tätigkeiten im Kältebereich oder im Hitzebereich sind auf das absolute Mindestmaß zu begrenzen. Personen, die sich in diesen Bereichen aufhalten, müssen in die Pflichtvorsorge nach der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge [3] bzw. DGUV Information 240-300 [4] aufgenommen werden. In bestimmten Fällen sind bei Arbeiten unter hohen Temperaturen oder Hitzebelastungen oder in bestimmten Regionen Tropentauglichkeitsuntersuchungen erforderlich.

##### 3.1.3 Klimabewertung

Eine einfache Bewertung des Raumklimas im Behaglichkeits- und Warmbereich kann ohne großen Messaufwand mithilfe der DGUV Information 215-510 „Beurteilung des Raumklimas“ [5] erfolgen. Hierzu müssen lediglich sieben Fragen beantwortet werden. Auch können die Klimadaten vor Ort in einen Klimagrafen eingetragen werden. Das Ergebnis zeigt direkt, ob Handlungsbedarf zum Raumklima besteht. Dabei handelt es sich um eine recht grobe Abschätzung. Sollten detaillierte Informationen benötigt werden, müssen Fachleute hinzugezogen werden.

##### 3.1.3.1 Behaglichkeitsbereich

Für eine umfassende Bewertung der Behaglichkeit werden der PMV- und der PPD-Index zugrunde gelegt (PMV = predicted mean vote; deutsch: vorausgesagtes mittleres Votum; PPD = predicted percentage of dissatisfied; deutsch: vorausgesagter Anteil Unzufriedener). Diese aus empirischen Untersuchungen ermittelten Indizes werden aus den Kombinationen der Klimafaktoren und dem Wärmedurchgang der Kleidung berechnet. Bei einem Wert von PMV = 0 wird das Raumklima in der Regel vom Menschen als thermisch neutral (behaglich) empfunden (siehe Tabelle 1). Die Berechnung dieser Werte erfolgt nach DIN EN ISO 7730 [6].



Tabelle 1:  
Bewertung der Behaglichkeit mithilfe des PMV- und des PPD-Index

PMV	+3	+2	+1	+0,5	0	-0,5	-1	-2	-3
Empfinden	heiß	warm	etwas warm		neutral		etwas kühl	kühl	kalt
PPD in %	99	75	25	10	5	10	25	75	99

Es gibt keinen Zustand des Raumklimas, mit dem alle Personen zufrieden sind. Der minimale PPD-Index liegt daher bei 5 % Unzufriedenheit, d. h., 5 % der befragten Personen sind mit der Klimasituation unzufrieden. In einem informativen Anhang der Norm DIN EN ISO 7730 wird der PPD-Index in drei Stufen (A, B, C) von Unzufriedenheit mit 6, 10 und 15 % eingeteilt. In der Regel sollte eine Unzufriedenheit von nicht mehr als 10 % angestrebt werden.

Der PMV- und der PPD-Index berücksichtigen den Einfluss des Raumklimas auf den gesamten Körper (mittleres Körperempfinden). Sind Teile des Körpers jedoch unterschiedlichen klimatischen Belastungen ausgesetzt, kann ein lokales Unbehagen auftreten, z. B. bei kalten oder zu warmen Fußböden. DIN EN ISO 7730 enthält Anforderungen an die lokale thermische Behaglichkeit. Die folgenden Empfehlungen entsprechen der Kategorie B.

**Zugluft**

Zugluft bewirkt eine unerwünschte lokale Abkühlung des Körpers durch Luftbewegung. Ein Bewertungsmaßstab für das Empfinden von Zugluft in Abhängigkeit von der Raumtemperatur ist der sogenannte „Turbulenzgrad“ (siehe Abbildung 1). Je geringer der Turbulenzgrad, desto geringer ist das Zugempfinden durch die Raumluftrömung. In Räumen mit Mischlüftung darf der Turbulenzgrad von 30 bis 60 % schwanken. In Räumen mit Verdrängungslüftung oder ohne maschinelle Lüftung darf er geringer sein. Entsprechend der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“ [7] dürfen Beschäftigte keiner unzumutbaren Zugluft ausgesetzt sein. Bei einer Lufttemperatur von + 20 °C tritt bei einer mittleren Luftgeschwindigkeit unter 0,15 m/s und einem Turbulenzgrad von 40 % üblicherweise keine unzumutbare Zugluft auf.

**Vertikaler Lufttemperaturunterschied**

Die Differenz der Lufttemperatur zwischen Kopf und Füßen soll 3 °C nicht überschreiten („kühler Kopf und warme Füße“).

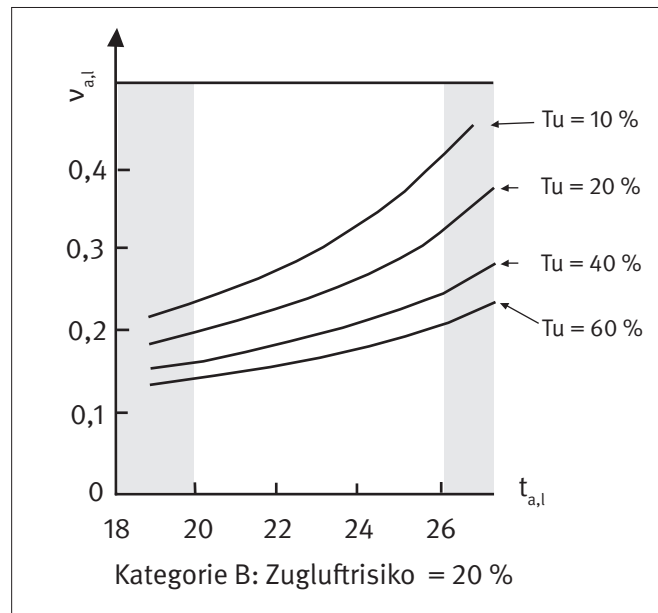
**Fußbodentemperatur**

Sowohl zu warme als auch zu kalte Fußböden werden als unbehaglich empfunden. Die Fußbodentemperatur soll zwischen 19 und 29 °C liegen.

**Asymmetrie der Strahlungstemperatur**

Differenzen bei den Temperaturen der Umschließungsflächen (z. B. kalte Fensterflächen, warme Decken) können zum lokalen Unbehagen führen. Die Temperaturdifferenz zwischen einer warmen Decke und dem Fußboden sollte maximal bei 5 °C liegen, diejenige zwischen einer kalten Wand und der gegenüberliegenden Wand maximal bei 10 °C.

Abbildung 1:  
Höchstzulässige mittlere Luftgeschwindigkeit als Funktion der lokalen Lufttemperatur und des Turbulenzgrades [6]



- $t_{a,l}$  lokale Lufttemperatur in °C
- $v_{a,l}$  lokale mittlere Luftgeschwindigkeit in m/s
- $Tu$  Intensität der Turbulenzen

**Luftfeuchte**

Die relative Luftfeuchte hat bei gemäßigten Temperaturen von 20 bis 26 °C in der Regel nur einen geringen Einfluss auf das Temperaturempfinden (Behaglichkeit). Laut DIN EN 13779 [8], in der Auslegungskriterien für raumluftechnische Anlagen beschrieben werden, ist eine Befeuchtung der Raumluftrichtung in der Regel nicht erforderlich. Entsprechend der ASR A3.6 soll beim Einsatz lüftungstechnischer Anlagen die relative Luftfeuchte die in Tabelle 2 genannten Werte nicht überschreiten.

Tabelle 2:  
Empfohlene maximale relative Luftfeuchte in Abhängigkeit von der Lufttemperatur [7]

Lufttemperatur in °C	relative Luftfeuchte in %
20	80
22	70
24	62
26	55

Liegen die Werte für die relative Luftfeuchte darüber, wird das Raumklima als schwül empfunden.

Es ist umstritten, inwieweit trockene Luft den Menschen nachhaltig in seiner Gesundheit, seinem Wohlbefinden und seiner

Leistungsfähigkeit beeinträchtigt. Auch die landläufige Vorstellung, dass durch zu trockene Luft die Schleimhäute austrocknen und sich dadurch Krankheitserreger leichter ansiedeln können, ist nicht eindeutig bewiesen. So zeigten Laboruntersuchungen keine Veränderung der Schleimviskosität in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte [9]. Bei Beschwerden über zu trockene Luft ist zu berücksichtigen, dass die Ursache häufig in Staub oder anderen Verschmutzungen in der Luft zu suchen ist. Auch zu hohe Raumtemperaturen und/oder Außenluftvolumenströme können Auslöser sein.

Sofern die Luftfeuchte nicht über einen längeren Zeitraum in einen Bereich von 10 bis 20 % fällt, ist eine ständige Befeuchtung nicht ratsam, zumal die befeuchtete Luft zum Teil als stickig empfunden wird. Vielmehr sollte zunächst versucht werden, über eine Veränderung des Luftwechsels und eine niedrigere Temperatur die Luftqualität im Raum zu verbessern.

*Operative Temperatur*

Die Wirkung der Lufttemperatur und der Strahlungstemperatur wird in der Regel durch die operative Temperatur als Summenmaß beschrieben, die häufig verkürzt auch nur als Raumtemperatur bezeichnet wird. Die optimale operative Temperatur und den zulässigen Temperaturbereich als Funktion der Bekleidung und der Aktivität finden sich in [6].

Entsprechend der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.5 „Raumtemperatur“ [10] sind während der gesamten Arbeitszeit die in Tabelle 3 aufgeführten Mindestlufttemperaturen zu gewährleisten.

Tabelle 3: Mindestlufttemperaturen in Arbeitsräumen in Abhängigkeit von der Arbeitshaltung und der Arbeitsschwere nach ASR A3.5 [10]

Überwiegende Arbeitshaltung	Arbeitsschwere		
	leicht	mittel	schwer
Sitzen	+ 20 °C	+ 19 °C	-
Stehen, Gehen	+ 19 °C	+ 17 °C	+ 12 °C

Darüber hinaus soll nach ASR A3.5 die Lufttemperatur 26 °C nicht überschreiten. Dabei wird vorausgesetzt, dass geeignete Sonnenschutzsysteme vorhanden sind. Bei Außentemperaturen über 26 °C gilt folgende Stufenregelung:

Steigt die Lufttemperatur über 26 °C sollen in diesem Bereich zusätzliche Maßnahmen wie effektive Steuerung des Sonnenschutzes, Reduzierung thermischer Lasten und ggf. zusätzliche organisatorische Maßnahmen ergriffen werden. Liegt die Lufttemperatur über 30 °C müssen wirksame Maßnahmen zur Reduzierung der Beanspruchung ergriffen werden; technische und organisatorische Maßnahmen haben dabei Vorrang vor persönlichen Maßnahmen. Steigt die Lufttemperatur auf mehr als 35 °C an, so ist der Arbeitsbereich ohne technische, organisatorische und persönliche Maßnahmen nicht als Arbeitsraum geeignet und ist wie ein Hitzebereich zu behandeln.

**3.1.3.2 Kältebereich**

Die Bewertung des Raumklimas im Kältebereich kann mithilfe der DIN EN 15743 [11] ohne großen Messaufwand erfolgen.

Anhand von sieben Fragen lassen sich kälteinduzierte Probleme identifizieren. Darüber hinaus kann Teil 5 der DIN 33403 [12] herangezogen werden. Er beschreibt vor allem die ergonomischen und organisatorischen Aspekte der Arbeit bei tiefen Raumtemperaturen. Dies ist sinnvoll, da diese Arbeitsbereiche meist technologisch bedingt tiefe Temperaturen aufweisen. Dazu zählen z. B. die Lebensmittelproduktion, einige Bereiche in Schlachthöfen sowie Kühl- und Gefrierhäuser. Die Maßnahmen, die hier getroffen werden können, zeigen vor allem in Richtung Persönliche Schutzausrüstung und Expositionszeitbegrenzung mit entsprechenden Aufwärmphasen.

**3.1.3.3 Warmbereich**

Zur Bewertung des Raumklimas im Warmbereich kann u. a. die Norm DIN EN 27243 [13] herangezogen werden. Mithilfe des einfachen Klimasummenmaßes WBGT-Index (WBGT, wet bulb globe temperature) wird die Erträglichkeit der Klimabelastung beurteilt. Dazu müssen in Räumen lediglich die natürliche Feuchttemperatur  $t_{nw}$  und die Globetemperatur  $t_g$  gemessen werden. Bei Einwirkung von Sonnenstrahlung ist zusätzlich die Lufttemperatur  $t_a$  zu bestimmen. Diese drei Temperaturen werden in einer einfachen Formel verknüpft:

Innerhalb und außerhalb von Gebäuden ohne direkte Wirkung von Sonneneinstrahlung gilt

$$WBGT = 0,7 \cdot t_{nw} + 0,3 \cdot t_g$$

Außerhalb von Gebäuden bei Einwirkung von Sonneneinstrahlung gilt

$$WBGT = 0,7 \cdot t_{nw} + 0,2 \cdot t_g + 0,1 \cdot t_a$$

Werden die in Tabelle 4 angegebenen Richtwerte überschritten, so müssen Maßnahmen getroffen werden, um die Wärmebelastung in geeigneter Weise zu senken. Dabei kommen als Maßnahmen z. B. eine Änderung der Schwere der körperlichen Tätigkeit oder eine Verkürzung der Expositionszeit infrage.

**3.1.3.4 Hitzebereich**

Eine einfache Bewertung für den Hitzebereich kann mithilfe der DGUV Information 213-022 „Beurteilung von Hitzearbeit“ [14] erfolgen. Anhand weniger Fragen kann die Belastung abgeschätzt werden.

Zur umfassenden Beurteilung des Klimas im Hitzebereich werden in DIN 33403-3 [15] verschiedene Klimasummenmaße vorgeschlagen. Neben dem WBGT-Index kann u. a. die Normal-Effektivtemperatur (NET) herangezogen werden. Da die NET die Wärmestrahlung nicht berücksichtigt, sind die in Tabelle 5 angegebenen Orientierungsbereiche allerdings nur gültig, wenn die Temperatur der umschließenden Flächen weitgehend identisch mit der Lufttemperatur ist.

Überschreiten die Belastungsgrößen die jeweiligen Grenzbereiche, so sind Maßnahmen zur Minderung der Belastung erforderlich (DGUV Information 213-002 „Hitzearbeit: Erkennen – beurteilen – schützen“) [16].

Tabelle 4:  
Richtwerte für den WBGT-Index [13]

Energieumsatz M in W/m <sup>2</sup>	für akklimatisierte Beschäftigte		für nicht akklimatisierte Beschäftigte	
M ≤ 65	33		32	
65 < M ≤ 130	30		29	
130 < M ≤ 200	28		26	
	Keine spürbare Luftbewegung	Spürbare Luftbewegung	Keine spürbare Luftbewegung	Spürbare Luftbewegung
200 < M ≤ 260	25	26	22	23
M > 260	23	25	18	20

Tabelle 5:  
Orientierungsbereiche für Dauerexposition auf der Grundlage der Normal-Effektivtemperatur (NET) für akklimatisierte Personen [15]

Arbeitsenergieumsatz AU in W	Orientierungsbereich für NET in °C
AU ≤ 130	31 < NET ≤ 33
130 < AU ≤ 200	28 < NET ≤ 31
200 < AU ≤ 270	24 < NET ≤ 28
270 < AU ≤ 330	20 < NET ≤ 24
330 < AU ≤ 380	16 < NET ≤ 20
380 < AU ≤ 420	12 < NET ≤ 16
AU > 420	NET ≤ 12

Beschäftigte, die Hitzearbeiten durchführen, müssen laut Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) in die Pflichtvorsorge aufgenommen werden. Die Beurteilung, ob eine Untersuchung zu erfolgen hat, richtet sich nach der Arbeits-

medizinischen Regel AMR 13.1 „Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung, die zu einer besonderen Gefährdung führen können“ [17] und der DGUV Information 240-300. Zur Beurteilung von Hitzearbeit werden als Klimasummenmaß NET (Tabelle 6 und Tabelle 7) und die Effektive Bestrahlungsstärke (Tabelle 8 und Tabelle 9) verwendet. Mit der Beurteilung wird festgestellt, ob die Voraussetzungen für die arbeitsmedizinische Vorsorge erfüllt sind. Die muskuläre Belastung wird in leicht, mittelschwer und schwer bis sehr schwer unterteilt (siehe Tabelle 10).

Nach AMR 13.1 kann die Beurteilung auch anhand von typischen Arbeitsverfahren und -bereichen (z. B. Arbeiten an vorgewärmten Pfannen, Flämmen von warmen Brammen, Arbeiten an und in Behältern, Kesseln und Industrieöfen) oder verschiedener Anhaltspunkte (z. B. Lufttemperatur über 45 °C und Beschäftigungsdauer > 15 Minuten, Lufttemperatur über 30 °C mindestens vier Stunden pro Schicht und gleichzeitig hohe Luftfeuchte) erfolgen.

Tabelle 6:  
Beurteilungskriterium Normaleffektivtemperatur (NET) in °C zur Einstufung von Hitzearbeit [17]

	NET (ohne deutlichen Wärmestrahlungsanteil)	NET (mit deutlichem Wärmestrahlungsanteil)
Expositionszeit ≥ 60 min	> 25 °C	> 23 °C
Expositionszeit ≥ 15 min	≥ 30 °C	≥ 28 °C
Arbeitsenergieumsatz > 300 W/m <sup>2</sup>	> 35 °C	> 33 °C

Tabelle 7:  
Richtwerte der Normaleffektivtemperatur (NET) in °C zur Einstufung von Hitzearbeit in Abhängigkeit von der Expositionszeit [4]

Arbeitsenergieumsatz in W	ununterbrochene Expositionszeit in min			
	< 15	15 bis 30	31 bis 60	> 60
Gruppe 1	ständig exponierte, hitzeadaptierte Beschäftigte			
Stufe 1: 100	—	> 36	36	34
Stufe 2: 200	—	36	34	32
Stufe 3: 300	—	34	32	30
Stufe 4: > 300	35	32	30	(entfällt)
Gruppe 2	gelegentlich exponierte, nicht hitzeadaptierte Beschäftigte			
Stufe 1: 100	—	> 36	34	(entfällt)
Stufe 2: 200	—	34	32	(entfällt)
Stufe 3: 300	35	32	30	(entfällt)
Stufe 4: > 300	35	30	28	(entfällt)

Tabelle 8:  
Beurteilungskriterium Effektive Bestrahlungsstärke in W/m<sup>2</sup> zur Einstufung von Hitzearbeit [17]

Arbeitsenergieumsatz AU in W	Expositionszeit > 15 min	Expositionszeit 15 bis 30 min	Expositionszeit 31 bis 60 min
Stufe 1: 100	1 000	500	300
Stufe 2: 200	750	300	200
Stufe 3: 300	500	200	100
Stufe 4: > 300	250	100	35

Tabelle 9:  
Richtwerte der effektiven Bestrahlungsstärke in W/m<sup>2</sup> zur Einstufung von Hitzearbeit in Abhängigkeit von der Expositionszeit [4]

Arbeitsenergieumsatz in W	ununterbrochene Expositionszeit in min			
	< 15	15 bis 30	31 bis 60	> 60
Gruppe 1	ständig exponierte, hitzeadaptierte Beschäftigte			
Stufe 1: 100	1 000	750	500	300
Stufe 2: 200	750	500	300	200
Stufe 3: 300	500	300	200	100
Stufe 4: > 300	250	200	100	(entfällt)
Gruppe 2	gelegentlich exponierte, nicht hitzeadaptierte Beschäftigte			
Stufe 1: 100	1 000	500	300	(entfällt)
Stufe 2: 200	750	300	200	(entfällt)
Stufe 3: 300	500	200	100	(entfällt)
Stufe 4: > 300	250	100	35	(entfällt)

Tabelle 10:  
Einteilung des Arbeitsenergieumsatzes (AU) und des Gesamtenergieumsatzes (EU) nach Tätigkeitsarten [4]

