

# Grenzwerte am Arbeitsplatz 2016

**suva**pro

Sicher arbeiten

**Suva**

Gesundheitsschutz  
Postfach, 6002 Luzern

**Auskünfte**

Tel. 041 419 58 51

**Bestellungen**

[www.suva.ch/waswo](http://www.suva.ch/waswo)  
Fax 041 419 59 17  
Tel. 041 419 58 51

Grenzwerte am Arbeitsplatz 2016

**Verfasser**

Suva, Bereich Arbeitsmedizin

Abdruck – ausser für kommerzielle Nutzung –  
mit Quellenangabe gestattet.

Ausgabe: Januar 2016

**Bestellnummer**

1903.d

**Das Modell Suva****Die vier Grundpfeiler der Suva**

- Die Suva ist mehr als eine Versicherung; sie vereint Prävention, Versicherung und Rehabilitation.
- Die Suva wird von den Sozialpartnern geführt. Die ausgewogene Zusammensetzung im Verwaltungsrat aus Arbeitgeber-, Arbeitnehmer- und Bundesvertretern ermöglicht breit abgestützte, tragfähige Lösungen.
- Gewinne gibt die Suva in Form von tieferen Prämien an die Versicherten zurück.
- Die Suva ist selbsttragend; sie erhält keine öffentlichen Gelder.

# Grenzwerte am Arbeitsplatz 2016<sup>1</sup>

Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte  
(MAK-Werte)

Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte (BAT-Werte)

Arbeitshygienische Grenzwerte für physikalische  
Einwirkungen

Richtwerte für physische Belastungen

<sup>1</sup> Von der Suva gemäss Art. 50 Abs. 3 der Verordnung des Bundesrates vom 19. Dezember 1983 über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten erlassen.  
Der Erlass erfolgt im Einvernehmen mit der Grenzwert-Kommission der Schweizerischen Vereinigung für Arbeitsmedizin, Arbeitshygiene und Arbeitssicherheit (Suissepro).

<b>1</b>	<b>Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte (MAK-Werte)</b>	<b>6</b>
<b>1.1</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	<b>6</b>
1.1.1	Definition des MAK-Wertes	6
1.1.2	Kurzzeitgrenzwert (KZGW)	6
1.1.3	Erläuterungen	7
1.1.4	Hinweis auf besondere Vollzugspflichten	8
<b>1.2</b>	<b>Definition der Notationen HSO<sup>-</sup>BP und *</b>	<b>8</b>
1.2.1	H (Hautresorption)	8
1.2.2	S (Sensibilisierung)	8
1.2.3	O <sup>-</sup> (Interaktion von Lärm und chemischen Stoffen)	9
1.2.4	B (Biologisches Monitoring)	9
1.2.5	P (Provisorische Festlegung)	10
1.2.6	*(Neuerung, Änderung)	10
<b>1.3</b>	<b>Krebserregende Stoffe (Notation C)</b>	<b>10</b>
1.3.1	Definition der C-Kategorien	10
1.3.2	Krebserregende Stoffe mit und ohne Schwellenkonzentration	11
1.3.2.1	Allgemeine Bemerkungen	11
1.3.2.2	Krebserregende Stoffe ohne Schwellenkonzentration	12
1.3.2.3	Krebserregende Stoffe mit Schwellenkonzentration	13
1.3.3	Erläuterungen zu spezifischen krebserregenden Stoffen	14
1.3.3.1	Krebserzeugende Stoffe ohne MAK-Wert	14
1.3.3.2	Bildung krebserregender Nitrosamine aus Aminen	14
1.3.3.3	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	15
1.3.3.4	Asbest	15
1.3.3.5	Synthetische Fasern und Faserstäube	16
<b>1.4</b>	<b>Keimzellmutagene Stoffe (Notation M)</b>	<b>17</b>
<b>1.5</b>	<b>Reproduktionstoxische Stoffe (Notation R)</b>	<b>18</b>
<b>1.6</b>	<b>Beziehung zwischen fruchtschädigender Wirkung und MAK-Wert (SS-Klassen)</b>	<b>20</b>
<b>1.7</b>	<b>Kritische Toxizität</b>	<b>21</b>
<b>1.8</b>	<b>Stäube und Nanopartikel</b>	<b>25</b>
1.8.1	Analyse von Schwebestoffen	25
1.8.2	Inerte Stäube und Gase	27
1.8.3	Nanopartikel und ultrafeine Partikel	27

1.8.4	Sensibilisierende Stäube	
1.8.5	Biologisch belastete Stäube und Aerosole / biologische Einwirkungen	30
<b>1.9</b>	<b>Spezielle Themen</b>	<b>31</b>
1.9.1	Beurteilung des Gesundheitsrisikos von Arbeitsstoffen ohne MAK-Wert	31
1.9.2	Stoffgemische	32
1.9.3	Neurotoxische Substanzen	33
1.9.4	Organische Peroxide	34
1.9.5	Isocyanate	34
1.9.6	Kühlschmierstoffe und Mineralöle	35
1.9.7	Lösliche Metalle	36
<b>1.10</b>	<b>Hinweise auf Messmethoden</b>	<b>37</b>
1.10.1	Adressen	37
1.10.2	Einheiten	37
<b>1.11</b>	<b>Liste der MAK-Werte</b>	<b>39</b>
<b>2</b>	<b>Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte (BAT-Werte)</b>	<b>122</b>
<hr/>		
<b>2.1</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	<b>122</b>
2.1.1	Arbeitsmedizinische Vorsorge und Biomonitoring	122
2.1.2	Definition des BAT-Wertes	122
2.1.3	Erläuterungen	123
2.1.4	Aufbau der Liste der BAT-Werte	124
2.1.5	BAT-Werte von Arbeitsstoffen mit der Einstufung «krebserzeugend» C1 <sub>A</sub> und C1 <sub>B</sub>	125
2.1.6	Analytische Überwachung	125
<b>2.2</b>	<b>Liste der BAT-Werte</b>	<b>126</b>
<b>3</b>	<b>Physikalische Einwirkungen</b>	<b>132</b>
<hr/>		
<b>3.1</b>	<b>Ionisierende Strahlen</b>	<b>132</b>
<b>3.2</b>	<b>Nichtionisierende Strahlen</b>	<b>133</b>
3.2.1	Laser	133
3.2.2	Ultraviolett	133

3.2.3	Visuelle und Infrarotstrahlung (inkohärent)	135
3.2.4	Elektromagnetische Felder	136
<b>3.3</b>	<b>Schall und Vibrationen</b>	<b>139</b>
3.3.1	Dauerschall (Lärm)	139
3.3.2	Impulsartiger Schall	139
3.3.3	Ultraschall	139
3.3.4	Infraschall	139
3.3.5	Hand-Arm-Vibrationen	140
3.3.6	Ganzkörper-Vibrationen	140
<b>3.4</b>	<b>Hyperbare Umgebung</b>	<b>140</b>
3.4.1	Gas- und dampfförmige Stoffe	140
3.4.2	Stäube und Aerosole	141
<b>3.5</b>	<b>Hitze (Infrarotstrahlung)</b>	<b>142</b>
<b>4</b>	<b>Richtwerte für physische Belastungen</b>	<b>143</b>
<hr/>		
<b>4.1</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	<b>143</b>
<b>4.2</b>	<b>Richtwert für Gewichte (Manipulation von Lasten)</b>	<b>144</b>
<hr/>		
	<b>Abkürzungen in der MAK-Liste</b>	<b>145</b>
	<b>Abkürzungen in der BAT-Liste</b>	<b>146</b>
<hr/>		



# 1 Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte (MAK-Werte)

## 1.1 Vorbemerkungen

### 1.1.1 Definition des MAK-Wertes

Der **Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswert (MAK-Wert)** ist die höchstzulässige Durchschnittskonzentration eines gas-, dampf- oder staubförmigen Arbeitsstoffes in der Luft, die nach derzeitiger Kenntnis in der Regel bei Einwirkung während einer Arbeitszeit von 8 Stunden täglich und bis 42 Stunden pro Woche auch über längere Perioden bei der ganz stark überwiegender Zahl der gesunden, am Arbeitsplatz Beschäftigten die Gesundheit nicht gefährdet.

### 1.1.2 Kurzzeitgrenzwert (KZGW)

Die maximalen Arbeitsplatzkonzentrationswerte sind 8-Stunden-Mittelwerte. In der Praxis schwankt jedoch die aktuelle Konzentration der Stoffe in der Atemluft häufig in erheblichem Ausmass. Die Überschreitung des Mittelwertes bedarf bei vielen Stoffen der Begrenzung, um Gesundheitsschäden zu verhüten. Basierend auf toxikologischen und arbeitshygienischen Kriterien werden kurzzeitige Abweichungen der aktuell gemessenen Raumluftkonzentration über den publizierten auf die Arbeitsschicht bezogenen

Grenzwert des Arbeitsstoffes hinsichtlich **Höhe, Dauer und Häufigkeit** pro Arbeitstag oder Schicht begrenzt.

Die Liste der MAK-Werte enthält in der besonderen Kolonne «KZGW» die jeweiligen festgelegten Kurzzeitgrenzwerte.

Der **Kurzzeitgrenzwert (KZGW)** ist jener Wert, welcher auch kurzfristig nicht überschritten werden darf. Messtechnisch gesehen bedeutet dies, dass der Mittelwert einer 15minütigen Messung nicht über dem Kurzzeitgrenzwert liegen darf.

Bei lokal reizenden oder atemwegsensibilisierenden Stoffen entspricht der Kurzzeitgrenzwert in der Regel dem Schichtmittelwert (d. h. dem MAK-Wert). Bei resorptiv oder systemisch wirksamen Stoffen kann der Kurzzeitgrenzwert höher sein, da hier der MAK-Wert oft nicht akute, sondern kumulativ-toxische Phänomene verhindern soll.

Es sind maximal vier 15-minütige Überschreitungen des MAK-Werts pro Schicht in Höhe des Kurzzeitgrenzwertes erlaubt. Der Abstand zwischen den vier erlaubten Expositionsspitzen pro Schicht soll mindestens eine Stunde betragen. Der 8-Stunden-Mittelwert ist in jedem Falle einzuhalten.

Bei starken Reizstoffen kann durch kurzzeitige Konzentrationsspitzen die Wirkungsschwelle überschritten werden.



### 1.1.3 Erläuterungen

**Der MAK-Wert ist eine Beurteilungsgrundlage für die Bedenklichkeit oder Unbedenklichkeit** am Arbeitsplatz auftretender Konzentrationen von Stoffen. Neben der Giftigkeit der eingeatmeten Stoffe werden bei der Festlegung der MAK-Werte noch andere Faktoren berücksichtigt, u. a. Ätzwirkung, sensibilisierende und ernsthaft belastigende Eigenschaften sowie Hautdurchdringungsvermögen.

Die MAK-Werte sind keine sicheren Grenzen zwischen gefährlichen und ungefährlichen Bereichen.

Einerseits garantieren Konzentrationen eines Stoffes, die unterhalb des MAK-Wertes liegen, nicht die Gesundheit aller Exponierten. Besonders empfindliche oder in ihrer Gesundheit beeinträchtigte Personen können auch durch tiefere Konzentrationen gefährdet werden. Andererseits bedeutet eine kurzfristige Einwirkung oberhalb des MAK-Wertes noch keineswegs, dass bei den Exponierten gesundheitliche Probleme auftreten. **Die unterschiedliche Empfindlichkeit und Belastung** des arbeitenden Menschen, z. B. im Zusammenhang mit Alter, Geschlecht, Konstitution, Ernährungszu-

Zu den besonders empfindlichen Personen gehören u. a. diejenigen, bei denen Haut oder Atemwege gegenüber gewissen Arbeitsstoffen sensibilisiert sind. Bei diesen können allergische Reaktionen (Überempfindlichkeitsreaktionen) durch zahlreiche Stoffe schon in minimalen Konzentrationen ausgelöst werden. Das Einhalten der MAK-Werte bietet hier nur eine beschränkte Sicherheit.

stand, Klima sowie physischer und psychischer Arbeitsbelastung, wurde bei der Festlegung der MAK-Werte nach Möglichkeit berücksichtigt.

Einzelne Stoffe können auch bei Konzentrationen unterhalb des Grenzwertes Gefahren anderer Art mit sich bringen, zum Beispiel Explosionen. Solche Gefahren sind nicht Gegenstand dieser Publikation.

Die MAK-Werte, wie auch die Grenzwerte für physikalische Einwirkungen am Arbeitsplatz (siehe Kap. 3) stimmen weitgehend überein mit denjenigen, die periodisch durch die «American Conference of Governmental Industrial Hygienists» und/oder vor allem durch die «Kommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft» publiziert werden. Die an den Arbeitsplätzen gemessenen Konzentrationen dienen der Suva als Grundlage zur Beurteilung des Berufskrankheitsrisikos und – wenn nötig – zum Anordnen von technischen und medizinischen Massnahmen zur Verhütung von Berufskrankheiten.

#### **Die MAK-Werte werden erarbeitet**

- epidemiologisch durch den Vergleich von am Arbeitsplatz auftretenden Konzentrationen mit der Häufigkeit entsprechender Gesundheitsschäden;
- aufgrund von experimentellen Untersuchungen;
- durch Analogieschlüsse und aufgrund anderer theoretischer Überlegungen.

Voraussetzungen für die Aufstellung eines MAK-Wertes sind ausreichende toxikologische und/oder arbeitsmedizinische Erfahrungen beim Umgang mit dem Stoff. Erfahrungen an Menschen sind bei der Beurteilung höher zu bewerten als experimentelle Untersuchungen oder Analogieschlüsse. Die MAK-Werte müs-

sen immer wieder neuen Erkenntnissen angepasst werden. Deshalb wird die vorliegende Liste regelmässig revidiert.

### 1.1.4 Hinweis auf besondere Vollzugspflichten

Neben der Sicherstellung der Einhaltung der MAK-Werte hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass die Arbeitnehmer über die bei ihren Tätigkeiten auftretenden besonderen Gefahren in Kenntnis gesetzt sowie über die Massnahmen zu deren Verhütung vor der Aufnahme der Tätigkeit und hernach in den erforderlichen Zeitabständen angeleitet werden. Er sorgt für die Befolgung dieser Massnahmen. Die Arbeitnehmer sind ihrerseits verpflichtet, die Weisungen des Arbeitgebers zu befolgen, die Sicherheitsvorschriften zu beachten sowie die Sicherheitsvorrichtungen und persönliche Sicherheitsausrüstungen zu benutzen (Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten, VUV).

## 1.2 Definition der Notationen H S O<sup>-</sup> B P und \*

### 1.2.1 H (Hautresorption)

Bei Stoffen, welche die Haut leicht zu durchdringen vermögen, kann durch die zusätzliche Hautresorption die innere Belastung wesentlich höher werden als bei alleiniger Aufnahme durch die Atemwege. So können z. B. Anilin, Nitrobenzol, Nitroglykol, Phenole und bestimmte Pflanzenschutzmittel auch allein auf dem Wege durch die Haut gefährliche Vergiftungen erzeugen.

Bei Expositionen mit Stoffen, die mit **H** gekennzeichnet sind, kann somit die Messung der externen Belastung (Luft, Oberflächen) die tatsächliche innere Belastung resp. Beanspruchung des Organismus durch diesen Stoff unterschätzen. Für eine Arbeitsplatzbeurteilung ist in diesen Fällen zusätzlich eine biologische Überwachung anzustreben.

### 1.2.2 S (Sensibilisierung)

Die mit **S** gekennzeichneten Substanzen führen besonders häufig zu Überempfindlichkeitsreaktionen (allergischen Krankheiten). Allergische Erscheinungen können nach Sensibilisierung z. B. der Haut oder der Atemwege je nach persönlicher Disposition unterschiedlich schnell und stark durch solche Stoffe ausgelöst werden. Auch die Einhaltung des MAK-Wertes gibt keine Sicherheit gegen das Auftreten derartiger Reaktionen. Besonders zu beachten ist die Sensibilisierungsgefahr bei Acrylaten, Getreidemehlstäuben (Roggen, Weizen),  $\alpha$ -Amylase, Colophonium und Latex. Dieser Hinweis

soll zu besonderer Aufmerksamkeit beim Umgang mit diesen Stoffen anregen.

### 1.2.3 O<sup>L</sup> (Interaktion von Lärm und chemischen Stoffen)

Lärmeinwirkungen können die Zellen des Innenohres schädigen und damit zu einer vorübergehenden Höreinbusse im Sinne der Vertäubung oder einer definitiven Höreinbusse mit Schwerhörigkeit führen. Tierexperimentelle und epidemiologische Untersuchungen haben gezeigt, dass auch gewisse Arbeitsstoffe in der Lage sind, eine Höreinbusse zu erzeugen und/oder die Wirkung von Lärm auf das Gehör zu verstärken.

Oft stammen die Erkenntnisse zu substanzbedingten ototoxischen Wirkungen aus Tierversuchen, bei denen die Stoffkonzentrationen deutlich über dem MAK-Wert und/oder der Schallpegel über den in der Schweiz erlaubten 85 dB(A) lagen. Trotzdem kann eine Verstärkung des gehörschädigenden Effekts von Lärm auch beim Menschen unter Arbeitsplatzbedingungen nicht immer sicher ausgeschlossen werden.

**Ototoxische Substanzen, welche die gehörschädigende Wirkung des Lärms bei Arbeitnehmenden verstärken können, werden mit «O<sup>L</sup>» gekennzeichnet.**

Stoffe, welche zwar ototoxisch sind, bei welchen aber keine hinreichenden Beweise für eine Interaktion mit Lärm bestehen, erhalten keine O<sup>L</sup>-Notifikation. Hierzu gehören zum Beispiel Blei, Quecksilber, p-Xylol oder Kohlendisulfid (nicht abschliessende Aufzählung). Neben diesen Arbeitsstoffen existieren ototoxische Medikamente, Viren- und Bak-

terientoxine, Suchtmittel etc., auf die im Rahmen dieser Publikation nicht eingegangen wird.

An sich ist bei Einhaltung der MAK-Werte bei ototoxischen Substanzen ein wesentlicher Hörverlust wenig wahrscheinlich<sup>1</sup> und die Ototoxizität stellt bei keinem Stoff die kritische Toxizität dar (siehe Kapitel 1.7). Im Rahmen der Risikobeurteilung von Arbeitsstoffen, welche mit einem «O<sup>L</sup>» gekennzeichnet sind, ist aber die mögliche Interaktion mit Lärm einzubeziehen. Bei relevanten Expositionen gegenüber diesen Stoffen sind allenfalls bereits bei Lärmexpositionen unter 85 dB(A) technische und organisatorische Lärmreduktionsmassnahmen und/oder das Tragen eines Gehörschutzes zu empfehlen. Der Begriff «relevante Exposition» soll zum Ausdruck bringen, dass die Stoffkonzentrationen bei den Experimenten zur Ototoxizität teilweise über dem MAK-Wert lagen. Die Frage, ob die Grenzwerte für die erwähnten Arbeitsstoffe für die Interaktion mit Lärm protektiv sind, kann erst in Zukunft aufgrund weiterer Untersuchungen präziser beantwortet werden.

### 1.2.4 B (Biologisches Monitoring)

Stoffe, bei welchen ein biologischer Grenzwert (siehe Kapitel 2) zuverlässig begründbar ist und die in der Schweiz in Speziallabors bestimmt werden können, sind mit **B** gekennzeichnet.

<sup>1</sup> DGUV: Ototoxische Arbeitsstoffe. Positionspapier der Arbeitskreise "Lärm" und "Gefahrstoffe" des Ausschusses Arbeitsmedizin der DGUV. Februar 2011.

### 1.2.5 P (Provisorische Festlegung)

Die MAK-Werte für diese Substanzen sind aus verschiedenen Gründen noch nicht definitiv festgelegt. Bei bisher bestehenden Grenzwerten bedeutet «P», dass dieser Wert aktuell aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse überprüft wird.

### 1.2.6 \* (Neuerung, Änderung)

Ein \* in der Kolonne der Stoffe bedeutet, dass dieser Stoff oder diese Form neu in die Liste aufgenommen wurde. Bei den MAK-Werten bedeutet der \*, dass der betreffende Wert gegenüber der letzten Ausgabe geändert hat. Zusatzbezeichnungen und Bemerkungen mit einem \* wurden seit der letzten Ausgabe neu eingeführt oder geändert.

In der Auflage 2016 ist die Schreibweise aller CMR-Notationen angepasst worden. Es wurde ausnahmsweise darauf verzichtet, sämtliche CMR-Bezeichnungen mit einem \* zu kennzeichnen.

## 1.3 Krebserregende Stoffe (Notation C)

### 1.3.1 Definition der C-Kategorien

Krebserregende Stoffe werden seit 2016 in die Kategorien C<sub>1A</sub>, C<sub>1B</sub> und C<sub>2</sub> eingeteilt, basierend auf GHS und der CLP-Verordnung<sup>2</sup>. Bei der Wortwahl wurden zudem die Definitionen der IARC-Klassierungen mitberücksichtigt. Für Details wird auf die entsprechenden Originaldokumente verwiesen. Die Einteilung eines Stoffes in eine Kategorie in der Schweizer Grenzwertliste erfolgt unabhängig von der CLP-Verordnung und kann sich somit von dieser unterscheiden.

Bis 2015 wurde in der Schweizer Grenzwertliste die Klassierung der DFG benutzt. In der folgenden Tabelle sind die alten Notifikationen (bis 2015) den neuen Kategorien (ab 2016) gegenübergestellt. Ebenso sind die entsprechenden H-Sätze aus der CLP-Verordnung aufgeführt:

Bis 2015	Ab 2016	H-Satz
C <sub>1</sub>	C <sub>1A</sub>	H350
C <sub>2</sub>	C <sub>1B</sub>	H350
C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	H351

<sup>2</sup> CLP-Verordnung = Regulation (EC) No. 1272/2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures

## Kategorie C1

- Kategorie C1<sub>A</sub> (ehemals C<sub>1</sub>)  
Stoffe, die **bekanntermassen** beim Menschen krebserzeugend sind. Die Einstufung erfolgt überwiegend aufgrund von Nachweisen beim Menschen.
- Kategorie C1<sub>B</sub> (ehemals C<sub>2</sub>)  
Stoffe, die **wahrscheinlich** beim Menschen krebserzeugend sind. Die Einstufung erfolgt überwiegend aufgrund von Nachweisen bei Tieren.

## Kategorie C2 (ehemals C<sub>3</sub>)

Es handelt sich um Stoffe, welche **möglicherweise** beim Menschen krebserzeugend sind. Die Einstufung in die Kategorie 2 erfolgt aufgrund von Nachweisen aus Studien an Mensch und/oder Tier, die einen Verdacht auf eine krebserregende Wirkung begründen, die jedoch nicht hinreichend genug für eine Einstufung des Stoffes in die Kategorie C1 sind.

### 1.3.2 Krebserregende Stoffe mit und ohne Schwellenkonzentration

#### 1.3.2.1 Allgemeine Bemerkungen

DNA-Schäden sind häufig und treten in einer Zelle jeden Tag Tausende Male auf. Die meisten dieser DNA-Schäden sind nicht permanent, da sie von der Zelle repariert werden oder da die Zelle stirbt. Entsteht aber eine dauerhafte, vererbba-re DNA-Schädigung (Mutation) und findet sich diese in bestimmten Regionen der DNA wie zum Beispiel einem Tumor-Suppressorgen oder einem Proto-Onkogen, so kann dies der erste Schritt in der Entstehung von Krebs sein. Bei der Entstehung von Krebs werden der Reihe nach folgende Schritte durchlaufen (sogenanntes «multistage model»):

1. Initiation: Entstehung einer Mutation, das heisst einer dauerhaften vererbba-ren Veränderung der DNA

2. Promotion: Klonale Vermehrung der von der Initiation betroffenen Zelle zu einer präneoplastischen Läsion
3. Progression: Maligne Entartung der präneoplastischen Läsion infolge weiterer genetischer Veränderungen
4. Metastasierung: Verbreitung der Krebszellen in andere Teile des Körpers

Krebserregende Stoffe können gemäss ihrem Wirkmechanismus in verschiedene Gruppen unterteilt werden. Für das Verständnis der kanzerogenen Schwellenkonzentration ist die Unterteilung in genotoxische und nicht-genotoxische Kanzerogene wichtig. Die Definitionen unterscheiden sich zwischen den verschiedenen Autoren und Kommissionen, in der Schweizer Grenzwertliste teilen wir die verschiedenen krebserregenden Stoffe folgendermassen ein:

**Genotoxische Kanzerogene** reagieren mit der DNA. Die Reaktion mit der DNA kann durch die Substanz selbst oder durch einen Metaboliten der Substanz geschehen. Im ersten Fall spricht man von direkt-genotoxischen Substanzen, im zweiten Fall von indirekt-genotoxischen Stoffen. Beispiele von direkt-genotoxischen Kanzerogenen sind z. B. alkylierende Substanzen. Beispiele von indirekt-genotoxischen Substanzen sind PAHs, Nitrosamine, aromatische Amine oder Carbamate.

Genotoxische Kanzerogene wirken oft als Initiatoren bei der Krebsentwicklung. Sie können aber auch in den der Initiation nachfolgenden Schritten aktiv sein. Genotoxische Stoffe können zu Mutationen von Genen oder zu Veränderungen der Struktur oder Zahl von Chromosomen, das heisst chromosomalen Aberrationen, führen. Genmutationen können zum Beispiel als Folge von DNA-Addukten oder

DNA-Strangbrüchen entstehen, weil es dadurch zu einem fehlerhaften Ablesen des DNA-Strangs kommen kann. Veränderungen in der Struktur von Chromosomen (sogenannte strukturelle Aberrationen) sieht man zum Beispiel nach Brüchen in einem Chromosom mit anschließendem Verlust oder fehlerhaftem Zusammenfügen von Chromosomenteilen. Substanzen, welche zu solchen chromosomalen Brüchen führen, werden als Klastogene bezeichnet. Veränderungen in der Zahl einzelner Chromosomen (auch Aneuploidien genannt) entstehen zum Beispiel bei Beeinträchtigungen der Zellteilung und des Spindelapparats. Stoffe, welche solche numerische Aberrationen verursachen, werden Aneugene genannt, sie werden – je nach Definition – meistens zu den nicht-genotoxischen Kanzerogenen gezählt:

### **Nicht-genotoxische Kanzerogene**

reagieren nicht mit der DNA selbst, sondern sind in Mechanismen involviert, welche die Entstehung von Krebs begünstigen. Zu diesen nicht-stochastischen Prozessen gehören zum Beispiel die Stimulation der Zellteilungsrate, die Auslösung von chronischen Entzündungen, die Hemmung von Reparaturenzymen, die Bildung von ROS (Reactive Oxygen Species), die Hemmung der Apoptose und des Immunsystems, oder die Aktivierung von Rezeptoren wie zum Beispiel des Arylhydrocarbon-Rezeptors (AhR) oder des Östrogen-Rezeptors (ER). Zu den nicht-genotoxischen Veränderungen werden oft auch einige **epigenetische Vorgänge** gezählt wie zum Beispiel DNA-Methylierungen (enzymatisch induziert), Histon-Modifikationen (insbesondere Acetylierungen) und Veränderungen an der nicht-codierenden RNA. Es existieren verschiedene Beschreibungen des Begriffs «Epigenetik», wir verstehen darunter permanente oder vererbare Beeinflus-

sungen des Phänotyps bzw. der Genaktivität durch Eingriffe an den Chromosomen, ohne dass aber die DNA-Sequenz verändert wird. Diese Definition basiert im Wesentlichen auf den Definitionen des Cold Spring Harbor Meetings (2008) und des NIH Roadmap Epigenomics Projects (ab 2013).