Energieumsatz	Beispiele für Tätigkeiten
<b>Stufe 0</b> Ruhezustand EU: 100 bis 125 W AU: 20 bis 45 W	Sitzen oder Stehen im Ruhezustand
<b>Stufe 1</b> Leicht: AU ca. 100 W EU: etwa 125 bis 235 W AU: etwa 45 bis 155 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• leichte Handarbeit (Schreiben, Schreibmaschine schreiben, Zeichnen, Nähen, Buchführung)</li> <li>• Tätigkeiten mit Hand und Arm (kleine Handwerkzeuge, Inspektion, Zusammenbau oder Sortieren von leichten Gegenständen)</li> <li>• Tätigkeit mit Arm und Bein (Fahren eines Fahrzeuges unter üblichen Bedingungen, Betätigen eines Fußschalters oder Pedals)</li> <li>• Kontrollgänge, Kranführer aller Art, Fahrer von Flurförderzeugen, Elektriker für Steuer- und Regelanlagen, Tätigkeiten in Schaltwarten, Brenner in der keramischen Industrie</li> </ul>
<b>Stufe 2</b> Mittelschwer: AU ca. 200 W EU: etwa 235 bis 360 W AU: etwa 155 bis 240 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ununterbrochene Hand- und Armarbeit (Einschlagen von Nägeln, Feilen)</li> <li>• Arm- und Beinarbeit (Fahren von Lkw, Traktoren oder Baufahrzeugen im Gelände)</li> <li>• Arm- und Körperarbeit (Arbeiten mit Presslufthammer, Zugmaschinen, Pflasterarbeiten, ununterbrochenes Handhaben von mittelschweren Materialien, Schieben und Ziehen von leichten Karren oder Schubkarren, Schmieden)</li> <li>• Anfänger an Glasöfen, Betriebsschlosser, Abbrechen von Glas mittels Brecher, Eisengießer mit Hebezeug, Vulkaniseur</li> </ul>
<b>Stufe 3</b> Schwer: AU ca. 300 W EU: etwa 360 bis 465 W AU: etwa 240 bis 385 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensive Arm- und Körperarbeit (Tragen von schwerem Material, Schaufeln, Arbeiten mit Vorschlaghammer, Sägen; Bearbeiten von hartem Holz mit Hobel oder Stechbeitel; Graben, Schieben oder Ziehen schwer beladener Handwagen oder Schubkarren; Zerschlagen von Gussstücken; Legen von Betonplatten)</li> <li>• Ein- und Aussetzen in der grobkeramischen Industrie, Ofenmaurer bei Heißreparaturen, Gemengeeinleger von Hand in Glashütten, Schmelzer, Eisengießer (Handguss), Handflämmer</li> </ul>
<b>Stufe 4</b> Sehr schwer: AU > 300 W EU: ab etwa 465 W AU: ab etwa 385 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr intensive Arm- und Körperarbeit mit hohem Arbeitstempo (Arbeiten mit der Axt, intensives Schaufeln oder Graben, Besteigen von Treppen, Rampen oder Leitern, schnelles Gehen mit kleinen Schritten)</li> </ul>

### 3.1.4 Literatur

- [1] DIN Fachbericht 128: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Grundlagen zur Klimaermittlung. Beuth, Berlin 2003
- [2] DIN EN ISO 7726: Umgebungsklima – Instrumente zur Messung physikalischer Größen (04.02). Beuth, Berlin 2002
- [3] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) vom 18. Dezember 2008. BGBl. I (2008), S. 2768; zul. geänd. BGBl. I (2016), S. 2549
- [4] DGUV Information: Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 30 „Hitze“ (240-300, bisher: BGI/GUV-I 504-30). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2010
- [5] DGUV Information: Beurteilung des Raumklimas (215-510, bisher: BGI/GUV-I 7003). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2016
- [6] DIN EN ISO 7730: Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (05.06). Beuth, Berlin 2006
- [7] Technische Regeln für Arbeitsstätten: Lüftung (ASR A3.6). GMBL. (2012), S. 92; zul. geänd. GMBL. (2017), S. 10
- [8] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme (09.07). Beuth, Berlin 2007
- [9] von Hahn, N.: „Trockene Luft“ und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit – Ergebnisse einer Literaturstudie. Gefahrstoffe Reinhalt. Luft 67 (2007) Nr. 3, S. 103-107
- [10] Technische Regeln für Arbeitsstätten: Raumtemperaturen (ASR A3.5). GMBL. (2010), S. 751; zul. geänd. GMBL. (2014), S. 287
- [11] DIN EN ISO 15743: Ergonomie der thermischen Umgebung – Arbeitsplätze in der Kälte – Risikobewertung und Management (11.08). Beuth, Berlin 2008
- [12] DIN 33403-5: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 5: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen (01.97). Beuth, Berlin 1997
- [13] DIN EN 27243: Warmes Umgebungsklima – Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index (wet bulb globe temperature) (12.93). Beuth, Berlin 1993
- [14] DGUV Information: Beurteilung von Hitzearbeit – Tipps für Wirtschaft, Verwaltung, Dienstleistung (213-022, bisher: BGI/GUV-I 7002). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2011
- [15] DIN 33403-3: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung – Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimaauswertemaße (07.11). Beuth, Berlin 2011
- [16] DGUV Information: Hitzearbeit; Erkennen – beurteilen – schützen (213-002, bisher: BGI 579). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin 2013
- [17] Arbeitsmedizinische Regel: Tätigkeiten mit extremer Hitzebelastung, die zu einer besonderen Gefährdung führen können (AMR 13.1). GMBL. (2014), S. 97

#### Weiterführende Literatur

DIN EN ISO 11399: Ergonomie des Umgebungsklimas – Grundlagen und Anwendung relevanter Internationaler Normen (04.01). Beuth, Berlin 2001

DIN EN ISO 15265: Ergonomie der thermischen Umgebung – Strategie zur Risikobeurteilung zur Abwendung von Stress oder Unbehagen unter thermischen Arbeitsbedingungen (11.04). Beuth, Berlin 2004

### 3.2 Berührungen heißer Oberflächen

#### 3.2.1 Erläuterungen

Beim Berühren einer heißen Oberfläche kann es zur Verbrennung der Haut kommen. Ob eine Verbrennung auftritt, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die wichtigsten sind

- die Temperatur der Oberfläche,
- das Material der Oberfläche und
- die Dauer des Kontaktes zwischen der Oberfläche und der Haut.

Schwellenwerte der Oberflächentemperatur, ab der eine Verbrennung auftritt, wurden vom IFA für verschiedene Materialien und für verschiedene Kontaktzeiten ermittelt. Sie können der Norm DIN EN ISO 13732-1 [1] entnommen werden.

#### 3.2.2 Grenzwerte

Eine rechtsverbindliche Festlegung von höchstzulässigen Temperaturen heißer Oberflächen zum Schutz vor Verbrennungen erfolgte bisher nur in einzelnen Bereichen. Zur Umsetzung der EU-Maschinenrichtlinie [2] im Hinblick auf Gefährdungen durch heiße Oberflächen (Nr. 1.5.5 des Anhangs I der Richtlinie) wurde die Norm DIN EN ISO 13732-1 in die Liste der harmonisierten Normen [3] aufgenommen. Ihre Anwendung löst daher die Vermutung der Konformität mit der Richtlinie aus.

Darüber hinaus gibt es in einer Reihe von Produktnormen Festlegungen für maximal zulässige Oberflächentemperaturen. Teils dienen diese Festlegungen zum Schutz vor Verbrennungen bei der Berührung, zum Teil aber auch zum Schutz der Materialien vor thermischen Schäden. Liegen diese Oberflächentemperaturen über den Werten der Verbrennungsschwellen nach DIN EN ISO 13732-1, dann schützen sie nicht vor Verbrennungen der Haut.

Eine zur Umsetzung der Betriebssicherheitsverordnung geplante Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) „Thermische Gefährdungen“ wurde mit dem Hinweis auf die Existenz der DIN EN ISO 13732-1 zurückgezogen. Sie wird nicht veröffentlicht werden.

#### 3.2.3 Empfehlungen

Die Schwellenwerte nach DIN EN ISO 13732-1 für die Verbrennung der Haut sind gleichzeitig auch Empfehlungen für Oberflächentemperatur-Grenzwerte, sofern zur Vermeidung von Verbrennungen eine Begrenzung der Oberflächentemperatur notwendig ist. Der Norm ist zu entnehmen, wie solche Grenzwerte für verschiedene Oberflächen und verschiedene Berührungssituationen festgelegt werden können.

Aufgrund des Umfangs können die Verbrennungsschwellen hier nicht abgedruckt werden. Es wird auf DIN EN ISO 13732-1 [1] verwiesen.

### 3.2.4 Literatur

- [1] DIN EN ISO 13732-1: Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsverfahren für menschliche Reaktionen bei Kontakt mit Oberflächen – Teil 1: Heiße Oberflächen (ISO 13732-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 13732-1:2008
- [2] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) (Text für Bedeutung für den EWR). ABl. EU (2006) Nr. L 157, S 24-86
- [3] 2009/C 214/01: Mitteilung der Kommission im Rahmen der Durchführung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (1) (Veröffentlichung der Titel und der Bezugsdaten der harmonisierten Normen im Sinne dieser Richtlinie). ABl. EU (2009) Nr. C 214

### 3.3 Berührungen kalter Oberflächen

#### 3.3.1 Erläuterungen

Bei der Berührung einer kalten Oberfläche kann es zu Schmerzen, Taubheitsgefühl und Erfrierungen der Haut kommen. Ob eine Kälteschädigung auftritt und welcher Art sie ist, hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie

- Oberflächeneigenschaften des berührten Gegenstandes,
- Temperatur der kalten Oberfläche und der Umgebung,
- Dauer des Kontaktes zwischen der Haut und der Oberfläche,
- Merkmale der Haut und Art des Kontakts.

Schwellenwerte der Oberflächentemperatur, ab der eine Kälteschädigung auftritt, wurden für verschiedene Materialien, für verschiedene Kontaktzeiten und für verschiedene Arten von Schädigungen ermittelt. Sie können der Norm DIN EN ISO 13732-3 [1] entnommen werden.

#### 3.3.2 Grenzwerte

Eine für alle Bereiche rechtsverbindliche Festlegung von niedrigstzulässigen Temperaturen kalter Oberflächen zum Schutz vor Kälteschädigungen erfolgte bisher nicht. Im Bereich der Maschinensicherheit wurde zur Umsetzung der EU-Maschinenrichtlinie [2] im Hinblick auf Gefährdungen durch kalte Oberflächen (Nr. 1.5.5 des Anhangs I der Richtlinie) die Norm DIN EN ISO 13732-3 in die Liste der harmonisierten Normen [3] aufgenommen. Ihre Anwendung löst daher die Vermutung der Konformität mit der Richtlinie aus.

Eine zur Umsetzung der Betriebssicherheitsverordnung geplante Technische Regel für Betriebssicherheit (TRBS) „Thermische Gefährdungen“ wurde mit dem Hinweis auf die Existenz der DIN EN ISO 13732-3 [1] zurückgezogen. Sie wird nicht veröffentlicht werden.

### 3.3.3 Empfehlungen

Die Schwellenwerte nach DIN EN ISO 13732-3 von Oberflächentemperaturen für Kälteschädigungen sind gleichzeitig Empfehlungen für Oberflächentemperatur-Grenzwerte, sofern zur Vermeidung von Kälteschädigungen eine Begrenzung von niedrigen Oberflächentemperaturen notwendig ist. Der Norm ist zu entnehmen, wie solche Grenzwerte für verschiedene Oberflächeneigenschaften, Berührungssituationen und mögliche Kälteschädigungen festgelegt werden können.

Aufgrund des Umfangs können die Verbrennungsschwellen hier nicht abgedruckt werden. Es wird auf DIN EN ISO 13732-3 [1] verwiesen.

### 3.3.4 Literatur

- [1] DIN EN ISO 13732-3: Ergonomie der thermischen Umgebung – Bewertungsmethoden für Reaktionen des Menschen bei Kontakt mit Oberflächen – Teil 3: Kalte Oberflächen (ISO 13732-3:2005), Deutsche Fassung EN ISO 13732-3:2008
- [2] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) (Text für Bedeutung für den EWR). ABl. EU (2006) Nr. L 157, S. 24 vom 9. Juni 2006
- [3] 2009/C 214/01: Mitteilung der Kommission im Rahmen der Durchführung der Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (1) (Veröffentlichung der Titel und der Bezugsdaten der harmonisierten Normen im Sinne dieser Richtlinie). ABl. EU (2009) Nr. C 214

## 4 Strahlung

### 4.1 Ionisierende Strahlung

#### 4.1.1 Erläuterungen

Unter ionisierende Strahlung fallen sowohl elektromagnetische Wellen wie Röntgen- oder Gammastrahlung als auch Teilchenstrahlung (Alpha-, Beta-, Neutronenstrahlung usw.) mit einer Wellenlänge von unter 100 nm bzw. einer Teilchen-/Quantenenergie von mehr als 12 eV.

Die Einwirkung ionisierender Strahlung auf Menschen kann in hohen Dosen akute Strahlenschäden (Hautverbrennung, Organschäden, Strahlenkrankheit, Tod) hervorrufen. Aber auch durch langzeitige Einwirkung niedriger Strahlendosen können Schäden hervorgerufen werden: Hierzu gehören Krebs (Karzinome, Leukämie) sowie genetische Schäden.

Für die berufliche Strahlenexposition durch ionisierende Strahlung sind in der Röntgenverordnung [1] und in der Strahlenschutzverordnung [2] die gleichen Expositionsgrenzwerte festgelegt. Diese gelten einerseits für die Exposition durch äußere Bestrahlung und andererseits auch für die Exposition, die durch innere Bestrahlung bei der Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Körper entsteht. Wirkt sowohl äußere als auch innere Bestrahlung durch Aufnahme radioaktiver Stoffe ein, sind beide Einwirkungen zu berücksichtigen und der Dosisgrenzwert ist insgesamt einzuhalten. Dabei ist die Dosis durch innere Bestrahlung aus der zugeführten Aktivität und den Nuklidspezifischen Dosiskoeffizienten [3] zu berechnen.

Die Strahlenschutzverordnung enthält je nach Art der Exposition verschiedene Bestimmungen. Grob unterschieden wird dabei in „Tätigkeiten“, bei denen Expositionen durch eine zielgerichtete Nutzung der Radioaktivität vorliegen können, und „Arbeiten“, die, ohne Tätigkeiten zu sein, zu Expositionen durch natürliche Strahlenquellen führen können. Zum Bereich der Arbeiten gehören bestimmte in Anlage XI der Strahlenschutzverordnung genannte Arbeitsfelder, bei denen erheblich erhöhte Expositionen durch natürliche terrestrische Strahlenquellen auftreten können. Auch Expositionen des fliegenden Personals durch kosmische Strahlung in Flugzeugen fällt in den Bereich der Arbeiten. Die Unterteilung der Exposition in Tätigkeiten und Arbeiten hat Auswirkungen auf die Anwendung der Expositionsgrenzwerte.

#### 4.1.2 Grenzwerte

**Hinweis:** Die Hinweise auf Anlagen, Tabellen und Paragraphen in diesem Kapitel beziehen sich auf die jeweilige Nummerierung in der Strahlenschutzverordnung.

In der Röntgenverordnung (RöV) [1] und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [2] sind je nach exponierter Personengruppe unterschiedliche Grenzwerte festgelegt. Bei den Personengruppen wird unterschieden in:

- beruflich strahlenexponierte Personen (Kategorien A und B)

Eine beruflich strahlenexponierte Person im Sinne der Strahlenschutzverordnung ist

– im Bereich der Tätigkeiten diejenige der Kategorie A oder B des § 54. Zur Kategorie A gehören demnach Personen, die im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 6 Millisievert (mSv) erhalten können. Personen, die im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 1 mSv erhalten können, ohne in die Kategorie A zu fallen, gehören zur Kategorie B.

– im Bereich der Arbeiten diejenige, für die die Abschätzung nach § 95 Abs. 1 ergeben hat, dass die effektive Dosis im Kalenderjahr 6 mSv überschreiten kann, oder für die die Ermittlung nach § 103 Abs. 1 ergeben hat, dass die effektive Dosis im Kalenderjahr 1 mSv überschreiten kann.

- Einzelpersonen der Bevölkerung

Hierzu gehören Mitglieder der Allgemeinbevölkerung, die weder beruflich strahlenexponierte Personen sind noch medizinisch oder als helfende Person exponiert sind.

- Besonders schutzbedürftige Personen wie Schwangere und Jugendliche

An Arbeitsplätzen gültige Grenzwerte der Strahlenexposition sind in folgenden Paragraphen der StrlSchV und der RöV zu finden:

- RöV  
§§ 31a bis 31c, 32
- StrlSchV  
bei Tätigkeiten: §§ 46, 55 bis 59  
bei Arbeiten gemäß Anlage XI (terrestrische Strahlung): § 95  
bei Arbeiten des fliegenden Personals (kosmische Strahlung): § 103

Da die Grenzwerte in der Röntgenverordnung identisch sind mit denen, die in der Strahlenschutzverordnung für Tätigkeiten genannt sind, werden im Folgenden nur die Grenzwerte nach der Strahlenschutzverordnung wiedergegeben.

Für die Strahlenexposition bei Tätigkeiten gelten die Grenzwerte nach §§ 46 und 55 bis 59 StrlSchV.

#### § 46

##### **Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung**

- (1) Für Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis durch Strahlenexpositionen aus Tätigkeiten nach § 2 Abs. 1 Nr. 1 ein Millisievert im Kalenderjahr.
- (2) Unbeschadet des Absatzes 1 beträgt der Grenzwert der Organdosis für die Augenlinse 15 Millisievert im Kalenderjahr und der Grenzwert der Organdosis für die Haut 50 Millisievert im Kalenderjahr.
- (3) Bei Anlagen oder Einrichtungen gilt außerhalb des Betriebsgeländes der Grenzwert für die effektive Dosis nach Absatz 1 für die Summe der Strahlenexposition aus Direktstrahlung und der Strahlenexposition aus Ableitungen. Die für die Strahlenexposition aus Direktstrahlung maßgebende



den Aufenthaltszeiten richten sich nach den räumlichen Gegebenheiten der Anlage oder Einrichtung oder des Standortes; liegen keine begründeten Angaben für die Aufenthaltszeiten vor, ist Daueraufenthalt anzunehmen.

## § 55

### Schutz bei beruflicher Strahlenexposition

- (1) Für beruflich strahlenexponierte Personen beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 20 Millisievert im Kalenderjahr. § 58 bleibt unberührt. Die zuständige Behörde kann im Einzelfall für ein einzelnes Jahr eine effektive Dosis von 50 Millisievert zulassen, wobei für fünf aufeinander folgende Jahre 100 Millisievert nicht überschritten werden dürfen.
- (2) Der Grenzwert der Organdosis beträgt für beruflich strahlenexponierte Personen
  1. für die Augenlinse 150 Millisievert,
  2. für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 500 Millisievert,
  3. für die Keimdrüsen, die Gebärmutter und das Knochenmark (rot) jeweils 50 Millisievert,
  4. für die Schilddrüse und die Knochenoberfläche jeweils 300 Millisievert,
  5. für den Dickdarm, die Lunge, den Magen, die Blase, die Brust, die Leber, die Speiseröhre, andere Organe oder Gewebe gemäß Anlage VI Teil C Nr. 2 Fußnote 1, soweit nicht unter Nummer 3 genannt, jeweils 150 Millisievert im Kalenderjahr.
- (3) Für Personen unter 18 Jahren beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 1 Millisievert im Kalenderjahr. Der Grenzwert der Organdosis beträgt für die Augenlinse 15 Millisievert, für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 50 Millisievert im Kalenderjahr. Abweichend von den Sätzen 1 und 2 kann die zuständige Behörde für Auszubildende und Studierende im Alter zwischen 16 und 18 Jahren einen Grenzwert von 6 Millisievert für die effektive Dosis, 45 Millisievert für die Organdosis der Augenlinse und jeweils 150 Millisievert für die Organdosis der Haut, der Hände, der Unterarme, der Füße und Knöchel im Kalenderjahr festlegen, wenn dies zur Erreichung des Ausbildungszieles notwendig ist.
- (4) Bei gebärfähigen Frauen beträgt der Grenzwert für die über einen Monat kumulierte Dosis an der Gebärmutter 2 Millisievert. Für ein ungeborenes Kind, das aufgrund der Beschäftigung der Mutter einer Strahlenexposition ausgesetzt ist, beträgt der Grenzwert der Dosis aus äußerer und innerer Strahlenexposition vom Zeitpunkt der Mitteilung über die Schwangerschaft bis zu deren Ende 1 Millisievert.

## § 56

### Berufslebensdosis

Der Grenzwert für die Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen beruflich strahlenexponierter Personen beträgt 400 Millisievert. Die zuständige Behörde kann im Benehmen mit einem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 eine weitere berufliche Strahlenexposition zulassen, wenn diese nicht mehr als 10 Millisievert effektive Dosis im Kalenderjahr beträgt und die beruflich strahlenexponierte Person einwilligt. Die Einwilligung ist schriftlich zu erteilen.

## § 57

### Dosisbegrenzung bei Überschreitung

Wurde unter Verstoß gegen § 55 Abs. 1 oder 2 ein Grenzwert im Kalenderjahr überschritten, so ist eine Weiterbeschäftigung als beruflich strahlenexponierte Person nur zulässig, wenn die Expositionen in den folgenden vier Kalenderjahren unter Berücksichtigung der erfolgten Grenzwertüberschreitung so begrenzt werden, dass die Summe der Dosen das Fünffache des jeweiligen Grenzwertes nicht überschreitet. Ist die Überschreitung eines Grenzwertes so hoch, dass bei Anwendung von Satz 1 die bisherige Beschäftigung nicht fortgesetzt werden kann, kann die zuständige Behörde im Benehmen mit einem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 Ausnahmen von Satz 1 zulassen.