Nicht-genotoxische Substanzen können als Promotoren wirken, das heißt dass sie die Proliferation der von einem Initiator geschädigten Zelle fördern. Es braucht meistens relativ hohe Konzentrationen über einen längeren Zeitraum, bis Promotoren wirksam werden.

### **1.3.2.2 Krebserregende Stoffe ohne Schwellenkonzentration**

Bei den meisten krebserregenden Stoffen ist keine kanzerogene Schwellenkonzentration bekannt, entweder weil mechanistische oder toxikokinetische Überlegungen für diese Kanzerogene auf das Fehlen einer Schwelle hindeuten, oder weil aufgrund einer unzureichenden Datenlage eine Schwelle nicht angegeben werden kann. Kanzerogene, welche aufgrund ihres Mechanismus keine Schwelle aufweisen, sind häufig genotoxische, DNA-reaktive Stoffe. Nicht jede Schädigung der Erbsubstanz durch genotoxische Stoffe führt allerdings zu einer malignen Neoplasie, denn die betroffene Zelle kann mit diversen Mechanismen wie DNA-Reparatur, Zellzyklusregulation, Apoptose, Detoxifizierung oder immunologischen Vorgängen die Weiterentwicklung einer geschädigten Zelle in einen malignen Tumor verhindern. Diese Mechanismen bieten aber keinen zuverlässigen Schutz und bewegen sich in einem so tiefen Konzentrationsbereich, dass eine lineare Extrapolation der Dosis-Wirkungs-Beziehung in den Low-Dose-Bereich in den meisten Fällen gerechtfertigt erscheint. In der Praxis behandelt man

diese Substanzen deshalb konservativerweise als schwellenlos.

Bei krebserregenden Stoffen ohne bekannte kanzerogene Wirkschwelle schützt also das Einhalten eines MAK-Wertes nicht sicher vor einem Restrisiko für Krebs. Das Restrisiko ist hierbei umso kleiner, je tiefer die Konzentration und je kleiner die kanzerogene Potenz der Substanz ist. Das Risiko einer Krebserkrankung sollte durch Minimierung von Grad und Dauer der Exposition so klein als möglich gehalten werden (Minimierungsgebot), wobei die Vorkehrungen mit verhältnismässigem Aufwand durchführbar sein sollen (ALARA-Prinzip). Wenn genügend Angaben zur Dosis-Risiko-Beziehung für krebserzeugende Stoffe ohne Wirkschwelle bekannt sind, werden die MAK-Werte risikobasiert festgelegt mit dem Ziel, dass das Zusatzrisiko für das Auftreten bösartiger Tumore nicht mehr als 1:100 000 Exponierte pro Jahr beträgt. Dieses Risiko dürfte im gleichen Bereich wie dasjenige durch andere Umwelteinflüsse wie die allgemeine Luftverunreinigung liegen.

Zu den Schutzmassnahmen gehören die bekannten arbeitshygienischen und arbeitsmedizinischen Vorkehrungen:

Die arbeitshygienischen Massnahmen sind gemäss dem **STOP-Prinzip** hierarchisch gegliedert. An erster Stelle der Rangfolge steht die Abklärung, ob ein Arbeitsstoff durch eine weniger schädliche alternative Substanz ersetzt werden kann (**Substitution**). Ist die Verwendung eines Stoffes jedoch nicht zu umgehen, so sind andere Massnahmen zu treffen, um die Gefährdung der Beschäftigten soweit als möglich oder ganz auszuschalten. Hierzu gehören **technische Massnahmen**, wie ge-

schlossene Handhabung oder lüftungstechnische Vorkehrungen, und **organisatorische Massnahmen**, wie zum Beispiel die Vermeidung von Essen, Trinken oder Rauchen am Arbeitsplatz oder die Information über die möglichen Gefahren. Ferner sollte die Zahl der Personen, welche krebserzeugenden Stoffen oder Einwirkungen ausgesetzt sind, möglichst niedrig gehalten werden. Allenfalls sind auch **persönliche Schutzmassnahmen** wie ein ausreichender Atem- und Hautschutz einzusetzen.

Als mögliche arbeitsmedizinische Massnahme kann bei Bedarf eine regelmässige ärztliche Überwachung in Betracht gezogen werden.

Diese Richtlinien entsprechen Art. 2, 4 und 5 des von der Schweiz ratifizierten Übereinkommens Nr. 139 der ILO (International Labour Organization) über die Verhütung und Bekämpfung der durch krebserzeugende Stoffe und Einwirkungen verursachten Berufskrankheiten.

### 1.3.2.3 Krebserregende Stoffe mit Schwellenkonzentration

Verschiedene Komitees wie die SCOEL (Scientific Committee on Occupational Exposure Limits der EU) oder die DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) kennzeichnen kanzerogene Stoffe, welche eine Wirkschwelle aufweisen, separat. In der CLP-Verordnung existieren zwar keine separaten Krebsklassen für solche Substanzen, es können aber C1-Kanzerogene mit Schwellenwert eventuell in die Krebskategorie C2 hinuntergestuft werden (siehe «Guidance on the Application of the CLP Criteria» von ECHA). Beispiele von Kanzerogenen, welche einen Schwellenwert aufweisen können, sind nicht-genotoxische oder ausschliesslich auf Chromosomen wirkende Kanzerogene sowie genotoxische Stoffe, welche bei

Einhaltung des MAK-Wertes keinen nennenswerten Beitrag zum Krebsrisiko leisten («practical» oder «apparent» threshold).

Die Frage nach einer Wirkschwelle ist nicht immer einfach zu beantworten, denn Kanzerogene können gleichzeitig mehrere Wirkmechanismen aufweisen. So existieren Substanzen, welche für gewisse Krebslokalisationen eine Schwelle aufweisen, für andere nicht (siehe zum Beispiel 2-Acetylaminofluoren).

In der Schweizer Grenzwertliste findet sich bei C1-Stoffen mit bekannter Schwellenkonzentration, welche im Bereich oder oberhalb des MAK-Werts liegt, ein #-Zeichen und der Hinweis «kein erhöhtes Krebsrisiko bei Einhalten des MAK-Werts». Damit wird die kanzerogene Wirkstärke bei der Einteilung eines Stoffes in eine Krebsklasse mitberücksichtigt, was traditionellerweise bei Einordnung in eine Krebskategorie keine Rolle spielt. Das Minimierungsgebot ist mit Einhalten des MAK-Wertes erfüllt. C1-Stoffe, bei denen mechanistische Überlegungen die Existenz einer Schwelle implizieren, deren Höhe zur Zeit aber nicht bekannt ist, werden nicht gekennzeichnet – sie werden wie Kanzerogene ohne Schwellenkonzentration behandelt.

### **1.3.3 Erläuterungen zu spezifischen krebserregenden Stoffen**

#### **1.3.3.1 Krebserzeugende Stoffe ohne MAK-Wert**

Für gewisse krebserzeugende Stoffe sind nicht genügend Daten zur Festlegung eines MAK-Wertes vorhanden. Diese Stoffe sind in der Grenzwertliste (Kapitel 1.11) nicht aufgeführt.

Zur Beurteilung der Gefährdung sind die entsprechenden Sicherheitsdatenblätter

und die ChemRRV oder andere Literatur zu konsultieren.

#### **1.3.3.2 Bildung krebserregender Nitrosamine aus Aminen**

Nitrosamine entstehen durch Nitrosierung von sekundären Aminen. Als nitrosierende Agentien kommen vor allem Stickoxide in Frage, aber auch Nitrosylchlorid, Nitritester, Metallnitrite und Nitroserverbindungen. Bei der Nitrosierung gewisser Amine entstehen kanzerogene Nitrosamine, in diesem Zusammenhang sind in der Grenzwertliste Nitrosodimethylamin (aus Dimethylamin, Thiram oder Triethylamin), Nitrosodiethylamin (aus Diethylanilin), Nitrosomethylanilin (aus Methylanilin) oder Nitrosomorpholin (aus Morpholin) aufgeführt.

Besonders oft werden Nitrosamine im Zusammenhang mit Kühlschmierstoffen erwähnt. In Kühlschmierstoffen können Nitrite als nitrosierende Agentien vorkommen. Nitrite stammen von nitrithaltigen Rostschutzmitteln oder sie entstehen, wenn im Kühlschmierstoff Bakterien vorkommen, welche Nitrate zu Nitriten reduzieren.

Der heutige Kenntnisstand reicht nicht aus, um für die Entstehung von Nitrosaminen unter den komplexen Bedingungen am Arbeitsplatz und in Gemischen von Stoffen quantitative Voraussagen zu treffen. Beim Umgang mit diesen Aminen am Arbeitsplatz sind daher zwei Vorsichtsmassnahmen geboten: Die nitrosierenden Agentien sollen entfernt bzw. durch Verbindungen ersetzt werden, die nicht zur Entstehung kanzerogener Nitrosamine führen. Insbesondere ist die Konzentration von Stickoxiden am Arbeitsplatz zu kontrollieren und gegebenenfalls zu vermindern. Ausserdem sollte die Konzentration an Nitrosaminen in der Luft am Arbeitsplatz gemessen werden. Dies gilt insbesondere bei Verwendung von Ami-



nen, aus denen stark kanzerogene Nitrosamine entstehen können.

### **1.3.3.3 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe**

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, engl. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons **PAH**) entstehen bei der Pyrolyse oder der unvollständigen Verbrennung von organischem Material, wie zum Beispiel Rohgasen von Kokereien. Je nach Ausgangsmaterialien und Reaktionsbedingungen entstehen PAH in unterschiedlicher Zusammensetzung.

Eine Arbeitsplatzexposition mit PAHs kommt bei solchen Industrieprozessen vor, bei denen

- eine Verdampfung der im Ausgangsmaterial vorhandenen PAHs aufgrund der hohen Prozesstemperaturen stattfindet. Ausgangsmaterialien, die einen hohen Anteil an PAHs enthalten, sind zum Beispiel Braun- und Steinkohlenteere, Steinkohlenteerpeche und Steinkohlenteeröle. Zu geringeren Anteilen sind PAHs in höheren Fraktionen der Erdöldestillation wie zum Beispiel in Asphalt, Bitumen und Motorölen vorhanden.
- PAHs durch Pyrolyse oder unvollständige Verbrennung von organischem Material gebildet werden. Beispielsweise enthalten Rohgase von Kokereien einen hohen Anteil an PAHs.
- ein mechanischer Abrieb von PAH-haltigen Arbeitsstoffen stattfinden kann.

Aufgrund der Ergebnisse von Kanzerogenitätsstudien und Mutagenitätstests sind vom IARC (International Agency for Research on Cancer) verschiedene PAHs als krebserregend im Tierversuch eingestuft worden. Epidemiologische Studien zeigten einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Arbeitsplatzexposition mit PAH-haltigen steinkohlenteerflüchtigen Verbindungen (Coal Tar Pitch

Volatiles) in Kokereien und bei der Kohlevergasung und der erhöhten Lungenkrebssterblichkeit bei Arbeitnehmenden. Daneben können PAHs auch lokal zu Hautkrebs führen.

Aufgrund seiner hohen kanzerogenen Potenz und seines hohen Anteils von ca. 1 bis 5 % in PAH-Mischungen wird Benzo(a)pyren häufig als Leitsubstanz zur orientierenden Bestimmung einer PAH-Exposition gebraucht. Der MAK-Wert für Benzo(a)pyren stellt eine Grösse dar, die keine exakte Beurteilung der Kanzerogenität erlaubt, jedoch zu einer groben Einschätzung herangezogen werden kann. Da für eine Reihe von PAH mittlerweile Toxizitätsäquivalenzfaktoren entwickelt worden sind, sollte die Untersuchung der PAH-Exposition am Arbeitsplatz nicht auf Benzo(a)pyren beschränkt, sondern auf weitere PAH ausgedehnt werden, die sich als krebserregend im Tierversuch erwiesen haben, wie beispielsweise Benz(a)anthrazen, Chrysen, Benz(b)fluoranthren, Indeno(1,2,3-cd)pyren, Dibenz(a,h)anthrazen, Dibenz(a,i)pyren, Dibenz(a,l)pyren und Dibenz(a,e)pyren. Unter Berücksichtigung dieser kanzerogenen PAH, die an verschiedenen Arbeitsplätzen in unterschiedlichen Verhältnissen zueinander auftreten, wird eine bessere Beurteilung des Krebsrisikos aufgrund der PAH-Exposition am Arbeitsplatz möglich sein.

### **1.3.3.4 Asbest**

Der Grenzwert für Asbest wurde auf 0,01 Asbestfasern/ml (= 10 000 Asbestfasern/m<sup>3</sup>) festgelegt. Dieser Wert beruht auf epidemiologischen Erkenntnissen zur Dosis-Wirkungs-Beziehung bezüglich Asbest und Mesotheliom/Lungenkrebs. Für alle Arbeitsplätze, an denen nicht mit asbesthaltigem Material gearbeitet werden muss (zum Beispiel in Büroräumen), sollte eine Konzentration von 0,001 As-

bestfasern/ml (= 1000 Asbestfasern/m<sup>3</sup>) nicht überschritten werden – dieser Wert entspricht der Empfehlung des BAG für Wohnräume und Räume mit Daueraufenthalt.

Das Risiko einer Erkrankung hängt unter anderem von der Höhe der Stoffkonzentration, der Dauer der Exposition oder der Art und Form der Asbestfaser ab. So sind lange und dünne Fasern mit einem höheren Risiko vergesellschaftet.

**Als biologisch relevante Fasern werden jene Partikel betrachtet, welche ein Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von 3:1 überschreiten, eine Länge von grösser als 5 µm und einen Durchmesser von weniger als 3 µm aufweisen («WHO-Faser»). Für die Beurteilung einer Gefährdung spielt neben der Fasergeometrie auch die mineralogisch-chemische Zusammensetzung eine entscheidende Rolle.**

Mit modernen Rasterelektronenmikroskopen (REM) lassen sich bei entsprechender Vergrösserung Asbestfasern bis zu einem Durchmesser von 0,1 µm nachweisen, mit Transmissionselektronenmikroskopen (TEM) lassen sich noch dünnere Fasern erkennen. Der Grenzwert für Asbest beruht jedoch auf epidemiologischen Untersuchungen, bei denen zumeist Lichtmikroskope zum Einsatz kamen und bei denen sehr feine Fasern nicht erfasst wurden. Der Einsatz eines REM zur messtechnischen Überprüfung der Einhaltung des MAK-Wertes, wie dies zum Beispiel auch bei der deutschen VDI-3492-Methode der Fall ist, ist deshalb meistens ausreichend.

### **1.3.3.5 Synthetische Fasern und Faserstäube**

Künstliche Mineralfasern (KMF) sind anorganische Fasern, die aus mineralischen

Rohstoffen hergestellt werden. Im Gegensatz zu den natürlich vorkommenden krebserzeugenden Asbestfasern, welche parallel zur Längsachse gespalten werden, brechen KMF praktisch immer quer. Als biologisch relevante Fasern werden jene Partikel betrachtet, welche ein Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von 3:1 überschreiten, eine Länge von grösser als 5 µm und einen Durchmesser von weniger als 3 µm aufweisen. Nebst der mineralogisch-chemischen Zusammensetzung spielt für die Beurteilung einer Gefährdung die Fasergeometrie eine entscheidende Rolle, wie dies auch von Asbestfeinstaub her bekannt ist.

Dies führt dazu, dass im allgemeinen die industriell verwendeten KMF meistens einen hohen Durchmesser aufweisen oder zu lang sind, um bis in die Lungenalveolen gelangen zu können. Je nach Produktionsweise und Bearbeitung können jedoch auch KMF alveolengängige Abmessungen aufweisen. Dies ist zusammen mit der generell hohen Biobeständigkeit der KMF bei der Beurteilung eines allfälligen krebserzeugenden Potentials zu berücksichtigen.

Künstlich hergestellte ungerichtete glasige (Silikat-) Fasern mit einem Anteil an Alkali- und Erdalkalimetalloxiden (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O + CaO + MgO + BaO) von über 18 Gewichtsprozent werden in die Klasse der krebserzeugenden Stoffe C2 eingeteilt, sofern keine der 4 möglichen Ausschlusskriterien gemäss der Richtlinie der Europäischen Kommission 97/69/EC 23, Anpassung der Richtlinie der Europäischen Kommission 67/548/EEC, erfüllt werden. Mindestens eines dieser vier Ausschlusskriterien erfüllen u. a. die in der Schweiz hergestellten Stein- und Glaswollen, sowie Hochtemperaturfasern (bis 900 °C) mit hohem Kalium- und/oder Magnesiumanteil. Diese Fasern sind nicht als kanze-

rogen eingestuft. Hingegen sind die vorwiegend im Hochtemperaturbereich verwendeten Keramikfasern (Aluminiumsilikat) zurzeit in die Klasse C1<sub>B</sub> der krebserzeugenden Stoffe eingeteilt.

Für andere anorganische Synthesefasern bestehen zwar gewisse Verdachtsmomente für ein krebserzeugendes Potential in Tierversuchen; die Befunde aus Inhalationsversuchen sind jedoch nicht schlüssig, und aus den positiven Befunden bei intraperitonealer, intrapleuraler oder intratrachealer Verabreichung kann nicht ohne weiteres eine Gefährdung des Menschen bei inhalativer Exposition abgeleitet werden. Hierzu gehören u. a. Aluminiumoxidfasern. Dies gilt auch für die organischen p-Aramidfasern.

## 1.4 Keimzellmutagene Stoffe (Notation M)

Keimzellmutagene Stoffe lösen Mutationen in den Keimzellen von Menschen aus, welche an die Nachkommen weitergegeben werden können. Keimzellmutagene Stoffe werden seit 2016 in die Kategorien M1<sub>A</sub>, M1<sub>B</sub> und M2 eingeteilt, basierend auf GHS und der CLP-Verordnung (EG Nr. 1272/2008). Für Details wird auf die Originaldokumente verwiesen. Die Einteilung eines Stoffes in eine Kategorie erfolgt unabhängig von der CLP-Verordnung und kann sich von dieser unterscheiden. In der folgenden Tabelle sind die alten Notifikationen der Schweizer Grenzwertliste (bis 2015) den neuen Notifikationen (ab 2016) gegenübergestellt, ebenso wurde der entsprechende H-Satz aus der CLP-Verordnung angefügt:

Bis 2015	Ab 2016	H-Satz
M <sub>1</sub>	M1 <sub>A</sub>	H340
M <sub>2</sub>	M1 <sub>B</sub>	H340
M <sub>3</sub>	M2	H341

### Kategorie M1

- Kategorie M1<sub>A</sub> (ehemals M<sub>1</sub>)  
Stoffe, die **bekanntermassen** vererb-  
bare Mutationen an menschlichen Keim-  
zellen auslösen. Die Einstufung in die  
Kategorie M1<sub>A</sub> beruht auf positiven  
Befunden aus epidemiologischen Studi-  
en an Menschen.
- Kategorie M1<sub>B</sub> (ehemals M<sub>2</sub>)  
Stoffe, die **wahrscheinlich** vererb-  
bare Mutationen an menschlichen Keimzellen

auslösen und so angesehen werden sollten, als wenn sie vererbare Mutationen bewirken. Die Einstufung in Kategorie M1<sub>B</sub> beruht auf

- positiven Befunden aus 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 (beispielsweise aus in-vivo-Mutagenitäts-/Genotoxizitäts-Prüfungen an Keimzellen, dem Aufzeigen der Fähigkeit des Stoffes oder seiner Metaboliten zur Interaktion mit dem genetischen Material der Keimzellen), oder
- positiven Befunden von Prüfungen, die mutagene Wirkungen an Keimzellen von Menschen zeigen, allerdings ohne Nachweis der Weitergabe an die Nachkommen (beispielsweise eine Zunahme der Aneuploidierate in Spermien exponierter Personen).

### **Kategorie M2** (ehemals M<sub>2</sub>)

Stoffe, die für den Menschen bedenklich sind, weil sie **möglicherweise** vererbare Mutationen in Keimzellen von Menschen auslösen können. Eine Einstufung in die Kategorie M2 beruht auf positiven Befunden von Versuchen an Säugern und/oder in manchen Fällen aus in-vivo-Mutagenitätsprüfungen an Somazellen von Säugern oder anderen in-vivo-Genotoxizitätsprüfungen an Somazellen, die durch positive Befunde aus in-vitro-Mutagenitäts-Prüfungen gestützt werden, die aber eine Einteilung in M1 nicht rechtfertigen.

## 1.5 Reproduktionstoxische Stoffe (Notation R)

Der Begriff «Reproduktionstoxizität» umfasst einerseits die Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit und Sexualfunktion bei Mann und Frau, andererseits Entwicklungsschäden bei den Nachkommen.

Zu den **Beeinträchtigungen der Fruchtbarkeit und Sexualfunktion** gehören unter anderem Veränderungen der Fortpflanzungsorgane, Störungen der Gametenbildung und des Gametentransports, der Regelmässigkeit des Reproduktionszyklus, des Sexualverhaltens, der Fruchtbarkeit, der Geburt, der Schwangerschaft, des Eintritts in die Pubertät, sowie vorzeitiges reproduktives Altern oder Änderungen anderer Funktionen, die von der Unversehrtheit des Fortpflanzungssystems abhängen.

Zu den **Beeinträchtigungen der Entwicklung der Nachkommen** zählt im weitesten Sinne jede Beeinträchtigung der normalen Entwicklung des Kindes vor und nach der Geburt aufgrund einer Exposition eines der Elternteile vor der Empfängnis oder aufgrund der Exposition der Nachkommen im Laufe ihrer vorgeburtlichen Entwicklung oder nach der Geburt bis zur Erlangung der Geschlechtsreife.

Beeinträchtigungen der Laktation oder unerwünschte Wirkungen als Folge der Laktation gehören auch zur Reproduktionstoxizität, sie werden aber in der CLP-Verordnung zu Einstufungszwecken gesondert behandelt. In der Schweizer Grenzwertliste wird keine eigene Nota-

tion für Beeinträchtigungen der Laktation und Gefährdungen durch die Laktation aufgeführt.

Eine weitere Kennzeichnung, welche sich mit der Gefährdung des Fetus befasst, sind die SS-Klassen (siehe Kapitel 1.6). Die SS-Klassen beschreiben, ob bei Einhaltung des MAK-Wertes mit einer Schädigung der Leibesfrucht zu rechnen ist oder ob keine Beeinträchtigung erwartet werden muss. Demgegenüber bezieht sich die in diesem Kapitel besprochene R-Notation auf den Stoff selber, ohne Information darüber, ob der Stoff bei Einhaltung des MAK-Wertes schädigend auf das Kind wirkt.

Zur Kennzeichnung und Einstufung werden reproduktionstoxische Stoffe seit 2016 in die Kategorien R<sub>1A</sub>, R<sub>1B</sub> und R<sub>2</sub> eingeteilt. Die Bezeichnungen und Definitionen der Kategorien entsprechen bis 2015 denjenigen der DFG, ab 2016 lehnen sich die Definitionen in modifizierter Form den Gefahrenkategorien für reproduktionstoxische Stoffe und den Codes D und F der entsprechenden Gefahrenhinweise in der CLP-Verordnung (EG Nr. 1272/2008) an. Für Details wird auf die CLP-Verordnung verwiesen. Die Einteilung eines Stoffes in eine Kategorie in der Schweizer Grenzwertliste erfolgt unabhängig von der CLP-Verordnung und kann sich von dieser unterscheiden. Die Einstufung als reproduktionstoxisch ist für Stoffe gedacht, die eine intrinsische spezifische Eigenschaft zur Beeinträchtigung der Fortpflanzung besitzen; sie ist jedoch nicht zulässig für Stoffe, bei denen diese Wirkung lediglich als unspezifische sekundäre Folge anderer toxischer Wirkungen auftritt. Der Einfluss der maternalen Toxizität ist bei der Beurteilung der toxischen Wirkungen auf die Entwicklung der Nachkommen also zu berücksichtigen.

In der folgenden Tabelle sind die alten Notifikationen der Schweizer Grenzwertliste (bis 2015) den neuen Klassierungen (ab 2016) gegenübergestellt:

Bis 2015	Ab 2016	H-Satz
R <sub>E1</sub>	R <sub>1AD</sub>	H360D
R <sub>E2</sub>	R <sub>1BD</sub>	H360D
R <sub>E3</sub>	R <sub>2D</sub>	H361d
R <sub>F1</sub>	R <sub>1AF</sub>	H360F
R <sub>F2</sub>	R <sub>1BF</sub>	H360F
R <sub>F3</sub>	R <sub>2F</sub>	H361f

### Kategorie R1

- Kategorie R<sub>1A</sub> (ehemals R<sub>1</sub>)  
Stoffe, die **bekanntermassen** beim Menschen reproduktionstoxisch sind. Die Einstufung beruht weitgehend auf Befunden beim Menschen.  
**R<sub>1AF</sub>** (ehemals R<sub>F1</sub>) bedeutet, dass sich die Reproduktionstoxizität auf die Fruchtbarkeit oder Sexualität bezieht,  
**R<sub>1AD</sub>** (ehemals R<sub>E1</sub>) bedeutet, dass sich die Reproduktionstoxizität auf die Entwicklung bezieht.
- Kategorie R<sub>1B</sub> (ehemals R<sub>2</sub>)  
Stoffe, die **wahrscheinlich** reproduktionstoxisch sind. Die Einstufung beruht weitgehend auf Daten aus Tierstudien.  
**R<sub>1BF</sub>** (ehemals R<sub>F2</sub>) bedeutet, dass sich die Reproduktionstoxizität auf die Fruchtbarkeit oder Sexualität bezieht, bei **R<sub>1BD</sub>** (ehemals R<sub>E2</sub>) betrifft die Reproduktionstoxizität auf die Entwicklung.

### Kategorie R2 (ehemals R<sub>3</sub>)

Stoffe, die **möglicherweise** beim Menschen reproduktionstoxisch sind. Stoffe werden dann in die Kategorie R<sub>2</sub> eingestuft, wenn Befunde beim Menschen oder bei Versuchstieren vorliegen, die eine Beeinträchtigung der Sexualfunktion und Fruchtbarkeit (**R<sub>2F</sub>**; ehemals R<sub>F3</sub>)

oder der Entwicklung (**R<sub>2D</sub>**; ehemals R<sub>E3</sub>) nachweisen, diese Nachweise aber nicht stichhaltig genug für eine Einstufung des Stoffes in die Kategorie 1 sind. Die Einstufung erfolgt nach Abwägung aller Fakten und Anhörung von Experten.

## 1.6 Beziehung zwischen fruchtschädigender Wirkung und MAK-Wert (SS-Klassen)

Die MAK-Werte gelten für gesunde Personen im erwerbsfähigen Alter. Die epidemiologischen und experimentellen Untersuchungen zeigen aber, dass die Applikation der MAK-Werte für gesunde schwangere Frauen nicht ohne Vorbehalt möglich ist, da auch bei ihrer Einhaltung der sichere Schutz des ungeborenen Kindes vor fruchtschädigenden Wirkungen der Stoffe nicht immer gewährleistet ist.

Für die Beschäftigung von schwangeren und stillenden Arbeitnehmerinnen wird auf die Verordnung 1 vom 10. Mai 2000 zum Arbeitsgesetz (ArGV1) und die Verordnung des EVD vom 20. März 2001 über gefährliche und beschwerliche Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschutz (Mutterschutzverordnung) verwiesen.

In der schweizerischen Grenzwertliste teilen wir fruchtschädigende Stoffe in folgende drei Gruppen ein:

### **Kategorie SS<sub>A</sub>**

Eine Schädigung der Leibesfrucht kann auch bei Einhaltung des MAK-Wertes auftreten.

### **Kategorie SS<sub>B</sub>**

Eine Schädigung der Leibesfrucht kann auch bei Einhaltung des MAK-Wertes nicht ausgeschlossen werden.

### **Kategorie SS<sub>C</sub>**

Eine Schädigung der Leibesfrucht braucht bei Einhaltung des MAK-Wertes nicht befürchtet zu werden.

## 1.7 Kritische Toxizität

Diese Einteilung beruht auf Überlegungen der DFG und die Klassifizierung stimmt weitgehend mit derjenigen der DFG überein. Im Gegensatz zur R-Notation beschreibt diese Einteilung die Beziehung der entwicklungstoxischen Eigenschaft eines Stoffes in Bezug zum MAK-Wert – demgegenüber charakterisiert die R-Notation die Entwicklungstoxizität als Eigenschaft eines Stoffes an sich, ohne Bezug zum MAK-Wert. Es ist deshalb zum Beispiel möglich, dass ein Stoff zwar mit einem  $R_D$  versehen wurde, hingegen keine SS-Notation aufweist: In diesem Fall ist nicht bekannt, bei welcher Konzentration die reproduktionstoxische Eigenschaft des Stoffes zum Tragen kommt. Umgekehrt gibt es Stoffe, die zwar eine SS-Notation, hingegen keine  $R_D$ -Notation aufweisen; der Grund dieser Konstellation liegt darin, dass die beiden Notationen von verschiedenen Gremien vergeben werden und nicht aufeinander abgestimmt sind.

Kanzerogene Stoffe ohne Wirkschwelle werden keiner SS-Gruppe zugeteilt. Expositionen gegenüber solchen Stoffen sind ohnehin generell zu vermeiden oder möglichst tief zu halten.

Wird eine Person gegenüber einem Stoff exponiert, können substanzspezifische unerwünschte Wirkungen (sog. adverse Effekte) auftreten. Deren Ausprägung ist abhängig von der Konzentration des Stoffes in der Luft sowie unter anderem von der Aufnahme über die Haut oder den Magen-Darm-Trakt sowie der körperlichen Belastung mit erhöhtem Atemminuten-Volumen. Häufige adverse Effekte sind beispielsweise Reizungen oder Verätzungen, Herzrhythmusstörungen, Beeinträchtigung der Hirnfunktion, chronische Toxizität mit Organschäden (Lunge, Leber, Nieren, Haut, Knochenmark, Skelett, Gehirn, Nerven etc.) oder bösartige Tumoren. Je tiefer die Konzentration des Stoffes ist, desto weniger adverse Effekte werden beobachtet. Unterhalb einer gewissen Konzentration treten gar keine unerwünschten Wirkungen mehr auf. Eine Ausnahme bilden zum Beispiel einige direkt-genotoxische Substanzen, bei denen keine solche Schwelle zu existieren scheint.

**Derjenige unerwünschte Effekt, welcher für die Berechnung des MAK-Wertes herangezogen wird, wird «kritische Toxizität» genannt. Normalerweise handelt es sich dabei um jenen adversen Effekt, welcher bei der geringsten Konzentration auftritt.**

Die kritische Toxizität wird aus epidemiologischen oder tierexperimentellen Studien hergeleitet. Mittels Extrapolations- und Sicherheitsfaktoren sowie weiterer situationsbedingter Überlegungen wer-

den die bei diesen Studien benutzten Stoffkonzentrationen auf die am Arbeitsplatz geltenden Bedingungen umgerechnet und so der MAK-Wert festgelegt. In der Regel existiert pro Stoff nur eine einzige kritische Toxizität im engen Sinn, aus welcher ein Grenzwert errechnet wird. Treten hingegen im tiefen Konzentrationsbereich gleichzeitig zwei oder mehrere adverse Effekte auf, so können diese zusammen zur Grenzwertbestimmung herangezogen werden.

Die Entscheidung, welche Reaktion des Körpers auf eine Exposition als «unerwünscht» bezeichnet werden kann und welche Adversität «relevant» genug ist, um als kritische Toxizität gelten zu können, wird von den entsprechenden Grenzwertkomitees festgelegt.

In der Grenzwertliste wird die kritische Toxizität in einer eigenen Kolonne angegeben. Es werden entweder die betroffenen anatomischen Strukturen (Zielorgane), auf welche der Stoff in unerwünschter Art und Weise einwirkt, oder die pathologischen Veränderungen selbst erwähnt (zum Beispiel Lungenfibrose, Corneaödem). Die kritische Toxizität ist mit einem hochgestellten «**KT**» gekennzeichnet (zum Beispiel **Lunge<sup>KT</sup>**). Adverse Effekte, die zwar im Bereich des MAK-Wertes auftreten können und für die Bestimmung des MAK-Wertes von Bedeutung sind, bei welchen die Studienlage aber nicht eine eigentliche Berechnung des MAK-Wertes erlaubt, werden ohne KT-Kennzeichnung aufgeführt.

Stammen die Erkenntnisse aus Tierexperimenten, so folgt ein hochgestelltes (**AN**) für «animal», bei Untersuchungen am Menschen ist dies ein (**HU**) für «human» (zum Beispiel **Herz<sup>KT HU</sup>**); ist die Herkunft nicht eruierbar oder sowohl beim Mensch als auch beim Tier bekannt, so

folgt keine Notifikation. Eine Kennzeichnung mit AN oder HU bedeutet nicht, dass eine entsprechende kritische Toxizität ausschliesslich beim Tier bzw. Mensch vorkommt, sondern sie bedeutet, dass der Grenzwert aus Experimenten am Tier bzw. Mensch hergeleitet wurde.

Es muss betont werden, dass es sich bei der Aufzählung nicht um eine vollständige Nennung aller wichtigen unerwünschten Wirkungen des Stoffes handelt, sondern nur um die für die Grenzwertberechnung relevanten. Die Konsultation der toxikologischen Fachliteratur wird durch diese Aufzählung nicht ersetzt. Die Auflistung bedeutet auch nicht, dass diese Effekte bei allen Mitarbeitern obligatorerweise bei Überschreiten des Grenzwertes auftreten.

Bei Reizstoffen werden in den Unterlagen oft mehrere mögliche betroffene Organe angegeben (beispielsweise Augenbindehaut, Atemwege, Haut) und es wird nicht unterschieden, welches Organ bei der geringsten Stoffkonzentration reagiert. Deshalb werden in diesem Fall die betroffenen Organe mit einem «&» verbunden.

Wird ein Grenzwert nicht mit Hilfe einer kritischen Toxizität, sondern aus formalen Gründen festgelegt, so wird dies mit «**Formal<sup>KT</sup>**» beschrieben. So wird manchmal ein Grenzwert angegeben (zum Beispiel 1000 oder 10 000 ppm), obwohl auch bei höherer Konzentration keine adversen Effekte zu erwarten sind; es ist aber aus arbeitshygienischer Sicht nicht sinnvoll, über diese Konzentration hinauszugehen, beispielsweise wegen Nebelbildung.

Besitzt ein Stoff eine C-Notifikation, so wird in der Kolonne «Kritische Toxizität»



nur dann die Art des bösartigen Tumors angegeben, wenn die Substanz mit einem C1<sub>A</sub> versehen worden ist. Ein geringes Restrisiko zur Entwicklung von Krebs kann bei direkt-genotoxischen Substan-

zen ohne Schwellenwert auch bei Einhaltung des MAK-Wertes nicht immer ausgeschlossen werden (vgl. Kapitel 1.3).

<b>AN</b>	Animal (Erkenntnis aus Tierexperiment stammend)
<b>Alkohol</b>	Alkoholunverträglichkeit
<b>Angiosarkom</b>	Hämangiosarkom der Leber
<b>Arrh</b>	Herzrhythmusstörung
<b>Asphyxie</b>	Asphyxie (Ersticken; Sauerstoffmangel kombiniert mit Kohlendioxidüberschuss)
<b>Asthma</b>	
<b>Auge</b>	Auge, Augenbindehaut
<b>AW</b>	Atemwege
<b>Beryll</b>	Berylliose, Berylliumsensibilisierung
<b>Blase</b>	Harnblase
<b>Blut</b>	Hämatotoxizität, Veränderungen des Blutbildes
<b>Chlorakne</b>	
<b>Cholin</b>	Cholinesteraseinhibitor
<b>Cornea</b>	Hornhaut der Augen
<b>CorneaÖ</b>	Corneaödem (Schwellung der Cornea), Blauschleiersehen
<b>COHb</b>	Carboxyhämoglobin-Bildung
<b>Diabetes</b>	
<b>Fatigue</b>	Fatigue (Müdigkeit, Erschöpfung)
<b>Formal</b>	Formale Begründung eines Grenzwertes
<b>Geruch</b>	Geruchsbelästigung
<b>GIT</b>	Gastrointestinaltrakt (Magen-Darm-Trakt)
<b>Grundumsatz</b>	Erhöhter Grundumsatz
<b>HU</b>	Human (Erkenntnis aus Untersuchung am Mensch gewonnen)
<b>Halitosis</b>	Mundgeruch
<b>Haut</b>	
<b>Herz</b>	Herz(muskel)
<b>Immun</b>	Immunsystem
<b>Kalium</b>	Veränderter Kaliumspiegel im Blut
<b>Katarakt</b>	Grauer Star
<b>KG</b>	Körpergewicht
<b>Knochen</b>	
<b>Kopfweh</b>	

<b>KT</b>	Kritische Toxizität
<b>Leber</b>	
<b>Leukämie</b>	
<b>Lunge</b>	Lungengewebe
<b>Lungenfib</b>	Lungenfibrose (z. B. bei Staublungenerkrankung)
<b>Lungenkrebs</b>	
<b>Meso</b>	Mesotheliom
<b>Metallrauch</b>	Metallrauchfieber
<b>MetHb</b>	Methämoglobin-Bildung
<b>Milz</b>	
<b>Muskel</b>	
<b>Nasenkrebs</b>	
<b>Nausea</b>	Übelkeit
<b>Niere</b>	
<b>NS</b>	Nervensystem
<b>NitHb</b>	Nitrosylhämoglobin
<b>OAW</b>	Oberere Atemwege (umfasst Nase und Rachen)
<b>Olfakt</b>	Nervus olfactorius (Riechnerv)
<b>Opticus</b>	Nervus opticus (Sehnerv)
<b>Piloarr</b>	Piloarrektion (Sichaufrichten der Körperhaare)
<b>PNS</b>	Peripheres Nervensystem
<b>Prothr</b>	Prothrombinzeit erhöht (führt zu Gerinnungsstörung)
<b>ReproF</b>	Reproduktionstoxizität Frau (z. B. Eierstock)
<b>ReproM</b>	Reproduktionstoxizität Mann (z. B. Hoden, Spermien)
<b>ReproP</b>	Pränatale Reproduktionstoxizität (z. B. embryofetale Missbildungen)
<b>Schwindel</b>	
<b>Sehen</b>	Beeinträchtigung des Sehens (ausser Corneaödem)
<b>Speichel</b>	Anregung des Speichelflusses (Salivation)
<b>Thyr</b>	Schilddrüse (Glandula thyroidea)
<b>UAW</b>	Untere Atemwege (umfasst Kehlkopf, Luftröhre und Bronchialbaum)
<b>Vask</b>	Gefäßsystem
<b>Vasodil</b>	Vasodilatation (Erweiterung der Blutgefäße)
<b>Vitiligo</b>	
<b>Zahn</b>	
<b>ZNS</b>	Zentrales Nervensystem

Aufzählung der in der Kolonne «Kritische Toxizität» verwendeten Begriffe und Abkürzungen

# 1.8 Stäube und Nanopartikel

## 1.8.1 Analyse von Schwebestoffen

### e = einatembare Staub

Unter einatembarem Staub (früher: Gesamtstaub G) versteht man die Gesamtheit der Partikel in der Atemluft, welche durch Mund und Nase eingeatmet werden können.

### a = alveolengängiger Staub

Unter alveolengangigem Staub (früher: Feinstaub F) versteht man die Gesamtheit der Partikel in der Atemluft, welche bis in die Lungenalveolen gelangen können.

Die MAK-Werte für Schwebestoffe werden mit den Symbolen e (= einatembare Staub) und a (= alveolengängiger Staub) gekennzeichnet. Die Definitionen entsprechen teilweise den früheren Bezeichnungen

gen G und F, basieren aber auf der international anerkannten Norm EN 481 (ISO 7708).

Gemäss EN 481 sind dies Staubkollektive, die einen Vorabscheider mit der in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Charakteristik für Staubteilchen mit der Dichte 1 g/cm<sup>3</sup> passieren.

Bei Einhaltung der allgemeinen Staubgrenzwerte ist mit einer Gesundheitsgefährdung nur dann nicht zu rechnen, wenn sicher gestellt ist, dass genotoxische, krebserzeugende, fibrogene, allergisierende oder sonstige toxische Wirkungen des Staubes nicht zu erwarten sind.

### Ultrafeine Partikel, deren Agglomerate und Aggregate

Ultrafeine Teilchen (Diffusions-aquivalentdurchmesser unter 100 nm) respektive deren Agglomerate und Aggregate entstehen im wesentlichen bei Verbrennungsprozessen und Gasphasenreaktionen. Die lokale Wirkung der Teilchen im Atemtrakt steigt weniger masseproportio-

Aerodynamischer Durchmesser	Durchlassgrad für einatembaren Staub	Durchlassgrad für alveolengängigen Staub
0 µm	100,0 %	100,0 %
1 µm	97,1 %	97,1 %
3 µm	91,7 %	73,9 %
5 µm	87,0 %	30,0 %
7 µm	82,9 %	9,0 %
9 µm	79,1 %	2,5 %
10 µm	77,0 %	1,3 %
11 µm	75,8 %	0,7 %
16 µm	69,1 %	0,0 %
25 µm	61,2 %	
50 µm	52,5 %	
100 µm	50,1 %	

Durchlassgrad für einatembaren und für alveolengängigen Staub gemäss EN 481

nal als mit der Teilchenoberfläche oder der Anzahlkonzentration an. Für ultrafeine Partikel, deren Agglomerate und Aggregate mit lokaler Wirkung lässt sich aus arbeitsmedizinisch-toxikologischer Sicht noch kein Grenzwert begründen.

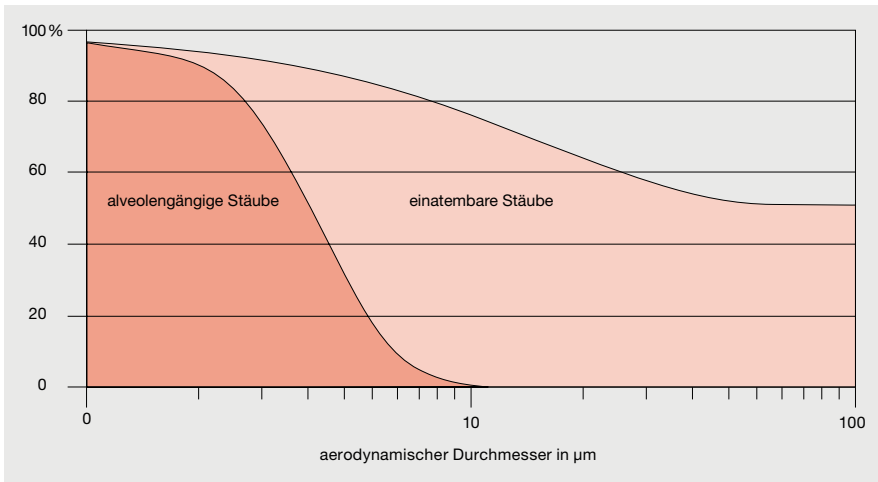
### Probenahme

Die Probenahme und die Interpretation der Messergebnisse muss von erfahrenen Fachleuten vorgenommen werden, welche die zahlreichen, die Messung beeinflussenden Faktoren sowie die Grenzwerte am Arbeitsplatz und die zugehörigen Ausführungen kennen.

**Die Grenzwerte am Arbeitsplatz sind personenbezogen. Soweit möglich sind daher Staubmessungen mittels Probenahmesystemen durchzuführen, die von den Exponierten getragen werden («personal sampling»). Bei Verwendung von stationären Messgeräten ist zu berücksichtigen, dass diese primär die Situation eines Raumes bzw. Arbeitsplatzes wiedergeben.**

Für Staubmessungen müssen Apparate verwendet werden, deren Konformität mit der Norm EN 481 experimentell und im praktischen Einsatz belegt und in der Fachliteratur beschrieben ist. Für Messungen von einatembaren Stäuben ist dies beispielsweise bei den Probenahmegeräten IOM und GSP<sup>3,4</sup> für alveolengängige Stäube bei speziell adaptierten Geräten vom Typ Zyklon der Fall. Messgeräte, welche in Übereinstimmung mit den bisherigen Vorgaben den Gesamtstaub bzw. Feinstaub gemäss Johannesburger Konvention (1959) erfassen, können bei Nachweis der Konformität mit der Norm EN 481 weiterhin eingesetzt werden. Werden Messgeräte eingesetzt, welche andere Staubkollektive als die in der EN 481 beschriebenen erfassen, ist das Ergebnis unter Verwendung eines von der Partikelgrößen-Verteilung abhängigen Umrechnungsfaktors zu korrigieren, und die

<sup>3</sup> Kenny LC: Developments in Workplace Aerosol Sampling – A review. Analyst, Sept. 1996. Vol. 121 (1233–1239)  
<sup>4</sup> Kenny LC and alt: A Collaborative European Study of Personal Inhalable Aerosol. Sampler Performance. Ann. Occup. Hyg., 1997. Vol. 41, No. 2. (135–153)



Grafische Darstellung der Beziehung zwischen aerodynamischem Partikeldurchmesser und Durchlassgrad eines Vorabscheiders nach EN 481 für einatembare und alveolengängige Stäube

Validität dieser Vorgehensweise ist zu belegen.

Quantitative Aussagen allein mit Hilfe von **Streulichtfotometern** sind in der Regel nicht möglich, da die Zusammensetzung der Stäube z. B. bezüglich Dichte, Partikelmorphologie und Partikelgrößenverteilung oft stark variiert. Dagegen eignen sich Streulichtfotometer beispielsweise für das Aufspüren von Emissionsquellen, das Ermitteln zeitlicher Konzentrationsverläufe oder die Kontrolle der Wirksamkeit von Staubminderungsmassnahmen.

### Sprachregelung

Deutsch	Français	English
einatembar	inhalable	inhalable
alveolengängig	alvéolaire	respirable

### 1.8.2 Inerte Stäube und Gase

Als inert werden solche Stäube bezeichnet, die nach heutigen Kenntnissen weder resorbiert werden, noch die Lunge zur vermehrten Bildung von Bindegewebe anregen (fibrogene Wirkung), und die keine spezifischen Krankheitserscheinungen hervorrufen.

Da solche Stäube die Funktion der Atmungsorgane durch mechanische Reizung beeinträchtigen können, gilt hier ein MAK-Wert von  $3 \text{ mg/m}^3$  für alveolengängigen Staub, gemessen nach EN 481, sowie von  $10 \text{ mg/m}^3$  für einatembaren Staub.

Die MAK-Werte für inerten alveolengängigen Staub ergeben sich aus einer Vielzahl von Untersuchungen.

Der MAK-Wert für Inertstaub versteht

sich immer unter der Voraussetzung, dass diese Stoffe keine Beimischungen an besonders gesundheitsschädlichen Substanzen, wie z. B. Asbest, Quarz usw., enthalten.

Als inerte Stäube gelten z. B.:

- Aluminiumoxid (Alundum und Korund)
- Calciumcarbonat (Kreide)
- Calciumsulfat (Gips)
- Magnesiumcarbonat (Magnesit)
- Siliciumcarbid (Carborundum), nicht-fibrös
- Stärke
- Titandioxid
- Zellulose
- Zinndioxid

Inerte Gase, die durch Sauerstoffverdrängung erstickend wirken, sind zum Beispiel: Argon, Helium, Neon, Stickstoff.

Die Konzentration von nicht inerten Stäuben in der Atemluft, für welche die Aufstellung eines MAK-Wertes aus Mangel an quantitativen Kenntnissen bisher nicht möglich war, darf auf keinen Fall höher sein als diejenige von inertem Staub.

**Der MAK-Wert von  $3 \text{ mg/m}^3$  für alveolengängigen Staub und  $10 \text{ mg/m}^3$  für einatembaren Staub gilt daher auch als allgemeiner Staubgrenzwert.**

### 1.8.3 Nanopartikel und ultrafeine Partikel

Neben der Grösse und der Geometrie der Partikel bestehen weitere Unterscheidungsmerkmale von Nanopartikeln, wie die chemische Zusammensetzung, die physikochemischen Eigenschaften der Oberfläche, die Fähigkeit, reaktive Sauerstoffspezies (ROS, Reactive Oxygen

Species) zu bilden, oder die Löslichkeit in biologischen Medien.

In Untersuchungen bei Arbeitnehmenden mit Expositionen gegenüber Nanopartikeln im Rahmen der Nanotechnologie sind bisher in westlichen Industrienationen keine spezifischen Berufskrankheiten beobachtet worden. Es bestehen jedoch Hinweise dafür, dass sich Erkrankungen durch Nanopartikel zu einem späteren

Zeitpunkt zeigen könnten, sofern der Einsatz nicht mit Umsicht erfolgt. Diese Hinweise stammen von experimentellen Untersuchungen, die Kenntnis einer Assoziation von partikulären Umweltbelastungen und Erkrankungen.

Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass Nanopartikel und ultrafeine Partikel nach Inhalation zu Entzündungsreaktionen im Bereich der Bronchien und der Alveolen führen können. Experimentelle Untersuchungen zeigen auch, dass die Bildung von reaktiven Sauerstoffspezies und die proinflammatorische Wirkung der Nanopartikel in der Lunge massgeblich von der chemischen Zusammensetzung respektive von den physikochemischen Eigenschaften der Oberfläche abhängen. Kohlenstoffnanoröhren können ebenfalls zu entzündlichen Reaktionen in der Lunge führen. Kohlenstoffnanoröhren haben zudem strukturelle Ähnlichkeiten mit faserförmigen Stäuben wie beispielsweise Asbest. Generell werden Fasern dann als gefährlich betrachtet, wenn sie sehr lang sind (insbesondere über 20 µm), einen Durchmesser von weniger als 3 µm aufweisen und im Gewebe, insbesondere im Lungengewebe, biopersistent sind. Studien geben Hinweise dafür, dass CNT, insbesondere starre, lange und dünne MW-CNT, krebserzeugend sein könnten.

Voraussetzungen für das Festlegen von Grenzwerten sind bekannte Dosis-Wirkungs-Beziehungen, möglichst auf der Basis epidemiologischer und experimenteller Untersuchungen. Aufgrund der bisherigen Datenlage liegen noch wenige klare Dosis-Wirkungs-Beziehungen für Nanopartikel vor. Zudem stellt sich die Frage, welche Messgrößen für den Grenzwert von Nanopartikeln heranzuziehen sind, wie das Massengewicht, die Partikelanzahl, die Partikeloberfläche,

**Nanoobjekte** sind bewusst hergestellte Strukturen, die 1, 2 oder 3 Aussenmasse im Nanomassstab (Grössenbereich von etwa 1 bis 100 nm) aufweisen. Wichtige Vertreter innerhalb der Nanoobjekte bilden **Nanopartikel** und **Nanofasern** (3 bzw. 2 Aussenmasse im Nanomassstab). Nanopartikel können durch Zerkleinerung grösserer Partikel oder durch Aufbau erzeugt werden. Nanofasern können auch eine röhrenartige Form haben wie die Kohlenstoffnanoröhren (Carbon Nanotubes); diese können eine oder mehrere Wände enthalten (SWCNT, Single Walled Carbon Nanotubes; MWCNT, Multi Walled Carbon Nanotubes). Für Nanofasern mit einem hohen Verhältnis zwischen Länge und Durchmesser wird auch der Ausdruck der High Aspect Ratio Nanoparticles (HARN) verwendet.

Als **ultrafeine Aerosolteilchen** (engl.: **ultrafine particles**) werden Teilchen bezeichnet, deren Mobilitäts-Äquivalentdurchmesser bei  $<0,1 \mu\text{m}$  ( $= <100 \text{ nm}$ ) liegt und die im Rahmen von thermischen Prozessen (wie Vulkanausbrüche, Waldbrände, Feuerung; Dieselmotor oder Schweißen) oder durch die Bearbeitung von Werkstoffen beiläufig entstehen.

Nanopartikel und ultrafeine Partikel zeigen eine Tendenz zum Zusammenballen, das heisst sie können Agglomerate oder Aggregate bilden.

physikochemische Eigenschaften der Oberfläche oder die Bildung von reaktiven Sauerstoffspezies.

International sind noch keine Grenzwerte publiziert worden. In den USA hat das National Institute of Occupational Safety and Health für granuläre Titandioxid-Nanopartikel einen Richtwert von  $0,3 \text{ mg/m}^3$  (a-Fraktion) vorgeschlagen. Bei Mischexpositionen von ultrafeinem und feinem Titanoxid kann derzeit aufgrund des Fehlens einer Messkonvention keine präzise Quantifizierung, sondern lediglich eine Abschätzung des ultrafeinen Anteils vorgenommen werden.

In Grossbritannien wird für Kohlenstoffnanoröhrchen und -fasern ein Richtwert von  $0,01 \text{ Fasern/ml}$  empfohlen. Derzeit sind für Kohlenstoff-Nanoröhrchen allerdings weder ein normiertes Messverfahren, noch angepasste Zählregeln (Vorgehen bei der Längenmessung, Behandlung von Knäueln etc.) verfügbar.

Aufgrund der aktuellen Datenlage kann folgender Richtwert formuliert werden:

**Kohlenstoffnanoröhrchen und -fasern (Länge über  $5 \mu\text{m}$ , Durchmesser weniger als  $3 \mu\text{m}$ , Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von über 3:1):  $0,01 \text{ Fasern/ml}$ . Dieser Wert entspricht dem Grenzwert für lungengängige Asbestfasern.**

#### **1.8.4 Sensibilisierende Stäube (Getreidemehlstaub)**

Getreidemehlstäube wie Weizen- oder Roggenmehlstaub wirken sensibilisierend und können eine irritative Wirkung auf die Atemwege haben. Die sensibilisierende Wirkung ist in der Praxis besonders wichtig, da das Asthma bei mehlstaubexpo-

nierten Arbeitnehmenden zu den häufigsten beruflich bedingten Asthmaformen zählt. Bei bereits eingetretener Sensibilisierung können sehr geringe Einwirkungen zu Beschwerden und Funktionsbeeinträchtigungen führen. Das Risiko des Eintretens einer Sensibilisierung ist einerseits von der Intensität der Einwirkung (Mehlstaubkonzentration), andererseits von persönlichen Faktoren (Atopie) abhängig. Die Dosiswirkungsbeziehungen zwischen Mehlstaubexposition und Auftreten einer Sensibilisierung respektive einer manifesten Atemwegsallergie sind bei Personen mit oder ohne Atopie unterschiedlich. Aufgrund der bisher bekannten Dosiswirkungsbeziehungen ist es nicht möglich, einen NOAEL (No Observable Adverse Effect Level) und damit einen gesundheitsbasierten Grenzwert festzulegen.

**Aus den bekannten Dosiswirkungsbeziehungen kann abgeleitet werden, dass für Getreidemehlstaub eine Konzentration im Bereich von  $<1 \text{ mg/m}^3$  (e-Staub), respektive – gemessen über einen Zeitraum von 15 Minuten – von  $2 \text{ mg/m}^3$ , anzustreben ist.**

Da kurzzeitige hohe Mehlstaubexpositionen für die Sensibilisierung eine wichtige Rolle spielen, sollen Spitzenexpositionen möglichst vermieden werden. Wenn dies mit technischen und organisatorischen Mitteln nicht erreicht werden kann, sind personenbezogene Schutzmassnahmen anzuwenden. Zusätzlich wird im Rahmen einer medizinischen Berufsberatung eine Eignungsuntersuchung für angehende Lehrlinge und Arbeitnehmende mit Einwirkungen gegenüber Getreidemehlstaub empfohlen.