## § 58

### Besonders zugelassene Strahlenexpositionen

- (1) Unter außergewöhnlichen, im Einzelfall zu beurteilenden Umständen kann die zuständige Behörde zur Durchführung notwendiger spezifischer Arbeitsvorgänge Strahlenexpositionen abweichend von § 55 Abs. 1, 2 und 4 Satz 1 zulassen. Für diese besonders zugelassene Strahlenexposition beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 100 Millisievert, der Grenzwert der Organdosis für die Augenlinse 300 Millisievert, der Grenzwert der Organdosis für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 1 Sievert für eine Person im Berufsleben.
- (2) Einer Strahlenexposition nach Absatz 1 dürfen nur Freiwillige, die beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A sind, ausgesetzt werden, ausgenommen schwangere Frauen und, wenn die Möglichkeit einer Kontamination nicht ausgeschlossen werden kann, stillende Frauen.
- (3) Eine Strahlenexposition nach Absatz 1 ist im Voraus zu rechtfertigen. Die Personen nach Absatz 2 sind über das mit der Strahlenexposition verbundene Strahlenrisiko aufzuklären. Der Betriebsrat oder der Personalrat, die Fachkräfte für Arbeitssicherheit, der Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 oder die Betriebsärzte, soweit sie nicht Ärzte nach § 64 Abs. 1 Satz 1 sind, sind zu beteiligen.
- (4) Die Körperdosis durch eine Strahlenexposition nach Absatz 1 ist unter Berücksichtigung der Expositionsbedingungen zu ermitteln. Sie ist in den Aufzeichnungen nach §§ 42 und 64 Abs. 3 getrennt von den übrigen Ergebnissen der Messungen und Ermittlungen der Körperdosis einzutragen. Die Strahlenexposition nach Absatz 1 ist bei der Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen nach § 56 zu berücksichtigen.

- (5) Wurden bei einer Strahlenexposition nach Absatz 1 die Grenzwerte des § 55 Abs. 1 oder 2 überschritten, so ist diese Überschreitung allein kein Grund, die Person ohne ihr Einverständnis von ihrer bisherigen Beschäftigung auszuschließen.

**§ 59  
Strahlenexposition bei Personengefährdung und Hilfeleistung**

- (1) Bei Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren für Personen ist anzustreben, dass eine effektive Dosis von mehr als 100 Millisievert nur einmal im Kalenderjahr und eine effektive Dosis von mehr als 250 Millisievert nur einmal im Leben auftritt.
- (2) Die Rettungsmaßnahmen dürfen nur von Freiwilligen über 18 Jahren ausgeführt werden, die zuvor über die Gefahren dieser Maßnahmen unterrichtet worden sind. Es ist dafür zu sorgen, dass schwangere Frauen nicht bei Rettungsmaßnahmen eingesetzt werden.
- (3) Die Körperdosis einer bei Rettungsmaßnahmen eingesetzten Person durch eine Strahlenexposition bei den Rettungsmaßnahmen ist unter Berücksichtigung der Expositionsbedingungen zu ermitteln. Die Rettungsmaßnahme und die ermittelte Körperdosis der bei der Rettungsmaßnahme eingesetzten Personen sind der zuständigen Behörde unverzüglich mitzuteilen. Die Strahlenexposition nach Satz 1 ist bei der Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen nach § 56 zu berücksichtigen. § 58 Abs. 4 Satz 2 und Abs. 5 gilt entsprechend.

**§ 95  
Natürlich vorkommende radioaktive Stoffe an Arbeitsplätzen**

- (1) Wer in seiner Betriebsstätte eine Arbeit ausübt oder ausüben lässt, die einem der in Anlage XI genannten Arbeitsfelder zuzuordnen ist, hat je nach Zugehörigkeit des Arbeitsfeldes zu Teil A oder B der Anlage XI innerhalb von sechs Monaten nach Beginn der Arbeiten eine auf den Arbeitsplatz bezogene Abschätzung der Radon-222-Exposition, der potenziellen Alphaenergie-Exposition oder der Körperdosis durchzuführen. Die Abschätzung ist unverzüglich zu wiederholen, wenn der Arbeitsplatz so verän-

dert wird, dass eine höhere Strahlenexposition auftreten kann. Satz 1 gilt auch für diejenigen, der in einer fremden Betriebsstätte in eigener Verantwortung Arbeiten nach Satz 1 ausübt oder unter seiner Aufsicht stehende Personen Arbeiten ausüben lässt. In diesem Fall hat der nach Satz 1 Verpflichtete ihm vorliegende Abschätzungen für den Arbeitsplatz bereitzustellen.

- (2) Der nach Absatz 1 Verpflichtete hat der zuständigen Behörde innerhalb von drei Monaten nach Durchführung der Abschätzung nach Absatz 1 Anzeige gemäß Satz 2 zu erstatten, wenn die Abschätzung nach Absatz 1 ergibt, dass die effektive Dosis 6 Millisievert im Kalenderjahr überschreiten kann. Aus der Anzeige müssen die konkrete Art der Arbeit, das betreffende Arbeitsfeld oder die betreffenden Arbeitsfelder, die Anzahl der betroffenen Personen, die eine effektive Dosis von mehr als 6 Millisievert im Kalenderjahr erhalten können, die nach Absatz 10 Satz 1 vorgesehene Ermittlung und die nach § 94 vorgesehenen Maßnahmen hervorgehen. Bei Radonexpositionen ist Absatz 13 zu beachten.
- (3) Der nach Absatz 1 Satz 3 Verpflichtete hat dafür zu sorgen, dass er selbst und die unter seiner Aufsicht stehenden Personen in fremden Betriebsstätten anzeigebedürftige Arbeiten nur ausüben, wenn jede Person im Besitz eines vollständig geführten, bei der zuständigen Behörde registrierten Strahlenpasses ist.
- (4) Für Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausüben, beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 20 Millisievert im Kalenderjahr. Der Grenzwert der Organdosis beträgt für die Augenlinse 150 Millisievert, für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 500 Millisievert.
- (5) Der Grenzwert für die Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen beruflich strahlenexponierter Personen beträgt 400 Millisievert. Die zuständige Behörde kann im Benehmen mit einem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 eine weitere berufliche Strahlenexposition zulassen, wenn diese nicht mehr als 10 Millisievert effektive Dosis im Kalenderjahr beträgt und die beruflich strahlenexponierte Person einwilligt. Die Einwilligung ist schriftlich zu erteilen.

Anlage XI:  
Arbeitsfelder, bei denen erheblich erhöhte Expositionen durch natürliche terrestrische Strahlungsquellen auftreten können

<b>Teil A: Arbeitsfelder mit erhöhten Radon-222-Expositionen</b>	
Arbeiten in	
1.	untertägigen Bergwerken, Schächten und Höhlen, einschließlich Besucherbergwerken
2.	Radon-Heilbäder und -Heilstollen
3.	Anlagen der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung
<b>Teil B: Arbeitsfelder mit erhöhten Expositionen durch Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte</b>	
1.	Schleifen von und Wechselstromschweißen mit thorierten Schweißelektroden
2.	Handhabung und Lagerung thorierten Gasglühstrümpfe
3.	Verwendung von Thorium oder Uran in der natürlichen Isotopenzusammensetzung einschließlich der daraus jeweils hervorgehenden Tochternuklide, sofern vorhanden, zu chemisch-analytischen oder chemisch-präparativen Zwecken
4.	Handhabung, insbesondere Montage, Demontage, Bearbeiten und Untersuchen von Produkten aus thorierten Legierungen
5.	Gewinnung, Verwendung und Verarbeitung von Pyrochlorerzen
6.	Verwendung und Verarbeitung von Schlacke aus der Verhüttung von Kupferschiefererzen

- (6) Wurde unter Verstoß gegen Absatz 4 Satz 1 oder 2 ein Grenzwert im Kalenderjahr überschritten, so ist eine Weiterbeschäftigung als beruflich strahlenexponierte Person nur zulässig, wenn die Expositionen in den folgenden vier Kalenderjahren unter Berücksichtigung der erfolgten Grenzwertüberschreitung so begrenzt werden, dass die Summe der Dosen das Fünffache des jeweiligen Grenzwertes nicht überschreitet. Ist die Überschreitung eines Grenzwertes so hoch, dass bei Anwendung von Satz 1 die bisherige Beschäftigung nicht fortgesetzt werden kann, kann die Behörde im Benehmen mit einem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 Ausnahmen von Satz 1 zulassen.
- (7) Für Personen unter 18 Jahren beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 6 Millisievert im Kalenderjahr. Der Grenzwert der Organdosis beträgt für die Augenlinse 50 Millisievert, für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 150 Millisievert im Kalenderjahr.
- (8) Für ein ungeborenes Kind, das aufgrund der Beschäftigung seiner Mutter einer Strahlenexposition ausgesetzt ist, beträgt der Grenzwert für die Summe der Dosis aus äußerer und innerer Strahlenexposition vom Zeitpunkt der Mitteilung über die Schwangerschaft bis zu deren Ende 1 Millisievert.
- (9) Sobald eine Frau, die eine anzeigebedürftige Arbeit nach Anlage XI Teil B ausübt, den nach Absatz 1 Verpflichteten darüber informiert hat, dass sie schwanger ist oder stillt, hat er ihre Arbeitsbedingungen so zu gestalten, dass eine innere berufliche Strahlenexposition ausgeschlossen ist.
- (10) Für Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausüben, hat der nach Absatz 1 Verpflichtete die Radon-222-Exposition oder potenzielle Alphaenergie-Exposition und die Körperdosis auf geeignete Weise durch Messung der Ortsdosis, der Ortsdosisleistung, der Konzentration radioaktiver Stoffe oder Gase in der Luft, der Kontamination des Arbeitsplatzes, der Personendosis, der Körperaktivität oder der Aktivität der Ausscheidung nach Maßgabe des Satzes 3 zu ermitteln. Die Radon-222-Exposition und die potenzielle Alphaenergie-Exposition können auch durch direkte Messung ermittelt werden. Die Ermittlungsergebnisse müssen spätestens neun Monate nach erfolgter Strahlenexposition der die anzeigebedürftige Arbeit ausführenden Person vorliegen. Für die Messungen kann die zuständige Behörde die anzuwendenden Messmethoden und Messverfahren festlegen und für Messungen Messstellen bestimmen. § 41 Abs. 8 gilt entsprechend. Die zuständige Behörde kann bei unterbliebener oder fehlerhafter Ermittlung eine Ersatzdosis festlegen.
- (11) Der nach Absatz 1 Verpflichtete darf Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausüben, eine Beschäftigung oder Weiterbeschäftigung nur erlauben, wenn sie innerhalb des jeweiligen Kalenderjahrs von einem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 untersucht worden sind und dem nach Absatz 1 Verpflichteten eine von diesem Arzt ausgestellte Bescheinigung vorliegt, nach der der Beschäftigung keine gesundheitlichen Bedenken entgegenstehen. Satz 1 gilt entsprechend für Personen, die in eigener Verantwortung in eigener oder in einer anderen Betriebsstätte Arbeiten

ausüben. § 60 Abs. 3 und die §§ 61 und 62 gelten entsprechend. Die in entsprechender Anwendung des § 61 Abs. 1 Satz 1 angeforderten Unterlagen sind dem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 unverzüglich zu übergeben. Der Arzt hat die ärztliche Bescheinigung dem Verpflichteten nach Absatz 1 Satz 1, der beruflich strahlenexponierten Person und, soweit gesundheitliche Bedenken bestehen, auch der zuständigen Behörde unverzüglich zu übersenden.

- (12) Bei einer Arbeit nach Absatz 1, die zu einer effektiven Dosis von weniger als 6 Millisievert im Kalenderjahr führt, kann die Pflicht nach § 94 auch dadurch erfüllt werden, dass Strahlenschutzmaßnahmen auf der Grundlage von Vorschriften des allgemeinen Arbeitsschutzes Anwendung finden. Die zuständige Behörde kann entsprechende Nachweise verlangen.
- (13) Für die Umrechnung der Radon-222-Exposition in die effektive Dosis kann davon ausgegangen werden, dass eine Radon-222-Exposition von 0,32 Megabecquerel je Kubikmeter mal Stunde einer effektiven Dosis von 1 Millisievert entspricht. Bei deutlichen Abweichungen des Gleichgewichtsfaktors zwischen Radon-222 und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten vom zugrunde gelegten Wert von 0,4 kann die zuständige Behörde abweichende Umrechnungsfaktoren festlegen. Für die Umrechnung der potenziellen Alphaenergie-Exposition in die effektive Dosis gilt, dass eine potenzielle Alphaenergie-Exposition von 0,71 Millijoule je Kubikmeter mal Stunde einer effektiven Dosis von 1 Millisievert entspricht.

Für die Strahlenexposition bei Arbeiten des fliegenden Personals (kosmische Strahlung) gelten die in § 103 StrlSchV enthaltenen Grenzwerte:

### § 103

#### **Schutz des fliegenden Personals vor Expositionen durch kosmische Strahlung**

- (1) Wer Flugzeuge, die in der deutschen Luftfahrzeugrolle nach § 3 des Luftverkehrsgesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. März 1999 (BGBl. I S. 550) in der jeweils geltenden Fassung eingetragen sind, gewerblich oder im Rahmen eines wirtschaftlichen Unternehmens betreibt, oder wer als Unternehmer mit Sitz im Geltungsbereich dieser Verordnung Flugzeuge betreibt, die in einem anderen Land registriert sind, und Personal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß dem deutschen Arbeitsrecht steht, einsetzt, hat die effektive Dosis, die das fliegende Personal durch kosmische Strahlung während des Fluges einschließlich der Beförderungszeit nach § 4 Abs. 1 Satz 1 der Zweiten Durchführungsverordnung zur Betriebsordnung für Luftfahrtgerät vom 12. November 1974 (BGBl. I, S. 3181), die zuletzt durch die Verordnung vom 6. Januar 1999 (BAnz. S. 497) geändert worden ist, in der jeweils geltenden Fassung erhält, nach Maßgabe des Satzes 2 zu ermitteln, soweit die effektive Dosis durch kosmische Strahlung 1 Millisievert im Kalenderjahr überschreiten kann. Die Ermittlungsergebnisse müssen spätestens sechs Monate nach dem Einsatz vorliegen. Die Sätze 1 und 2 gelten auch für Flugzeuge, die im Geschäftsbereich des Bundesministeriums der Verteidigung betrieben werden.

- (2) Für das fliegende Personal beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis durch kosmische Strahlung 20 Millisievert im Kalenderjahr. Der Pflicht zur Dosisreduzierung nach § 94 kann insbesondere bei der Aufstellung der Arbeitspläne und bei der Festlegung der Flugrouten und -profile Rechnung getragen werden.
- (3) Der Grenzwert für die Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen beruflich strahlenexponierter Personen beträgt 400 Millisievert. Die zuständige Behörde kann im Benehmen mit einem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 eine weitere berufliche Strahlenexposition zulassen, wenn diese nicht mehr als 10 Millisievert effektive Dosis im Kalenderjahr beträgt und die beruflich strahlenexponierte Person einwilligt. Die Einwilligung ist schriftlich zu erteilen.
- (4) Wurde unter Verstoß gegen Absatz 2 Satz 1 der Grenzwert der effektiven Dosis im Kalenderjahr überschritten, so ist eine Weiterbeschäftigung als beruflich strahlenexponierte Person nur zulässig, wenn die Expositionen in den folgenden vier Kalenderjahren unter Berücksichtigung der erfolgten Grenzwertüberschreitung so begrenzt werden, dass die Summe der Dosen das Fünffache des Grenzwertes nicht überschreitet. Ist die Überschreitung eines Grenzwertes so hoch, dass bei Anwendung von Satz 1 die bisherige Beschäftigung nicht fortgesetzt werden kann, kann die zuständige Behörde im Benehmen mit einem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 Ausnahmen von Satz 1 zulassen.
- (5) Für ein ungeborenes Kind, das aufgrund der Beschäftigung seiner Mutter einer Strahlenexposition ausgesetzt ist, beträgt der Grenzwert der Dosis aus äußerer Strahlenexposition vom Zeitpunkt der Mitteilung über die Schwangerschaft bis zu deren Ende 1 Millisievert.
- (6) Der nach Absatz 1 Verpflichtete hat das fliegende Personal mindestens einmal im Kalenderjahr über die gesundheitlichen Auswirkungen der kosmischen Strahlung und über die zum Zweck der Überwachung von Dosisgrenzwerten und der Beachtung der Strahlenschutzgrundsätze erfolgende Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten zu unterrichten; hierbei sind Frauen darüber zu unterrichten, dass eine Schwangerschaft im Hinblick auf die Risiken einer Strahlenexposition für das ungeborene Kind so früh wie möglich mitzuteilen ist. Die Unterrichtung kann Bestandteil erforderlicher Unterweisungen nach anderen Vorschriften sein. Der nach Absatz 1 Verpflichtete hat über den Inhalt und Zeitpunkt der Unterrichtung Aufzeichnungen zu führen, die von der unterrichteten Person zu unterzeichnen sind. Er hat die Aufzeichnungen fünf Jahre lang nach der Unterrichtung aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.
- (7) Der nach Absatz 1 Verpflichtete hat
1. die Ergebnisse der Dosisermittlung nach Absatz 1 unverzüglich aufzuzeichnen,
  2. die Aufzeichnungen nach Nummer 1
    - a) so lange aufzubewahren, bis die überwachte Person das 75. Lebensjahr vollendet hat oder vollendet hätte, mindestens jedoch 30 Jahre nach Beendigung der jeweiligen Beschäftigung,
    - b) spätestens 95 Jahre nach der Geburt der betroffenen Person zu löschen,
    - c) auf Verlangen der überwachten Person oder der zuständigen Behörde vorzulegen oder bei einer von dieser Behörde zu bestimmenden Stelle zu hinterlegen,
    - d) bei einem Wechsel des Beschäftigungsverhältnisses dem neuen Arbeitgeber auf Verlangen zur Kenntnis zu geben, falls weiterhin eine Beschäftigung als beruflich strahlenexponierte Person ausgeübt wird,
3. Überschreitungen des Grenzwertes der effektiven Dosis nach Absatz 2 Satz 1 der zuständigen Behörde unter Angabe der Gründe, der betroffenen Personen und der ermittelten Dosen unverzüglich mitzuteilen,
4. den betroffenen Personen im Fall der Nummer 3 die effektive Dosis unverzüglich mitzuteilen.
- (8) Der nach Absatz 1 Verpflichtete hat die ermittelte effektive Dosis und die in § 112 Abs. 1 Nr. 2 und 3 genannten Angaben dem Luftfahrt-Bundesamt oder einer vom Luftfahrt-Bundesamt bestimmten Stelle zur Weiterleitung an das Strahlenschutzregister mindestens halbjährlich zu übermitteln. Auskünfte aus dem Strahlenschutzregister werden dem nach Absatz 1 Verpflichteten erteilt, soweit es für die Wahrnehmung seiner Aufgaben erforderlich ist. § 112 Abs. 4 Satz 1 Nr. 1 und 3 und Satz 2 findet Anwendung.
- (9) Der nach Absatz 1 Verpflichtete darf Personen, bei denen die Ermittlung nach Absatz 1 ergeben hat, dass eine effektive Dosis von mehr als 6 Millisievert im Kalenderjahr überschritten werden kann, eine Beschäftigung oder Weiterbeschäftigung nur erlauben, wenn sie innerhalb des jeweiligen Kalenderjahrs von einem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 untersucht worden sind und dem gemäß Absatz 1 Verpflichteten eine von diesem Arzt ausgestellte Bescheinigung vorliegt, nach der der Beschäftigung keine gesundheitlichen Bedenken entgegenstehen. Die in entsprechender Anwendung des § 61 Abs. 1 Satz 1 angeforderten Unterlagen sind dem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 unverzüglich zu übergeben. Der Arzt hat die ärztliche Bescheinigung dem Verpflichteten nach Absatz 1 Satz 1, der beruflich strahlenexponierten Person und, soweit gesundheitliche Bedenken bestehen, auch der zuständigen Behörde unverzüglich zu übersenden. Die Untersuchung kann im Rahmen der fliegerärztlichen Untersuchung erfolgen.

#### 4.1.3 Literatur

- [1] Röntgenverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. April 2003 (BGBl. I, S. 604), die zuletzt durch Artikel 6 der Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I, S. 2010) geändert worden ist

- [2] Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001 (BGBl. I, S. 1714; 2002 I, S. 1459), die durch Artikel 8 des Gesetzes vom 26. Juli 2016 (BGBl. I, S. 1843) geändert worden ist
- [3] Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten, Bundesanzeiger Nr. 160 a und b vom 28. August 2001

**4.2 Inkohärente optische Strahlung (ultraviolette, sichtbare und infrarote Strahlung)**

**4.2.1 Erläuterungen**

Optische Strahlung ist eine elektromagnetische Wellenstrahlung. Eine Unterteilung der optischen Strahlung ergibt sich aufgrund der Wellenlänge  $\lambda$  in:

Ultraviolettstrahlung:	100 nm < $\lambda$ < 400 nm
sichtbare Strahlung:	400 nm < $\lambda$ < 780 nm
Infrarotstrahlung:	780 nm < $\lambda$ < 1 mm

Eine weitere Einteilung unterscheidet optische Strahlung nach ihrer Kohärenzeigenschaft in:

- Laserstrahlung, d. h. kohärente optische Strahlung
- inkohärente optische Strahlung

Bei der Einwirkung optischer Strahlung auf Personen kann es je nach der Art der Strahlung, der Strahlungsintensität und der Einwirkungsdauer zu unterschiedlichen Schädigungen kommen. Dies wird nachfolgend bei jeder Strahlungsart behandelt.