### 1.8.5 Biologisch belastete Stäube und Aerosole / biologische Einwirkungen

Der Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor Gefährdung durch Mikroorganismen wird in der Verordnung des Bundesrates vom 25. 8. 1999 (SAMV) geregelt. Insbesondere bezüglich der Gruppen von Mikroorganismen sowie der Liste der eingeteilten Mikroorganismen und der biologischen Sicherheitssysteme gemäss Art. 3 und Art. 4 der SAMV wird auf diese Verordnung verwiesen. In Art. 5 wird der Arbeitgeber verpflichtet, bei jedem Umgang mit Mikroorganismen und bei jeder Exposition gegenüber Mikroorganismen die Gefahr zu ermitteln und das damit verbundene Risiko zu bewerten. Der Arbeitgeber hat zudem der zuständigen Behörde auf Verlangen die Kriterien mitzuteilen, die er zur Gefahrenermittlung und Risikobewertung verwendet.

Wissenschaftlich begründete Grenzwerte für luftgetragene biologische Arbeitsstoffe können gegenwärtig nicht festgelegt werden. Probleme sind unter anderem die unterschiedliche Pathogenität von Mikroorganismen, die häufig vorkommen, den Mischexpositionen gegenüber sehr unterschiedlichen Mikroorganismen, die im Gegensatz zu chemischen Arbeitsstoffen grössere Schwankungsbreite der Empfindlichkeit der Arbeitnehmenden, unter anderem wegen der individuellen Abwehrlage, sowie die noch nicht standardisierten Probenahmen- und Analysemethoden.

Gegenwärtig können demnach nur Richtwerte zur Beurteilung von Endotoxinmessungen und Keimzahlmessungen angegeben werden, die immer auch unter Berücksichtigung der aktuellen Arbeitsplatzbedingungen, der angewandten Mess- und Analysemethoden, der qualitati-

ven Beurteilung der Mikroorganismen sowie von Besonderheiten des Gesundheitszustandes der Arbeitnehmenden zu interpretieren sind. Zusätzlich ist auch die Hintergrundbelastung durch Mikroorganismen in der Umgebungsluft zu beachten, die natürlichen Schwankungen durch die Jahreszeit und Witterung unterworfen ist. Die Hintergrundbelastung beträgt üblicherweise zwischen  $10^2$  und  $10^3$  KBE/m<sup>3</sup> Luft (KBE = koloniebildende Einheiten).

Diese Orientierungswerte zielen darauf ab, Wirkungen von Mikroorganismen und deren Bestandteilen, die nicht deren Infektiosität zuzuschreiben sind, wie akute Atemwegsentzündungen, chronische Atemwegsentzündungen oder ein Inhalationsfieber («organic dust toxic syndrome») zu verhindern. Zu beachten ist, dass durch biologische Einwirkungen auch allergische Krankheitsbilder (wie allergisch bedingter Schnupfen, ein Asthma bronchiale oder Lungenbläschenallergien – sogenannte allergische Alveolitis) verursacht werden können.

**Als Orientierungswerte, unter den erwähnten Einschränkungen, können für die Gesamtkeimzahl aerober mesophiler Keime (AMK) als akzeptable Arbeitsbelastung Werte von  $10^4$  KBE/m<sup>3</sup>, für gramnegative Bakterien  $10^3$  KBE/m<sup>3</sup>, für Schimmelpilze  $10^3$  KBE/m<sup>3</sup> und für Endotoxine 1000 EU/m<sup>3</sup> (grosse Streubreite aufgrund unterschiedlicher Analyseverfahren) verwendet werden.**



## 1.9 Spezielle Themen

### 1.9.1 Beurteilung des Gesundheitsrisikos von Arbeitsstoffen ohne MAK-Wert

Voraussetzungen für die Aufstellung eines MAK-Wertes sind ausreichende toxikologische und/oder arbeitsmedizinische Erfahrungen beim Umgang mit dem Stoff. Für viele Substanzen, die gewerblich Verwendung finden, gibt es keine Klassifizierung mit einem MAK-Wert. Das heisst aber nicht, dass diese Substanzen ungefährlich sind.

In der Grenzwertliste werden nur Stoffe aufgeführt, von denen MAK-Werte bekannt sind. Krebserrigende, sensibilisierende oder hautpenetrierende Stoffe ohne MAK-Wert finden sich nicht in der Liste.

Der Umgang mit diesen Substanzen unterscheidet sich in keiner Weise von demjenigen mit einem bestehenden MAK-Wert. Auch beim Umgang mit diesen Substanzen ist eine Beurteilung des Gesundheitsrisikos vorzunehmen. Diese Beurteilung setzt die Kenntnis der betrieblichen Gegebenheiten voraus und umfasst mehrere Schritte<sup>5</sup>:

- Gefahrenanalyse
- Expositionsermittlung und -bewertung
- Festlegung der Massnahmen
- Erneute Beurteilung nach einer bestimmten Zeit oder beim Vorliegen neuer Daten.

Eine wichtige Informationsquelle für die Beurteilung des Gesundheitsrisikos ist das Sicherheitsdatenblatt. Darin sind u. a.

die wichtigsten bekannten Eigenschaften, Schutzmassnahmen sowie die Erste Hilfe-Massnahmen aufgeführt. Das Sicherheitsdatenblatt ist jedem Produkt beigelegt oder kann beim Inverkehrbringer bezogen werden.

Wenn für eine Substanz kein MAK-Wert vorliegt, so ist es u. U. schwierig, eine Expositionsbeurteilung vorzunehmen und daraus angemessene Massnahmen abzuleiten. In der Praxis haben sich für diese Problemstellung unter anderem die nachfolgend beschriebenen Vorgehensweisen bewährt. Diese Vorgehensweisen setzen jedoch fundierte arbeitsmedizinische, toxikologische und arbeitshygienische Kenntnisse voraus.

#### Festlegung eigener Richtwerte

Wenn ausreichende betriebseigene toxikologische Daten vorliegen und/oder die pharmakologische Wirkung genügend bekannt ist, so kann unter Umständen ein Wert ermittelt werden, bei dessen Einhaltung keine gesundheitlich beeinträchtigenden Einwirkungen zu erwarten sind (No observed adverse effect level, NOAEL). Bei Kenntnis des NOAEL und unter Berücksichtigung zusätzlicher Sicherheitsfaktoren können eigene Richtwerte für solche Stoffe festgelegt werden. Dieses Vorgehen kommt beispielsweise in der pharmazeutischen Industrie zur Anwendung, um Richtwerte für selbst hergestellte Substanzen abzuleiten. Die Massnahmen sind in diesem Fall so festzulegen, dass die Richtwerte eingehalten werden können. Gibt es für einen Stoff einen MAK-Wert, so geht dieser den selbst festgelegten Richtwerten vor.

#### Control Banding

Wenn es keine ausreichenden Informationen zur Bestimmung eigener Richtwerte gibt, so ist es unter Umständen trotzdem möglich, Substanzen anhand der

<sup>5</sup> Schriftenreihe ESICS, Heft 13 (1998), Arbeitshygiene.

vorhandenen Kenntnisse über deren physikalischen und chemischen Eigenschaften zu kategorisieren und darauf gestützt die Massnahmen abzuleiten. Als Vorgehen kann beispielsweise das «Control Banding» angewandt werden. Bei dieser Methode werden Gruppen bzw. «Bänder» definiert, in welche Substanzen mit ähnlichen Gesundheitsrisiken anhand ihrer Stoffeigenschaften eingeteilt werden. Zu jedem Band wird gleichzeitig ein Massnahmenpaket definiert, welches auf das Risikoniveau des jeweiligen Bandes abgestimmt ist.

Weitergehende Informationen zum Control Banding finden sich bei:

- Zalk D. M. et al.: Band the World Together; the global growth of Control Banding and qualitative occupational risk management. ICOH Newsletter 9 (2011); 3:4-7
- ILO ICCT (International Labour Organization: International Chemical Control Toolkit): [http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl\\_banding/toolkit/icct/index.htm](http://www.ilo.org/legacy/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/icct/index.htm)
- AIHA (American Industrial Hygiene Association): <http://www.aiha.org/insideaiha/volunteergroups/cbwg/Pages/default.aspx>
- HSE COSSH (Health and Safety Executive: Control of Substances Hazardous to Health): Essential Sector guidance sheets: <http://www.hse.gov.uk/pubns/guidance/>
- ECETOC TRA (European Centre for Exotoxicology and Toxicology of Chemicals: Targeted Risk Assessment): <http://www.ecetoc.org/tra>
- REACH EMKG-Expo tool (Einfaches Massnahmenkonzept Gefahrstoffe): <http://www.reach-clp-helpdesk.de/de/Themen/Expositionen/Expositionen.html>

## 1.9.2 Stoffgemische

In der Praxis ist man in der Regel nicht reinen Stoffen, sondern Stoffgemischen ausgesetzt. Die MAK-Werte gelten aber definitionsgemäss für Expositionen gegenüber reinen Stoffen. Sie sind für die Beurteilung von Stoffgemischen und von technischen Produkten, die Begleitstoffe oder Verunreinigungen höherer Toxizität enthalten, nur bedingt geeignet. Grund für diese Einschränkung ist der Umstand, dass die toxikologische Beurteilung von Gemischen, deren Komponenten sich in ihrer Wirkungsweise gegenseitig sowohl verstärken wie auch abschwächen können, aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse noch zuwenig gesichert ist. Trotzdem muss die Luftqualität an Arbeitsplätzen, an denen Schadstoffgemische auftreten, nach einheitlichen Kriterien beurteilt werden können.

Wenn keine Interaktionen auftreten, kann bei unterschiedlichem Zielorgan von einer unabhängigen Wirkung der Stoffe ausgegangen werden. Beim gleichen Zielorgan stellt sich eine **additive Wirkung** ein. Diese entspricht der toxischen Wirkung der Totalkonzentration der einzelnen Arbeitsstoffe bzw. der Summe der Einzelkonzentrationen der involvierten Substanzen. Die additive Wirkung kommt also nicht durch eine «Effect Addition», sondern durch eine «Dose Addition» zustande.

Bei Mehrfachexpositionen gegenüber Arbeitsstoffen treten aber oft Interaktionen auf. In diesem Fall werden die Konzentration toxischer Stoffe oder Metaboliten (Umwandlungsprodukte) am Zielorgan beeinflusst und die Parameter des biologischen Monitoring verändern sich. Generell können Interaktionen im Bereich der Absorption, Verteilung, Biotransformation (Aktivierung von Arbeitsstoffen zu aktiven Metaboliten oder Entgiftung zu

inaktiven Metaboliten) und der Ausscheidung auftreten. In diesem Fall spricht man von **toxikokinetischen Interaktionen**. Interaktionen können auch am Zielorgan im Bereich von Rezeptoren für Arbeitsstoffe auftreten. Dies sind **toxikodynamische Interaktionen**.

Hemmt ein Arbeitsstoff den Stoffwechsel eines anderen Arbeitsstoffes, so verlangsamt sich die Entgiftung der aktiven Substanz zu einem (in)aktiven Metaboliten. Auch eine gegenseitige Hemmung des Stoffwechsels ist bekannt. In dieser Situation kommt es bei gleichzeitiger Einwirkung dieser Stoffe zu erhöhten Konzentrationen der toxisch wirkenden Arbeitsstoffe im Blut mit einer **supra- oder hyperadditiven Gesamtwirkung**. Die Ausscheidung von inaktiven Metaboliten im Urin ist verzögert und weist einen kleineren Peak auf. Dies kann zu einer Fehlinterpretation führen, da eine zu geringe innere Belastung der Arbeitnehmenden mit diesen Stoffen angenommen wird.

Die Wirkung eines Arbeitsstoffes kann durch einen anderen Stoff auch abgeschwächt werden (**infraadditiver Effekt** oder **Antagonismus**), zum Beispiel durch eine Beschleunigung des Stoffwechsels.

Liegen Stoffgemische vor, die auf verschiedene Zielorgane einwirken bzw. deren Komponenten sich in ihrer Gesamtwirkung gegenseitig nicht verstärken, z. B. bei Fahrzeugabgasen, ist die folgende Berechnung anwendbar:

$$\frac{C_1}{MAK_1} \leq 1; \frac{C_2}{MAK_2} \leq 1; \dots; \frac{C_i}{MAK_i} \leq 1$$

Im Gegensatz zum Summenindex kann im vorliegenden Fall, analog wie beim reinen Stoff, nur von einer unzulässigen Belastung der Luft am Arbeitsplatz gespro-

chen werden, sofern der MAK-Wert einer oder gleichzeitig mehrerer Komponenten überschritten wird.

Bei einer Risikoanalyse müssen neben Mehrfacheinwirkungen am Arbeitsplatz auch ausserberufliche Faktoren wie Alkoholgenuß, Medikamente oder Rauchen beachtet werden, welche mit beruflichen Einwirkungen interagieren können. Zu beachten ist ausserdem die unterschiedliche Toxikokinetik bzw. Halbwertszeit der Metaboliten der involvierten Arbeitsstoffe.

Durch das biologische Monitoring kann die innere Belastung durch einen Arbeitsstoff oder eine Beanspruchung als Reaktion des Organismus auf den Arbeitsstoff beurteilt werden. Toxikokinetische Interaktionen können durch eine sinnvolle Strategie im biologischen Monitoring dokumentiert werden. Auch Interaktionen zwischen Arbeitsstoffen können bezüglich der potenziellen toxischen Wirkung mittels des biologischen Monitoring beurteilt werden.

Im Rahmen der Risikobeurteilung ist die Interaktion zwischen Lärm und ototoxischen Arbeitsstoffen einzubeziehen. Darauf wird im Kapitel 1.2.3 eingegangen, wo die Notifikation «O<sup>+</sup>» (lärmverstärkende Ototoxizität) eingeführt wird.

### 1.9.3 Neurotoxische Substanzen

Eine Reihe von Arbeitsstoffen können toxische Wirkungen auf das zentrale und periphere Nervensystem entfalten.

Für Arbeitsstoffe mit adversen Effekten auf das Zentralnervensystem ist eine Risikobeurteilung durch einen Spezialisten der Arbeitssicherheit wichtig. Im Rahmen der Risikobeurteilung sind insbesondere

Co-Expositionen mit neurotoxischen Stoffen, eine allfällige erhöhte Empfindlichkeit der Arbeitnehmenden im Rahmen von Nacht-/Schichtarbeit, eine zusätzliche adverse Wirkung durch die Einnahme von bestimmten Medikamenten sowie die Notwendigkeit einer strikten Alkoholabstinenz vor der Arbeitsschicht zu beachten.

### 1.9.4 Organische Peroxide

Bei den organischen Peroxiden ist die entzündliche und ätzende Wirkung auf die Haut und die Schleimhäute sehr verschieden stark ausgeprägt. Manche Peroxide führen noch in starker Verdünnung und kleinsten Mengen zu tiefgreifenden Hautnekrosen oder Kornealnekrosen mit Verlust des Auges. Die Einatmung der Dämpfe ruft unterschiedlich starke Reizerscheinungen an den Atemwegen hervor. Die Gefahr einer resorptiven Wirkung ist in der Praxis gering. Sensibilisierungen sind beobachtet worden.

### 1.9.5 Isocyanate

Isocyanate sind organische Esterverbindungen der Isocyansäure (HNCO). Monomere mit einer einzigen Isocyanat-Gruppe ( $-N=C=O$ ), z. B. Methylisocyanat ( $CH_3NCO$ ), dienen vor allem zur Synthese

In der betrieblichen Praxis wird bei Gemischen, die auf die gleichen Zielorgane einwirken und deren Komponenten sich in ihrer Wirkung unabhängig voneinander im Sinne der oben erwähnten Dose Addition verstärken, z. B. bei Lösemittelgemischen, die folgende Annahme als Beurteilungsgrundlage angewandt:

$$\frac{C_1}{MAK_1} + \frac{C_2}{MAK_2} + \frac{C_3}{MAK_3} + \dots + \frac{C_i}{MAK_i} \leq 1$$

Übersteigt dabei die Summe der MAK-Wert-Anteile der einzelnen Komponenten den Wert 1, muss deren Gesamtkonzentration durch geeignete Massnahmen so weit gesenkt werden, dass der Summenindex 1 mit Sicherheit unterschritten wird.

Organisches Peroxid	Konzentration	Wirkung auf die Haut
Di-tert. Butylperoxid		praktisch fehlend oder sehr schwach
Dibenzoylperoxid	50 %	
Dilauroylperoxid	50 %	mässig
Tert. Butylhydroperoxid		
Tert. Butylperacetat	50 %	
Cumolhydroperoxid		sehr stark
Methylethylketonperoxid	40 %	
Cyclohexanonperoxidgemische	50 %	
Dicyclohexylperoxid	50 %	
Diacetylperoxid	30 %	
Peressigsäure	40 %	

von Pestiziden und Pharmaka. Monomere mit zwei, drei oder mehr NCO-Gruppen, also Di-, Tri- oder Polyisocyanate, polymerisieren zusammen mit Polyolen leicht zu Polyurethanen, die zur Herstellung von Kunststoffteilen, Schaumstoffen, Lacken und Klebern verwendet werden.

Die NCO-Gruppen, die wegen ihrem ungesättigten Bindungs-Charakter den Isocyanaten eine hohe Reaktionsfähigkeit verleihen, können auch mit Molekülen von biologischen Strukturen, z. B. mit Hydroxyl- und Aminogruppen von Proteinen oder Lipoproteinen reagieren und dadurch toxische Effekte auslösen. Bei übermässig hohen Expositionen kommt es so zu Reizungen und Entzündungen an den Atemwegen, der Haut und den Augen; bei extrem hohen Luftkonzentrationen kann sich auch ein Lungenödem entwickeln. Isocyanat-Monomere mit zwei oder mehr NCO-Gruppen sowie Präpolymere (d. h. Oligomere mit reaktionsfähigen NCO-Gruppen) verursachen bei einem Teil der exponierten Personen ausserdem Asthma.

Da die biologische Wirkung der Isocyanate überwiegend durch die reaktionsfähigen NCO-Gruppen bedingt ist, ist es sinnvoll, den MAK-Wert der Isocyanate auf diese zu beziehen. Auf diese Weise kann die toxische Wirkung der Isocyanate auch während Polymerisierungsprozessen besser beurteilt werden als durch die Erfassung von einzelnen Isocyanatverbindungen, weil bei der Polymerisierung verschiedene Monomere und Präpolymere ein komplexes Gemisch mit wechselnder Zusammensetzung bilden. In solchen Gemischen können einzelne Komponenten unerkannt bleiben und ausserdem haben etliche Diisocyanate sowie alle Oligomere und Präpolymere keinen eigenen MAK-Wert. Die Einführung eines MAK-Wertes, der nicht für jeweils

ein individuelles Isocyanat gilt, sondern auf der Gesamtheit der NCO-Gruppen der Isocyanate basiert, erlaubt eine einfache Abschätzung der Toxizität von Isocyanat-Gemischen. In der Regel kann so auf eine qualitative und quantitative Analyse der Einzelkomponenten verzichtet werden. Der MAK-Wert, der auf den NCO-Gruppen basiert, eignet sich auch gut zur Abschätzung von Stoffgemischen, die bei der Pyrolyse von Polyurethanen in die Luft gelangen.

**Der Grenzwert für die Isocyanate gilt somit für die Gesamtheit ihrer reaktionsfähigen NCO-Gruppen aller Monomere und Präpolymere. Damit entfallen die individuellen Grenzwerte für einzelne Isocyanatverbindungen.**

### 1.9.6 Kühlschmierstoffe und Mineralöle

Kuschmierstoffe werden zur Kühlung und Schmierung bei verschiedenen metallverarbeitenden Prozessen eingesetzt. Sie sind komplexe Gemische aus unterschiedlichsten Komponenten, welche mit Wasser mischbar oder nichtmischbar sind. Grundsätzlich bestehen Kühlschmierstoffe aus einem Basisöl, Additiven und Sekundärstoffen. Der Basisstoff ist entweder ein Mineralöl, ein natürliches Esteröl oder ein synthetischer Stoff. Heutzutage werden in aller Regel Additive zum Basisstoff hinzugegeben, zum Beispiel Biozide, Emulgatoren, Korrosionsschutzmittel, Konservierungsmittel, Antischaumzusätze, Hochdruckzusätze, Antialterungsmittel etc. Während des Gebrauchs eines Kühlschmierstoffes können sich weitere Substanzen (Sekundärstoffe) ansammeln oder bilden, beispielsweise PAH (bei hohen Temperaturen), Metallpartikel, Rei-

nigungsmittel, Lacke, Farben oder Lösungsmittel. Desweiteren kann es zu einer mikrobiellen Besiedlung kommen mit Bildung von Endotoxinen und Nitrosaminen. Nitrosamine entstehen aus sekundären Aminen bei gleichzeitigem Vorliegen von nitrosierenden Substanzen (siehe Kapitel 1.3.3). Eine häufig vorkommende nitrosierende Substanz sind Nitrite, welche aus Nitraten durch bakterielle Reduktion gebildet werden.

Gesundheitlich relevant sind vor allem die Additive und Sekundärstoffe. PAH, einige Nitrosamine oder Metalle können krebs-erregend sein. Da diese in der Regel jedoch erst während des Gebrauchs eines Kühlschmierstoffs entstehen, werden Mineralöle und Kühlschmierstoffe nicht als krebserregend gekennzeichnet, sondern lediglich mit einem C2 versehen.

Die toxischen Stoffe reichern sich vor allem in den Aerosolen (Nebel) an, welche während des Einsatzes eines Kühlschmierstoffes entstehen. Daneben kann es wegen der Flüchtigkeit einzelner Komponenten auch zur Dampfbildung (Gasphase) kommen. In der Grenzwertliste findet sich sowohl ein Grenzwert für Aerosole als auch ein Grenzwert für die Summenkonzentration von Aerosolen und Dampf. Bei der Herleitung des Grenzwerts für Aerosole spielen gesundheitsbasierte Aspekte eine Rolle, der Grenzwert für die Summenkonzentration ist demgegenüber rein technisch-arbeits-hygienisch basiert. Falls Grenzwerte und Notationen von einzelnen Kühlschmierstoffkomponenten vorhanden sind, so sind diese zu beachten (siehe zum Beispiel gewisse Erdöldestillate).

## 1.9.7 Lösliche Metalle

Aufarbeitsverfahren (Konvention) zur analytischen Bestimmung «löslicher» Metallverbindungen:

Die in der Liste der MAK-Werte (Kap.1.11) als «löslich» bezeichneten Metalle bzw. deren Verbindungen werden zwecks besserer Vergleichbarkeit der Messresultate mit Vorteil gemäss folgender Konvention aufgearbeitet:

Verfahrensparameter	Bedingung
Extraktionsmittel	Salzsäure*, 0,1 mol/l
Extraktionszeit	2 Stunden
Extraktionstemperatur Siedetemperatur	
Verhältnis Probeluftvolumen zu Extraktionsvolumen	ca. 20 000 zu 1

\* Bei Gefahr der Bildung schwerlöslicher Metallchloride ist Salpetersäure einzusetzen

Eine detaillierte Begründung und Beschreibung dieses Aufarbeitsverfahrens findet sich in: J. U. Hahn, Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft, Springer VDI Verlag, 60 (2000) Nr. 6 Juni, S. 241–243.

# 1.10 Hinweise auf Messmethoden

Eine wichtige Methode zur Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte (MAK-Werte) ist die Messung der Konzentration der Stoffe am Arbeitsplatz. Die Messtechnik soll die Konzentration repräsentativ erfassen.

**Die Planung, Durchführung und Interpretation der Messungen ist Sache von Fachleuten.**

## 1.10.1 Adressen

In der Kolonne «Messmethoden» der MAK-Liste werden die Institutionen aufgeführt, die gängige Messmethoden publiziert haben. Die aktuellen Adressen sind dem Internet zu entnehmen.

### DGUV

**D**eutsche **G**esetzliche **U**nfallversicherung

- Analyseverfahren zur Festlegung der Konzentrationen von krebserzeugenden Arbeitsstoffen (DGUV Information, 213-500 ff, bisher BGI 505) (periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

### IFA

**I**nstitut für **A**rbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

- IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen

### DFG

**D**eutsche **F**orschungsgemeinschaft (Arbeitsgruppe «Analytische Chemie» der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe)

- Luftanalysen, analytische Methoden zur

Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

### HSE

**H**ealth and **S**afety **E**xecutive (Occupational Medicine and Hygiene Laboratory)

- **M**ethods for the **D**etermination of **H**azardous Substances **MDHS** (periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

### INRS

**I**nstitut **N**ational de **R**echerche et de **S**écurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

- Prélèvement et Analyse de Polluants Organiques Gazeux; Méthodes utilisées par l'INRS. (nur Übersichtsartikel)
- Cahiers de Notes Documentaires 114, 55–61 (1984)
- Base de données MÉTROPOL

### NIOSH

**N**ational **I**nstitute for **O**ccupational **S**afety and **H**ealth

- NIOSH Manual of Analytical Methods (periodisch ergänzte Loseblattsammlung)
- DHHS (NIOSH): Publikationen Nr. 84-100

### OSHA

**O**ccupational **S**afety and **H**ealth **A**dministration

- OSHA Analytical Methods Manual (periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

## 1.10.2 Einheiten

Die MAK-Werte werden ausgedrückt:

- bei Gasen und Dämpfen in Volumenteilen pro Million Teile Luft = ml/m<sup>3</sup> (englisch: ppm = parts per million) sowie in mg/m<sup>3</sup> Luft;
- bei Schwebstoffen in mg/m<sup>3</sup> Luft.

#### Umrechnungsformeln

$$\text{mg/m}^3 = \frac{\text{Molmasse}}{24,06} \times \text{ml/m}^3$$

$$\text{ml/m}^3 = \frac{24,06}{\text{Molmasse}} \times \text{mg/m}^3$$

24,06 l = Molvolumen bei 20 °C (293 K) und 760 Torr (1013,25 mbar, 101325 Pa).

Wird bei Feststoffen ein MAK-Wert in ml/m<sup>3</sup> angegeben, so gilt dieser für die gasförmige Phase; der Wert in mg/m<sup>3</sup> gilt dabei sowohl für die gasförmige als auch für die feste Phase (Staub).



## 1.11 Liste der MAK-Werte

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Acetaldehyd [75-07-0]	50	90	50	90	C2 SSc	Auge, OAW <sup>KT</sup>	NIOSH
Acetanhydrid s. Essigsäureanhydrid							
Aceton [67-64-1]	500	1200	1000	2400	B	ZNS, Auge <sup>KTHU</sup> & AW <sup>KTHU</sup>	NIOSH
Acetonitril [75-05-8]	20	34	40	68	H SSc	UAW, Leber <sup>KTAN</sup>	INRS, NIOSH
Acetylaceton [123-54-6]	20	83	40	166	H SSc	ZNS <sup>KTAN</sup>	
Acetylen [74-86-2]	1000	1080				Asphyxie	
Acetylentetrabromid s. 1,1,2,2-Tetrabromethan							
Acetylentetrachlorid s. 1,1,2,2-Tetrachlorethan							
Acetylsalicylsäure [50-78-2]		5 e				Haut & Auge, Blut <sup>KTHU</sup>	
Acrolein s. 2-Propenal							
Acrylaldehyd s. 2-Propenal							
Acrylamid [79-06-1]		0,03 e			H S C1 <sub>B</sub> M1 <sub>B</sub> R2 <sub>F</sub>	ZNS, OAW <sup>KTAN</sup>	OSHA
Acrylate (für Acrylate mit MAK-Werten s. bei den einzelnen Stoffen)					S		s. 1.2.2
Acrylnitril [107-13-1]	2	4,5			H S B C1 <sub>B</sub>	ZNS, UAW	BG, DFG, HSE, INRS, NIOSH, OSHA
Acrylsäure [79-10-7]	10	30	10	30	SSc	Haut & Auge, OAW <sup>KTAN</sup>	OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Acrylsäure-n-butylester s. n-Butylacrylat							
Acrylsäureethylester s. Ethylacrylat							
Acrylsäuremethylester s. Methylacrylat							
Aetznatron s. Natriumhydroxid							
Aktinolith s. Asbest							
Aldrin [309-00-2]		0,25 e			H C2	ZNS, Leber, Niere	NIOSH, OSHA
Alkalichromate s. Chrom(VI)-Verbindungen							
Allylalkohol s. 2-Propen-1-ol							
Allylchlorid s. 3-Chlorpropen							
Allylglycidether s. 1-Allyloxy-2,3-epoxypropan							
Allylglycidylether s. 1-Allyloxy-2,3-epoxypropan							
1-(2-Allyloxy)-2-(2,4-dichlorphenyl(ethyl)- -1H-imidazol [35554-44-0]		4 e		8 e	H SS <sub>c</sub>	Leber <sup>KT AN</sup>	
1-Allyloxy-2,3-epoxypropan [106-92-3]	5	22			H S C1 <sub>B</sub> M2 R2 <sub>F</sub>	OAW & Haut & Auge	NIOSH
Allylpropyldisulfid [2179-59-1]	2	12	2	12		Auge <sup>KT HU</sup> & OAW <sup>KT HU</sup>	OSHA
Aluminium, als Metall [7429-90-5], -oxid [1344-28-1], [1302-74-5] und -hydroxid [21645-51-2]		3 a			B	Formal <sup>KT</sup>	NIOSH s. 1.8.2

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Aluminiumoxid-Rauch [1344-28-1]		3 a		24 a		Metallrauch <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH s. 1.8.2
Aluminium, lösliche Salze und Alkylverbindungen		2 e					
Ameisensäure [64-18-6]	5	9,5	10	19	SSc	Auge & Haut, OAW <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	NIOSH, OSHA
Ameisensäureethylester s. Ethylformiat							
Ameisensäuremethylester s. Methylformiat							
Aminobutane s. n-Butylamin, iso-Butylamin, sec-Butylamin							
2-Aminobutanol [96-20-8]	1	3,7	2	7,4	H	Leber <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	OSHA
2-Amino-5-chlortoluol s. 4-Chlor-o-toluidin							
Aminocyclohexan s. Cyclohexylamin							
2-Aminoethanol [141-43-5]	2	5	4	10	S	Auge & Haut, Fatigue <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	NIOSH
2-Amino-4-nitrotoluol [99-55-8]	0,08	0,5			C2	Leber	
2-Aminopropan [75-31-0]	5	12	10	24	SSc	Auge, OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH
2-Aminopyridin [504-29-0]	0,5	2				ZNS, Nausea	NIOSH
5-Amino-o-toluidin s. 2,4-Toluylendiamin							
2-Amino-2-methyl-1-propanol (AMP)* [124-68-5]	2,4	8,7	4,8	17,4	H SSc	Leber <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
3-Amino-p-toluidin s. 2,4-Toluylendiamin							
3-Amino-1,2,4-triazol s. Amitrol							
Amitrol [61-82-5]		0,2 e			H C2 R2o SS <sub>c</sub>	Thyr, OAW <sup>KT</sup>	OSHA
Ammoniak [7664-41-7]	20	14	40	28	SS <sub>c</sub>	Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	NIOSH, OSHA
Ammoniumchlorid [12125-02-9]		3 a				Auge & OAW	s. 1.8.2
Ammoniumsulfamat (Ammate) [7773-06-0]		10 e					NIOSH, OSHA
Amosit s. Asbest							
Amylacetat s. Pentylacetat							
iso-Amylalkohol s. Pentanol (Isomeren)							
α-Amylase					S		s. 1.2.2
Anilin [62-53-3]	2	8	4	16	H B C2 M2 SS <sub>c</sub>	MetHb <sup>KTHU</sup>	NIOSH
o-Anisidin s. 2-Methoxyanilin							
Anon s. Cyclohexanon							
Antabus s. Disulfiram							
Anthophyllit s. Asbest							
Antimon [7440-36-0]		0,5 e				Haut & OAW	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Antimontrioxid (als Sb berechnet) [1309-64-4], [1327-33-9]		0,1 e			C1 <sub>B</sub>	Lungenfib	
Antimonwasserstoff [7803-52-3]	0,1	0,5	0,1	0,5		Blut, Niere, UAW	NIOSH, OSHA
ANTU [86-88-4]	0,3 e		0,6 e		H C2	Thyr, Nausea	NIOSH
Argon [7440-37-1]						Asphyxie	s. 1.8.2
Arprocarb s. Propoxur							
Arsenik s. Arsentrioxid							
Arsentrioxid [1327-53-3], Arsenpentoxid [1303-28-2], Arsensäure [7778-39-4] und ihre Salze (als As berechnet)		0,1 e			H* C1 <sub>A</sub> M2 B	Lungenkrebs	BG, HSE, NIOSH
Arsenwasserstoff [7784-42-1]	0,05	0,16					HSE, NIOSH
Asbest (Staub) [1332-21-4] Aktinolith, Amosit, Anthophyllit, Chrysotil, Krokydolith, Tremolit	0,01 Asbestfasern/ml Fasermasse: Länge >5 µm Durchmesser <3 µm Länge : Durchmesser >3 : 1				C1 <sub>A</sub>	Lungenkrebs <sup>KT HU</sup> & Meso <sup>KT HU</sup>	Asbestexponierte Zigarettenraucher tragen ein erhöhtes Bronchialkrebsrisiko. Bei nur kurz dauernder Exposition wird die kumulative Dosis (Faserjahre) unter Berücksichtigung der Asbestfasertypen zur Beurteilung herangezogen. VDI-3492, RTM2 AIA
Atrazin [1912-24-9]		2 e		4 e	SS <sub>c</sub>	Haut & Auge & AW, ZNS <sup>KT AN</sup>	OSHA
Auramin [492-80-8]		0,08			H C1 <sub>B</sub>		OSHA
Azinphos-methyl [86-50-0]			0,2 e		H	Cholin <sup>KT AN</sup>	OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Aziridin s. Ethylenimin							
Azoimid s. Stickstoffwasserstoffsäure							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Bariumverbindungen, löslich (als Ba [7440-39-3] berechnet)		0,5 e		4 e			NIOSH
Baumwolle roh		0,2 e 1,5 e		1,5e	SS <sub>c</sub> SS <sub>c</sub>	AW, Lunge	Vertikal-Elutriator EN481
Benomyl [17804-35-2]	0,8	10 e			S M1 <sub>B</sub> R1 <sub>BF</sub> R1 <sub>BD</sub>	OAW <sup>KTAN</sup>	OSHA
Benzin 30-75, aromatenfrei	500	2000				ZNS, OAW <sup>KT</sup> & Auge <sup>KT</sup>	OSHA Die MAK für n-Hexan muss eingehalten werden
Benzo(a)pyren [50-32-8]		0,002			H C1 <sub>B</sub> M1 <sub>B</sub> R1 <sub>BF</sub>		OSHA, NIOSH, BG, DFG s. 1.3.3.3
p-Benzochinon [106-51-4]	0,1	0,4	0,1	0,4	S	Haut, Auge <sup>KTHU</sup>	NIOSH
Benzol [71-43-2]	0,5	1,6			H B C1 <sub>A</sub> M1 <sub>B</sub>	Leukämie <sup>KTHU</sup>	BG, DFG, HSE, NIOSH
α- und β-Benzolhexachlorid s. 1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan							
Benzoylperoxid s. Dibenzoylperoxid							
Benzylchlorid s. α-Chlortoluol							
Beryllium [7440-41-7] und seine Verbindungen (als Be berechnet)		0,002 e			S C1 <sub>A</sub>	Beryll <sup>KT</sup>	BG, HSE, NIOSH
Biphenyl [92-52-4]	0,2	1,3				Lunge <sup>KTAN</sup>	NIOSH
Biphenylether s. Diphenylether							
Bis-2-chlorethylether s. 2,2'-Dichlordiethylether							
Bis(2-chlorethyl)methylamin s. N-Methyl-bis(2-chlorethyl)amin							



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>1</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Bis(chlormethyl)ether [542-88-1]	0,001	0,005			C1 <sub>A</sub>	Lungenkrebs	BG, DFG, NIOSH, OSHA
Bis(dimethylthiocarbamoyl)disulfid s. Thiram							
S-[1,2-Bis(ethoxycarbonyl)ethyl]- O,O-dimethyldithiophosphat s. Malathion							
2,2-Bis (4-hydroxyphenyl)propan s. Bisphenol A							
Bis-2-methoxypropylether s. Dipropylenglykolmethylether							
Bisphenol A [80-05-7]		5 e		5e	S SS <sub>C</sub>	OAW <sup>KTAN</sup> & KG <sup>KTAN</sup>	
Bitumen [8052-42-4] Dämpfe und Aerosole der Heissverarbeitung		10			H C <sub>2</sub>	OAW & Auge	BIA
Blausäure s. Cyanwasserstoff							
Blei [7439-92-1] und seine Verbindungen, ausser Alkylverbindungen (als Pb berechnet)		0,1 e		0,8 e	B C <sub>2</sub> R <sub>2F</sub> R <sub>1AD</sub> SS <sub>B</sub>	NS, Blut	HSE, NIOSH
Bleitetraethyl (als Pb berechnet) [78-00-2]		0,05		0,1	H B SS <sub>B</sub>	ZNS <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	HSE, NIOSH, OSHA
Bleitetramethyl (als Pb berechnet) [75-74-1]		0,05		0,1	H B SS <sub>B</sub>	ZNS <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	HSE, NIOSH, OSHA
Boroxid [1303-86-2]		10 e				Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH
Borsäure [10043-35-3]		10 e		10e	SS <sub>B</sub>	OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	
Bortribromid [10294-33-4]	1	10				OAW <sup>KT</sup>	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Bortrifluorid [7637-07-2]	1	3	1	3		UAW, Lunge <sup>KT</sup>	OSHA
Brom [7726-95-6]	0,1	0,7	0,1	0,7		AW <sup>KT<sup>HU</sup></sup> & Lunge <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	OSHA
Bromacil [314-40-9]	1	10 e				Thyr	
2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluoethan [151-67-7]	5	40	40	320	B R1 <sub>BD</sub> SS <sub>B</sub>	ZNS, Vasodil, Leber	DFG, OSHA
Bromethan [74-96-4]	5	22			H C2	Leber, ZNS	NIOSH
Brommethan [74-83-9]	1	3,9	2	7,8	M2	Haut, OAW <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	DFG, NIOSH
Bromoform [75-25-2]	0,5	5			H C2	OAW & Auge, Leber <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	INRS, NIOSH
Brompentafluorid [7789-30-2]	0,1	0,7				Auge <sup>KT</sup> & Haut <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup>	
Bromwasserstoff [10035-10-6]	2	6,7	2	6,7		Lunge, OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	OSHA, NIOSH
1,3-Butadien [106-99-0]	5	11			C1 <sub>B</sub> M1 <sub>B</sub>		NIOSH
Butan (beide Isomeren) n-Butan [106-97-8] iso-Butan [75-28-5]	800	1900	3200	7600		ZNS <sup>KT</sup> ZNS <sup>KT</sup>	
2,3-Butandion* s. Diacetyl							
n-Butanol [71-36-3]	50	150	50	150	SS <sub>C</sub>	Auge <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup>	INRS, NIOSH
iso-Butanol [78-83-1]	50	150	50	150	SS <sub>C</sub>	Auge <sup>KT<sup>AN</sup></sup> & OAW <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	INRS, NIOSH
sec-Butanol [78-92-2]	100	300	200	600		OAW, ZNS	INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
tert-Butanol [75-65-0]	20	60	80	240	SS <sub>c</sub>	ZNS, Niere <sup>KTAN</sup>	NIOSH
2-Butanon [78-93-3]	200	590	200	590	H B SS <sub>c</sub>	NS, OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	INRS, NIOSH, OSHA
2-Butanonperoxid [1338-23-4]	0,2	1,5				Auge & Haut, Leber, Niere	s. 1.9.4
1-Butanthiol [109-79-5]	0,5	1,9	1	3,8	SS <sub>c</sub>	OAW, Lunge <sup>KTAN</sup>	NIOSH
2-Butenal [123-73-9]; [4170-30-3]	0,34	1			H		NIOSH
2-Butin-1,4-diol [110-65-6]	0,1	0,36	0,1	0,36	H S SS <sub>c</sub>	OAW <sup>KTAN</sup>	
1-n-Butoxy-2,3-epoxypropan [2426-08-6]	25	135	50	270	H S M1 <sub>B</sub> R2 <sub>F</sub>	Repro <sup>MKTAN</sup>	NIOSH
2-Butoxyethanol [111-76-2]	10	49	20	98	H B SS <sub>c</sub>	Auge, OAW <sup>KTAN</sup>	HSE, INRS, NIOSH beachte besonders 1.9.2
2-Butoxyethylacetat [112-07-2]	10	66	20	132	H B SS <sub>c</sub>	Blut, OAW <sup>KTAN</sup>	HSE, INRS, OSHA beachte besonders 1.9.2
1-Butylacetat [123-86-4]	100	480	200	960	SS <sub>c</sub>	Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	INRS, NIOSH
2-Butylacetat [105-46-4]	100	480	200	960		Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	INRS, NIOSH
iso-Butylacetat [110-19-0]	100	480	200	960	SS <sub>c</sub>	Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	INRS, NIOSH
tert-Butylacetat [540-88-5]	50	240	100	480	SS <sub>c</sub>	Auge, OAW, ZNS <sup>KTAN</sup>	INRS, NIOSH
n-Butylacrylat [141-32-2]	2	11	4	22	S SS <sub>c</sub>	Haut, Auge, OAW <sup>KTAN</sup>	INRS
Butylalkohol (alle Isomeren) s. Butanol							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
n-Butylamin [109-73-9]	2	6,1	4	12,2	H SSc	Kopfweg, Auge, OAW <sup>KTAN</sup>	NIOSH
iso-Butylamin [78-81-9]	2	6,1	4	12,2	H SSc	OAW <sup>KTAN</sup>	NIOSH
sec-Butylamin [13952-84-6]	2	6,1	4	12,2	H SSc	OAW <sup>KTAN</sup>	NIOSH
p-tert-Butylbenzoesäure [98-73-7]		2 e		4 e	H R1BF	ReproM <sup>KTAN</sup>	
Butyldiglykol [112-34-5]	10	67	15	101	SSc	Blut, Leber, Niere	beachte besonders 1.9.2
Butyldiglykolacetat [124-17-4]	10	85	15	128	SSc		beachte besonders 1.9.2
Butylglycidether s. 1-n-Butoxy-2,3-epoxypropan							
n-Butylglycidylether s. 1-n-Butoxy-2,3-epoxypropan							
Butylglykol s. 2-Butoxyethanol							
Butylglykolacetat s. 2-Butoxyethylacetat							
tert-Butylhydroperoxid [75-91-2]							s. 1.9.4
tert-Butyl-4-hydroxyanisol (BHA) [25013-16-5]		25 e		25 e	C2 SSc	Leber <sup>KTAN</sup>	
Butylhydroxytoluol (BHT) [128-37-0]		10 e		40 e	C1e** SSc	Leber	# Kein erhöhtes Krebsrisiko bei Einhalten des MAK-Werts (s. 1.3.2.3)
Butyllactat [138-22-7]	5	30				Kopfweg, OAW	
Butylmercaptan s. Butanthiol							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
tert-Butylperacetat [107-71-1]							s. 1.9.4
o-sec-Butylphenol [89-72-5]	5	30			H	OAW & Auge & Haut	OSHA
p-tert-Butylphenol [98-54-4]	0,08	0,5	0,16	1,0	S B	Vitiligo*	
p-tert-Butyltoluol [98-51-1]	10	60	10	60		Nausea, Auge <sup>KT<sup>HU</sup></sup> & OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH
n-Butylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5]) Mono-n-butylzinnverbindungen Di-n-butylzinnverbindungen Tri-n-butylzinnverbindungen Tetra-n-butylzinn	0,004	0,02 e	0,004	0,02 e	H SS <sub>c</sub> H SS <sub>b</sub> H H SS <sub>c</sub>	Immun <sup>KT</sup> , AW <sup>KT</sup>	NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Cadmium [7440-43-9] und seine Verbindungen		0,015 e 0,004 a*			H B C1 <sub>E</sub> #* M2 R2 <sub>F</sub> R2 <sub>D</sub>	Niere <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	HSE, NIOSH, IFA # Kein erhöhtes Krebsrisiko bei Einhalten des MAK-Werts (s. 1.3.2.3)
Caesiumhydroxid [21351-79-1]		2 e				Auge <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup> & Haut <sup>KT</sup>	OSHA
Calciumcarbimid s. Calciumcyanamid							
Calciumcarbonat [471-34-1]		3 a					NIOSH s. 1.8.2
Calciumchromat s. Chrom (VI)-Verbindungen							
Calciumcyanamid [156-62-7]		0,5 a		1,0 a	H SSc	Auge & OAW, Alkohol <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	starke Giftwirkung zusammen mit Ethanol
Calciumhydroxid [1305-62-0]		5 e			SSc	Auge <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup> & Haut <sup>KT</sup>	NIOSH
Calciumoxid [1305-78-8]		2 e		2e	SSc	OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH
Calciumsilikat [1344-95-2]		3 a				OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH s. 1.8.2
Calciumsulfat [10101-41-4]; [7778-18-9]; [10034-76-1]; [13397-24-5]		3 a			SSc	Formal <sup>KT</sup>	s. 1.8.2
Campher s. Kampfer							
ε-Caprolactam [105-60-2]		5 e			SSc	Haut <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	DFG, OSHA
Captafol [2425-06-1]		0,1 e			H	Haut <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	
Captan [133-06-2]		5 e			C2	Haut <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Carbaryl [63-25-2]		5 e			H C2 R2 <sub>b</sub>	Cholin	NIOSH, OSHA
Carbendazim [10605-21-7]		10 e		40 e	SS <sub>B</sub>	Leber <sup>KTAN</sup>	
Carbofuran [1563-66-2]		0,1				Cholin <sup>KTAN</sup>	
Carbonylchlorid [75-44-5]	0,1	0,41	0,2	0,82	SS <sub>C</sub>	Lunge, OAW	NIOSH
Carbonylfluorid [353-50-4]	2	5				UAW, Knochen	
Catechol [120-80-9]	5	23				Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup> & Haut <sup>KTHU</sup>	
Chinon s. p-Benzochinon							
Chlor [7782-50-5]	0,5	1,5	0,5	1,5		Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	DFG, NIOSH, OSHA
Chloracetaldehyd [107-20-0]	1	3	1	3	C2	OAW <sup>KTHU</sup> & Auge <sup>KTHU</sup>	NIOSH
α-Chloracetophenon [532-27-4]	0,05	0,3				Auge <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup> & Haut <sup>KT</sup>	NIOSH
Chloracetylchlorid [79-04-9]	0,05	0,24				OAW <sup>KTAN</sup>	
γ-Chlorallylchlorid s. 1,3-Dichlorpropen							
Chlorameisensäurebutylester [543-27-1], [592-34-7]	0,2	1,1	0,4	2,2	SS <sub>C</sub>	AW, Piloarr <sup>KTAN</sup>	
Chlorameisensäuremethylester [79-22-1]	0,2	0,78	0,4	1,56	SS <sub>C</sub>	AW <sup>KTAN</sup>	
5-Chlor-2-aminotoluol s. 4-Chlor-o-toluidin							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
p-Chloranilin [106-47-8]	0,04	0,2 e			H C1 <sub>B</sub>		
Chlorbenzol [108-90-7]	10	46	20	92	B SSc	Niere, Leber <sup>KTAN</sup>	HSE, NIOSH
2-Chlorbenzylidenmalonnitril [2698-41-1]	0,05	0,4			H	OAW	NIOSH
Chlorbrommethan [74-97-5]	200	1050	400	2100		Leber, ZNS <sup>KTAN</sup>	NIOSH
2-Chlor-1,3-butadien [126-99-8]	5	18			H C1 <sub>B</sub>	OAW, Auge	NIOSH
Chlorcyan [506-77-4]	0,3	0,8				Lunge, Auge & Haut & OAW	
Chlordan [57-74-9]		0,5 e			H C2	Leber <sup>KTHU</sup>	NIOSH
1-Chlor-1,1-difluoethan (R 142b) [75-68-3]	1000	4170				Formal <sup>KT</sup>	
Chlordifluormethan s. Monochlordifluormethan							
Chlordioxid [10049-04-4]	0,1	0,3	0,1	0,3		OAW <sup>KT</sup>	
1-Chlor-2,3-epoxypropan [106-89-8]	2	8			H S C1 <sub>B</sub> R2 <sub>F</sub>	OAW, ReproM	BG, DFG, NIOSH
Chloressigsäuremethylester [96-34-4]	1	5	1	5	H S SSc	Haut <sup>KTAN</sup> & Auge <sup>KTAN</sup> & AW <sup>KTAN</sup>	INRS
Chlorethan [75-00-3]	9	25			H C2	Leber	NIOSH
2-Chlorethanol [107-07-3]	1	3	1	3	H SSc	ZNS, Leber, Niere	NIOSH
Chlorfluormethan [593-70-4]	0,5	1,4			C2		