Grenzwerte für inkohärente und kohärente optische Strahlung sind in der EU-Richtlinie 2006/25/EG „Künstliche optische Strahlung“ [1] festgelegt. Sie wurde 2010 durch die Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung – OStrV [2] in nationales Recht umgesetzt. Die Grenzwerte der EU-Richtlinie werden über die Verordnung in Deutschland rechtsverbindlich. Durch die Technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS IOS) [3] werden die Anforderungen der OStrV konkretisiert. Diese Technischen Regeln geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitsplatzhygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung wieder. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der OStrV erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Gemäß Kapitel 4.14 des Teils Allgemeines der TROS IOS liegt eine mögliche Gefährdung nach § 1 Absatz 1 OStrV vor, wenn eine Überschreitung der Expositionsgrenzwerte nach Abschnitt 5 der TROS IOS, Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung“ durch inkohärente optische Strahlung nicht ausgeschlossen werden kann. Es ist zu beachten, dass diese in Abschnitt 5 des Teils 2 der TROS IOS enthaltenen Expositionsgrenzwerte teilweise von den Grenzwertdefinitionen in der EU-Richtlinie abweichen oder diese ergänzen.

**4.2.2 Ultraviolette Strahlung**

**4.2.2.1 Wirkungen**

Ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) ist elektromagnetische Wellenstrahlung mit Wellenlängen zwischen 100 und 400 nm. Die Einwirkung von UV-Strahlung auf den Menschen kann zu Schädigungen des Auges und der Haut führen. Eine kurzfristige Einwirkung sehr hoher Intensität kann im Auge eine Bindehaut- und Hornhautentzündung und auf der Haut ein Erythem (Sonnenbrand) hervorrufen. Eine langfristige, chronische UV-Einwirkung kann im Auge eine Linsentrübung verursachen sowie eine Alterung der Haut und das Entstehen von Hautkrebs bewirken.

**4.2.2.2 Grenzwerte**

Die im Folgenden aufgelisteten Expositionsgrenzwerte wurden der Richtlinie 2006/25/EG [1] entnommen. Die Richtlinie enthält einen Grenzwert zum Schutz von Augen und Haut vor kurz- und langfristigen Schäden durch UV-Strahlung sowie einen Grenzwert für starke UV-A-Strahlenexpositionen zum Schutz der Augen vor langfristigen Schäden. Bei der Ermittlung der Strahlenexpositionen, die mit den Expositionsgrenzwerten verglichen werden sollen, sind für die Definition der Messgrößen die Basis-Berechnungsformeln (a) und (b) des Anhangs I der Richtlinie 2006/25/EG anzuwenden.

**Expositionsgrenzwert für Einwirkungen auf die Augen und die Haut im Wellenlängenbereich von 180 bis 400 nm**

Aus den gemessenen oder berechneten Werten der spektralen Bestrahlungsstärke ist nach Gleichung (a) im Anhang I der Richtlinie 2006/25/EG die effektive Bestrahlung  $H_{eff}$  im Wellenlängenbereich von  $\lambda_1 = 180$  nm bis  $\lambda_2 = 400$  nm zu berechnen. Hierbei sind die Werte für die relative spektrale Wirksamkeit  $S(\lambda)$  der Tabelle 1 zu entnehmen. Der Expositionsgrenzwert für die effektive Bestrahlung  $H_{eff}$  durch UV-Strahleneinwirkungen auf die Augen und die Haut im Wellenlängenbereich von 180 bis 400 nm beträgt:

$$H_{eff} = 30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$$

Er gilt als maximal zulässiger Tageswert für eine achtstündige Arbeitsschicht.

In Abbildung 1 ist die Funktion  $S(\lambda)$  grafisch dargestellt:

Abbildung 1: Spektrale Wichtungsfunktion  $S(\lambda)$

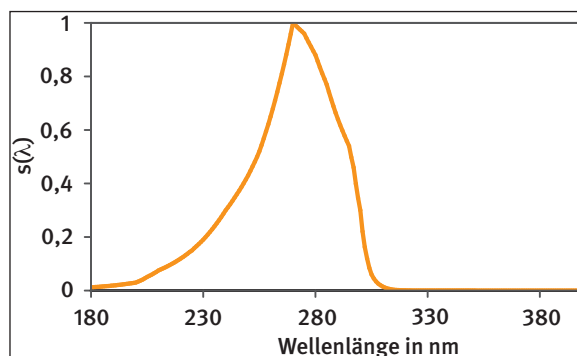


Tabelle 1:

Relative spektrale Wirksamkeit  $S(\lambda)$  für Einwirkungen auf die Augen und die Haut im Wellenlängenbereich zwischen 180 und 400 nm (entnommen der Tabelle 1.2 des Anhangs I der Richtlinie 2006/25/EG [1])

$\lambda$ in nm	$S(\lambda)$	$\lambda$ in nm	$S(\lambda)$	$\lambda$ in nm	$S(\lambda)$	$\lambda$ in nm	$S(\lambda)$	$\lambda$ in nm	$S(\lambda)$
180	0,0120	228	0,1740	276	0,9440	324	0,000520	372	0,0000866
181	0,0127	229	0,1820	277	0,9280	325	0,000500	373	0,0000834
182	0,0134	230	0,1900	278	0,9120	326	0,000480	374	0,0000802
183	0,0141	231	0,2000	279	0,8960	327	0,000460	375	0,0000770
184	0,0148	232	0,2100	280	0,8800	328	0,000440	376	0,0000744
185	0,0155	233	0,2200	281	0,8580	329	0,000425	377	0,0000718
186	0,0162	234	0,2300	282	0,8360	330	0,000410	378	0,0000692
187	0,0169	235	0,2400	283	0,8140	331	0,000397	379	0,0000666
188	0,0176	236	0,2520	284	0,7920	332	0,000383	380	0,0000640
189	0,0183	237	0,2640	285	0,7700	333	0,000370	381	0,0000618
190	0,0190	238	0,2760	286	0,7440	334	0,000355	382	0,0000596
191	0,0201	239	0,2880	287	0,7180	335	0,000340	383	0,0000574
192	0,0212	240	0,3000	288	0,6920	336	0,000328	384	0,0000552
193	0,0223	241	0,3120	289	0,6660	337	0,000316	385	0,0000530
194	0,0234	242	0,3240	290	0,6400	338	0,000304	386	0,0000512
195	0,0245	243	0,3360	291	0,6200	339	0,000292	387	0,0000494
196	0,0256	244	0,3480	292	0,6000	340	0,000280	388	0,0000476
197	0,0267	245	0,3600	293	0,5800	341	0,000272	389	0,0000458
198	0,0278	246	0,3740	294	0,5600	342	0,000264	390	0,0000440
199	0,0289	247	0,3880	295	0,5400	343	0,000256	391	0,0000424
200	0,0300	248	0,4020	296	0,5000	344	0,000248	392	0,0000408
201	0,0342	249	0,4160	297	0,4600	345	0,000240	393	0,0000392
202	0,0384	250	0,4300	298	0,4067	346	0,000232	394	0,0000376
203	0,0426	251	0,4475	299	0,3533	347	0,000224	395	0,0000360
204	0,0468	252	0,4650	300	0,3000	348	0,000216	396	0,0000348
205	0,0510	253	0,4825	301	0,2400	349	0,000208	397	0,0000336
206	0,0558	254	0,5000	302	0,1800	350	0,000200	398	0,0000324
207	0,0606	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000192	399	0,0000312
208	0,0654	256	0,5460	304	0,0900	352	0,000184	400	0,0000300
209	0,0702	257	0,5720	305	0,0600	353	0,000176		
210	0,0750	258	0,5980	306	0,0487	354	0,000168		
211	0,0790	259	0,6240	307	0,0373	355	0,000160		
212	0,0830	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000154		
213	0,0870	261	0,6820	309	0,0205	357	0,000148		
214	0,0910	262	0,7140	310	0,0150	358	0,000142		
215	0,0950	263	0,7460	311	0,0120	359	0,000136		
216	0,1000	264	0,7780	312	0,0090	360	0,000130		
217	0,1050	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1100	266	0,8480	314	0,0045	362	0,000122		
219	0,1150	267	0,8860	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9240	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1260	269	0,9620	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1320	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000107		
223	0,1380	271	0,9920	319	0,00120	367	0,000103		
224	0,1440	272	0,9840	320	0,00100	368	0,000100		
225	0,1500	273	0,9760	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1580	274	0,9680	322	0,000670	370	0,0000930		
227	0,1660	275	0,9600	323	0,000540	371	0,0000898		

**Expositionsgrenzwert für Einwirkungen auf die Augen im Wellenlängenbereich von 315 bis 400 nm**

Zum Schutz der Augen vor Trübungen der Augenlinsen durch langfristige Einwirkungen gilt zusätzlich ein Expositionsgrenzwert der Bestrahlung  $H_{UVA}$  im Wellenlängenbereich von 315 bis 400 nm. Die Bestrahlung  $H_{UVA}$  ist nach Gleichung (b) des Anhangs I der Richtlinie 2006/25/EG [1] im Bereich von  $\lambda_1 = 315$  nm bis  $\lambda_2 = 400$  nm zu ermitteln. Der Expositionsgrenzwert für die Bestrahlung durch UV-Strahleneinwirkungen auf die Augen im Wellenlängenbereich von 315 bis 400 nm beträgt:

$$H_{UVA} = 10\,000 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$$

Er gilt als maximal zulässiger Tageswert für eine achtstündige Arbeitsschicht.

**Expositionsgrenzwert für den Wellenlängenbereich zwischen 100 und 180 nm**

UV-Strahlung mit Wellenlängen  $< 180$  nm wird in der Luft sehr stark absorbiert. Daher kommen praktisch kaum Expositionen von Personen gegenüber dieser Strahlung vor. Die Richtlinie 2006/25/EG [1] enthält auch keine Expositionsgrenzwerte für den Wellenlängenbereich von 100 bis 180 nm. Soll dennoch die Gefährdung durch Strahlung von 100 bis 180 nm Wellenlänge bewertet werden, so kann dazu gemäß Kapitel 6.1 des Teils Allgemeines der TROS IOS [3] vorgegangen werden. Demnach wird die effektive Bestrahlung  $H_{eff}$  nicht nur für den Wellenlängenbereich von 180 bis 400 nm, sondern für den Bereich von 100 nm bis 400 nm ermittelt. Dazu wird bei allen Wellenlängen  $< 180$  nm für  $S(\lambda)$  der gleiche Wert von 0,012 eingesetzt, der dem Wert bei 180 nm entspricht. Die so ermittelte effektive Bestrahlung  $H_{eff}$  wird mit dem Expositionsgrenzwert verglichen.

**4.2.2.3 Messung und Bewertung von UV-Strahlenexpositionen**

Um beurteilen zu können, ob von UV-Strahlung Gefährdungen ausgehen, ist es oft notwendig, die Strahlenexpositionen exponierter Personen zu messen und zu bewerten. In DIN EN 14255-1 [4] sind Verfahren zur Messung und Beurteilung personenbezogener Expositionen gegenüber ultravioletter Strahlung durch künstliche Strahlungsquellen festgelegt.

**4.2.3 Sichtbare und Infrarot-Strahlung**

**4.2.3.1 Wirkungen**

Sichtbare Strahlung (Licht) ist elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 bis 780 nm. Als Infrarot-Strahlung wird elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen zwischen 780 nm und 1 mm bezeichnet. Beide Strahlungsarten können Schädigungen des Auges und der Haut hervorrufen. Wirkt Licht hoher Bestrahlungsstärke auf das Auge ein, so kann es zu einer Verbrennung und zu einer fotochemischen Schädigung (sog. Blaulichtgefährdung oder Fotoretinitis) der Netzhaut kommen.

Die Einwirkung sehr intensiver Infrarot-Strahlung auf das Auge kann theoretisch unmittelbar zu einer Trübung der Augenlinse führen. In der Praxis kommt dies aufgrund der Wärmeempfindung mit nachfolgender Abwendungsreaktion jedoch nicht vor. Dagegen werden Linsentrübungen (Katarakte) durch Infrarot-

Strahleneinwirkungen über lange Zeiträume (10 bis 30 Jahre) beobachtet.

Eine weitere Schädigungsmöglichkeit bei der kurzfristigen Einwirkung intensiver Wärmestrahlung (Licht und Infrarot-Strahlung) ist die Verbrennung der Haut. Daneben kann eine Wärmestrahlungseinwirkung auch unterhalb der Verbrennungsschwelle zu einer thermischen Belastung des gesamten Körpers führen (siehe Abschnitt 3.1 „Klimatische Belastungen“).

**4.2.3.2 Grenzwerte**

Die im Folgenden aufgelisteten Expositionsgrenzwerte wurden der Richtlinie 2006/25/EG [1] entnommen. Bei der Ermittlung der Strahlenexpositionen, die mit den Expositionsgrenzwerten verglichen werden sollen, sind für die Messgrößen die Basis-Berechnungsformeln (c) bis (o) des Anhangs I der Richtlinie 2006/25/EG [1] anzuwenden.

**Expositionsgrenzwerte zum Schutz vor der fotochemischen Schädigung der Netzhaut des Auges durch Blaulicht (Fotoretinitis, Blaulichtgefährdung) im Wellenlängenbereich zwischen  $\lambda_1 = 300$  nm und  $\lambda_2 = 700$  nm**

Zunächst ist die Winkelausdehnung  $\alpha$ , unter der die Strahlenquelle beobachtet wird, zu bestimmen. Je nach Winkelausdehnung  $\alpha$  der Quelle sind die folgenden Expositionsgrenzwerte (a) oder (b) anzuwenden:

**(a) Winkelausdehnung der Quelle  $\alpha \geq 11$  mrad**

Um die effektive Strahldichte  $L_b$  einer Quelle für die Blaulichtgefährdung im Wellenlängenbereich zwischen 300 und 700 nm zu bestimmen, ist die Wichtungsformel (c, d) aus Anhang I der Richtlinie 2006/25/EG [1] anzuwenden. Die Werte der Funktion  $B(\lambda)$  sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Es gelten folgende Expositionsgrenzwerte für die Blaulicht-Strahldichte  $L_b$  bei einer Einwirkungsdauer  $t$  in s und einer Winkelausdehnung der Quelle  $\alpha \geq 11$  mrad:

$$L_b = \frac{10^6}{t} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad \text{für } t \leq 10\,000 \text{ s}$$

$$L_b = 100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad \text{für } t > 10\,000 \text{ s}$$

**(b) Winkelausdehnung der Quelle  $\alpha < 11$  mrad**

Um die Blaulicht-Bestrahlungsstärke  $E_b$  für die Blaulichtgefährdung im Wellenlängenbereich zwischen 300 und 700 nm zu bestimmen, ist die Wichtungsformel (e, f) aus Anhang I der Richtlinie 2006/25/EG [1] anzuwenden. Die Werte der Funktion  $B(\lambda)$  sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Es gelten folgende Expositionsgrenzwerte für die Blaulicht-Bestrahlungsstärke  $E_b$  bei einer Einwirkungsdauer  $t$  in s und einer Winkelausdehnung der Quelle  $\alpha < 11$  mrad:

$$E_b = \frac{100}{t} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{für } t \leq 10\,000 \text{ s}$$

$$E_b = 0,01 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{für } t > 10\,000 \text{ s}$$

**Expositionsgrenzwerte zum Schutz vor Verbrennungen der Netzhaut des Auges für den Wellenlängenbereich von 380 bis 1400 nm**

Zunächst ist die Winkelausdehnung  $\alpha$ , unter der die Strahlenquelle beobachtet wird, zu ermitteln. Um die effektive Strahldichte  $L_R$  (380 bis 1400 nm) einer Strahlenquelle für die thermische Netzhautgefährdung zu bestimmen, ist die Wichtungsformel (g) bis (i) aus Anhang I der Richtlinie 2006/25/EG [1] für den Wellenlängenbereich zwischen 380 und 1400 nm anzuwenden. Die Werte der Funktion  $R(\lambda)$  sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Wichtungsfunktionen  $B(\lambda)$  für die Blaulichtgefährdung und  $R(\lambda)$  für die thermische Gefährdung der Netzhaut im Wellenlängenbereich von 380 bis 1400 nm (entnommen der Tabelle 1.3 des Anhangs I der Richtlinie 2006/25/EG [1])

B ( $\lambda$ ), R ( $\lambda$ ) [dimensionslos], 380 bis 1400 nm		
$\lambda$ in nm	B ( $\lambda$ )	R ( $\lambda$ )
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	–
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1050$	–	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1050 < \lambda \leq 1150$	–	0,2
$1150 < \lambda \leq 1200$	–	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$
$1200 < \lambda \leq 1400$	–	0,02

Es gelten folgende Expositionsgrenzwerte für die thermisch gewichtete Strahldichte  $L_R$  (380 bis 1400 nm) bei einer Einwirkungsdauer  $t$  in s und einer Winkelausdehnung  $\alpha$  der Quelle:

$$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad \text{für } t > 10 \text{ s}$$

$$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha \cdot t^{0,25}} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad \text{für } 10 \mu\text{s} < t \leq 10 \text{ s}$$

$$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad \text{für } t < 10 \mu\text{s}$$

Dabei hängen die Werte des Korrekturfaktors  $C_\alpha$  folgendermaßen von der Winkelausdehnung  $\alpha$  der Quelle ab:

$$C_\alpha = 1,7 \quad \text{bei } \alpha \leq 1,7 \text{ mrad}$$

$$C_\alpha = \alpha \quad \text{bei } 1,7 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$$

$$C_\alpha = 100 \quad \text{bei } \alpha > 100 \text{ mrad}$$

**Expositionsgrenzwerte zum Schutz vor Verbrennungen der Netzhaut des Auges für den Wellenlängenbereich von 780 bis 1400 nm**

Zum Schutz der Netzhaut vor Verbrennungen sind in der Richtlinie 2006/25/EG [1] neben den Grenzwerten für sichtbare und infrarote Strahlenexpositionen auch Grenzwerte allein für den IR-A-Bereich mit Wellenlängen zwischen 780 und 1400 nm festgelegt. Die Anwendung dieser Grenzwerte ist vor allem dann von Bedeutung, wenn die Strahlung keinen starken sichtbaren Anteil enthält, der Abwendungsreaktionen anregen kann.

Zunächst ist die Winkelausdehnung  $\alpha$ , unter der die Strahlenquelle beobachtet wird, zu ermitteln. Um die effektive Strahldichte  $L_R$  (780 bis 1400 nm) einer Strahlenquelle für die thermische Netzhautgefährdung zu bestimmen, ist die Wichtungsformel (j) bis (l) aus Anhang I der Richtlinie 2006/25/EG [1] für den Wellenlängenbereich zwischen 780 und 1400 nm anzuwenden. Die Werte der Funktion  $R(\lambda)$  sind Tabelle 2 zu entnehmen. Bei der Messung von  $L_R$  (780 bis 1400 nm) ist ein Messfeld von 11 mrad einzuhalten.