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Chlorierte Biphenyle [53469-21-9]; [11097-69-1]	0,05	0,5	0,4	4	H C2 R1 <sup>EF</sup> R1 <sup>BD</sup> SS <sup>B</sup>	Auge & OAW, Leber, Chlorakne	DFG, NIOSH
Chloriertes Camphen (Chlorgehalt 60 %) [8001-35-2]		0,5 e			H C1 <sup>B</sup>	ZNS, Leber	NIOSH
Chloriertes Diphenyloxid [31242-93-0]		0,5 e			H		NIOSH
Chlormethan [74-87-3]	50	105	100	210	C2 R2 <sup>F</sup> R2 <sup>b</sup> SS <sup>B</sup>		NIOSH
Chlormethyl s. Chlormethan							
5-Chlor-2-methyl-2,3-dihydro- isothiazol-3-on [26172-55-4] und 2-Methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on [2682-20-4] Gemisch im Verhältnis 3:1		0,2 e		0,4 e	S SS <sup>c</sup>	Haut, Auge, OAW <sup>KTAN</sup>	
1-Chlor-4-nitrobenzol [100-00-5]	0,075				H C2 M2	MetHb <sup>KTAN</sup>	NIOSH
1-Chlor-1-nitropropan [600-25-9]	2	10				Auge, Lunge	NIOSH
Chloroform s. Trichlormethan							
2-Chloropren s. 2-Chlor-1,3-butadien							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Chlorpentafluorethan [76-15-3]	1000	6400				Formal <sup>KT</sup>	
Chlorpikrin s. Trichlornitromethan							
3-Chlor-1,2-propandiol [96-24-2]	0,005	0,023	0,04	0,18	H C2 R2 <sub>F</sub>	ReproM <sup>KTAN</sup>	
3-Chlorpropen [107-05-1]	1	3	2	6	H C2 M2	Leber, Niere	INRS, NIOSH
3-Chlor-1-propen s. 3-Chlorpropen							
Chlorpyrifos [2921-88-2]		0,2 e			H	Cholin	OSHA
2-Chlorstyrol [2039-87-4]	50	285				NS	
4-Chlor-o-toluidin [95-69-2]	2	12			H C1 <sub>A</sub> M2		
α-Chlortoluol [100-44-7]		0,2			H C1 <sub>B</sub> M2 R2 <sub>D</sub>	Auge & Haut & OAW	DFG, INRS, NIOSH
2-Chlortoluol [95-49-8]	50	250			H	Auge & Haut & OAW	INRS
o-Chlortoluol s. 2-Chlortoluol							
2-Chlor-6-(trichlormethyl)-pyridin s. Nitrapyrin							
1-Chlor-2,2,2-trifluorethylidifluormethylether [26675-46-7]	10	77	80	616			
2-Chlor-1,1,2-trifluorethylidifluormethylether [13838-16-9]	10	77	80	616	SS <sub>C</sub>	Leber <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	OSHA
Chlortrifluorid [7790-91-2]	0,1	0,4	0,1	0,4		Lunge, Auge <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup>	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Chlortrifluormethan (R 13) [75-72-9]	1000	4330				Formal <sup>KT</sup>	
Chlorwasserstoff [7647-01-0]	2	3	4	6	SS <sub>c</sub>	OAW <sup>KTAN</sup>	DFG, NIOSH, OSHA
Chrom, Metall und Chrom(III)-Verbindungen (als Cr [7440-47-3] berechnet)		0,5 e			S	OAW & Haut	HSE, NIOSH
Chrom(VI)-Verbindungen (als Cr [7440-47-3] berechnet)		0,005 e			H <sup>a</sup> S <sup>b</sup> B C1 <sub>A</sub>	Lungenkrebs	DFG, NIOSH <sup>a</sup> kein H für Barium-, Blei-, Strontium- und Zinkchromat <sup>b</sup> kein S für Barium- und Bleichromat
Chrysotil s. Asbest							
Clopidol [2971-90-6]		10				OAW <sup>KT</sup>	
Cobalt [7440-48-4] und Cobaltverbindungen (als Cobalt berechnet) (in Form einatembare Stäube/Aerosole)		0,05 e			H S B C1 <sub>B</sub> M2 R1 <sub>BF</sub>	Lunge, Asthma, Herz	BG, HSE, NIOSH
Colophonium [8050-09-7]					S	Haut, Lunge	s. 1.2.2
Cristobalit s. Siliciumdioxid kristallines							
Crotonaldehyd s. 2-Butenal							
Crufomate [299-86-5]		5				Cholin <sup>KTAN</sup>	
Cumol s. iso-Propylbenzol							
Cumolhydroperoxid s. $\alpha,\alpha$ -Dimethylbenzylhydroperoxid							
Cyanacrylsaureethylester [7085-85-0]	2	9				OAW & Haut	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>L</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Cyanacrylsäuremethylester [137-05-3]	2	9				Auge, OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	
Cyanamid [420-04-2]	0,58	1	1,16	2	H S SS <sub>c</sub>	Haut & Auge, Blut <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	
Cyanide (als CN berechnet) siehe auch Kalium- und Natriumcyanid		2 e		2e	H O <sup>L</sup>		NIOSH
Cyanogen s. Oxalsäuredinitril							
Cyanwasserstoff [74-90-8]	1,9	2,1	3,8	4,2	H O <sup>L</sup> R2F SS <sub>c</sub>	Thyr, ZNS, ReprM&F	NIOSH, OSHA
Cyclohexan [110-82-7]	200	700	800	2800	B	ZNS	NIOSH
Cyclohexanol [108-93-0]	50	200	50	200	H	ZNS, Auge <sup>KT</sup> & Haut <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup>	INRS, NIOSH
Cyclohexanon [108-94-1]	25	100	50	200	H B SS <sub>c</sub>	Auge <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup>	INRS, NIOSH
Cyclohexanonperoxid s. 1-Hydroxy-1'-hydroperoxydicyclohexyl- peroxid							
Cyclohexen [110-83-8]	300	1015				OAW <sup>KT<sup>AN</sup></sup> & Auge <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	INRS, NIOSH
Cyclohexylamin [108-91-8]	2	8,2	4	16,4	H SS <sub>c</sub>	OAW & Haut Auge <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	NIOSH, OSHA
Cyclonit [121-82-4]		1,5 e			H	Leber	OSHA
1,3-Cyclopentadien [542-92-7]	75	200				OAW & Auge	NIOSH
Cyclopentan [287-92-3]	600	1720				OAW & Auge & Haut, ZNS	
Cyfluthrin [68359-37-5]		0,01 e		0,01e	SS <sub>c</sub>	OAW <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>1</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
2,4-D s. 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure							
Dalapon s. 2,2-Dichlorpropionsäure							
DDT (1,1,1-Trichlor-2,2-bis (4-chlorphenyl)-ethan) [50-29-3]		1 e			H C2	Leber, Niere <sup>KT AN</sup>	NIOSH
DDVP s. Dichlorvos							
Decaboran [17702-41-9]	0,05	0,25	0,1	0,5	H	ZNS <sup>KT</sup>	
Decahydronaphthalin* [91-17-8]	12	68	24	136		Niere <sup>KT AN</sup>	NIOSH, OSHA
Demeton [8065-48-3]	0,01	0,1			H	Cholin	NIOSH
Demetonmethyl [8022-00-2]	0,05	0,5			H	Cholin <sup>KT</sup>	
Diacetonalkohol s. 4-Hydroxy-4-methylpentan-2-on							
Diacetyl* [431-03-8]	0,02	0,07	0,04	0,14	C2	Lunge <sup>KT HU</sup>	NIOSH
Diacetylperoxid [110-22-5]							s. 1.9.4
4,4'-Diamino-3,3'-dichlordiphenylmethan s. 4,4'-Methylen-bis(2-chloranilin)							
4,4'-Diaminodiphenylmethan [101-77-9]		0,1			H S C1 <sub>B</sub> M2	Leber	OSHA
1,2-Diaminoethan [107-15-3]	10	25	20	50	S		NIOSH, OSHA
1,3-Diamino-4-methylbenzol s. 2,4-Toluyldiamin							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
2,4-Diaminotoluol s. 2,4-Toluylendiamin							
o-Dianisidin s. 3,3'-Dimethoxybenzidin							
Diatomeenerde s. Kieselsäure, amorphe							
Diazinon [333-41-5]		0,1 e		0,2 e	H SS <sub>c</sub>	Cholin <sup>KTAN</sup>	OSHA
Diazomethan [334-88-3]	0,2	0,35			C1 <sub>B</sub>	Auge, OAW <sup>KT</sup>	NIOSH
Dibenzoylperoxid [94-36-0]		5 e		5e		Haut, OAW <sup>KTHU</sup>	NIOSH s. 1.9.4
Diboran [19287-45-7]	0,1	0,1	0,1	0,1		OAW, Kopfweh	NIOSH
Dibrom s. Naled							
1,2-Dibromethan [106-93-4]	0,1	0,8			H C1 <sub>B</sub>		BG, HSE, INRS, NIOSH
2-N-Dibutylaminoethanol [102-81-8]	2	14			H	Auge & OAW	NIOSH
2,6-Di-tert-butyl-4-kresol [128-37-0]		10 e		40 e	SS <sub>c</sub>	KG, Leber	
N,N-Di-n-butylnitrosoamin s. N-Nitrosodi-n-butylamin							
Di-tert-butylperoxid [110-05-4]							s. 1.9.4
Dibutylphosphat [107-66-4]	1	8,5				Auge & OAW, Blase <sup>KTAN</sup>	NIOSH
Dibutylphthalat [84-74-2]	0,05	0,58	0,1	1,16	R1 <sub>B</sub> R1 <sub>BD</sub> SS <sub>c</sub>	Auge, OAW <sup>KTAN</sup>	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>1</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Dicarbonsäure (C4-C6)-dimethylester, Gemisch [95481-62-2] 16,5% Adipinsäuredimethylester, 16,9% Bernsteinsäuredimethylester, 66,6% Glutarsäuredimethylester (Reinheit >99,5%)	0,75	5	0,75	5	SSc	OAW <sup>KTAN</sup>	
Dichloracetylen [7572-29-4]	0,1	0,4			C1 <sub>B</sub>	Nausea, PNS	
3,3'-Dichlorbenzidin [91-94-1]	0,003	0,03			H C1 <sub>B</sub>	Auge	BG, NIOSH
1,2-Dichlorbenzol [95-50-1]	10	61	20	122	H SSc	Leber <sup>KTAN</sup>	DFG, HSE, INRS, NIOSH
1,3-Dichlorbenzol [541-73-1]	2	12	4	24	SSc	Thyr, Leber	
1,4-Dichlorbenzol [106-46-7]	20	122			H B C2	Auge, Niere	DFG, INRS, NIOSH
o-Dichlorbenzol s. 1,2-Dichlorbenzol							
p-Dichlorbenzol s. 1,4-Dichlorbenzol							
1,4-Dichlor-2-buten [764-41-0]	0,01	0,05			H C1 <sub>B</sub> M2	OAW & Auge	
2,2'-Dichlordiethylether [111-44-4]	5	30	5	30	H C2	Auge, Nausea, AW <sup>KT</sup>	NIOSH
Dichlordifluormethan (R 12) [75-71-8]	1000	5000			SSc	Arrh, ZNS <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	DFG, NIOSH
Dichlordimethylether s. Bis(chlormethyl)ether							
α,α-Dichlordimethylether s. Bis(chlormethyl)ether							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
1,3-Dichlor-5,5-dimethylhydantoin [118-52-5]		0,2 e				OAW	
1,1-Dichlorethan [75-34-3]	100	400	200	800	SS <sub>c</sub>	Niere <sup>KTAN</sup>	HSE, NIOSH
1,2-Dichlorethan [107-06-2]	5	20			H C1 <sub>B</sub>	Leber, Nausea	DFG, INRS, NIOSH
1,1-Dichlorethen [75-35-4]	2	8	4	16	C2 SS <sub>c</sub>	Leber, Niere	NIOSH, OSHA
1,2-Dichlorethen sym. [540-59-0] (cis-[156-59-2] und trans-[156-60-5])	200	790	400	1580		Auge, ZNS <sup>KTAN</sup>	HSE, INRS, NIOSH
Dichlorethin s. Dichloracetylen							
1,2-Dichlorethylen s. 1,2-Dichlorethen							
Dichlorfluormethan (R 21) [75-43-4]	10	40	20	80		Leber <sup>KTAN</sup>	DFG, NIOSH
Dichlormethan [75-09-2]	50	177	100*	353*	H* C1 <sub>B</sub> ** B	ZNS	DFG, HSE, NIOSH * Kein erhöhtes Krebsrisiko bei Einhalten des MAK-Werts (s. 1.3.2.3)
2,2'-Dichlor-4,4'-methylendianilin s. 4,4'-Methylen-bis(2-chloranilin)							
1,1-Dichlor-1-nitroethan [594-72-9]	2	12				OAW <sup>KTAN</sup>	NIOSH
2,4-Dichlorphenoxyessigsäure [94-75-7] (inkl. Salze und Ester)		4 e		8 e	H SS <sub>c</sub>	OAW & Haut, Niere <sup>KTAN</sup>	NIOSH (für Amin-Form & Ester)
1,2-Dichlorpropan [78-87-5]	75	350				OAW, KG	HSE, NIOSH
1,3-Dichlorpropen (cis und trans) [542-75-6]	0,11	0,5			H S C1 <sub>B</sub> M2	Niere	



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
2,2-Dichlorpropionsäure [75-99-0] und ihr Natriumsalz [127-20-8]	1	6	1	6		Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	
1,2-Dichlor-1,1,2,2-tetrafluorethan (R 114) [76-14-2]	1000	7000				Formal <sup>KT</sup>	DFG, NIOSH
$\alpha,\alpha$ -Dichlortoluol [98-87-3] s. auch $\alpha$ -Chlortoluole	0,015	0,1			H C2		BG, DFG
(2,2-Dichlorvinyl)-dimethylphosphat s. Dichlorvos							
Dichlorvos [62-73-7]	0,1	1	0,2	2	H SS <sub>c</sub>	Cholin <sup>KTHU</sup>	NIOSH
Dicrotophos [141-66-2]		0,25			H	Cholin	
Dicyan s. Oxalsäuredinitril							
Dicyclohexylperoxid [1758-61-8]							s. 1.9.4
Dicyclopentadien [77-73-6]	0,5	3	0,5	3		AW <sup>KTHU</sup> & Auge <sup>KTHU</sup>	OSHA
Dicyclopentadienyleisen [102-54-5]		10 e				Leber	
Di-tert-Dodecyl-Pentasulfid [31565-23-8]		300 e		600 e	SS <sub>c</sub>		
Di-tert-Dodecylpolysulfid [68583-56-2]; [68425-15-0]		300 e		600 e	SS <sub>c</sub>		
Dieldrin (HEOD) [60-57-1]		0,25 e			H C2 R2 <sub>F</sub>	ZNS, ReproF, Leber	NIOSH
Dieselmotor-Emissionen (gemessen als elementarer Kohlenstoff)		0,1 a			C1 <sub>B</sub>		BG

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Diethanolamin [111-42-2]		1 e		1e	H S SSc	Leber, Niere, OAW <sup>KTAN</sup>	Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitrosodiethanolamins führen (s. 1.3.3.2)
N,N-Diethanolnitrosamin s. N-Nitrosodiethanolamin							
Diethylamin [109-89-7]	5	15	10	30		OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH, OSHA Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitrosodiethylamins führen (s. 1.3.3.2)
2-Diethylaminoethanol [100-37-8]	10	50			H	ZNS, AW <sup>KTAN</sup>	NIOSH, OSHA
Diethylendioxid s. 1,4-Dioxan							
Diethylenglykol [111-46-6]	10	44	40	176	SSc		
Diethylenglykolmonobutylether s. Butyldiglykol							
Diethylenglykoldimethylether [111-96-6]	5	27	40	216	H R2 <sub>F</sub> R2 <sub>D</sub> SSB	ReproM & P <sup>KTAN</sup>	
Diethylentriamin [111-40-0]	1	4			H	OAW <sup>KT</sup> & Auge <sup>KT</sup>	NIOSH
Diethylether [60-29-7]	400	1200	400	1200		ZNS, Geruch, OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH
Di-(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) s. Di-sec-octylphthalat							
Diethylketon [96-22-0]	200	705				OAW, ZNS	INRS
O,O-Diethyl-O-(4-nitrophenyl)-thiophosphat s. Parathion							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
N,N-Diethylnitrosoamin s. N-Nitrosodiethylamin							
Diethylphthalat [84-66-2]		5 e				OAW <sup>KT</sup>	
Diethylsulfat [64-67-5]	0,03	0,2			H C1 <sub>B</sub> M1 <sub>B</sub>		BG, OSHA
Difluordibrommethan [75-61-6]	100	860	200	1720		OAW, ZNS, Leber	NIOSH
Difluormonochlormethan s. Monochlordifluormethan							
Diglycidylether [2238-07-5]	0,1	0,5	0,1	0,5	H C2 R2 <sub>F</sub>	Auge, Haut, ReproM	
1,2-Dihydroxybenzol s. Catechol							
1,3-Dihydroxybenzol s. Resorcin							
1,4-Dihydroxybenzol [123-31-9]		2 e		2e	H S C2 M2	Auge	NIOSH
Diisobutylketon s. 2,6-Dimethylheptan-4-on							
2,4-Diisocyanatoluol s. Isocyanate							
2,6-Diisocyanatoluol s. Isocyanate							
Di-(isooctyl)-phthalat s. Di-sec-octylphthalat							
Diisopropylamin [108-18-9]	5	20			H	OAW, Cornea <sup>Ö</sup>	NIOSH
Diisopropylether [108-20-3]	200	850	400	1700	SS <sub>c</sub>	Auge & OAW, Leber <sup>KTAN</sup> , Niere <sup>KTAN</sup>	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
N,N-Diisopropylnitrosamin s. N-Nitrosodi-i-propylamin							
Dilauroylperoxid [105-74-8]							s. 1.9.4
3,3'-Dimethoxybenzidin [119-90-4]	0,003	0,03			C1 <sub>B</sub>		OSHA
Dimethoxymethan [109-87-5]	1000	3100	2000	6200	SS <sub>c</sub>	Formal <sup>KT</sup>	INRS, NIOSH
N,N-Dimethylacetamid [127-19-5]	10	35	20	70	H B R1 <sub>BD</sub> SS <sub>c</sub>	Leber, AW	INRS, NIOSH
Dimethylamin [124-40-3]	2	4	4	8		GIT, OAW <sup>KTAN</sup>	NIOSH, OSHA Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitrosodi- methylamins führen (s. 1.3.3.2)
4,4'-Dimethylaminobenzo-phenonimid- Hydrochlorid s. Auramin							
N,N-Dimethylanilin [121-69-7]	5	25	10	50	H C2	MetHb <sup>KT</sup>	NIOSH
3,3'-Dimethylbenzidin [119-93-7]	0,003	0,03			C1 <sub>B</sub>		
α,α-Dimethylbenzylhydroperoxid [80-15-9]							OSHA s. 1.9.4
1,1'-Dimethyl-4,4'-bipyridinium s. Paraquatdichlorid							
1,3-Dimethylbutylacetat [108-84-9]	50	300	50	300		Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	INRS, NIOSH
N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylen- diamin (6-PPD) [793-24-8]		3 e		6 e	S SS <sub>c</sub>	Leber <sup>KTAN</sup>	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
3,3'-Dimethyl-4,4'-diamino-diphenylmethan [838-88-0]		0,05 e			H C1 <sub>B</sub>		
Dimethylether [115-10-6]	1000	1910				Formal <sup>KT</sup>	
N,N-Dimethylethylamin [598-56-1]	2	6,1	4	12,2		Cornea <sup>ÖKTHU</sup>	
Dimethylformamid (DMF) [68-12-2]	5	15	10	30	H B R1 <sub>BD</sub> SS <sub>B</sub>	Leber <sup>KTAN</sup>	DFG, INRS, NIOSH
2,6-Dimethylheptan-4-on [108-83-8]	25	150				OAW <sup>KTHU</sup> & Auge <sup>KTHU</sup>	INRS, NIOSH
1,1-Dimethylhydrazin [57-14-7]	0,5	1,2			H S C1 <sub>B</sub>	OAW	NIOSH
1,2-Dimethylhydrazin [540-73-8]	0,5	1,2			H S C1 <sub>B</sub>		
N,N-Dimethyliso-propylamin [996-35-0]	1	3,6	2	7,2		Cornea <sup>ÖKT</sup>	
N,N-Dimethylnitrosamin s. N-Nitrosodimethylamin							
Dimethylphthalat [131-11-3]		5 e				Auge & OAW	OSHA
Dimethylsulfat [77-78-1]	0,02	0,1			H C1 <sub>B</sub> M2	Auge & Haut	BG, NIOSH, OSHA
Dimethylsulfoxid (DMSO) [67-68-5]	50	160	100	320	H	OAW <sup>KTAN</sup>	
Dinitrobenzol (alle Isomeren) [528-29-0], [99-65-0], [100-25-4], [25154-54-5]	0,15	1	0,3	2	H	Auge, MethHb <sup>KT</sup>	NIOSH
4,6-Dinitro-o-kresol (DNOC) [534-52-1]		0,2 e		0,4 e	H	Grundumsatz	NIOSH
3,5-Dinitro-o-toluamid [148-01-6]		5 e				Leber	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
2,6-Dinitrotoluol [606-20-2]	0,007	0,05			C1 <sub>B</sub> M2 R2 <sub>F</sub>		BG
Di-sec-octylphthalat (DOP) [117-81-7]		5 e			H* C1 <sub>B</sub> ** R1 <sub>BE</sub> * SS <sub>C</sub>	ReproM <sup>KT AN*</sup>	DFG, HSE, NIOSH # Kein erhöhtes Krebsrisiko bei Einhalten des MAK-Werts (s. 1.3.2.3)
Dioxan s. 1,4-Dioxan							
1,4-Dioxan [123-91-1]	20	72	40	144	H C2 SS <sub>C</sub> B	Leber, Auge <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	DFG, INRS, NIOSH
Dioxathion [78-34-2]		0,2 e			H	Cholin	
1,3-Dioxolan (Dioxacyclopentan) [646-06-0]	20	62			H SS <sub>C</sub>	Blut, Immun <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	
Diphenyl s. Biphenyl							
Diphenylamin [122-39-4]		10 e			H SS <sub>C</sub>	Leber, Blut, Niere <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	NIOSH, OSHA
Diphenylbenzol s. Terphenyl							
Diphenylether (Dampf) [101-84-8]	1	7	1	7	R2 <sub>F</sub> R2 <sub>b</sub> SS <sub>C</sub>	Nausea, Auge <sup>KT<sup>AN</sup></sup> & OAW <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	NIOSH
Diphenylether/Biphenylmischung (Dampf)	1	7	1	7	R2 <sub>F</sub> R2 <sub>b</sub>		NIOSH
Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat s. Isocyanate					H B SS <sub>C</sub>		
Diphosphorpentaoxid [1314-56-3]		2 e		4 e	SS <sub>C</sub>	Lungenfib <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	
Diphosphorpentasulfid [1314-80-3]		1 e		1e		OAW	OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Dipropylenglykol [25265-71-8]		140 e		280 e	SS <sub>c</sub>	Niere, Leber <sup>KTAN</sup>	
Dipropylenglykolmethylether (Isomeregemisch) [34590-94-8]	50	300	50	300		Auge & AW, Nase <sup>KTHU</sup>	NIOSH
Dipropylketon [123-19-3]	50	235				OAW	INRS
N,N-Di-n-propylnitrosamin s. N-Nitrosodi-n-propylamin							
Diquat [2764-72-9]		0,5 e				Katarakt, UAW <sup>KTAN</sup>	
Dischwefeldecafluorid s. Schwefelpentafluorid							
Dischwefeldichlorid [10025-67-9]	1	6	1	6		Auge <sup>KTHU</sup> & Haut <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	
Distickstoffmonoxid [10024-97-2]	100	182	200	364	R2 <sub>f</sub> R2 <sub>b</sub>	ZNS, Blut, Leber <sup>KTHU</sup>	NIOSH
Disulfiram [97-77-8]		2 e			S	Alkohol <sup>KTHU</sup>	OSHA
Disulfoton [298-04-4]		0,1				Cholin	OSHA
Diuron [330-54-1]		10 e			C2 M2	Haut <sup>KT</sup> & Auge <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup>	
Divinylbenzol [1321-74-0]	10	50				OAW <sup>KTAN</sup>	INRS
DNOC s. 4,6-Dinitro-o-kresol							
DOP s. Di-sec-octylphthalat							
Dyfonate s. Fonofos							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Eisendimethyldithiocarbamat s. Ferbam							
Eisenoxide [1345-25-1], [1309-37-1]		3 a				Lungenfib, Lunge	NIOSH s. 1.8.2
Eisenpentacarbonyl (als Fe berechnet) [13463-40-6]	0,1	0,8	0,2	1,6	H	Lunge, ZNS	OSHA
Eisensalze (löslich) (als Fe berechnet)		1 e				OAW & Haut	OSHA
Endosulfan [115-29-7]		0,1 e			H	UAW, Leber, Niere	OSHA
Endrin [72-20-8]		0,05 e		0,4 e	H SSc	Leber, ZNS	NIOSH Stoff ist verboten
Enfluran s. 2-Chlor-1,1,2-trifluorethyldifluor- methylether							
Enzyme, proteolytische [1395-21-7]				0,00006	S	Asthma, Haut, AW	bezogen auf 100% reine kristall. Enzymaktivität
Epichlorhydrin s. 1-Chlor-2,3-epoxypropan							
EPN s. O-Ethyl-O-(4-nitrophenyl)- phenylthiophosphonat							
1,2-Epoxypropan [75-56-9]	2,5	6			C1B <sup>#</sup> B	Nasenkrebs	NIOSH # Kein erhöhtes Krebsrisiko bei Einhalten des MAK-Werts (s. 1.3.2.3)
Essigsäure [64-19-7]	10	25	20	50	SSc	Auge, OAW <sup>KTHU</sup> & Lunge <sup>KTHU</sup>	NIOSH, OSHA
Essigsäureamylester s. Pentylacetat							



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Essigsäureanhydrid [108-24-7]	5	20	5	20		Auge <sup>KTHU</sup> & AW <sup>KTHU</sup>	NIOSH
Essigsäurebutylester s. Butylacetat							
Essigsäureethylester s. Ethylacetat							
Essigsäure-sec-hexylester s. 1,3-Dimethylbutylacetat							
Essigsäureisopropenylester [108-22-5]	10	46	20	92		OAW <sup>KTAN</sup>	
Essigsäuremethylester s. Methylacetat							
Essigsäurepropylester (beide Isomeren) s. Propylacetat, iso-Propylacetat							
Essigsäurevinylester s. Vinylacetat							
Ethan [74-84-0]	10000	12500				Formal <sup>KT</sup>	
Ethanol [64-17-5]	500	960	1000	1920	SS <sub>c</sub>	OAW, Formal <sup>KTHU</sup>	INRS, NIOSH
Ethanolamin s. 2-Aminoethanol							
Ethanthiol [75-08-1]	0,5	1,3	1	2,6		OAW, ZNS	
Ethen [74-85-1]	10000	11500			M2	Asphyxie	NIOSH
Ether s. Diethylether							
Ethion [563-12-2]		0,4 e			H	Cholin	OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>L</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
2-Ethoxyethanol [110-80-5]	2	7,5	16	60	H B R1 <sub>BF</sub> R1 <sub>BD</sub> SS <sub>B</sub>	ReproM <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	HSE, NIOSH, OSHA beachte besonders 1.9.2
2-Ethoxyethylacetat [111-15-9]	2	11	16	88	H B R1 <sub>BF</sub> R1 <sub>BD</sub> SS <sub>B</sub>	ReproM <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	HSE, NIOSH, OSHA beachte besonders 1.9.2
1-Ethoxy-2-propanol [1569-02-4]	50	220	100	440	H SS <sub>C</sub>	Lunge, Niere, Leber	
1-Ethoxy-2-propylacetat [54839-24-6]	50	300	100	600	SS <sub>C</sub>	ZNS <sup>KT<sub>AN</sub></sup>	
Ethylacetat [141-78-6]	400	1400	800	2800	SS <sub>C</sub>	OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	INRS, NIOSH
Ethylacrylat [140-88-5]	5	20	10	40	S SS <sub>C</sub>	GIT, Haut & Auge, OAW <sup>KT<sub>AN</sub></sup>	INRS, NIOSH
Ethylalkohol s. Ethanol							
Ethylamin [75-04-7]	5	9	10	18		Haut, OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH, OSHA
Ethylbenzol [100-41-4]	50	220	50	220	H O <sup>L</sup> B	Niere, Leber <sup>KT<sub>AN</sub></sup>	NIOSH
Ethylbromid s. Bromethan							
Ethylbutylketon [106-35-4]	10	47	20	94		Auge, Haut, ZNS <sup>KT<sub>AN</sub></sup>	
Ethylchlorid s. Chlorethan							
Ethyl-2-cyanoacrylat s. Cyanacrylsäureethylester							
Ethylidiglykol [111-90-0]		50 e		100 e	SS <sub>C</sub>	OAW <sup>KT<sub>AN</sub></sup>	
Ethylen s. Ethen							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Ethylenbromid s. 1,2-Dibromethan							
Ethylenchlorhydrin s. 2-Chlorethanol							
Ethylenchlorid s. 1,2-Dichlorethan							
Ethylendiamin s. 1,2-Diaminoethan							
Ethylendibromid s. 1,2-Dibromethan							
Ethylenglykol [107-21-1]	10	26	20	52	H SSc	Auge, OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	
Ethylenglykoldinitrat [628-96-6]	0,05	0,3	0,05	0,3	H B	Vasodil, Kopfweh <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH, OSHA
Ethylenglykolmonobutylether s. 2-Butoxyethanol							
Ethylenglykolmonobutyletheracetat s. 2-Butoxyethylacetat							
Ethylenglykolmonoethylether s. 2-Ethoxyethanol							
Ethylenglykolmonoethyletheracetat s. 2-Ethoxyethylacetat							
Ethylenglykolmonoisopropylether s. iso-Propoxyethanol							
Ethylenglykolmonomethylether s. 2-Methoxyethanol							
Ethylenglykolmonomethyletheracetat s. 2-Methoxyethylacetat							
Ethylenimin [151-56-4]	0,5	0,9			H C1 <sub>B</sub> M1 <sub>B</sub>	OAW, Leber, Niere	BG, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Ethylenoxid [75-21-8]	1	2			H C <sub>1B</sub> M <sub>1B</sub>	ZNS	HSE, NIOSH, OSHA
Ethylether s. Diethylether							
Ethyl-3-ethoxypropionat [763-69-9]	100	610	100	610	H SSc	Auge <sup>KTAN</sup> & Speichel <sup>KTAN</sup>	
Ethylformiat [109-94-4]	100	310	100	310	H SSc	Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	INRS, NIOSH
Ethylglykol s. 2-Ethoxyethanol							
Ethylglykolacetat s. 2-Ethoxyethylacetat							
2-Ethylhexanol [104-76-7]	20	110	20	110	SSc	Auge <sup>KT</sup>	OSHA
2-Ethylhexylacetat [103-09-3]	10	71	10	71	SSc	Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	NIOSH, OSHA
2-Ethylhexylacrylat [103-11-7]	5	38	5	38	S SSc	OAW <sup>KTAN</sup>	
Ethylidenchlorid s. 1,1-Dichlorethan							
Ethylidennorbornan [16219-75-3]	5	25				OAW, Auge <sup>KTHU</sup>	
Ethylmercaptan s. Ethanthiol							
Ethylmethylketon s. 2-Butanon							
N-Ethylmorpholin [100-74-3]	5	25			H	OAW, Auge	NIOSH
N-Ethyl-N-nitroso-ethanamin s. N-Nitrosodiethylamin							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
O-Ethyl-O-(4-nitrophenyl)-phenylthio- phosphonat [2104-64-5]		0,5 e			H	Cholin	NIOSH
Ethylpyrrolidon [2687-91-4]	2	9,4	4	18,8	H SSc	Leber, Niere, OAW <sup>KTAN</sup>	DFG, HSE, INRS, NIOSH
Ethylsilicat s. Tetraethylsilicat							
Fenamiphos [22224-92-6]		0,1 e			H	Cholin	
Fensulfothion [115-90-2]		0,1 e				Cholin	OSHA
Fenthion [55-38-9]		0,1 e		0,2 e	H M2	Cholin <sup>KT</sup>	
Ferbam [14484-64-1]		10 e				ZNS, KG, Milz	OSHA
Ferrovandium [12604-58-9]		1 e				Auge <sup>KT</sup> & AW <sup>KT</sup>	OSHA
Fluor [7782-41-4]	0,1	0,15	0,2	0,3		Asthma, AW	
Fluoride [16984-48-8] (als F berechnet)		1 e		4 e	H B SSc	Knochen <sup>KT</sup>	HSE, NIOSH, OSHA
Fluorwasserstoff [7664-39-3]	1	0,83	2	1,66	B SSc	AW & Haut & Auge, Knochen <sup>KT</sup>	HSE, NIOSH, OSHA