Es gelten folgende Expositionsgrenzwerte für die thermisch gewichtete Strahldichte  $L_R$  (780 bis 1400 nm) bei einer Einwirkungsdauer  $t$  in s und einer Winkelausdehnung  $\alpha$  der Quelle:

$$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad \text{für } t > 10 \text{ s}$$

$$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha \cdot t^{0,25}} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad \text{für } 10 \mu\text{s} \leq t \leq 10 \text{ s}$$

$$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \quad \text{für } t < 10 \mu\text{s}$$



Dabei hängen die Werte des Korrekturfaktors  $C_\alpha$  folgendermaßen von der Winkelausdehnung  $\alpha$  der Quelle ab:

$$C_\alpha = 11 \quad \text{bei } \alpha \leq 11 \text{ mrad}$$

$$C_\alpha = \alpha \quad \text{bei } 11 \leq \alpha \leq 100 \text{ mrad}$$

$$C_\alpha = 100 \quad \text{bei } \alpha > 100 \text{ mrad}$$

**Expositionsgrenzwerte zum Schutz der Augen vor Infrarot-Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 780 und 3 000 nm**

Dieser Grenzwert wurde zum Schutz der Hornhaut des Auges vor Verbrennungen und der Augenlinse vor Trübungen festgelegt. Die Bestrahlungsstärke  $E_{IR}$  ist nach Gleichung (m, n) des Anhangs I der Richtlinie 2006/25/EG [1] im Bereich von  $\lambda_1 = 780 \text{ nm}$  bis  $\lambda_2 = 3\,000 \text{ nm}$  zu ermitteln. Der Expositionsgrenzwert für die Bestrahlungsstärke  $E_{IR}$  für Strahleinwirkungen auf die Augen im Wellenlängenbereich von  $\lambda_1 = 780 \text{ nm}$  bis  $\lambda_2 = 3\,000 \text{ nm}$  beträgt:

$$E_{IR} = 18\,000 \cdot t^{-0,75} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{für } t \leq 1\,000 \text{ s}$$

$$E_{IR} = 100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad \text{für } t > 1\,000 \text{ s}$$

**Anmerkung 1:**

Gemäß Kapitel 6.2 des Teils 2 der TROS IOS fehlen in der EU-Richtlinie Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlungsexpositionen im Wellenlängenbereich von 3 000 nm bis 1 mm. Besonders bei thermischen Strahlungsquellen, wie Halogenglühlampen, Metallschmelzen oder Glasschmelzen, können auch Wellenlängen über 3 000 bis etwa 20 000 nm wesentlich zu einer thermischen Belastung von Augen und Haut beitragen. Es ist daher zum Schutz von Hornhaut und Bindehaut der Augen vor Verbrennungen erforderlich, bei der Gefährdungsbeurteilung nicht nur die Bestrahlungsstärke  $E_{IR}$  im Wellenlängenbereich 780 bis 3 000 nm zu ermitteln, sondern vielmehr die Bestrahlungsstärke  $E_{IR}$  für den Wellenlängenbereich von 780 bis 20 000 nm zu ermitteln und mit den bis 3 000 nm festgelegten Expositionsgrenzwerten zu vergleichen. Bei thermischen Strahlungsquellen mit Temperaturen im Bereich von 800 bis ca. 3 000 °C reicht die Einbeziehung der Wellenlängen bis 20 000 nm aus, da Strahlung bei größeren Wellenlängen nicht mehr gefährdend zur Belastung der Augen beiträgt.

**Anmerkung 2:**

Die Zusammenfassung der Expositionsgrenzwerte in der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz vor Verbrennungen der Hornhaut bei kurzfristiger Einwirkung einerseits und zum Schutz der Augenlinse bei jahrelanger Einwirkung andererseits ist umstritten. Bei Expositionenzeiten über 1 000 s, aber weit unter 8 h, erscheint der Wert von 100 W/m<sup>2</sup> als zu restriktiv. In Tabelle A2.1 n) des Teils 2 der TROS IOS ist deshalb für Expositionsdauern von über 1 000 s ein Grenzwert für die Bestrahlung von  $H_{IR} = 3 \cdot 10^6 \text{ J/m}^2$  festgelegt.

**Expositionsgrenzwert zum Schutz der Haut vor Verbrennungen im Wellenlängenbereich von 380 bis 3 000 nm**

Die Bestrahlung H im Bereich von  $\lambda_1 = 380 \text{ nm}$  bis  $\lambda_2 = 3\,000 \text{ nm}$  ist nach Gleichung (o) des Anhangs I der Richtlinie 2006/25/EG [1] zu bestimmen. Für Einwirkungsdauern bis zu 10 s beträgt der Expositionsgrenzwert der Bestrahlung  $H_{skin}$  durch Strahleinwirkungen auf die Haut im Wellenlängenbereich von 380 bis 3 000 nm:

$$H_{skin} = 20\,000 \cdot t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$$

**Anmerkung:**

In Kapitel 6.3 des Teils 2 der TROS IOS [3] wird Folgendes festgestellt:

- (1) Es fehlen Expositionsgrenzwerte für inkohärente optische Strahlungsexpositionen der Haut im Wellenlängenbereich von 3 000 nm bis 1 mm für Expositionenzeiten über 10 s.
- (2) Das Auftreten einer Hautverbrennung wird durch die Höhe der aktuellen Bestrahlungsstärke  $E_{Haut}$  und nicht zwangsläufig durch die Bestrahlung  $H_{Haut}$  bestimmt.

Der Expositionsgrenzwert zum Schutz vor Verbrennungen der Haut durch IR-Strahlungsexpositionen ist daher für den Wellenlängenbereich von 380 bis 20 000 nm und Expositionsdauern bis zu 1 000 s gemäß Tabelle 3 in Kapitel 6.3 des Teils 2 der TROS IOS folgendermaßen zu bestimmen:

$$E_{Haut} [W/m^2] = 20\,000 \cdot t^{-0,75} \quad (\text{bei } t < 10 \text{ s})$$

$$E_{Haut} [W/m^2] = 7\,700 \cdot t^{-0,34} \quad (\text{bei } 10 \text{ s} \leq t < 1\,000 \text{ s})$$

**4.2.3.3 Messung und Bewertung von sichtbarer und infraroter Strahlung**

Um beurteilen zu können, ob von sichtbarer oder infraroter Strahlung Gefährdungen ausgehen, ist es oft notwendig, die Strahlenexpositionen exponierter Personen zu messen und zu bewerten. In DIN EN 14255-2 [5] sind Verfahren zur Messung und Bewertung personenbezogener Expositionen gegenüber sichtbarer und infraroter Strahlung durch künstliche Strahlungsquellen festgelegt.

**4.2.4 Literatur**

- [1] Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Mindestvorschriften zum Schutz der Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung). ABl. EU (2006) Nr. L 114/38
- [2] Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung und zur Änderung von Arbeitsschutzverordnungen vom 19. Juli 2010. BGBl. I (2010) Nr. 38

- [3] Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung: Inkohärente Optische Strahlung. www.baua.de, Themen von A-Z, Anlagen- und Betriebssicherheit, Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS IOS)
- [4] DIN EN 14255-1: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 1: Von künstlichen Quellen am Arbeitsplatz emittierte ultraviolette Strahlung (6/2005). Beuth, Berlin 2005
- [5] DIN EN 14255-2: Messung und Beurteilung von personenbezogenen Expositionen gegenüber inkohärenter optischer Strahlung – Teil 2: Sichtbare und infrarote Strahlung künstlicher Quellen am Arbeitsplatz (3/2006). Beuth, Berlin 2006

### 4.3 Laserstrahlung

#### 4.3.1 Erläuterungen

Laserstrahlung ist kohärente optische Strahlung, die meist bei einer einzelnen Wellenlänge im ultravioletten, im sichtbaren oder im infraroten Spektralbereich emittiert wird (siehe Abschnitt 4.2.1). Kohärenz heißt, dass die Entstehung der Strahlung auf atomarer Ebene koordiniert abläuft und sich die Strahlungsanteile, die von einzelnen Atomen oder Molekülen ausgesandt werden, zu einer Gesamtstrahlung überlagern. Hierdurch kann eine sehr intensive Strahlung erzeugt werden.

#### 4.3.2 Wirkungen

Die möglichen Schädigungen durch Laserstrahlung sind die gleichen, wie sie für inkohärente ultraviolette, sichtbare und infrarote Strahlung beschrieben werden (siehe Abschnitt 4.2). Eine Schädigung insbesondere des Auges, aber auch der Haut, ist möglich. Da Laserstrahlung aufgrund der Kohärenzeigenschaft stark gebündelt werden kann, sind damit hohe Strahlungsintensitäten zu erzielen. Hierdurch kann es vor allem zu akuten Augen- und Hautschäden wie Verbrennungen kommen.

#### 4.3.3 Grenzwerte

Grenzwerte für inkohärente und kohärente optische Strahlung sind in der EU-Richtlinie 2006/25/EG „Künstliche optische Strahlung“ [1] festgelegt. Sie wurde 2010 durch die Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung – OStrV [2] in nationales Recht umgesetzt. Die Grenzwerte der EU-Richtlinie werden über die Verordnung in Deutschland rechtsverbindlich. Durch die Technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Laserstrahlung) [3] werden die Anforderungen der OStrV konkretisiert. Diese Technischen Regeln geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitsplatzhygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Laserstrahlung wieder. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der OStrV erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Gemäß Kapitel 4.13 des Teils „Allgemeines“ der TROS Laserstrahlung beschreibt der Expositionsgrenzwert das maximale Ausmaß der Laserstrahlung, dem das Auge oder die Haut ausgesetzt werden kann, ohne dass damit akute Gesundheitsschädigungen gemäß Tabelle A3.1 der Anlage 3 dieser TROS verbunden sind. Es ist zu beachten, dass die in Anlage 4 Abschnitt A4.1 des Teils 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber Laserstrahlung“ aufgeführten Expositionsgrenzwerte teilweise von den Grenzwertdefinitionen in der EU-Richtlinie abweichen oder diese ergänzen.

Die in diesem Abschnitt aufgelisteten Expositionsgrenzwerte sind der Richtlinie 2006/25/EG entnommen, wobei die Nummerierung der Tabellen 2.1 bis 2.6 aus Gründen der Klarheit der Nummerierung in der Richtlinie folgt. Die Richtlinie 2006/25/EG enthält zu Beginn des Anhangs II Formeln und Definitionen für Messgrößen, in denen die Expositionsgrenzwerte für Laserstrahlung ausgedrückt werden. In Tabelle 2.1 ordnet sie dann Wellenlängenbereiche, die Gefährdungen für Augen und Haut und die Tabellennummern mit den entsprechenden Expositionsgrenzwerten einander zu.

Tabelle 2.1: Strahlungsgefährdungen für Augen und Haut (Tabelle 2.1 des Anhangs II der Richtlinie 2006/25/EG)

Wellenlänge $\lambda$ in nm	Strahlungsbereich	Betroffenes Organ	Gefährdung	Tabelle für den Expositionsgrenzwert
180 bis 400	UV	Auge	Fotochemische Schädigung und thermische Schädigung	2.2, 2.3
180 bis 400	UV	Haut	Erythem	2.4
400 bis 700	Sichtbar	Auge	Netzhautschädigung	2.2
400 bis 600	Sichtbar	Auge	Fotochemische Schädigung	2.3
400 bis 700	Sichtbar	Haut	Thermische Schädigung	2.4
700 bis 1400	IR-A	Auge	Thermische Schädigung	2.2, 2.3
700 bis 1400	IR-A	Haut	Thermische Schädigung	2.4
1400 bis 2600	IR-B	Auge	Thermische Schädigung	2.2
2600 bis 10 <sup>6</sup>	IR-C	Auge	Thermische Schädigung	2.2
1400 bis 10 <sup>6</sup>	IR-B, IR-C	Auge	Thermische Schädigung	2.3
1400 bis 10 <sup>6</sup>	IR-B, IR-C	Haut	Thermische Schädigung	2.4

Tabelle 2.2: Grenzwerte für die Exposition des Auges gegenüber Laserstrahlung für kurze Expositionsdauer ( $t < 10$  s); entspricht der Tabelle 2.2 des Anhangs II der Richtlinie 2006/25/EG

Wellenlänge <sup>a</sup> in nm	Öffnung	Dauer in s						
		$10^{-13}$ bis $10^{-11}$	$10^{-11}$ bis $10^{-9}$	$10^{-9}$ bis $10^{-7}$	$10^{-7}$ bis $1,8 \cdot 10^{-5}$			
UV-C 180 bis 280	1 mm für $t < 0,3$ s; $1,5 \cdot t^{0,175}$ für $0,3 < t < 10$ s				$1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$ bis $10^{-3}$	$10^{-3}$ bis $10^1$	
UV-B 280 bis 302								
303						$H = 30$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]		
304						$H = 40$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 1,6 \cdot 10^{-9}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
305						$H = 60$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 1,3 \cdot 10^{-8}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
306						$H = 100$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 1,0 \cdot 10^{-7}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
307						$H = 160$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 6,7 \cdot 10^{-7}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
308						$H = 250$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 4,0 \cdot 10^{-6}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
309						$H = 400$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 2,6 \cdot 10^{-5}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
310						$H = 630$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 1,6 \cdot 10^{-4}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
311						$H = 10^3$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 1,0 \cdot 10^{-3}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
312						$H = 1,6 \cdot 10^3$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 6,7 \cdot 10^{-3}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
313						$H = 2,5 \cdot 10^3$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 4,0 \cdot 10^{-2}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
314						$H = 4,0 \cdot 10^3$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 2,6 \cdot 10^{-1}$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>		
UV-A 315 bis 400					$H = 6,3 \cdot 10^3$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]; wenn $t < 1,6 \cdot 10^0$ , dann $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] <sup>d</sup>			
Sichtbar und IR-A	7 mm	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 1,5 \cdot 10^{-4} C_A C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 1,5 \cdot 10^{-3} C_C C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]	$H = 2,7 \cdot 10^{4+0,75} C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 2,7 \cdot 10^{4+0,75} C_A C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 2,7 \cdot 10^{4+0,75} C_C C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]	$H = 5 \cdot 10^{-3} C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 5 \cdot 10^{-3} C_A C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 5 \cdot 10^{-2} C_C C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]	$H = 18 \cdot t^{0,75} C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 18 \cdot t^{0,75} C_A C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 90 \cdot t^{0,75} C_C C_E$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]			
IR-B und IR-C	s. Fußnote <sup>e</sup>	$E = 10^{12}$ [ $\text{W m}^{-2}$ ] <sup>c</sup> $E = 10^{13}$ [ $\text{W m}^{-2}$ ] <sup>c</sup> $E = 10^{12}$ [ $\text{W m}^{-2}$ ] <sup>c</sup> $E = 10^{11}$ [ $\text{W m}^{-2}$ ] <sup>c</sup>		$H = 10^3$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 10^4$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 10^3$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]	$H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ] $H = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$ [ $\text{Jm}^{-2}$ ]			

Anmerkungen zu Tabelle 2.2:

- a) Wird die Wellenlänge des Lasers von zwei Grenzwerten erfasst, so gilt der strengere Wert.
- b) Wenn  $1400 \leq \lambda < 10^5$  nm: Durchmesser der Messblende = 1 mm bei  $t \leq 0,3$  s und  $1,5 \cdot t^{0,375}$  mm bei  $0,3 < t < 10$  s; wenn  $10^5 \leq \lambda \leq 10^6$  nm: Durchmesser der Messblende = 11 mm
- c) Mangels Daten für diese Impulsweiten empfiehlt die International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) die Anwendung des Grenzwertes für 1 ns.
- d) Die in der Tabelle angegebenen Werte gelten für einzelne Laserimpulse. Bei mehrfachen Laserimpulsen müssen die Laserimpulsdauern von Impulsen, die innerhalb eines Intervalls  $T_{\min}$  (siehe Tabelle 2.6) liegen, aufaddiert werden, und der daraus resultierende Zeitwert muss in der Formel  $5,6 \cdot t^{0,25}$  für  $t$  eingesetzt werden.

**Grenzwerte für die Exposition des Auges gegenüber Laserstrahlen – kurze Expositionsdauer ( $t < 10$  s)**

Die Grenzwerte für die Exposition des Auges gegenüber Laserstrahlung für kurze Expositionsdauern ( $t < 10$  s) sind Tabelle 2.2 zu entnehmen.

**Grenzwerte für die Exposition des Auges gegenüber Laserstrahlung – lange Expositionsdauer ( $t > 10$  s)**

Die Grenzwerte für die Exposition des Auges gegenüber Laserstrahlung für lange Expositionsdauern ( $t > 10$  s) sind Tabelle 2.3 zu entnehmen.

Tabelle 2.3:  
Grenzwerte für die Exposition des Auges gegenüber Laserstrahlung für lange Expositionsdauern ( $t > 10$  s); entspricht der Tabelle 2.3 des Anhangs II der Richtlinie 2006/25/EG

Wellenlänge <sup>a</sup> in nm		Öffnung	Dauer in s		
			10 <sup>1</sup> bis 10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup> bis 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> bis 3 · 10 <sup>4</sup>
UV-C          UV-B	180 bis 280	3,5 mm	H = 30 [J m <sup>-2</sup> ]		
	280 bis 302				
	303		H = 40 [J m <sup>-2</sup> ]		
	304		H = 60 [J m <sup>-2</sup> ]		
	305		H = 100 [J m <sup>-2</sup> ]		
	306		H = 160 [J m <sup>-2</sup> ]		
	307		H = 250 [J m <sup>-2</sup> ]		
	308		H = 400 [J m <sup>-2</sup> ]		
	309		H = 630 [J m <sup>-2</sup> ]		
	310		H = 1,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
	311		H = 1,6 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
	312		H = 2,5 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
	313		H = 4,0 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
	314		H = 6,3 · 10 <sup>3</sup> [J m <sup>-2</sup> ]		
UV-A	315 bis 400	H = 10 <sup>4</sup> [J m <sup>-2</sup> ]			
Sichtbar 400 bis 700	400 bis 600 Fotochemisch <sup>b</sup> Netzhautschädigung	7 mm	H = 100 C <sub>B</sub> [J m <sup>-2</sup> ] ( $\gamma = 11$ mrad) <sup>d</sup>	E = 1 C <sub>B</sub> [W m <sup>-2</sup> ]; ( $\gamma = 1,1 t^{0,5}$ mrad) <sup>d</sup>	E = 1 C <sub>B</sub> [W m <sup>-2</sup> ]; ( $\gamma = 110$ mrad) <sup>d</sup>
	400 bis 700 Thermisch <sup>b</sup> Netzhautschädigung		wenn $\alpha < 1,5$ mrad wenn $\alpha > 1,5$ mrad und $t \leq T_2$ wenn $\alpha > 1,5$ mrad und $t > T_2$	dann E = 10 [W m <sup>-2</sup> ] dann H = 18 C <sub>A</sub> C <sub>C</sub> t <sup>0,75</sup> [J m <sup>-2</sup> ] dann E = 18 C <sub>A</sub> C <sub>C</sub> T <sub>2</sub> <sup>-0,25</sup> [W m <sup>-2</sup> ]	
IR-A	700 bis 1 400	7 mm	wenn $\alpha < 1,5$ mrad wenn $\alpha > 1,5$ mrad und $t \leq T_2$ wenn $\alpha > 1,5$ mrad und $t > T_2$	dann E = 10 C <sub>A</sub> C <sub>C</sub> [W m <sup>-2</sup> ] dann H = 18 C <sub>A</sub> C <sub>C</sub> t <sup>0,75</sup> [J m <sup>-2</sup> ] dann E = 18 C <sub>A</sub> C <sub>C</sub> T <sub>2</sub> <sup>-0,25</sup> [W m <sup>-2</sup> ] (maximal 1000 Wm <sup>-2</sup> )	
IR-B und IR-C	1 400 bis 10 <sup>6</sup>	siehe <sup>c</sup>	E = 1000 [W m <sup>-2</sup> ]		

**Anmerkungen zu Tabelle 2.3:**

- a) Wird die Wellenlänge oder eine andere Beschaffenheit des Lasers von zwei Grenzwerten erfasst, so gilt der strengere Wert.
- b) Bei kleinen Quellen mit einer Winkelausdehnung von 1,5 mrad oder weniger sind die beiden Grenzwerte für sichtbare Strahlung E von 400 bis 600 nm zu reduzieren auf die thermischen Grenzwerte für  $10 \text{ s} \leq t < T_1$  und auf die fotochemischen Grenzwerte für längere Zeiten. Zu  $T_1$  und  $T_2$  siehe Tabelle 2.5 der Richtlinie 2006/25/EG oder Tabelle 4 in diesem Dokument. Der Grenzwert für fotochemische Netzhautgefährdung kann auch ausgedrückt werden als Integral der Strahldichte über die Zeit  $G = 10^6 C_B [\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$ , wobei Folgendes gilt:  $t > 10 \text{ s}$  bis zu  $t = 10000 \text{ s}$  und  $L = 100 C_B [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}]$  bei  $t > 10000 \text{ s}$ . Zur Messung von G und L ist  $\gamma_m$  als Mittelung des Gesichtsfeldes zu verwenden. Die offizielle Grenze zwischen sichtbar und Infrarot ist 780 nm (entsprechend der Definition der CIE). Die Spalte mit den Bezeichnungen für die Wellenlängenbänder dient lediglich der besseren Übersicht. (Die Bezeichnung G wird von CEN verwendet, die Bezeichnung L<sub>1</sub> von der CIE und die Bezeichnung L<sub>p</sub> von der IEC und dem CENELEC.)
- c) Für die Wellenlänge 1 400 bis 10<sup>5</sup> nm: Durchmesser der Messblende = 3,5 mm; für die Wellenlänge 10<sup>5</sup> bis 10<sup>6</sup> nm: Durchmesser der Messblende = 11 mm
- d) Für Messungen des Expositionsgrenzwertes ist  $\gamma$  wie folgt zu berücksichtigen: Wenn  $\gamma$  (Winkelausdehnung einer Quelle)  $> \gamma$  (Grenzeempfängswinkel, in eckigen Klammern in der entsprechenden Spalte angegeben), dann sollte das Messgesichtsfeld  $\gamma_m$  den Wert  $\gamma$  erhalten. (Bei Verwendung eines größeren Messgesichtsfeldes würde die Gefährdung zu hoch angesetzt.) Wenn  $\alpha < \gamma$ , dann muss das Messgesichtsfeld  $\gamma_m$  groß genug sein, um die Quelle einzuschließen; es ist ansonsten jedoch nicht beschränkt und kann größer sein als  $\gamma$ .

**Grenzwerte für die Exposition der Haut gegenüber Laserstrahlen**

Die Grenzwerte für die Exposition der Haut gegenüber Laserstrahlen sind Tabelle 2.4 zu entnehmen.

Die im Abschnitt 4.3.3 genannten Expositionsgrenzwerte und die in den nachfolgenden Abschnitten 4.3.4 und 4.3.5 genannten Hilfen und Empfehlungen sollten nur so lange herangezogen werden, bis die TROS Laserstrahlung rechtsverbindlich veröffentlicht wurde. Nach deren Veröffentlichung wird empfohlen, die Ausführungen in der TROS Laserstrahlung zu berücksichtigen und speziell die im Anhang 4 des Teils 2 der TROS Laserstrahlung aufgeführten Expositionsgrenzwerte zu verwenden. Die dort enthaltenen Grenzwerte weichen zum Teil von den Definitionen der Richtlinie [1] ab.

Tabelle 2.4:  
Grenzwerte für die Exposition der Haut gegenüber Laserstrahlen; entspricht der Tabelle 2.4 des Anhangs II der Richtlinie 2006/25/EG

Wellenlänge <sup>a</sup> in nm		Öffnung	Dauer in s					
			< 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-9</sup> bis 10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-7</sup> bis 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup> bis 10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup> bis 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> bis 3·10 <sup>4</sup>
UV (A, B, C)	180 bis 400	3,5 mm	$E = 3 \cdot 10^{10} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge				
Sichtbar und IR-A	400 bis 700	3,5 mm	$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	$H = 200 C_A$ $[\text{J m}^{-2}]$	$H = 1,1 \cdot 10^4 C_A t^{0,25} \text{ [J m}^{-2}\text{]}$	$E = 2 \cdot 10^3 C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$		
	700 bis 1 400		$E = 2 \cdot 10^{11} C_A \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
IR-B und IR-C	1 400 bis 1 500		$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$	Gleiche Werte wie Expositionsgrenzwerte für das Auge				
	1 500 bis 1 800		$E = 10^{13} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$					
	1 800 bis 2 600	$E = 10^{12} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$						
	2 600 bis 10 <sup>6</sup>	$E = 10^{11} \text{ [W m}^{-2}\text{]}$						

**Anmerkungen zu Tabelle 2.4:**

a: Wird die Wellenlänge oder eine andere Beschaffenheit des Lasers von zwei Grenzwerten erfasst, so gilt der strengere Wert.

**Korrekturfaktoren und sonstige Berechnungsparameter**

Werte für die Korrekturfaktoren und Parameter, die in die Tabellen zur Berechnung der Grenzwerte einzusetzen sind, enthält Tabelle 2.5.

Tabelle 2.5: Korrekturfaktoren und sonstige Berechnungsparameter. Entspricht der Tabelle 2.5 des Anhangs II der Richtlinie 2006/25/EG

Parameter nach ICNIRP	Gültiger Spektralbereich in nm	Wert
$C_A$	$\lambda < 700$	$C_A = 1,0$
	700 bis 1 050	$C_A = 10^{0,002(\lambda - 700)}$
	1 050 bis 1 400	$C_A = 5,0$
$C_B$	400 bis 450	$C_B = 1,0$
	450 bis 700	$C_B = 10^{0,02(\lambda - 450)}$
$C_C$	700 bis 1 150	$C_C = 1,0$
	1 150 bis 1 200	$C_C = 10^{0,018(\lambda - 1150)}$
	1 200 bis 1 400	$C_C = 8,0$
$T_1$	$\lambda < 450$	$T_1 = 10 \text{ s}$
	450 bis 500	$T_1 = 10 \cdot [10^{0,02(\lambda - 450)}] \text{ s}$
	$\lambda > 500$	$T_1 = 100 \text{ s}$
Parameter nach ICNIRP	Biologische Wirkung	Wert
$\alpha_{\min}$	Alle thermischen Wirkungen	$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
Parameter nach ICNIRP	Gültiger Winkelbereich in mrad	Wert
$C_E$	$\alpha < \alpha_{\min}$	$C_E = 1,0$
	$\alpha_{\min} < \alpha < 100$	$C_E = \alpha / \alpha_{\min}$
	$\alpha > 100$	$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ mrad bei } \alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$
$T_2$	$\alpha < 1,5$	$T_2 = 10 \text{ s}$
	$1,5 < \alpha < 100$	$T_2 = 10 \cdot [10^{(\alpha - 1,5) / 98,5}] \text{ s}$
	$\alpha > 100$	$T_2 = 100 \text{ s}$
Parameter nach ICNIRP	Gültige Expositionsdauer in s	Wert
$\gamma$	$t \leq 100$	$\gamma = 11 \text{ [mrad]}$
	$100 < t < 10^4$	$\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ [mrad]}$
	$t > 10^4$	$\gamma = 110 \text{ [mrad]}$

ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; Interna-

tionale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung

**Wiederholt gepulste oder modulierte Laserstrahlung**

Jede der drei folgenden allgemeinen Regeln ist bei allen wiederholten Expositionen anzuwenden, die bei wiederholt gepulster oder modulierter Laserstrahlung auftreten:

1. Die Exposition gegenüber jedem einzelnen Impuls einer Impulsfolge darf den Expositionsgrenzwert für einen Einzelimpuls dieser Impulsdauer nicht überschreiten.
2. Die Exposition gegenüber einer Impulsgruppe (oder einer Untergruppe von Impulsen in einer Impulsfolge) innerhalb des Zeitraums  $t$  darf den Expositionsgrenzwert für die Zeit  $t$  nicht überschreiten.
3. Die Exposition gegenüber jedem einzelnen Impuls in einer Impulsgruppe darf den Expositionsgrenzwert für den Einzelimpuls, multipliziert mit einem für die kumulierte thermische Wirkung geltenden Korrekturfaktor  $C_p = N^{-0,25}$  nicht überschreiten (wobei  $N$  die Zahl der Impulse ist). Diese Regel gilt nur für Expositionsgrenzwerte zum Schutz gegen thermische Schädigung, wobei alle in weniger als  $T_{min}$  (Tabelle 2.6) erzeugten Impulse als einzelner Impuls behandelt werden.

Tabelle 2.6:  
Zeiten  $T_{min}$ , unterhalb derer die Impulsgruppen als einzelner Impuls betrachtet werden

Gültiger Spektralbereich in nm	$T_{min}$
$315 < \lambda \leq 400$	$10^{-9}$ s (= 1 ns)
$400 < \lambda \leq 1050$	$18 \cdot 10^{-6}$ s (= 18 $\mu$ s)
$1050 < \lambda \leq 1400$	$50 \cdot 10^{-6}$ s (= 50 $\mu$ s)
$1400 < \lambda \leq 1500$	$10^{-3}$ s (= 1 ms)
$1500 < \lambda \leq 1800$	10 s
$1800 < \lambda \leq 2600$	$10^{-3}$ s (= 1 ms)
$2600 < \lambda \leq 10^6$	$10^{-7}$ s (= 100 ns)

zu 30 000 s. Sofern die Laserstrahlung längere Zeit größere Hautareale bestrahlt, wird empfohlen, verminderte Expositionsgrenzwerte anzuwenden. Die DGUV Vorschrift 11 empfiehlt eine Verringerung des Grenzwertes von  $E = 1000 \text{ W/m}^2$  auf  $E = 100 \text{ W/m}^2$  im Wellenlängenbereich von 1400 nm bis  $10^6$  nm, wenn mehr als  $0,1 \text{ m}^2$  Hautfläche bestrahlt wird. Grundsätzlich sind zwar die Grenzwerte der Richtlinie 2006/25/EG über die Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV) [2] rechtsverbindlich, sofern aber die DGUV Vorschrift 11 niedrigere Grenzwertempfehlungen (MZB-Werte) enthält, wird empfohlen, zur Vorsicht diese anzuwenden.

**4.3.6 Literatur**

- [1] Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Mindestvorschriften zum Schutz der Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung). ABL. EU (2006) Nr. L 114, S. 38
- [2] Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 2006/25/EG zum Schutz der Arbeitnehmer vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung und zur Änderung von Arbeitsschutzverordnungen vom 19. Juli 2010. BGBl. I (2010) Nr. 38
- [3] Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Laserstrahlung). www.baua.de, Themen von A-Z, Anlagen- und Betriebssicherheit, Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS)
- [4] DGUV Vorschrift 11: Laserstrahlung (bisher: BGV B2). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Berlin, mit Durchführungsanweisung vom Oktober 1995, aktualisierte Nachdruckfassung der Durchführungsanweisung vom Januar 2007
- [5] Sicherheit von Lasereinrichtungen - Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen (IEC 60825-1:2014); Deutsche Fassung EN 60825-1:2014. Ausg. 2015-07, Beuth, Berlin 2015

**4.3.4 Weitere Hilfen**

Die Richtlinie 2006/25/EG [1] enthält Expositionsgrenzwerte für Laserstrahlung in Tabellenform und damit in einer sehr knappen Darstellung. Zur praktischen Anwendung der Grenzwerte sind in der Regel weitere Informationen nötig. Eine Hilfe können hier die TROS Laserstrahlung [3], die DGUV-Vorschrift 11 [4] und die DIN EN 60 825-1 [5] bieten, in denen weitere Details z. B. zu den Themen gepulste Strahlung, additive Wirkung mehrerer Wellenlängen, Größe von Messblenden und richtungsveränderliche Laserstrahlung beschrieben sind.

**4.3.5 Empfehlungen**

Die Anlage II der Richtlinie 2006/25/EG [1] enthält für Laserstrahlung einige Grenzwerte, die zum Teil erheblich höher liegen als für inkohärente optische Strahlung in Anlage I. Dazu gehören z. B. Grenzwerte für Augen und Haut im Wellenlängenbereich über 700 nm für lange Expositionszeiten bis

## 4.4 Elektromagnetische Felder

### 4.4.1 Erläuterungen

Elektromagnetische Felder werden wie optische Strahlungen zur nicht ionisierenden Strahlung gezählt. Ihr Spektrum umfasst den Frequenzbereich von  $f = 0$  Hz bis 300 GHz, in dem unterschieden wird in

- statische elektrische und magnetische Felder:  
 $f = 0$  Hz
- niederfrequente elektrische und magnetische Felder:  
 $0 \text{ Hz} < f < 30 \text{ kHz}$
- hochfrequente elektromagnetische Felder:  
 $30 \text{ kHz} < f < 300 \text{ GHz}$

Bei der Einwirkung dieser Felder auf den Menschen ist die Wirkung je nach Frequenzbereich unterschiedlich. Während es bei niederfrequenten Feldern bis zu etwa 30 kHz zu Reizungen von Muskeln und Nervenzellen kommen kann, ist die Wirkung von Feldern oberhalb dieses Frequenzbereichs thermischer Natur. Deren Einwirkung kann bei hoher Intensität zu lokaler Temperaturerhöhung im Körper und damit zur Schädigung von Körperteilen führen.

### 4.4.2 Grenzwerte

Bei der Errichtung und beim Betrieb von Anlagen, die elektromagnetische Felder zu gewerblichen Zwecken erzeugen (z. B. Sendeanlagen), sind die Grenzwerte nach der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [1] einzuhalten. Diese Grenzwerte dienen zum Schutz der Allgemeinheit vor schädlichen Einwirkungen durch die erzeugten Felder.

Grenzwerte zum Schutz vor Expositionen gegenüber elektromagnetischen Feldern an Arbeitsplätzen sind in der DGUV Vorschrift 15 „Elektromagnetische Felder“ [2] festgelegt. Sie wird durch die DGUV Regel 103-013 „Elektromagnetische Felder“ [3] näher erläutert. Die DGUV Vorschrift 15 unterscheidet zwischen „Basiswerten“ und davon „abgeleiteten Werten“. Die Basiswerte sind Grenzwerte für die unmittelbare Einwirkung elektromagnetischer Felder auf den menschlichen Körper. Sie sind für die Größen Körperstromdichte, spezifische Absorption, spezifische Absorptionsrate und Leistungsflussdichte festgelegt. Da sich diese Größen im Allgemeinen nur schwer messen lassen, wurden auch Grenzwerte für die leichter zu messenden Größen elektrische und magnetische Feldstärke, magnetische Flussdichte, Leitungsflussdichte, Körperstrom und Berührungsspannung angegeben – diese werden als abgeleitete Werte bezeichnet. Es gilt die Regelung, dass die Basiswerte in jedem Fall einzuhalten sind. Werden die abgeleiteten Werte, die den Basiswerten zumindest gleichwertig, meist aber restriktiver sind, eingehalten, dann ist man sicher, dass auch die Basiswerte eingehalten werden. Diese Regelung hat den Vorteil, dass man in der Regel nur einfach messbare Größen bestimmen muss, wie z. B. elektrische und magnetische Feldstärken.

Die Grenzwerte werden in der DGUV Vorschrift 15 als „zulässige Werte“ bezeichnet. Gemeint ist damit die Obergrenze einer Größe, die einzuhalten ist. Im Abschnitt 4.4.4 sind die zulässigen Werte nach DGUV Vorschrift 15 zusammengestellt.

Hinweis: Die Regelungen der DGUV Vorschrift 15 werden in Zukunft von den Regelungen der europäischen Richtlinie 2013/35/EU [4] abgelöst, in der zwischen Expositionsgrenzwerten und Auslösewerten unterschieden wird. Die Expositionsgrenzwerte stimmen mit den Basiswerten und die Auslösewerte in etwa mit den zulässigen Werten für den Expositionsbereich 2 der DGUV Vorschrift 15 überein. Bei einer Überschreitung der Auslösewerte muss in Zukunft die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte nachgewiesen werden. Die Richtlinie 2013/35/EU muss bis spätestens Juli 2016 in nationales Recht umgesetzt werden. Sobald die Umsetzung dieser EU-Richtlinie in nationales Recht erfolgt, wird die DGUV Vorschrift 15 außer Kraft gesetzt werden.

### 4.4.3 Literatur

- [1] 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) vom 16. Dezember 1996, BGBl. I (1996) Nr. 66, ausgegeben am 20. Dezember 1996
- [2] DGUV Vorschrift 15: Elektromagnetische Felder (bisher: BGV B11). Ausg. 6/2001. Carl Heymanns, Köln 2001
- [3] DGUV Regel 103-013: Elektromagnetische Felder (bisher: BGR B11). Ausg. 1/2006. Hrsg.: Fachausschuss „Elektrotechnik“ der Berufsgenossenschaftlichen Zentrale für Sicherheit bei der Arbeit (BGZ). Carl Heymanns, Köln 2006
- [4] Richtlinie 2013/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2013 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) (20. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/40/EG. ABl. EU (2013) Nr. L 179, S. 1-21

### 4.4.4 Zulässige Werte nach DGUV Vorschrift 15

Hinweis: Die im Folgenden aufgelisteten Grenzwerte wurden der Anlage 1 der DGUV Vorschrift 15 „Elektromagnetische Felder“, Juni 2001 [2], entnommen. Die Nummerierung in diesem Abschnitt entspricht der Anlage 1 der Vorschrift [2].

#### Zulässige Werte für elektromagnetische Felder

Als zulässige Werte werden Basis- und abgeleitete Werte für die verschiedenen Expositionsbereiche angegeben. Diese gelten für sinusförmige periodische Vorgänge einer Frequenz. Für gepulste elektromagnetische Felder und Anwendung der Basiswerte siehe Abschnitte 3 und 4.



Die zulässigen Werte für Expositionsbereich 1 orientieren sich am Konzept der Vermeidung von Gefährdungen unter Berücksichtigung von Sicherheitsfaktoren. Es sind Effekte berücksichtigt wie Reizung von Sinnesorganen, Nerven- und Muskelzellen, Beeinflussung der Herzaktion und Wärmeeffekte. Die Werte gelten längstens für eine Arbeitsschicht.

Für den Expositionsbereich 2 gelten Werte, die aufgrund der allgemeinen Zugänglichkeit und zur Vermeidung möglicher Belästigungen zusätzliche Sicherheitsfaktoren berücksichtigen.

**1 Basiswerte für unmittelbare Wirkungen**

Als Basiswerte für unmittelbare Wirkungen sind die in Tabelle 1 angegebenen Grenzwerte festgelegt.

**2 Abgeleitete Werte**

Die abgeleiteten Werte sind so festgelegt, dass selbst unter Zugrundelegung der ungünstigsten Expositionsbedingungen der EM-Felder die Basiswerte nicht überschritten werden. Die abgeleiteten Werte für den Expositionsbereich 1 und den Expositionsbereich 2 wurden dabei unter Berücksichtigung verschiedener Sicherheitsfaktoren aus den Basiswerten der Tabelle 1 berechnet.

Die abgeleiteten Werte sind grundsätzlich einzuhalten. Sie dürfen überschritten werden, wenn nachgewiesen ist, dass die Basiswerte nicht überschritten werden.

Die Einhaltung der abgeleiteten Werte gewährleistet nicht zwangsläufig die Sicherheit von Trägern aktiver elektronischer Körperhilfsmittel.

Die Abbildungen 1 und 2 enthalten die grafische Darstellung der abgeleiteten Werte.

**2.1 Abgeleitete Werte im Frequenzbereich 0 Hz bis 29 kHz**

**2.1.1 Zulässige Werte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition**

Bei der Festlegung der Werte für kurze Expositionszeiten werden die Sicherheitsfaktoren der abgeleiteten Werte für den Expositionsbereich 1 verringert. Dies ist aufgrund der Größe der Sicherheitsfaktoren und der kontrollierten Expositionsbedingungen zulässig. Zur Begrenzung von Sekundäreffekten darf beim elektrischen Feld ein Wert von 30 kV/m nicht überschritten werden.

Der zulässige Wert der magnetischen Flussdichte im Frequenzbereich 0 bis 1 Hz des Expositionsbereiches 1 ist aufgrund von Induktionswirkungen auf bewegte leitfähige Körper im Magnetfeld festgelegt worden. Zusätzlich ist in diesem Frequenzbereich die Kraftwirkung auf ferromagnetische Teile zu berücksichtigen.

Für Extremitäten dürfen die in Tabelle 3 angegebenen Werte für Magnetfelder um den Faktor 2,5 überschritten werden.