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Germaniumtetrahydrid [7782-65-2]	0,2	0,6				Blut <sup>KTAN</sup>	OSHA
Getreidemehlstäube (Roggen, Weizen)					S		s. 1.2.2 & 1.8.4
Gips s. Calciumsulfat							
Glasfasern s. Mineralfasern (künstlich)							
Glaswolle s. Mineralfasern (künstlich)							
Glimmer [12001-26-2]		3 a				Lungenfib <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	
Glutaral s. Glutardialdehyd							
Glutaraldehyd s. Glutardialdehyd							
Glutardialdehyd [111-30-8]	0,05	0,21	0,1	0,42	S SS <sub>c</sub>	Kopfweh, Haut & Auge, OAW <sup>KTAN</sup>	
Glycerin [56-81-5]		50 e		100 e	SS <sub>c</sub>	OAW <sup>KTAN</sup>	
Glycerintrinitrat [55-63-0]	0,01	0,094	0,01	0,094	H B SS <sub>c</sub>	Vasodil <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH, OSHA
Glykoldinitrat s. Ethylenglykoldinitrat							
Graphit natürlich [7782-42-5]		2,5 a 5 e			SS <sub>c</sub>	Lungenfib	OSHA bei evtl. Gehalt an Quarz oder Asbest sind die entsprechenden MAK zu berücksichtigen

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Hafnium [7440-58-6]		0,5 e				OAW, Auge, Leber	NIOSH, OSHA
Halothan s. 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluoethan							
Helium [7440-59-7]						Asphyxie	s. 1.8.2
HEOD s. Dieldrin							
Heptachlor [76-44-8]		0,05 e		0,4 e	H C2	Leber <sup>KTAN</sup>	NIOSH
Heptan (alle Isomeren) n-Heptan [142-82-5]	400	1600	400	1600		ZNS, OAW <sup>KTAN</sup>	NIOSH
2-Heptanon s. Methyl-n-amylketon							
3-Heptanon s. Ethylbutylketon							
1,1,2,3,4,4-Hexachlor-1,3-butadien [87-68-3]	0,02	0,24			H C2	Niere <sup>KTAN</sup>	NIOSH
1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan (techn. Gemisch aus $\alpha$ -HCH [319-84-6] und $\beta$ -HCH [319-85-7])		0,2 e			H	Leber <sup>KTAN</sup>	
$\alpha$ -Hexachlorcyclohexan [319-84-6]		1 e			H	Leber <sup>KTAN</sup>	
$\beta$ -Hexachlorcyclohexan [319-85-7]		0,2 e			H	Leber <sup>KTAN</sup>	
$\gamma$ -1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan s. Lindan							
Hexachlorcyclopentadien [77-47-4]	0,01	0,1				OAW	NIOSH



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>1</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Hexachlorethan [67-72-1]	1	10	2	20	H	Leber, Niere <sup>KTAN</sup>	NIOSH
Hexachlornaphthalin [1335-87-1]		0,2 e			H	Leber, Chlorakne	NIOSH
Hexafluoracetone [684-16-2]	0,1	0,7			H R2 <sub>F</sub>	Niere	
Hexamethylenbis-(3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)-propionat) [35074-77-2]		10 e		20 e	SS <sub>c</sub>	KG <sup>KTAN</sup>	
Hexamethylen-diisocyanat s. Isocyanate							
n-Hexan [110-54-3]	50	180	400	1440	H B R2 <sub>F</sub> SS <sub>c</sub>	NS, Auge	NIOSH
Hexan (alle Isomeren ausser n-Hexan): 2-Methylpentan [107-83-5] 3-Methylpentan [96-14-0] 2,2-Dimethylbutan [75-83-2] 2,3-Dimethylbutan [79-29-8]	500	1800	1000	3600	B	ZNS, OAW, Auge	NIOSH
2-Hexanon [591-78-6]	5	21	40	168	H B R2 <sub>F</sub>	PNS <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	DFG, INRS, NIOSH
Hexon s. 4-Methylpentan-2-on							
sec-Hexylacetat s. 1,3-Dimethylbutylacetat							
Hexylenglykol [107-41-5]	10	49	20	98		Auge & OAW	
Holzstaub (ohne Buche, Eiche)		2 e			S C2	AW, Lunge <sup>KT</sup>	S gilt häufig für exotische, selten für einheimische Hölzer
Holzstaub (Buche, Eiche)		2 e			C1 <sub>A</sub>		
Hydrazin [302-01-2]	0,1	0,13			H S B C1 <sub>B</sub>	Lunge <sup>KT</sup>	BG, DFG, NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Hydrochinon s. 1,4-Dihydroxybenzol							
Hydrogeniertes Terphenyl (alle Isomeren) [61788-32-7]	0,5	5				Leber <sup>KTAN</sup>	
1-Hydroxy-1'-hydroperoxy- dicyclohexylperoxid [78-18-2]							s. 1.9.4
4-Hydroxy-4-methylpentan-2-on [123-42-2]	20	96	40	192	H	Auge, OAW <sup>KT</sup>	NIOSH
4-Hydroxy-3-(3-oxo-1-phenyl)-butylcumarin s. Warfarin							
2-Hydroxypropylacrylat [999-61-1]	0,5	2,7			H	Auge <sup>KTAN</sup> & OAW <sup>KTAN</sup>	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Imazalil s. 1-(2-Allyloxy)-2-(2,4-dichlorphenyl)ethyl- 1H-imidazol							
Inden [95-13-6]	10	45				Leber	OSHA
Indium und seine Verbindungen (als In berechnet) [7440-74-6]		0,1 e				Lunge, Zahn	NIOSH, OSHA
Iod [7553-56-2]	0,1	1	0,1	1	H	OAW & Auge	OSHA
Iodmethan [74-88-4]	0,3	2			H C2	Auge, ZNS	NIOSH
Iodoform [75-47-8]	0,6	10			S	ZNS	
3-Iod-2-propinylbutyl-carbamat [55406-53-6]	0,01	0,12	0,02	0,24	S SSc	Cholin <sup>KTAN</sup>	
Isoamylalkohol s. Pentanol							
Isocyanate (Monomere und Präpolymere) (als Gesamt-NCO gemessen)		0,02		0,02	S B	Auge & Haut & AW, Lunge	HSE s. 1.9.5
Isofluran s. 1-Chlor-2,2,2-trifluorethyldifluor- methylether							
Isophoron s. 3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexen-1-on							
Isophorondiisocyanat [4098-71-9] s. Isocyanate							
Isopren (2-Methyl-1,3-butadien) [78-79-5]	3	8,5	24	68	SSc		
Isopropanol s. 2-Propanol							



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>L</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Kaliumcyanid [151-50-8]		5 e		5 e	H O <sup>L</sup> R2 <sub>F</sub> SS <sub>C</sub>	Thyr, ZNS, ReprM&F	
Kaliumhydroxid [1310-58-3]		2 e				Haut, OAW <sup>KT</sup> & Auge <sup>KT</sup>	NIOSH
Kampfer [76-22-2]	2	13				Auge & OAW	NIOSH
Kaolin [1332-58-7]		3 a				Lungenfib <sup>KT</sup>	bei evtl. Gehalt an Quarz ist die entsprechende MAK zu berücksichtigen
Keten [463-51-4]	0,5	0,9	0,5	0,9		OAW, Lunge	NIOSH
Kieselsäuren, amorphe [7631-86-9]					SS <sub>C</sub>		
a) kolloidale amorphe Kieselsäure einschl. pyrogener Kieselsäure und im Nassverfahren hergestellte Kieselsäure (Fällungskieselsäure, Kieselgel) und ungebrannter Kieselgur [61790-53-2]		4 e				Lungenfib <sup>KTAN</sup>	
b) Kieselglas [60676-86-0] Kieselgut [7699-41-4] Kieselrauch, gebrannter Kieselgur [68855-54-9]		0,3 a				Lungenfib <sup>KTAN</sup>	
Kobalt s. Cobalt							
Kohlendioxid [124-38-9]	5000	9000				Asphyxie	NIOSH
Kohlendisulfid [75-15-0]	5	15	10	30	H B SS <sub>B</sub>	PNS <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	HSE, NIOSH
Kohlenmonoxid [630-08-0]	30	35	60	70	O <sup>L</sup> B SS <sub>B</sub>	COHb <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH
Kohlenoxid s. Kohlenmonoxid							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Korund s. Aluminiumoxid							
p-Kresidin [120-71-8]		0,5			C1 <sub>B</sub>		
Kresol (alle Isomeren) [1319-77-3]	5	22	5	22	H	OAW	INRS, NIOSH, OSHA
Krokydolith s. Asbest							
Kühlschmierstoffe (inkl. Additive)* Aerosol Aerosol + Dampf		1 e 10			S C2 (bei Gebrauch)		s. 1.9.6 und MAK für Mineralöle
Kupfer [7440-50-8] und seine anorganischen Verbindungen		0,1 e		0,2 e	SS <sub>c</sub>	Metallrauch, Lunge <sup>KT AN</sup>	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Lachgas s. Distickstoffmonoxid							
Lackbenzin s. White Spirit							
Latex					S		s. 1.2.2
Leichtbenzin 60–90, Aromatengehalt 0–10 Vol. %	500	2000					OSHA Die MAK für Benzol und n-Hexan müssen eingehalten werden
D-Limonen [5989-27-5]	7	40	14	80	S SS <sub>c</sub>	Leber <sup>KTAN</sup>	
Lindan [58-89-9]		0,1 e			H B C2 SS <sub>c</sub>	ZNS, Leber <sup>KTAN</sup>	NIOSH
Lithiumverbindungen, anorganische (als Li [7439-93-2]) mit Ausnahme von Lithium und stärker reizenden Lithiumverbindungen wie Li-amid, -hydrid, -hydroxid, -nitrid, -oxid, -tetrahydroaluminat, -tetrahydroborat		0,2 e		0,2 e	SS <sub>c</sub>	Haut & Auge & OAW	OSHA
Lithiumhydrid [7580-67-8]		0,025 e				Haut <sup>KTHU</sup> & Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Magnesit s. Magnesiumcarbonat							
Magnesiumcarbonat [546-93-0]		3 a					s. 1.8.2
Magnesiumoxid [1309-48-4]		3 a			SSc		NIOSH s. 1.8.2
Magnesiumoxid-Rauch [1309-48-4]		3 a					NIOSH
Malathion [121-75-5]		10 e			H	Cholin	NIOSH
Maleinsäureanhydrid [108-31-6]	0,1	0,4	0,1	0,4	S SSc	Lunge, Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	NIOSH, OSHA
Mangan und seine anorg. Verbindungen [7439-96-5] (als Mn berechnet)		0,5 e			B P SSc	ZNS <sup>KTHU</sup>	NIOSH
Mangancyclopentadienyltricarbonyl [12079-65-1] (als Mn berechnet)		0,1			H	Haut, ZNS	
Mangan-2-methylcyclopentadienyl- tricarbonyl (als Mn berechnet) [12108-13-3]	0,1	0,2			H		
Mangan-II, IV-oxid s. Mangan und seine anorg. Verbindungen							
Mangantetroxid s. Mangan und seine anorg. Verbindungen							
MDI s. Isocyanate							
Mesityloxid s. 4-Methylpent-3-en-2-on							
Metasystox s. Demetonmethyl							
Methacrylsäure [79-41-4]	5	18	10	36	SSc	Haut & Auge, OAW <sup>KTAN</sup>	



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Methacrylsäuremethylester s. Methylmethacrylat							
Methan [74-82-8]	10000	6700				Formal <sup>KT</sup>	
Methanol [67-56-1]	200	260	800	1040	H B SS <sub>C</sub>	ZNS, Sehen	INRS, NIOSH
Methanthiol [74-93-1]	0,5	1	1	2		Leber, ZNS <sup>KTAN</sup>	
Methomyl [16752-77-5]		2,5 e			H	Cholin <sup>KTAN</sup>	
2-Methoxyanilin [90-04-0]	0,1	0,5			H C 1 <sub>B</sub> M2	MetHb <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH
Methoxychlor (DMDT) [72-43-5]		10 e			H SS <sub>B</sub>	Leber, ZNS	NIOSH
Methoxyessigsäure [625-45-6]	1	3,7	8	29,6	H R 1 <sub>BF</sub> R 1 <sub>BD</sub> SS <sub>B</sub>	Blut <sup>KTAN</sup>	
2-Methoxyethanol [109-86-4]	1	3,2	8	25,6	H B R 1 <sub>BF</sub> R 1 <sub>BD</sub> SS <sub>B</sub>	Blut <sup>KTAN</sup>	HSE, INRS, NIOSH
2-Methoxyethylacetat [110-49-6]	1	4,9	8	39,2	H B R 1 <sub>BF</sub> R 1 <sub>BD</sub> SS <sub>B</sub>	Blut <sup>KTAN</sup>	HSE, INRS, NIOSH
1-Methoxypropanol-2 (PGME) [107-98-2]	100	360	200	720	B SS <sub>C</sub>	ZNS, Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	
2-Methoxypropanol-1 [1589-47-5]	5	19	40	152	H R 1 <sub>BF</sub> R 1 <sub>BD</sub> SS <sub>B</sub>	ReproM <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	
1-Methoxypropylacetat-2 [108-65-6]	50	275	50	275	SS <sub>C</sub>	OAW <sup>KTAN</sup>	
2-Methoxypropylacetat-1 [70657-70-4]	5	28	40	224	H R 1 <sub>BF</sub> R 1 <sub>BD</sub> SS <sub>B</sub>	ReproM <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	
Methylacetat [79-20-9]	100	310	400	1240	SS <sub>C</sub>	OAW <sup>KTAN</sup>	INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Methylacetylen [74-99-7]	1000	1650				ZNS, Formal <sup>KT</sup>	NIOSH, OSHA
Methylacetylen-Propadien-Mischung (MAPP)	1000	1800				ZNS, Formal <sup>KT</sup>	NIOSH, OSHA
Methylacrylat [96-33-3]	5	18	5	18	S	Auge & Haut, OAW <sup>KTAN</sup>	INRS, NIOSH
Methylacrylnitril [126-98-7]	1	3			H	ZNS, Auge & Haut	
Methylal s. Dimethoxymethan							
Methylalkohol s. Methanol							
Methylamin [74-89-5]	10	12	10	12		Auge <sup>KTHU</sup> & Haut <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	NIOSH, OSHA
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							
Methyl-n-amyketon [110-43-0]	50	235				Auge <sup>KT</sup> & Haut <sup>KT</sup>	INRS, NIOSH
N-Methylanilin [100-61-8]	0,5	2,2	1,0	4,4	H	ZNS, MetHb <sup>KTAN</sup>	DFG, NIOSH Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitrosomethyl- anilins führen (s. 1.3.3.2)
2-Methylaziridin s. Propylenimin							
Methylbromid s. Brommethan							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
3-Methylbutan-2-on s. Methylisopropylketon							
Methyl-tert-butylether [1634-04-4]	50	180	75	270	SS <sub>c</sub>	OAW, Niere <sup>KTAN</sup>	NIOSH
Methylbutylketon s. 2-Hexanon							
2-Methyl-4-chloranilin s. 4-Chlor-o-toluidin							
Methylchlorid s. Chlormethan							
Methylchloroform s. 1,1,1-Trichlorethan							
Methyl-2-cyano-acrylat s. Cyanacrylsäuremethylester							
Methylcyclohexan [108-87-2]	400	1600	800	3200		Niere <sup>KTAN</sup>	INRS, NIOSH
Methylcyclohexanol (alle Isomeren) [25639-42-3]	50	235	100	470		OAW <sup>KTAN</sup> & Auge <sup>KTAN</sup>	NIOSH
1-Methylcyclohexan-2-on [583-60-8]	50	230	100	460	H	ZNS, OAW <sup>KTAN</sup> & Auge <sup>KTAN</sup>	NIOSH
4,4'-Methylen-bis(2-chloranilin) (MBOCA) [101-14-4]		0,02			H C1 <sub>B</sub>	MetHb	NIOSH, OSHA
4,4'-Methylen-bis(N,N-dimethylanilin) [101-61-1]		0,1 e			C1 <sub>B</sub>		
4,4'-Methylen-bis(2-methylanilin) s.3,3'-Dimethyl-4,4'-diaminodiphenylmethan							
Methylenchlorid s. Dichlormethan							
4,4'-Methyldianilin s. 4,4'-Diaminodiphenylmethan							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
4,4'-Methylen-di-o-toluidin s. 3,3'-Dimethyl-4,4'-diamino- diphenylmethan							
Methylethylketon (MEK) s. 2-Butanon							
Methylethylketonperoxid s. 2-Butanonperoxid							
N,N-Methylethylnitrosamin s. N-Nitrosomethylethylamin							
Methylformiat [107-31-3]	50	125	200	500	H SS <sub>c</sub>	AW, Auge, ZNS <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH
Methylglykol s. 2-Methoxyethanol							
Methylglykolacetat s. 2-Methoxyethylacetat							
5-Methylheptan-3-on [541-85-5]	10	53	20	106		NS <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	
5-Methylhexan-2-on [110-12-3]	20	94	40	188		OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup> & Auge <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	
Methylhydrazin [60-34-4]	0,2	0,35			H		NIOSH
Methyliodid s. Iodmethan							
Methylisobutylcarbinol s. 4-Methylpentan-2-ol							
Methylisobutylketon (MIBK) s. 4-Methylpentan-2-on							
Methylisocyanat s. Isocyanate					R2 <sub>b</sub>		
Methylisopropylketon [563-80-4]	200	720					

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Methyljodid s. Iodmethan							
Methylmercaptan s. Methanthiol							
Methylmethacrylat [80-62-6]	50	210	100	420	S SS <sub>c</sub>	Lunge, Auge, OAW <sup>KTAN</sup>	INRS, NIOSH
N-Methyl-1-naphthylcarbammat s. Carbaryl							
2-Methyl-5-nitrobenzamin s. 2-Amino-4-nitrotoluol							
N-Methyl-N-nitrosoethamin s. N-Nitrosomethylethylamin							
N-Methyl-N-nitrosomethanamin s. N-Nitrosodimethylamin							
Methylparathion [298-00-0]		0,2 e			H	Cholin <sup>KT</sup>	OSHA
4-Methylpentan-2-ol [108-11-2]	20	85	20	85	H	ZNS, Auge, OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH
4-Methylpentan-2-on [108-10-1]	20	82	40	164	H B SS <sub>c</sub>	OAW, ZNS, Auge <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	DFG, INRS, NIOSH
2-Methyl-2-penten-4-on s. 4-Methylpent-3-en-2-on							
4-Methylpent-3-en-2-on [141-79-7]	5	20	10	40	H	ZNS, Auge, OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	INRS, NIOSH
Methylphenyldiamin s. 2,4-Toluyldiamin							
1-Methylpropylenglykol-2 s. 1-Methoxypropanol-2							
Methylpropylketon s. Pentan-2-on							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
N-Methyl-2-pyrrolidon [872-50-4]	20	80	40	160	H SSc		INRS
Methylquecksilber [22967-92-6]		0,01 e			H S		
Methylsilikat [681-84-5]	1	6				OAW, Cornea <sup>KTAN</sup>	
Methylstyrol (alle Isomeren) [25013-15-4]	50	240	100	480		OAW, Niere	INRS, NIOSH
α-Methylstyrol s. iso-Propenylbenzol							
N-Methyl-N,2,4,6-tetranitroanilin [479-45-8]		1,5 e			H S	OAW	NIOSH
Mevinphos [7786-34-7]	0,01	0,1	0,02	0,2	H	Cholin <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH
Methylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5])							NIOSH, OSHA
Monomethylzinnverbindungen		0,1 e		0,2 e	H		
Dimethylzinnverbindungen		0,1 e		0,2 e	H		
Trimethylzinnverbindungen	0,003	0,015 e	0,024	0,12 e	H	Niere <sup>KT AN</sup>	
Tetramethylzinnverbindungen	0,003	0,015 e	0,024	0,12 e	H	Niere <sup>KT AN</sup>	
Milchsäurebutylester s. Butyllactat							
Mineralfasern (künstlich) / Faserstäube – Hochtemperatur-Glasfasern, Glaswolle, Steinwolle – übrige Faserstäube	0,5 Fasern/ml				1)		BG, HSE, NIOSH
– Kaliumtitanatverbindungen	0,25 Fasern/ml Faser: Länge >5 µm Durchmesser <3 µm Länge : Durchmesser >3 : 1				C1 <sub>B</sub>		Recommended Techn. Method Nr. 1 der AIA (Asbestos Association) 1) s. 1.3.3.5
– Keramikfasern	0,25 Fasern/ml (Definition Fasern wie oben)				C1 <sub>B</sub>		

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Mineralöle (hochraffiniert, rein)*		5 e			C2 (bei Gebrauch)	Lunge <sup>KT AN</sup>	DFG, NIOSH s.1.9.6 und MAK für Kühlschmierstoffe
Mineralterpentinöl s. Testbenzin 140-190							
Mineralwolle s. Mineralfasern (künstlich)							
Molybdänverbindungen löslich (als Mo [7439-98-7] berechnet)		5 e				UAW <sup>KT AN</sup>	NIOSH
Molybdän und seine unlöslichen Verbindungen (als Mo [7439-98-7] berechnet)		10 e					NIOSH
Monochlordifluormethan (R 22) [75-45-6]	500	1800				Formal <sup>KT</sup>	Die Bewertung bezieht sich nur auf den reinen Stoff. Die übliche Verunreinigung mit Chlorfluor- methan ändert die Risikobeurtei- lung grundlegend (C1 <sub>6</sub> )
Monochlormonofluormethan s. Chlorfluormethan							
Monocrotophos [6923-22-4]		0,25			M2	Cholin	
Morpholin [110-91-8]	10	36	20	72	H	Auge, OAW <sup>KT AN</sup>	NIOSH Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitroso- morpholins führen (s. 1.3.3.2)
Motorenbenzin 35-200	300	1100					Die MAK für Benzol und n-Hexan müssen eingehalten werden

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Naled [300-76-5]		0,1 e			H S SS <sub>c</sub>	Cholin <sup>KTAN</sup>	OSHA
Naphtha (Erdöl) mit Wasserstoff behandelte, schwere [64742-48-9]	50	300	100	600		ZNS <sup>KTHU</sup>	Die MAK für Benzol muss eingehalten werden
Naphthalin [91-20-3]	10	50			H C2	Blut, OAW, Auge <sup>KTHU</sup>	NIOSH, OSHA
1,5-Naphthylendiisocyanat [3173-72-6] s. Isocyanate							
1-Naphthylthioharnstoff s. ANTU							
Natriumazid [26628-22-8]		0,2 e		0,4 e		OAW, Kopfweh	OSHA s. auch Stickstoff- wasserstoffsäure
Natriumbisulfit [7631-90-5]		5 e				Haut <sup>KT</sup> & Auge <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup>	OSHA
Natriumcyanid [143-33-9]		3,8 e		3,8 e	H O <sup>-</sup> R2 <sub>F</sub> SS <sub>c</sub>	Thyr, ZNS, ReproM&F	
Natriumdiethyldithiocarbamat [148-18-5]		2		4	S		
Natriumfluoracetat [62-74-8]		0,05 e		0,2 e	H R2 <sub>F</sub> R2 <sub>D</sub>	ZNS, Herz, ReproM <sup>KTAN</sup>	NIOSH, OSHA
Natriumhydroxid [1310-73-2]		2 e		2e	SS <sub>c</sub>	Haut, OAW <sup>KT</sup> & Auge <sup>KT</sup>	NIOSH, OSHA
Natriummetabisulfit [7681-57-4]		5 e				OAW <sup>KT</sup>	
Natriumpyrithion [3811-73-2], [15922-78-8]		1 e		2 e	H	PNS <sup>KTAN</sup>	
Natriumtetraborat (wasserfrei) [1330-43-4]		1 e				OAW <sup>KTHU</sup>	NIOSH