Tabelle 1: Basiswerte für unmittelbare Wirkungen

Frequenzbereich	Effektivwert der elektrischen Stromdichte J in A/m <sup>2</sup> <sup>(1)</sup>	Spezifische Absorptionsrate SAR in W/kg <sup>(4)</sup>			Spezifische Absorption für Impulsfelder SA in J/kg <sup>(5), (6)</sup>	Leistungsdichte S in W/m <sup>2</sup> <sup>(7), (8)</sup>
		Ganzkörpermittelwert	Lokale SAR <sup>(5)</sup>			
			Kopf und Rumpf	Gliedmaßen		
> 0 bis 1 Hz	0,040	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
1 bis 4 Hz	0,040/f <sup>(2)</sup>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
4 bis 1000 Hz	0,010	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
1 bis 100 kHz	f/100 <sup>(3)</sup>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
0,1 bis 10 MHz	f/100 <sup>(3)</sup>	0,4	10	20	(-)	(-)
0,01 bis 10 GHz	(-)	0,4	10	20	0,01	(-)
10 bis 300 GHz	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	50

<sup>(1)</sup> Über jedes Flächenelement von 1 cm<sup>2</sup> senkrecht zur Stromrichtung sowie über jedes Zeitintervall von 1 s zu mitteln

<sup>(2)</sup> f in Hz

<sup>(3)</sup> f in kHz

<sup>(4)</sup> Über jedes 6-Minuten-Intervall arithmetisch zu mitteln

<sup>(5)</sup> Mittelungsmasse 10 g

<sup>(6)</sup> Trägerfrequenz f > 300 MHz und Pulslänge T < 30 µs

<sup>(7)</sup> Über jedes Flächenelement von 20 cm<sup>2</sup> und jedes Zeitintervall von jeweils 68/f<sup>0,5</sup>-Minuten (f in GHz) zu mitteln

<sup>(8)</sup> Die maximale örtliche Leistungsdichte gemittelt über jedes Flächenelement von 1 cm<sup>2</sup> darf 1 kW/m<sup>2</sup> nicht überschreiten

(-) bei diesen Frequenzen nicht relevant

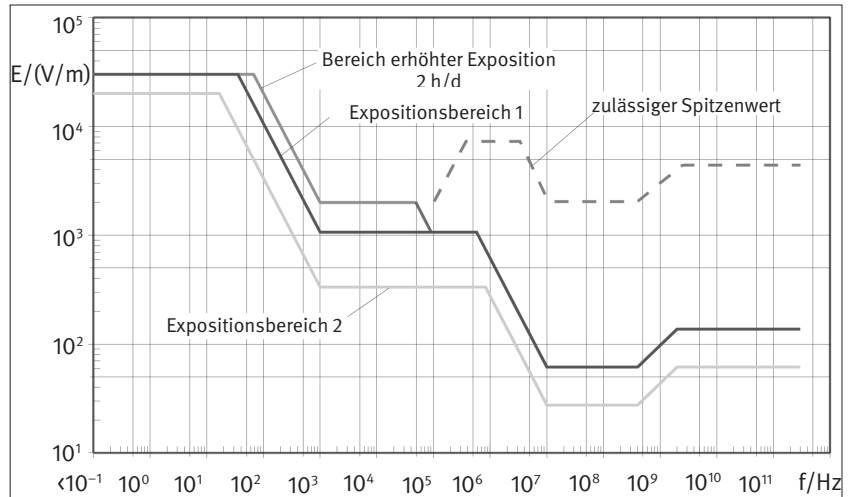


Abbildung 1:  
Zulässige Werte der elektrischen Feldstärke in den Expositionsbereichen 1 und 2 sowie im Bereich erhöhter Exposition

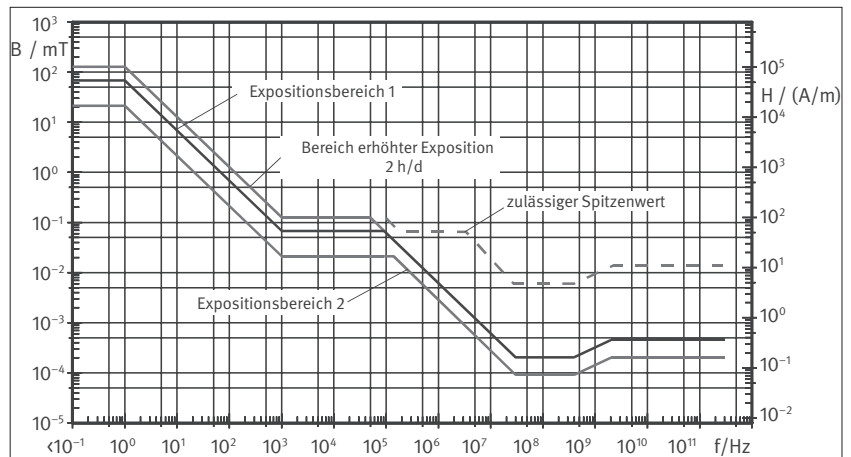


Abbildung 2:  
Zulässige Werte der magnetischen Flussdichte in den Expositionsbereichen 1 und 2 sowie im Bereich erhöhter Exposition

Tabelle 2:  
Effektivwerte der elektrischen Feldstärke im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Frequenzbereich f in Hz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in kV/m	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
0 bis 35,53	30	30
35,53 bis 66,67	1 066/f	30
66,67 bis 1000	1 066/f	2 000/f
1000 bis 29 000	1,066	2

Tabelle 3:  
Effektivwerte der magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Frequenzbereich f in Hz	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in mT <sup>a</sup>	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
0 bis 1	67,9 <sup>b</sup>	127,3 <sup>b</sup>
1 bis 1000	67,9/f	127,3/f
1000 bis 29 000	67,9 · 10 <sup>-3</sup>	127,3 · 10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Über Flächenelemente von 100 cm<sup>2</sup> zu mitteln

<sup>b</sup> Werte oberhalb von 67,9 mT dürfen nur unter Beachtung von § 14 angewendet werden.

### 2.1.2 Zulässige Werte im Expositionsbereich 2

Tabelle 4:  
Effektivwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 2

Frequenzbereich f in Hz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in kV/m	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in mT <sup>a</sup>
0 bis 1	20	21,22
1 bis 16,67	20	21,22/f
16,67 bis 1000	333,3/f	21,22/f
1000 bis 29 000	333,3 · 10 <sup>-3</sup>	21,22 · 10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Über Flächenelemente von 100 cm<sup>2</sup> zu mitteln

### 2.2 Übergangsbereich 29 bis 91 kHz

Die Festlegungen für diesen Frequenzbereich berücksichtigen den Übergang von niederfrequenten Reizwirkungen zu hochfrequenten Wärmewirkungen.

#### 2.2.1 Zulässige Werte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Tabelle 5:  
Effektivwerte der elektrischen Feldstärke im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Frequenzbereich f in kHz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in kV/m	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
29 bis 48,5	1,066	2
48,5 bis 91	1,066	97/f

Tabelle 6:  
Effektivwerte der magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Frequenzbereich f in kHz	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in µT <sup>a</sup>	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
29 bis 48,5	67,9	127,3
48,5 bis 91	67,9	6 176/f

<sup>a</sup> Über Flächenelemente von 100 cm<sup>2</sup> zu mitteln

#### 2.2.2 Zulässige Werte im Expositionsbereich 2

Tabelle 7:  
Effektivwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 2

Frequenzbereich f in kHz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in V/m	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in µT <sup>a</sup>
29 bis 91	333,3	21,22

<sup>a</sup> Über Flächenelemente von 100 cm<sup>2</sup> zu mitteln

### 2.3 Abgeleitete Werte im Frequenzbereich 91 kHz bis 300 GHz

Für Expositionszeiten t ≥ 6 Minuten (Dauerexposition) gelten die Werte nach Tabelle 8 bzw. 11. Dabei ist über jedes 6-Minuten-Intervall zu mitteln. Neben der Angabe von zulässigen Werten für

Dauerexposition sind für Expositionszeiten t < 6 Minuten wegen der Thermoregulation des Körpers höhere Werte zulässig. Diese sind für jeden Einzelfall mit den in Tabelle 9 enthaltenen Formeln zu bestimmen. Bei Anwendung der Werte in Tabelle 9 ist zusätzlich sicherzustellen, dass die Spitzenwerte nach Tabelle 10 nicht überschritten werden.

### 2.3.1 Zulässige Werte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Tabelle 8:  
Werte im Expositionsbereich 1 bei Expositionszeiten  $\geq 6$  Minuten

Frequenzbereich f in MHz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in V/m	Effektivwert der magnetischen Feldstärke in A/m	Mittelwert der Leistungsdichte in W/m <sup>2</sup>
0,091 bis 0,576	1066	4,9/f	(-)
0,576 bis 10	614/f	4,9/f	(-)
10 bis 30	61,4	4,9/f	(-)
30 bis 400	61,4	0,163	10
400 bis 2 000	$3,07 \cdot \sqrt{f}$	$8,14 \cdot \sqrt{f} \cdot 10^{-3}$	f/40
2 000 bis 300 000	137,3	0,364	50

Tabelle 9:  
Werte im Bereich erhöhter Exposition (Expositionszeiten < 6 Minuten)

Frequenzbereich f in MHz	Höchstwert von $\sum E_i^2 \cdot t_i$ in (V/m) <sup>2</sup> · min	Höchstwert von $\sum H_i^2 \cdot t_i$ in (A/m) <sup>2</sup> · min	Höchstwert von $\sum S_i^2 \cdot t_i$ in (W/m <sup>2</sup> ) · min
1 bis 10	$2,26 \cdot 10^6 / f^2$	143/f <sup>2</sup>	(-)
10 bis 30	$22,6 \cdot 10^3$	143/f <sup>2</sup>	(-)
30 bis 400	$22,6 \cdot 10^3$	0,16	60
400 bis 2 000	$56,5 \cdot f$	$0,4 \cdot 10^{-3} \cdot f$	$0,15 \cdot f$
2 000 bis 300 000	$113 \cdot 10^3$	0,8	300

$E_i, H_i$  gemessener oder berechneter Effektivwert der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärke während des i-ten Intervalls

$S_i$  gemessener oder berechneter Mittelwert der Leistungsdichte während des i-ten Intervalls

$t_i$  Dauer des i-ten Intervalls

Tabelle 10:  
Spitzenwerte im Bereich erhöhter Exposition (Expositionszeiten < 6 Minuten)

Frequenzbereich f in MHz	Spitzenwert der elektrischen Feldstärke in V/m	Spitzenwert der magnetischen Feldstärke in A/m	Spitzenwert der Leistungsdichte in W/m <sup>2</sup>
0,091 bis 0,1	2222	10/f	(-)
0,1 bis 0,2	$22222 \cdot f$	10/f	(-)
0,2 bis 0,3	$22222 \cdot f$	50	(-)
0,3 bis 3	6 667	50	(-)
3 bis 10	20 000/f	150/f	(-)
10 bis 30	2 000	150/f	(-)
30 bis 400	2 000	5	10 000
400 bis 2 000	$100 \cdot \sqrt{f}$	$0,25 \cdot \sqrt{f}$	$25 \cdot f$
2 000 bis 300 000	4 472	11,2	50 000

### 2.3.2 Zulässige Werte im Expositionsbereich 2

Tabelle 11:  
Werte im Expositionsbereich 2 bei Expositionenzeiten ≥ 6 Minuten

Frequenzbereich f in MHz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in V/m	Effektivwert der magnetischen Feldstärke in A/m	Mittelwert der Leistungsdichte in W/m <sup>2</sup>
0,091 bis 0,14	333,3	16,8	(-)
0,14 bis 0,826	333,3	2,35/f	(-)
0,826 bis 10	275/f	2,35/f	(-)
10 bis 30	27,5	2,35/f	(-)
30 bis 400	27,5	0,073	2
400 bis 2 000	1,375 · √f	3,64 · √f · 10 <sup>-3</sup>	f/200
2 000 bis 300 000	61,5	0,163	10

### 2.3.3 Zulässige Werte für hochfrequente Ströme im Frequenzbereich von 10 bis 110 MHz

Im Frequenzbereich von 10 bis 110 MHz können im menschlichen Körper hochfrequente Ströme eingekoppelt werden, durch die die SAR-Werte in den Extremitäten überschritten werden können. Aus diesem Grund werden zusätzlich zu den Feldstärken die Ströme durch die Extremitäten begrenzt.

Tabelle 12:  
Zulässige Werte für eingekoppelte hochfrequente Ströme

Expositionsbereich	Zulässiger Strom in mA
Expositionsbereich 1	100
Expositionsbereich 2	45

### 2.3.4 Bewertung der Exposition bei elektromagnetischen Feldern mit mehreren Frequenzen

In elektromagnetischen Feldern unterschiedlicher Frequenzen werden unzulässige Expositionen im Frequenzbereich von 91 kHz bis 300 GHz vermieden, wenn die nachfolgenden Bedingungen eingehalten sind.

$$\sum_k \left( \frac{E_k}{E_{a,k}} \right)^2 \leq 1; \quad \sum_k \left( \frac{H_k}{H_{a,k}} \right)^2 \leq 1; \quad \sum_k \frac{S_k}{S_{a,k}} \leq 1$$

Tabelle 13:  
Zulässige Körperströme und Berührungsspannungen

Frequenz f	Zulässiger Körperstrom in mA	Zulässige Berührungsspannung in V
0 Hz	10	60
1 Hz ≤ f < 100 Hz	3,5	25
100 Hz ≤ f < 2 kHz	1,75 · (f/kHz) + 3,3	25
2 kHz ≤ f < 3,8 kHz	1,4 · (f/kHz) + 4,2	25
3,8 kHz ≤ f < 12 kHz	1,4 · (f/kHz) + 4,2	1,05 · (f/kHz) + 20,5
12 kHz ≤ f < 28 kHz	1,75 · (f/kHz)	1,05 · (f/kHz) + 20,5
28 kHz ≤ f < 100 kHz	50	1,05 · (f/kHz) + 20,5
100 kHz ≤ f < 1 MHz	50	125

Darin bedeuten:

$E_k, H_k$  gemessene oder berechnete spektrale Effektivwerte der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärken gemittelt über jedes 6-Minuten-Intervall

$S_k$  Mittelwert der Leistungsdichte gemittelt über jedes 6-Minuten-Intervall

$E_{a,k}, H_{a,k}, S_{a,k}$  zulässige Werte der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärken und der Leistungsdichte nach Tabellen 8 und 11

### 2.4 Zulässige Werte für mittelbare Wirkungen

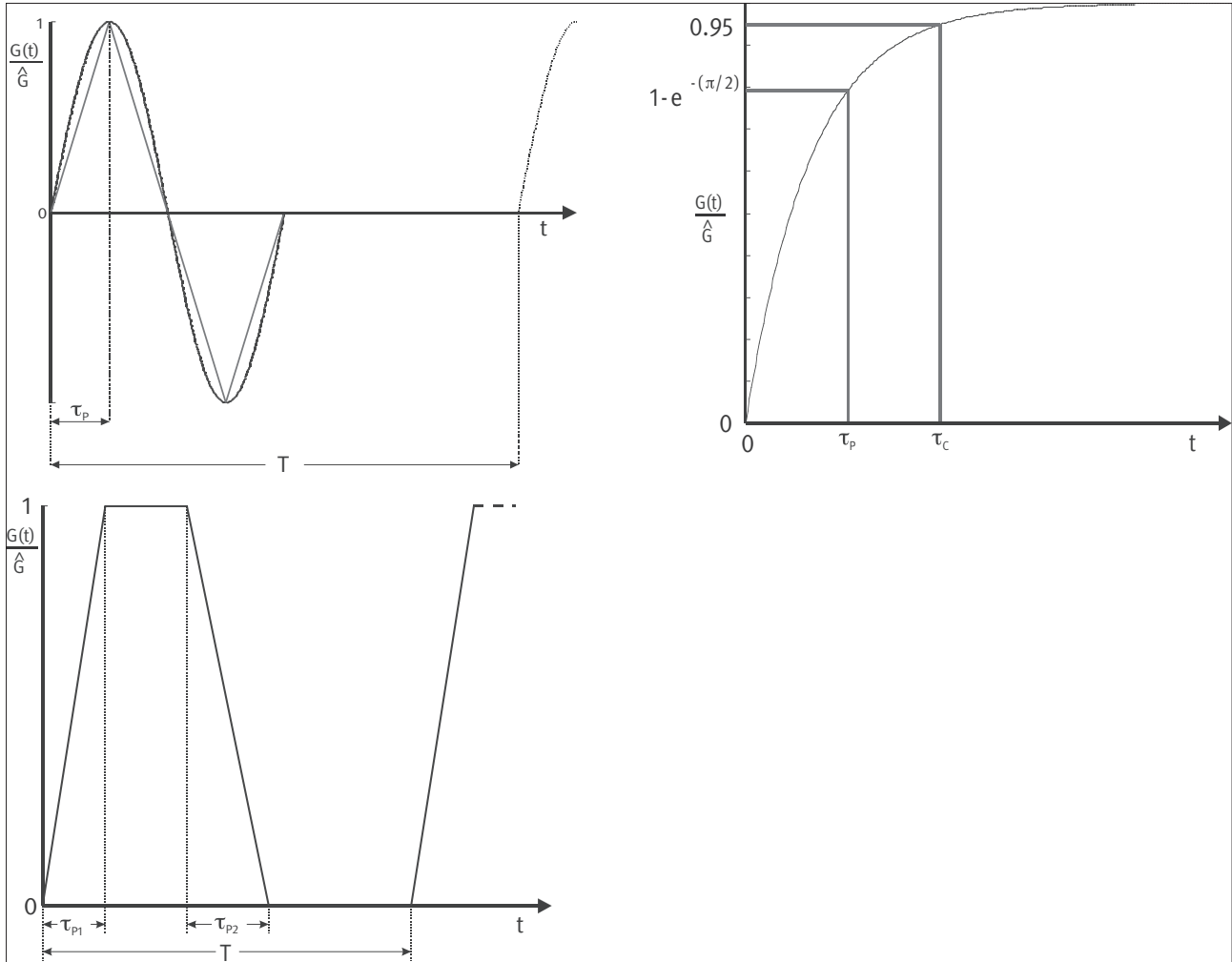
Die zulässigen Werte für Körperströme und Berührungsspannungen sind in Tabelle 13 angegeben. Diese Werte für zulässige Körperströme und zulässige Berührungsspannungen gelten nicht für die Beeinflussung von Rohrleitungsnetzen und Netzen der Telekommunikation bzw. der Signaltechnik, in die durch parallel verlaufende Starkstromanlagen der Bahn und der elektrischen Energieversorgung Spannungen eingekoppelt werden.

### 3 Gepulste Felder

Für gepulste Felder, die aus einer zeitlichen Abfolge von sinus-, trapez-, dreieckförmigen oder exponentiellen Einzel- oder Mehrfachpulsen und Pausen oder Gleichfeldanteilen bestehen, kann

eine vereinfachte Bewertung mit den Festlegungen der nachfolgenden Abschnitte vorgenommen werden.

#### 3.1 Frequenzbereich 0 Hz bis 91 kHz



Diese Felder werden durch folgende zusätzliche Kenngrößen beschrieben:

G	Anstelle der Größe G sind die elektrische Feldstärke E, die magnetische Feldstärke H oder die magnetische Flussdichte B einzusetzen. G(t) kennzeichnet die Zeitfunktion, $\hat{G}$ den Spitzenwert.
T	Zeitliche Dauer eines Impulses bzw. Impulszuges mit anschließender Pause.
$T_I$	Integrationszeit, wobei gilt: $T_I = \begin{cases} T & \text{für } T \leq 1 \text{ s} \\ 1 \text{ s} & \text{sonst} \end{cases}$
$\tau_p$	Zeitdauer einer Feldänderung bei sinus-, dreieck- oder trapezförmigen Signalverläufen von Null auf den positiven oder negativen Spitzenwert bzw. vom positiven oder negativen Spitzenwert auf Null. Die Ermittlung von $\tau_p$ bei exponentiellen Signalverläufen ist gemäß obiger Abbildung vorzunehmen. Sind die einzelnen Zeitdauern $\tau_{pi}$ unterschiedlich, so sind alle diese Werte $\tau_{pi}$ für die weiteren Berechnungen heranzuziehen.
$\tau_{pmin}$	Kleinster Wert aller Zeitdauern $\tau_{pi}$ : $\tau_{pmin} = \min(\tau_{pi})$
$\tau_c$	Hilfsgröße zur Beschreibung exponentieller Signalverläufe. Sind die einzelnen Zeitdauern $\tau_{ci}$ unterschiedlich, so sind alle diese Werte $\tau_{ci}$ für die weiteren Berechnungen heranzuziehen.
$\tau_D$	Zeitliche Summe aller Feldänderungen i im Zeitintervall $T_I$ . Es gilt für: <ul style="list-style-type: none"> <li>• sinus-, dreieck- und trapezförmige Signalverläufe: <math>\tau_D = \sum_i \tau_{pi}</math></li> <li>• exponentielle Signalverläufe: <math>\tau_D = \sum_i \tau_{ci}</math></li> </ul>
$f_p$	Frequenz der Feldänderung, wobei gilt:
V	Gewichtungsfaktor, wobei gilt: $V = \begin{cases} \sqrt{T_I/t_D} & \text{für } \sqrt{T_I/t_D} \leq V_{max} \\ V_{max} & \text{sonst} \end{cases}$
$V_{max}$	maximaler Gewichtungsfaktor. Grundsätzlich gilt: $V_{max} = 8$

Unter folgenden Voraussetzungen kann beim Betrieb von Magnetresonanz-Anlagen in Wissenschaft und Forschung und bei medizinischen Anwendungen der maximale Gewichtungsfaktor vergrößert werden, wenn

- die verbindlichen Beschaffenheitsanforderungen nationaler Rechtsvorschriften, die einschlägige Gemeinschaftsvorschriften umsetzen, von der Anlage erfüllt werden,
- für die Arbeitsplätze Gefährdungsanalysen nach dem Arbeitsschutzgesetz unter besonderer Beachtung der Gefahren durch EM-Felder durchgeführt und dokumentiert werden,

- die notwendigen Schutzmaßnahmen getroffen sind,
- sie unter fachkundiger ärztlicher Aufsicht oder in Anwesenheit eines Sachkundigen durchgeführt werden.

Die Werte für die zulässigen zeitlichen Änderungen der magnetischen Flussdichte für gepulste Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 91 kHz sind in der Tabelle 14 angegeben. Gleichzeitig dürfen die in Tabelle 15 angegebenen, jeweils über die Zeitdauer  $\tau_{pmin}$  gemittelten Werte der zeitlichen Änderungen der magnetischen Flussdichte nicht überschritten werden.

Tabelle 14:  
Maximal zulässige zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Frequenzbereich $f_p$ /Hz	Maximal zulässige zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte in T/s	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
0 bis 1	$0,6 \cdot f_p \cdot V$	$1,1 \cdot f_p \cdot V$
1 bis 1000	$0,6 \cdot V$	$1,1 \cdot V$
1000 bis 48 500	$6 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot f_p \cdot V$
48 500 bis 91 000	$6 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$55 \cdot V$

Tabelle 15:  
Mittlere zulässige zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition, gemittelt über die Zeitdauer  $\tau_{pmi}$

Frequenzbereich fp/Hz	Mittlere zulässige zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte in T/s	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
0 bis 1	$0,38 \cdot f_p \cdot V$	$0,72 \cdot f_p \cdot V$
1 bis 1000	$0,38 \cdot V$	$0,72 \cdot V$
1000 bis 48 500	$3,8 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$0,72 \cdot 10^{-3} \cdot f_p \cdot V$
48 500 bis 91 000	$3,8 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$35 \cdot V$

Für Extremitäten dürfen die in Tabelle 14 und 15 angegebenen Werte um den Faktor 2,5 überschritten werden.

Die maximal zulässigen Spitzenwerte der magnetischen Flussdichte bei gepulsten Magnetfeldern ergeben sich aus den Werten der Tabelle 15 durch Multiplikation mit dem Faktor  $\tau_{pmin}$  bzw. aus den Werten der Tabellen 3 und 6 durch Multiplikation mit dem Ausdruck  $\sqrt{2} \cdot V$ .

### 3.2 Frequenzbereich 91 kHz bis 300 MHz

Bei gepulsten Feldern sind bei Anwendung der Tabelle 9 für Effektivwerte und Tabelle 10 für Spitzenwerte die Basiswerte der Tabelle 1 eingehalten.

Tabelle 16:  
Reduktionsfaktoren zur Bewertung mit Basiswerten

Frequenz	Expositionsbereich 1	Expositionsbereich 2
0 Hz bis 91 kHz	0,6	0,2
91 kHz bis 300 GHz	1,0	0,2

### Zulässige Werte für Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern

Tabelle 17:  
Zulässige Werte für die statische magnetische Flussdichte

Exposition	Magnetische Flussdichte
Mittelwert für 8 h (gemittelt über den ganzen Körper)	212 mT
Spitzenwert für Kopf und Rumpf	2 T
Spitzenwert für Extremitäten	5 T

Im Bereich von Wissenschaft und Forschung und im Einzelfall bei medizinischer Anwendung dürfen die Werte in Tabelle 18 angewendet werden, wenn der Betreiber der Anlage sicherstellt, dass

- die verbindlichen Beschaffenheitsanforderungen nationaler Rechtsvorschriften, die einschlägige Gemeinschaftsvorschriften umsetzen, von der Anlage erfüllt werden,

### 4 Anwendung der Basiswerte

Bei Verzicht der Anwendung der abgeleiteten Werte für Ganzkörperexposition ist sicherzustellen, dass unter allen auftretenden Bedingungen die Basiswerte eingehalten sind. Dabei werden die Basiswerte der Tabelle 17 als zusätzliche Sicherheit mit den Faktoren der nachfolgenden Tabelle 16 multipliziert.

Im Bereich erhöhter Exposition sowie für Teilkörperexposition sind die Basiswerte nach Tabelle 17 sicher einzuhalten.

- für die Arbeitsplätze Gefährdungsanalysen nach dem Arbeitsschutzgesetz unter besonderer Beachtung der Gefahren durch EM-Felder durchgeführt und dokumentiert werden,
- die notwendigen Schutzmaßnahmen getroffen sind,
- Tätigkeiten unter fachkundiger ärztlicher Aufsicht oder in Anwesenheit eines Sachkundigen durchgeführt werden.

Tabelle 18:  
Zulässige Werte für die statische magnetische Flussdichte unter Berücksichtigung besonderer Voraussetzungen

Exposition	Magnetische Flussdichte
Spitzenwert für Kopf und Rumpf (maximal 2 h/d) Bei Expositionen größer 2 h/d gilt Tabelle 17	4 T
Spitzenwert für Extremitäten	10 T



5 Elektrizität

5.1 Einführung und Erläuterungen

Für die Abwendung von Gefahren für Leben und Gesundheit durch gefährliche Körperströme ist die Kenntnis der Wirkung des elektrischen Stromes beim Fluss durch den menschlichen Körper notwendig.

Die Ergebnisse einschlägiger Untersuchungen sind in [1] dargestellt. Danach hängt die Wirkung des elektrischen Stroms beim Fluss durch den menschlichen Körper von der Höhe des Stroms, der Einwirkungsdauer, der Frequenz und der Schwingungsform des Vorgangs ab. Gleiche physiologische Wirkungen beim Menschen, die durch einen Berührungsstromkreis hervorgerufen werden, wurden zu Bemessungsklassen zusammengefasst.

5.2 Grenzwerte

Rechtsverbindliche Grenzwerte für die Einwirkung des elektrischen Stroms wurden bisher nicht festgelegt.

5.3 Empfehlungen

National und international befassen sich verschiedene Gremien mit der entsprechenden Normung. Für den deutschen Bereich wird auf die DIN-VDE-Bestimmungen wie z. B. [1] und [2] hingewiesen.

In [1] wird folgende Einteilung vorgenommen:

Bemessungsklasse	Wirkung auf den Menschen
1A	Grenze der Spürbarkeit
1B	Beginn der Schmerzempfindungen
2	Loslassgrenze

Bei Strömen oder Spannungen unterhalb der Loslassgrenze wird das Zustandekommen eines Berührungsstromkreises lediglich im Fehlerfall in Kauf genommen. Oberhalb der Loslassgrenze

wertes darf ein Berührungsstromkreis nicht bestehen bleiben. Geeignete Schutzmaßnahmen sind erforderlich.

Die Werte für Strom und Spannung entsprechend der Bemessungsklasse unterscheiden sich insbesondere durch die Art des Vorgangs. Es wird unterschieden zwischen

- sinusförmigen Vorgängen,
- gleichförmigen Vorgängen,
- sinusförmigen Vorgängen mit Gleichanteil,
- nicht sinusförmigen Vorgängen mit Gleichanteil,
- Impulsentladungen und Kondensatorentladungen.

Für Netzwechselfspannungen mit einer Frequenz von 50 Hz und Einwirkdauer über zwei Sekunden ergeben sich folgende Strom- und Spannungswerte:

Bemessungsklasse	Strom in mA	Spannung in V
1A	0,5	12
1B	3,5	25
2	10	50

Da die sehr detaillierten Regelungen und die umfangreichen Umrechnungsdiagramme den Rahmen dieses Reports sprengen würden, wird im Weiteren auf die einschlägigen Bestimmungen, z. B. [1] und [2], verwiesen.

5.4 Literatur

- [1] DIN VDE 0800 T1: Fernmeldetechnik; Allgemeine Begriffe, Anforderungen und Prüfungen für die Sicherheit der Anlagen und Geräte. Ausg. 5/1989. Beuth, Berlin 1989
- [2] DIN VDE 0100: Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V. usg. 5/1973. Beuth, Berlin 1973

## 6 Biomechanische Belastungen

### 6.1 Heben und Tragen von Lasten

#### 6.1.1 Einführung und Erläuterungen

Durch das manuelle Heben und Tragen von Lasten kann insbesondere eine Gefährdung der Lenden- und Halswirbelsäule entstehen. Als manuelle Handhabung von Lasten gilt jede Beförderung oder das Abstützen einer Last durch einen oder mehrere Arbeitnehmer, u. a. das Heben, Absetzen, Schieben, Ziehen, Tragen und Bewegen einer Last (zit. nach Richtlinie 90/269/EWG).

Die Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) enthält in der Gruppe der durch physikalische Einwirkung verursachten Berufskrankheiten zwei Positionen:

- BK 2108

Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjähriges Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch langjährige Tätigkeit in extremer Rumpfbeugehaltung, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die

Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können.

- BK 2109

Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule durch langjähriges Tragen schwerer Lasten auf der Schulter, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können.

#### 6.1.2 Richtwerte

Die „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit (Lastenhandhabungsverordnung – LasthandhabV)“ [1] wurde am 20. Dezember 1996 in Kraft gesetzt. Sie setzt die Richtlinie 90/269/EWG [2] in nationales Arbeitsschutzrecht um.

Anhaltspunkte für den Begriff „schwere Lasten“ finden sich im „Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2108, Anlage 1, Berufskrankheiten-Verordnung (BKV)“ [3] mit Angaben zu Lastgewichten beim Heben, Umsetzen und Tragen (Tabelle 1).

Tabelle 1:

Lastgewichte (kg) mit einem erhöhten Risiko für die Verursachung bandscheibenbedingter Erkrankungen der Lendenwirbelsäule, wenn sie mit einer gewissen Regelmäßigkeit gehandhabt werden, verändert nach: Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zur BK 2108 [3]

Tätigkeit	Frauen	Männer
beidhändiges Heben	10 kg	20 kg
einhändiges Heben	5 kg	10 kg
beidhändiges Umsetzen	20 kg	30 kg
einhändiges Umsetzen	5 kg	10 kg
beidseitiges Tragen neben dem Körper, auf den Schultern oder dem Rücken	20 kg	30 kg
Tragen vor oder einseitig neben dem Körper	15 kg	25 kg

Neben dem Gewicht der Lasten hat auch die Häufigkeit der Lasthandhabung einen Einfluss auf die Belastung. Als Anhaltspunkt für die Werte in Tabelle 1 werden z. B. 250 Hebe- und Umsetzvorgänge pro Tag oder eine Gesamttragedauer von mindestens 30 Minuten als belastend angesetzt.

Zur Beurteilung kurzzeitiger Expositionen durch manuelle Lastenhandhabungen hinsichtlich der Überlastung der Lendenwirbelsäule finden die Dortmunder Richtwerte [4] Anwendung. Diese geben alters- und geschlechtsspezifische Empfehlungen für Bandscheiben-Druckkräfte an, die im Normalfall nicht überschritten werden sollten (Tabelle 2).

Tabelle 2:

Dortmunder Richtwerte

Alter in Jahren	Richtwerte Frauen in kN	Richtwerte Männer in kN
20	4,4	6,0
30	3,8	5,0
40	3,2	4,1
50	2,5	3,2
≥ 60	1,8	2,3

Das Merkblatt für die BK 2109 [5] nennt ein Lastgewicht von ≥ 50 kg als Expositions-kriterium, wenn diese Last fortgesetzt (mindestens über zehn Berufsjahre) auf der Schulter getragen wurde, einhergehend mit einer statischen Belastung der zervikalen Bewegungs-segmente und außergewöhnlicher Zwangshaltung der Halswirbelsäule (nach vorn und seitlich erzwungener Kopf-beugehaltung bei gleichzeitiger maximaler Anspannung der Nackenmuskulatur).

#### Grenzwerte nach dem Mutterschutzgesetz

Werdende Mütter dürfen nach dem Mutterschutzgesetz [6] unter anderem Arbeiten nicht durchführen, bei denen

- regelmäßig Lasten von mehr als 5 kg Gewicht,
- gelegentlich Lasten von mehr als 10 kg Gewicht

ohne mechanische Hilfsmittel von Hand gehoben oder befördert werden müssen.

### 6.1.3 Literatur

- [1] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit (Lastenhandhabungsverordnung – LasthandhabV) vom 4. Dezember 1996. BGBl. I, S. 1842, zul. geänd. durch Achte Zuständigkeitsanpassungsverordnung vom 25. November 2003, BGBl. I S. 2304, 2342
- [2] Richtlinie des Rates vom 29. Mai 1990 über die Mindestvorschriften bezüglich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der manuellen Handhabung von Lasten, die für die Arbeitnehmer insbesondere eine Gefährdung der Lendenwirbelsäule mit sich bringt. Nr. 90/269/EWG, Vierte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG. ABl. EG (1990) Nr. L 156/9, S. 157-161
- [3] Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2108 Anlage 1 Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) vom 1. September 2006. BArbBl. (2006) Nr. 10, S. 30 ff.
- [4] Jäger, M.; Luttmann, A.; Göllner, R.: Belastbarkeit der Lendenwirbelsäule bei manueller Lastenhandhabung – Ableitung der „Dortmunder Richtwerte“ auf Basis der lumbaralen Kompressionsfestigkeit. Zbl. Arbeitsmed. 51 (2001), S. 354-372
- [5] Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2109. Anlage 1 Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) vom 18. Dezember 1992. BArbBl. (1993) Nr. 3, S. 53
- [6] Mutterschutzgesetz (MuSchG) in der Fassung vom 20. Juni 2002, BGBl. I, S. 2318. Letzte Änderung vom 17. März 2009, BGBl. I, S. 550

## 6.2 Quetschen von Körperteilen

### 6.2.1 Einführung und Erläuterungen

Eine Gefährdung von Personen durch Quetschen besteht insbesondere bei kraftbetätigten Schließmechanismen, beispielsweise bei kraftbetätigten Fenstern, Türen und Toren, bei kraftbetätigten Maschinenteilen wie etwa Niederhaltern von Papierschnidemaschinen oder bei kraftbetriebenen Fahrsystemen wie z. B. fahrerlosen Transportfahrzeugen, die mit einem Auf-fahrschutz ausgestattet sein müssen. Handbetätigte Einrichtun-

gen und Konstruktionsteile, die ebenfalls hohe Quetschkraften erzeugen können, werden im Zusammenhang mit der Festlegung von Grenzwerten nicht betrachtet.

Als Kenngrößen für die Beurteilung der Gefährdung einer Person durch Quetschen werden die beiden folgenden Kräfte verwendet:

- Klemmkraft  $F_K$
- Spitzenkraft  $F_S$

Bei der Klemmkraft  $F_K$  handelt es sich um eine statisch wirkende Kraft, mit der eine Person eingeklemmt und festgehalten wird. Die Spitzenkraft  $F_S$  wirkt dynamisch beim Aufprall von Schließkanten auf einen Messgeber.

Nach dem kurzzeitigen Einwirken der dynamischen Spitzenkraft  $F_S$  kann sich eine statische Klemmkraft  $F_K$  einstellen, durch die eine eingeklemmte Person mit den Schließkanten festgehalten wird, es kann aber auch durch Umsteuerung des Antriebs eine Reversierbewegung des Schließmechanismus ausgelöst werden, sodass die gefährdete Person sofort wieder freigegeben wird. Bei impulsförmigen Kräfteinwirkungen (Impulsdauer  $< 5$  Sekunden) kann anstelle der Klemmkraft  $F_K$  die Effektivkraft  $F_E$  als Kenngröße verwendet werden. Die Effektivkraft  $F_E$  stellt eine über den Impuls gemittelte Kraft dar.

Generell sind Reversiersteuerungen für kraftbetätigte Schließmechanismen zu bevorzugen, da sich eine eingeklemmte Person nicht nur bei der mit dem Quetschen verbundenen Druckbelastung, sondern auch beim Befreiungsversuch verletzen kann. Bei Maschinen ist jedoch für den Arbeitsablauf häufig eine Druckbelastung notwendig, sodass ein Reversieren nicht möglich ist.

Die Gefährdung einer Person durch Quetschen lässt sich ausschalten, wenn die festgelegten Grenzwerte unterschritten werden.

### 6.2.2 Grenzwerte

Die Norm DIN EN 12453 [1] enthält Festlegungen im Hinblick auf die dynamische Spitzenkraft und die Klemmkraft an kraftbetätigten Toren (Tabelle 3).

Tabelle 3:  
Zulässige Spitzenkräfte für kraftbetätigte Tore nach DIN EN 12453 bei einer Federsteifigkeit des Kraftmessgebers von 500 N/mm

Art des Tores bzw. der Einrichtung	Zulässige Spitzenkraft $F_s$ in N		
	zwischen Schließkanten und Gegenschließkanten		zwischen ebenen Flächen $> 0,1 \text{ m}^2$ mit keiner Seite weniger als 100 mm
	in Öffnungsweiten von 50 bis 500 mm	in Öffnungsweiten $> 500 \text{ mm}$	
horizontal bewegtes Tor	400	1400	1400
Tor, das sich um eine Achse senkrecht zum Fußboden dreht	400	1400	1400
vertikal bewegtes Tor	400	400	1400
Tor, das sich um eine Achse parallel zum Fußboden dreht	400	400	1400
Schranken	400	400	1400

Die Einwirkdauer des dynamischen Spitzenkraftimpulses darf dabei höchstens 0,75 s betragen. Im Bereich von 0,5 bis 5,0 s darf die an den Schließkanten wirkende Kraft 150 N nicht überschreiten und muss am Ende des gesamten Kraftimpulses von 5 s Dauer auf 25 N abgebaut sein. Den genannten Grenzwerten liegt eine Federsteifigkeit des Kraftmessgebers von 500 N/mm zugrunde.

Für kraftbetätigte Türen sind die maximal zulässigen Werte für dynamische und statische Kräfte an der Hauptschließkante (Abbildung 1) in DIN EN 16005 [2] festgelegt (Tabelle 4).

Diese Kräfte sind als Maximalkräfte zu sehen. Die Einhaltung der Kraftbegrenzung eignet sich nicht als Schutzmaßnahme, wenn Kinder, gebrechliche Menschen und Menschen mit Behinderungen die Türen benutzen. Für diese besonders schutzbedürftigen Menschen können auch deutlich niedrigere Kräfte, z. B. beim Anstoßen, zu erheblichen Verletzungen führen.

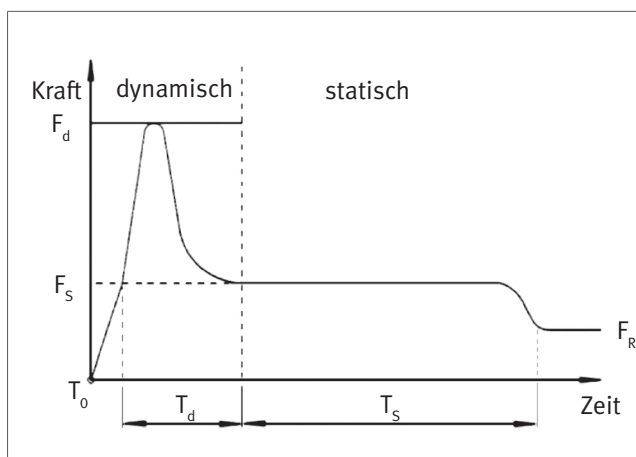


Abbildung 1:  
Prinzipdarstellung der Schließkraft in Abhängigkeit von der Zeit

Legende:

- $F_d$ : maximale dynamische Kraft, gemessen während einer Zeitspanne  $T_d$
- $F_s$ : maximale statische Kraft, gemessen während der Zeitspanne  $T_s$
- $F_R$ : maximale Restkraft, gemessen nach einer Zeitspanne  $T_s$
- $T_d$ : maximale Dauer der dynamischen Kräfteinwirkung
- $T_s$ : maximale Dauer der statischen Kraft
- $T_0$ : Aufprallzeitpunkt

Tabelle 4:  
Zulässige Schließkräfte

Türtyp	Zulässige Spitzenkräfte in N			
	Spalt zwischen Schließkanten und Gegenschließkanten <sup>1</sup>			zwischen ebenen Flächen <sup>2</sup>
	$< 200 \text{ mm}$	300 mm	$\geq 500 \text{ mm}$	Abstand $\geq 500 \text{ mm}$
Schiebetür	400	700	1400	–
Drehflügeltür, Falttür	400	700	1400	1400
Karusselltür	400	700	1400	–

<sup>1</sup> Die Gegenschließkante kann auch als zweite Hauptschließkante ausgebildet sein.

<sup>2</sup> Ebene Flächen sind Türflügel und Bauwerkswände, wenn sie keine Vorsprünge mit einer Fläche von  $< 0,1 \text{ m}^2$  oder der Länge einer Kante von  $> 0,05 \text{ m}$  besitzen.

Anmerkung:

Die oben angegebenen Werte sind Maximalwerte, die innerhalb einer Zeit von maximal 0,75 s ( $T_d < 0,75 \text{ s}$ ) zulässig sind.

Nach der Zeit  $T_d$  (0,75 s) ist keine statische Kraft größer als 150 N zulässig. Die statische Kraft muss nach 4,25 s ( $T_s$ ) auf maximal 80 N absinken. Die Kräfte sind hierbei als Messwert der in DIN 18650-1 festgelegten Schließkraftmessmethode zu verstehen.

Für Aufzugtüren gilt nach den Technischen Regeln für Aufzüge (TRA) 200 [3]

- an den Hauptschließkanten:

$$F_k \leq 150 \text{ N}, F_s \leq 150 \text{ N}$$

- an den Nebenschließkanten:

$$F_s \leq 300 \text{ N}$$

Für Kraftomnibustüren gilt nach der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) [4]

- an den Hauptschließkanten:

$$F_e \leq 150 \text{ N}, F_s \leq 200 \text{ N}$$

- an den Nebenschließkanten:

$$F_e \leq 150 \text{ N}, F_s \leq 250 \text{ N}$$

bei einer Federsteifigkeit von 10 N/mm für den Kraftmessgeber.

### 6.2.3 Literatur

- [1] DIN EN 12453: Tore – Nutzungssicherheit kraftbetätigter Tore – Anforderungen und Klassifikation. Ausg. 2/2001. Beuth, Berlin 2001
- [2] DIN EN 16005: Kraftbetätigte Türen – Nutzungssicherheit – Anforderungen und Prüfverfahren. Ausg. 1/2013. Beuth, Berlin 2013
- [3] Technische Regeln für Aufzüge: Personenaufzüge, Lastenaufzüge, Güteraufzüge (TRA 200). Ausg. 5/1992, BArbBl. (1992) Nr. 5, S. 30, und (1995) Nr. 12, S. 47
- [4] Richtlinien für fremdkraftbetätigte Fahrgasttüren in Kraftomnibussen. § 35e Abs. 3 und Abs. 5 StVZO (Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung). Verkehrsblatt VkBBl. (1991) Nr. 11, S. 498-500

**Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e. V. (DGUV)**

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)