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Natriumtetraborat, Dekahydrat [1303-96-4]		5 e		5e	R1 <sub>BF</sub> R1 <sub>BD</sub>	OAW <sup>KTHU</sup>	NIOSH
Natriumtetraborat, Pentahydrat [12179-04-3]		1 e		1e	SS <sub>c</sub>	OAW <sup>KTHU</sup>	NIOSH
Neon [7440-01-9]							s. 1.8.2
Nickel [7440-02-0]		0,5 e			S B C <sub>2</sub>	Haut, Lungenfib	BG, HSE, NIOSH Nickellegierungen, aus denen Nickel bioverfügbar ist, sind zu bewerten wie Nickelmetall
Nickelsalze, löslich (als Ni [7440-02-0] berechnet)		0,05 e			S B C <sub>1A</sub>	Lunge, Nasenkrebs	NIOSH
Nickelverbindungen, unlöslich (Nickeloxid, -sulfid) (als Ni [7440-02-0] berechnet)		0,05 e			S B C <sub>1A</sub>	Lungenkrebs	
Nickelcarbonyl s. Nickeltetracarbonyl							
Nickeltetracarbonyl [13463-39-3]	0,05	0,35			H	Lunge	BG, NIOSH
Nikotin [54-11-5]	0,07	0,5	0,14	1	H	GIT, ZNS, Herz	DFG, NIOSH
Niobcarbide [12069-94-2]		5 e					
Nitrapyrin [1929-82-4]		10				Leber	
4-Nitro-2-aminotoluol s. 2-Amino-4-nitrotoluol							
4-Nitroanilin [100-01-6]	0,5	3			H	MetHb, Leber, Auge	NIOSH
Nitrobenzol [98-95-3]	1	5	2	10	H B C <sub>2</sub> R <sub>2F</sub>	MetHb	INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
4-(2-Nitrobutyl)-morpholin (70 Gew.-%) [2224-44-4] und 4,4'-(2-Ethyl-2-nitro-1,3-propandiyl) bis-morpholin (20 Gew.-%) [1854-23-5] (Gemisch)	0,5	0,6	1	1,2	S	Auge <sup>KTHU</sup>	
p-Nitrochlorbenzol s. 1-Chlor-4-nitrobenzol							
Nitroethan [79-24-3]	100	310	400	1240		OAW, ZNS, Leber	INRS, NIOSH
Nitroglycerin s. Glycerintrinitrat							
Nitroglykol s. Ethylenglykoldinitrat							
Nitromethan [75-52-5]	100	250			H	OAW, Lunge, Thyr	INRS, NIOSH
2-Nitronaphthalin [581-89-5]	0,035	0,25			C1 <sub>B</sub>		BG, DFG
1-Nitropropan [108-03-2]	25	90	100	360		OAW, Leber, Auge <sup>KTHU</sup>	INRS, OSHA
2-Nitropropan [79-46-9]	5	18			H C1 <sub>B</sub>	Leber <sup>KTAN</sup>	BG, INRS, NIOSH, OSHA
N-Nitrosodi-n-butylamin [924-16-3]		0,001			H C1 <sub>B</sub>		OSHA
N-Nitrosodiethanolamin [1116-54-7]		0,001			H C1 <sub>B</sub>		OSHA
N-Nitrosodiethylamin [55-18-5]		0,001			H C1 <sub>B</sub>		OSHA
N-Nitrosodimethylamin [62-75-9]		0,001			H C1 <sub>B</sub>	Leber	BG, NIOSH, OSHA
N-Nitrosodi-iso-propylamin [601-77-4]		0,001			H C1 <sub>B</sub>		OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
N-Nitrosodi-n-propylamin [621-64-7]		0,001			H C1 <sub>B</sub>		OSHA
N-Nitroso-bis(2-hydroxyethyl)amin s. N-Nitrosodiethanolamin							
2,2'-(Nitrosoimino)bis-ethanol s. N-Nitrosodiethanolamin							
N-Nitrosomethylethylamin [10595-95-6]		0,001			H C1 <sub>B</sub>		OSHA
N-Nitrosomorpholin [59-89-2]		0,001			H C1 <sub>B</sub>		OSHA
N-Nitrosopiperidin [100-75-4]		0,001			H C1 <sub>B</sub>		OSHA
N-Nitrosopyrrolidin [930-55-2]		0,001			H C1 <sub>B</sub>		OSHA
5-Nitro-o-toluidin s. 2-Amino-4-nitrotoluol							
Nitrotoluol (3- und 4-Isomer) [99-08-1] und [99-99-0]	2	11	4	22	H	MetHb <sup>K<sup>THU</sup></sup>	NIOSH
Nonan [111-84-2]	200	1050				ZNS <sup>K<sup>TAN</sup></sup>	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Octachlornaphthalin [2234-13-1]		0,1 e			H	Leber	NIOSH
Octan (alle Isomeren) (n-Octan [111-65-9])	300	1400	600	2800		OAW <sup>KTAN</sup>	NIOSH
iso-Octylalkohol [26952-21-6]	50	270			H	OAW <sup>KTAN</sup>	INRS
2-n-Octyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on [26530-20-1]		0,05 e		0,1 e	H S	OAW <sup>KTAN</sup>	
Octylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5] berechnet) Mono-n-Octylzinnverbindungen Di-n-Octylzinnverbindungen Tri-n-Octylzinnverbindungen Tetra-n-Octylzinnverbindungen	0,004	0,02 e	0,004	0,02e	H SS <sub>C</sub> H SS <sub>B</sub> H SS <sub>B</sub> H	Immun <sup>KTAN</sup>	NIOSH, OSHA
Osmiumtetroxid (als Os berechnet) [20816-12-0]	0,0002	0,002	0,0002	0,002		Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup> & Haut <sup>KTHU</sup>	
Oxalsäure [144-62-7]		1 e				Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup> & Haut <sup>KTHU</sup>	OSHA
Oxalsäuredinitril [460-19-5]	5	11	10	22	H	UAW <sup>KT</sup> & Auge <sup>KT</sup>	
Oxiran s. Ethylenoxid							
Ozon [10028-15-6]	0,1	0,2	0,1	0,2	C2	Lunge <sup>KTHU</sup>	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Paraffinrauch [8002-74-2]		2 a				OAW, Nausea	
Paraquatdichlorid [1910-42-5]		0,1 e		0,1e	H	Lunge <sup>KTAN</sup>	NIOSH
Parathion [56-38-2]		0,1 e			H B	Cholin <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH
Pentaboran [19624-22-7]	0,005	0,01	0,01	0,02		ZNS <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	
Pentachlorethan [76-01-7]	5	40	10	80	C2		NIOSH
Pentachlornaphthalin [1321-64-8]		0,5 e			H	Leber, Chlorakne	NIOSH
Pentachlorphenol [87-86-5]	0,005	0,05 e			H B C1 <sub>B</sub> M2 R1 <sub>BD</sub>		NIOSH, OSHA
Pentan (alle Isomeren) n-Pentan [109-66-0] iso-Pentan [78-78-4] tert-Pentan [463-82-1]	600	1800	1200	3600	SS <sub>c</sub>	PNS <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH
1,5-Pentandial s. Glutarialdehyd							
Pentanol (Isomeren) [30899-19-5]; [94624-12-1] 1-Pentanol [71-41-0] 2-Pentanol [6032-29-7] 3-Pentanol [584-02-1] 2-Methyl-1-butanol [137-32-6] 3-Methyl-1-butanol [123-51-3] 3-Methyl-2-butanol [598-75-4] 2-Methyl-2-butanol [75-85-4] 2,2-Dimethyl-1-propanol [75-84-3]	20	73	80	292	SS <sub>c</sub>	Auge <sup>KTAN</sup>	
Pentan-2-on [107-87-9]	200	700	400	1400		Auge, UAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Pentylacetat (alle Isomeren)	50	260	50	260		OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	INRS, NIOSH
Perchlorethylen s. Tetrachlorethen							
Perchlormethylmercaptan [594-42-3]	0,1	0,8				Auge <sup>KTAN</sup> & OAW <sup>KTAN</sup>	DFG
Perchlorylfluorid [7616-94-6]	3	13				AW, MethHb, Knochen	
Peressigsäure s. Peroxyessigsäure							
Perfluorooctansäure [335-67-1] und ihre anorganischen Salze		0,005 e		0,04 e	H B SS <sub>B</sub>	Leber <sup>KTAN</sup>	
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) [1763-23-1] und ihre Salze		0,01 e		0,08 e	H B SS <sub>B</sub>		
Peroxyessigsäure [79-21-0]							s. 1.9.4
PHC s. Propoxur							
Phenol [108-95-2]	5	19	5	19	H B M2	OAW, Lunge, ZNS	DFG, INRS, NIOSH, OSHA
Phenothiazin [92-84-2]		5 e			H	Cornea, Haut <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	Phototoxische Wirkung
2-Phenoxyethanol [122-99-6]	20	110	40	220	H SS <sub>C</sub>	Auge, OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	BIA
Phenylbenzol s. Biphenyl							
m-Phenylendiamin [108-45-2]		0,1 e			S C2	Leber, Niere	OSHA
o-Phenylendiamin [95-54-5]		0,1 e			S C2 M2	Blut <sup>KTAN</sup>	
p-Phenylendiamin [106-50-3]		0,1 e		0,2 e	H S SS <sub>C</sub>	OAW <sup>KT</sup> & Haut <sup>KT</sup>	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Phenylglycidether s. Phenylglycidylether							
Phenylglycidylether [122-60-1]	1	6			H S C1 <sub>B</sub> M2 R2 <sub>F</sub>		NIOSH
Phenylhydrazin [100-63-0]	5	22			H S C1 <sub>B</sub> M2	Blut, OAW & Haut	NIOSH
Phenylmercaptan [108-98-5]	0,5	2,3				ZNS, Auge & Haut	DFG
Phenylphosphin [638-21-1]	0,05	0,25			R2 <sub>F</sub>	Haut, Blut	
2-Phenylpropen [98-83-9]	50	250	100	500	B R2 <sub>F</sub>	Niere, OAW <sup>KT AN</sup>	
Phenylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5]) berechnet)	0,0004	0,002 e	0,0008	0,004 e	H SSc	Blut <sup>KT AN</sup>	NIOSH, OSHA
Phorate [298-02-2]		0,05 e			H	Cholin <sup>KT AN</sup>	OSHA
Phosdrin s. Mevinphos							
Phosgen s. Carbonylchlorid							
Phosphin s. Phosphorwasserstoff							
Phosphor weiss/gelb [7723-14-0; 12185-10-3]		0,02 e		0,02e	SSc	Lunge, Leber, GIT, KG <sup>KT AN</sup>	NIOSH
Phosphoroxidchlorid [10025-87-3]	0,1	0,6	0,1	0,6	SSc	AW <sup>KT</sup> & Auge <sup>KT</sup>	
Phosphorpentachlorid [10026-13-8]		1 e		1e	SSc	Auge, OAW <sup>KT AN</sup>	NIOSH
Phosphorpentasulfid s. Diphosphorpentasulfid							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Phosphorpentoxid s. Diphosphor-pentaoxid							
Phosphorsäure [7664-38-2]		1		2	SS <sub>c</sub>	OAW, Auge & Haut, Lunge <sup>KTAN</sup>	NIOSH, OSHA
Phosphortrichlorid [7719-12-2]	0,25	1,5	0,25	1,5	SS <sub>c</sub>	Auge & Haut, OAW <sup>KTAN</sup>	NIOSH
Phosphorwasserstoff [7803-51-2]	0,1	0,15	0,2	0,3	SS <sub>c</sub>	OAW, GIT, ZNS	NIOSH
Phosphorylchlorid s. Phosphoroxidchlorid							
m- und p-Phthalsäure [121-91-5 und 100-21-0]		5 e		10 e	SS <sub>c</sub>	UAW <sup>KTAN</sup>	
Phthalsäureanhydrid [85-44-9]		1 e		1e	S	OAW <sup>KT</sup> & Auge <sup>KT</sup> & Haut <sup>KT</sup>	NIOSH
1,3-Phthalsäuredinitril [626-17-5]		5 e				Auge <sup>KTAN</sup> & OAW <sup>KTAN</sup>	
Picloram [1918-02-1]		10 e				Leber, Niere	
Pikrinsäure s. 2,4,6-Trinitrophenol							
Pindone [83-26-1]		0,1 e				Prothr <sup>KTAN</sup>	NIOSH, OSHA
Piperazindihydrochlorid [142-64-3]		5 e				Asthma	
Platin (Metall) [7440-06-4]		1 e				OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	
Platinverbindungen (als Pt [7440-06-4] berechnet)		0,002			S	OAW, Asthma <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH S gilt nur für Komplexsalze
Polyacrylsäure (neutralisiert, vernetzt) [9003-01-4]		0,05 a		0,05a	SS <sub>c</sub>		



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Polychlorierte Biphenyle (PCB) s. Chlorierte Biphenyle							
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, PAH) s. Benzo(a)pyren							
Polyethylenglykole (PEG) (mittlere Molmasse 200–600) [25322-68-3]		1000			SS <sub>c</sub>		
Polyethylenoxid s. Polyethylenglykole (PEG)							
Polyvinylchlorid [9002-86-2]		3 a			SS <sub>c</sub>	UAW, Lungenfib, Lunge	
Portlandzement (Staub) [65997-15-1]		5 e			S	Lunge, Asthma	
Propan [74-98-6]	1000	1800	4000	7200		Formal <sup>KT</sup>	NIOSH
2-Propanol [67-63-0]	200	500	400	1000	B SS <sub>c</sub>	Auge & OAW, ZNS, Leber <sup>KTAN</sup>	INRS, NIOSH
n-Propanol [71-23-8]	200	500			H	Auge <sup>KTAN</sup> & OAW <sup>KTAN</sup>	INRS, NIOSH
Propargylalkohol [107-19-7]	2	4,7	4	9,4	H	Auge, Leber, Niere	INRS
Propen [115-07-1]	10000	17500				Asphyxie, OAW	
2-Propenal [107-02-8]	0,1	0,25	0,1	0,25		Auge & OAW, Lunge	NIOSH, OSHA
2-Propen-1-ol [107-18-6]	2	5	4	10	H	Auge, OAW	NIOSH
Propensäure-n-butylester s. n-Butylacrylat							
iso-Propenylbenzol s. 2-Phenylpropen							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Propin s. Methylacetylen							
β-Propiolacton [57-57-8]	0,5	1,5			H C1 <sub>B</sub>	OAW	
Propionsäure [79-09-4]	10	30	20	60	SSc	Haut, Auge <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup>	
Propoxur [114-26-1]		0,5 e				Cholin <sup>KTAN</sup>	OSHA
n-Propylacetat [109-60-4]	100	420	200	840		OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	NIOSH
iso-Propylacetat [108-21-4]	100	420	200	840	SSc	ZNS, Auge <sup>KT<sub>HU</sub></sup> & OAW <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	
iso-Propylalkohol s. 2-Propanol							
Propylallyldisulfid s. Allylpropyldisulfid							
iso-Propylamin s. 2-Aminopropan							
N-iso-Propylanilin [768-52-5]	2	11			H		
iso-Propylbenzol [98-82-8]	20	100	80	400	H C2 SSc	Auge & Haut & OAW, ZNS	INRS, NIOSH
Propylendichlorid s. 1,2-Dichloropropan							
Propylenglykoldinitrat [6423-43-4]	0,05	0,35	0,05	0,35	H	ZNS, Kopfweh <sup>KT<sub>HU</sub></sup>	
Propylenglykol-1-monomethylether s. 1-Methoxypropanol-2							
Propylenglykol-1-monomethyletheracetat s. 1-Methoxy-2-propylacetat							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Propylenimin [75-55-8]	2	5			H C1 <sub>B</sub>	OAW, Niere	OSHA
1,2-Propylenoxid s. 1,2-Epoxypropan							
iso-Propylether s. Diisopropylether							
iso-Propylglycidylether (IGE) [4016-14-2]	50	240	75	360	M2	OAW & Auge & Haut	INRS, NIOSH
n-Propylnitrat [627-13-4]	25	110	50	220		Nausea, Kopfweg	NIOSH
2-(Propyloxy)ethanol [2807-30-9]	20	85	40	170	H SSc	Blut, Auge <sup>KTAN</sup> & OAW <sup>KTAN</sup>	
2-(Propyloxy)ethylacetat [20706-25-6]	20	120	40	240	H SSc	Blut, Auge <sup>KTAN</sup> & OAW <sup>KTAN</sup>	
PVC s. Polyvinylchlorid							
Pyrethrum [8003-34-7]		5 e			S	Leber, UAW	NIOSH S gilt nicht für die insektiziden Stoffe
Pyridin [110-86-1]	5	15	10	30		Haut, Leber, Niere	DFG, NIOSH
3-Pyridyl-N-methylpyrrolidin s. Nikotin							
Pyrocatechol s. Catechol							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Quarz s. Siliciumdioxid, kristallines							
Quecksilber (Dampf u. Aerosol) [7439-97-6]	0,005	0,05	0,04	0,4	S B	ZNS, Niere	HSE, NIOSH, OSHA
Quecksilberverbindungen, organische (als Hg [7439-97-6] berechnet) (s. aber Methylquecksilber)		0,01 e			H S B	NS, Niere	NIOSH
Quecksilberverbindungen, anorganische (als Hg [7439-97-6] berechnet)		0,02 e		0,16 e	H S B	ZNS, Niere	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Resorcin [108-46-3]	10					Auge <sup>KT<sup>HU</sup></sup> & Haut <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	OSHA
Rhodium, Metall [7440-16-6]		0,1 e				OAW	NIOSH
Rhodium, Metall (Rauch) [7440-16-6]		0,1 a					NIOSH
Rhodiumsalze (löslich) (als Rh berechnet)		0,001 e				Asthma	OSHA
Ronnel [299-84-3]		10 e				Cholin <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH
Rotenon [83-79-4]		5 e			H	OAW & Auge, ZNS	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Salpetersäure [7697-37-2]	2	5	2	5		OAW & Auge, Zahn	NIOSH, OSHA
Salzsäure s. Chlorwasserstoff							
Sangajol s. White Spirit							
Schwefelchlorür s. Dischwefeldichlorid							
Schwefeldioxid [7446-09-5]	0,5	1,3	0,5	1,3	SSc	UAW <sup>KTHU</sup>	DFG, NIOSH, OSHA
Schwefelhexafluorid [2551-62-4]	1000	6000				Asphyxie, Formal <sup>KT</sup>	NIOSH
Schwefelkohlenstoff s. Kohlendisulfid							
Schwefelpentafluorid [5714-22-7]	0,01	0,1	0,01	0,1		Lunge, OAW <sup>KTAN</sup>	
Schwefelsäure [7664-93-9]		0,1 e		0,1e	SSc	Lunge <sup>KTHU</sup>	DFG, NIOSH, OSHA
Schwefeltetrafluorid [7783-60-0]	0,1	0,4				Auge & OAW, Lunge <sup>KTAN</sup>	
Schwefelwasserstoff [7783-06-4]	5	7,1	10	14,2	SSc	OAW, Geruch, NS	NIOSH, OSHA
Selen und seine anorganischen Verb. (als Se [7782-49-2] berechnet)		0,02 e		0,16 e	H B SSc	Auge & OAW, Diabetes <sup>KTHU</sup>	OSHA
Selenwasserstoff [7783-07-5]	0,006	0,02	0,048	0,16	SSc	Diabetes <sup>KTHU</sup>	OSHA
Sesone [136-78-7]		10				GIT	NIOSH
Siedegrenzenbenzin s. Benzin 30-75 u. White Spirit							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Silan s. Siliciumtetrahydrid							
Silber [7440-22-4]		0,1 e		0,8 e		Haut <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH, OSHA
Silbersalze (als Ag [7440-22-4] berechnet)		0,01 e		0,02 e		Haut <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH, OSHA
Silicium [7440-21-3]		3 a					NIOSH s. 1.8.2
Siliciumcarbid (non fibrous) [409-21-2]		3 a 10 e			SS <sub>c</sub>	Lunge	s. 1.8.2
Siliciumdioxid, kristallin (Quarz [14808-60-7], Cristobalit [14464-46-1] und Tridymit [15468-32-3])		0,15 a			P C1 <sub>A</sub> SS <sub>c</sub>	Lungenfib, Lungenkrebs	HSE, NIOSH, OSHA
Siliciumdioxid, nichtkristallin s. Kieselsäure, amorphe							
Siliciumtetrahydrid [7803-62-5]	0,5	0,7				OAW & Haut	
Stärke [9005-25-8]		3 a				Haut	s. 1.8.2
Steinkohlenteerpech [65996-93-2] s. auch Benzo(a)pyren		0,2 e			C1 <sub>B</sub>		NIOSH Cyclohexanlösliche Fraktion Hautkrebs nach langer und intensiver Exposition
Stickstoff [7727-37-9]							s. 1.8.2
Stickstoffdioxid [10102-44-0]	3	6	3	6		UAW	DFG, NIOSH
Stickstoffmonoxid [10102-43-9]	25	30				NitHb, OAW	DFG, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Stickstofftrifluorid [7783-54-2]	10	30				MetHb, Leber, Niere	
Stickstoffwasserstoffsäure [7782-79-8]	0,1	0,18	0,2	0,36		Auge & AW, Kopfweh, Fatigue	
Strontiumchromat s. Chrom(VI)Verbindungen							
Styrol [100-42-5]	20	85	40	170	O <sup>-</sup> B SS <sub>c</sub>	NS, Auge <sup>KT<sup>HU</sup></sup> & OAW <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	DFG, HSE, NIOSH, OSHA
Subtilisine (als kristalline aktive Enzyme) [1395-21-7]; ]9014-01-1]				0,00006	S	Asthma, Haut, AW	
Sulfotep [3689-24-5]	0,0075	0,1	0,015	0,2	H SS <sub>c</sub>	Cholin <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	DFG
Sulfurylfluorid [2699-79-8]	5	20				ZNS	NIOSH
Sulprofos [35400-43-2]		1 e				Cholin	
Systox s. Demeton							



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
2,4,5-T s. 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure							
Talk (asbestfaserfrei) [14807-96-6]		2 a			SSc	Lungenfib, Lunge	OSHA bei evtl.Gehalt an Quarz oder Asbest sind die entsprechenden MAK zu berücksichtigen
Tantal [7440-25-7]		5 e			SSc	Formal <sup>KT</sup>	NIOSH, OSHA
TCDD s. 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin							
TEDP s. Sulfotep							
Tellur und seine Verbindungen (als Te [13494-80-9] berechnet) ausser Tellurhexafluorid		0,1 e		0,2 e		Halitosis	NIOSH, OSHA
Tellurhexafluorid [7783-80-4]	0,02	0,2				UAW <sup>KT</sup>	NIOSH
Temephos [3383-96-8]		10 e				Cholin	
TEPP [107-49-3]	0,005	0,05	0,01	0,1	H	Cholin <sup>KT</sup>	NIOSH
Terpentinersatz s. White Spirit							
Terpentinöl [8006-64-2]	100	560	100	560	S	OAW & Haut, ZNS, Lunge	NIOSH Richtwert, da Zusammen- setzung und Toxizität uneinheitlich
Terphenyl (alle Isomeren) [26140-60-3]	0,5	5				OAW <sup>KT, HU</sup> & Auge <sup>KT, HU</sup>	NIOSH
Testbenzin 140-190, Aromatengehalt 10–30 Vol.%, s. White Spirit							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Tetraborate (als Bor [7440-42-8])		0,75 e		0,75 e	SS <sub>c</sub>	OAW <sup>KT</sup> <sub>HU</sub>	
1,1,2,2-Tetrabromethan [79-27-6]	1	14	2	28		Leber, Auge & OAW, Lunge	NIOSH
Tetrabromkohlenstoff [558-13-4]	0,1	1,4				Leber, Auge & OAW & Haut	
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (TCDD) [1746-01-6]	1x10 <sup>-8</sup> mg/m <sup>3</sup> e = 10 pg/m <sup>3</sup> e				H SS <sub>c</sub>	Formal <sup>KT</sup>	
1,1,1,2-Tetrachlor-2,2-difluoethan (R 112a) [76-11-9]	500	4200				Formal <sup>KT</sup>	NIOSH
1,1,2,2-Tetrachlor-1,2-difluoethan (R 112) [76-12-0]	200	1690	400	3380		Leber, Niere, Herz <sup>KT</sup> <sub>AN</sub>	NIOSH
1,1,2,2-Tetrachlorethan [79-34-5]	1	7	2	14	H C2 M2	Leber <sup>KT</sup>	HSE, INRS, NIOSH
Tetrachlorethen [127-18-4]	50	345	100	690	H B C2 R2 <sub>b</sub>	ZNS, Auge	HSE, NIOSH
Tetrachlorethylen s. Tetrachlorethen							
Tetrachlorkohlenstoff s. Tetrachlormethan							
Tetrachlormethan [56-23-5]	0,5	3,2	1,0	6,4	H C2 SS <sub>c</sub>	Blut, Leber	DFG, HSE, NIOSH
Tetrachlornaphthalin [1335-88-2]		2 e				Leber <sup>KT</sup>	NIOSH
Tetraethylblei s. Bleitetraethyl							
Tetraethylidiphosphat s. TEPP							
O,O,O,O-Tetraethylidithiodiphosphat (TEDP) s. Sulfotep							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>4</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Tetraethylsilikat [78-10-4]	10	85	10	85		Niere, Auge, OAW <sup>KTAN</sup>	NIOSH
Tetrafluorethan s. 1,1,1,2-Tetrafluorethan							
1,1,1,2-Tetrafluorethan [811-97-2]	1000	4200			SSc	Formal <sup>KT</sup>	
trans-1,3,3,3-Tetrafluorpropen [29118-24-9]	1000	4700	2000	9400	SSc	Formal <sup>KT</sup>	NIOSH, OSHA
Tetrahydrofuran (THF) [109-99-9]	50	150	100	300	H B SSc	ZNS, Niere, OAW <sup>KTAN</sup>	INRS, NIOSH
Tetrahydrothiophen (THT) [110-01-0]	50	180	50	180	SSc	Auge <sup>KTAN</sup>	
Tetrahydronaphthalin [119-64-2]	2	11	2	11	SSc	OAW <sup>KTAN</sup>	
Tetramethylblei s. Bleitetramethyl							
Tetramethyldiaminodiphenyl-acetimin- Hydrochlorid s. Auramin							
Tetramethylsuccinitril [3333-52-6]	0,5	3	1	6	H	ZNS, Nausea	NIOSH
Tetramethylthiuramdisulfid s. Thiram							
Tetranatriumpyrophosphat [7722-88-5]		5 e					
Tetranitromethan [509-14-8]	1	8			H C2	Auge & AW	NIOSH
Tetraphosphor s. Phosphor weiss/gelb							
Tetryl s. N-Methyl-2,4,6-N-tetranitroanilin							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Thalliumverbindungen, löslich (als TI [7440-28-0] berechnet)		0,1 e			H	GIT, PNS	NIOSH, OSHA
Thiabendazol [148-79-8]		10 e			SS <sub>c</sub>		
4,4'-Thiobis-(6-tert-butyl-m-kresol) [96-69-5]		10 e				OAW	
Thioglykolate [68-11-1]		2		4	H S SS <sub>c</sub>	Auge <sup>KT</sup> & Haut <sup>KT</sup>	
Thioglykolsäure [68-11-1]	1	4	2	8	H		OSHA
Thionylchlorid [7719-09-7]	1	5				OAW	
Thiram [137-26-8]		1 e		2 e	S SS <sub>c</sub>		NIOSH Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitrosodi- methylamins führen (s. 1.3.3.2)
Titancarbid [12070-08-5]		5 e					
Titandioxid [13463-67-7]		3 a			SS <sub>c</sub>	UAW	NIOSH s. 1.8.2
TNT s. Trinitrotoluol							
o-Tolidin s. 3,3'-Dimethylbenzidin							
m-Toluidin [108-44-1]	2	9			H	Auge, Blase, Niere, MetHb	
o-Toluidin [95-53-4]	0,1	0,5			H C1 <sub>B</sub>		NIOSH
p-Toluidin [106-49-0]	0,2				H S C2	MetHb	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Toluol [108-88-3]	50	190	200	760	H O <sup>l</sup> B R2 <sup>F</sup> R2 <sup>D</sup> SS <sub>c</sub>	Sehen, ZNS <sup>KTHU</sup>	DFG, HSE, INRS, NIOSH Die MAK für Benzol muss eingehalten werden
2,4-Toluylendiamin [95-80-7]	0,02	0,1			H S C1 <sub>B</sub>		
2,4-Toluylendiisocyanat s. Isocyanate							
2,6-Toluylendiisocyanat s. Isocyanate							
Tremolit s. Asbest							
1H-1,2,4-Triazol-3-amin s. Amitrol							
Tributylphosphat [126-73-8]	0,2	2,5	0,4	5	H B SS <sub>c</sub>	Nausea, Kopfweg, Auge & OAW	NIOSH
Trichlorbenzol (alle Isomeren) [12002-48-1]	5	38			H SS <sub>c</sub>		INRS, NIOSH
Trichloramin [10025-85-1]	0,06	0,3				Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup> & Haut <sup>KTHU</sup>	
1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(4-chlorphenyl)ethan s. DDT							
2,3,4-Trichlor-1-buten [2431-50-7]	0,005	0,035			H C1 <sub>B</sub>		
Trichloressigsäure [76-03-9]	1	7				Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	
1,1,1-Trichlorethan [71-55-6]	200	1080	200	1080	H B SS <sub>c</sub>	Leber, ZNS <sup>KTHU</sup>	DFG, HSE, NIOSH, OSHA
1,1,2-Trichlorethan [79-00-5]	10	55	20	110	H C2	Leber, ZNS	HSE, NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Trichlorethen [79-01-6]	20	110	50	273	H C1 <sub>B</sub> M2 B	Nierenkrebs (für KZGW: ZNS)	HSE, INRS, NIOSH
Trichlorethylen s. Trichlorethen							
Trichlorfluormethan (R 11) [75-69-4]	1000	5600			SS <sub>c</sub>	Arrh, Formal <sup>KT</sup>	DFG, NIOSH
Trichlormethan [67-66-3]	0,5	2,5	1	5	H C2 M2 R2 <sub>o</sub> SS <sub>c</sub>	Leber, Niere, OAW	DFG, HSE, NIOSH, OSHA
Trichlor-naphthalin [1321-65-9]		5 e			H	Chlorakne, Leber <sup>KT</sup>	NIOSH
Trichlornitromethan [76-06-2]	0,1	0,7	0,1	0,7		Lunge, Auge <sup>KTHU</sup>	
2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure [93-76-5]		5 e		10 e	H SS <sub>c</sub>	PNS, KG <sup>KTAN</sup>	NIOSH
α,α,α-Trichlortoluol [98-07-7] s. auch α-Chlortoluole	0,012	0,1			H C1 <sub>B</sub>	Auge & Haut & OAW	DFG
1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluoethan (R 113) [76-13-1]	500	3800				ZNS <sup>KTHU</sup>	DFG, NIOSH
Tridymit s. Siliciumdioxid, kristallines							
Triethanolamin [102-71-6]		5 e		20 e		Auge & Haut, OAW <sup>KTAN</sup>	
Triethylamin [121-44-8]	1	4,2	2	8,4		Cornea <sup>KTHU</sup>	NIOSH Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitrosodi- methylamins führen (s. 1.3.3.2)
Triethylenglykol [112-27-6]		1000 e		2000 e	SS <sub>B</sub>	KG <sup>KTAN</sup>	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>l</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Trifluorbrommethan (R 13 B1) [75-63-8]	1000	6100			SS <sub>c</sub>	Formal <sup>KT</sup>	NIOSH
2-Trikresylphosphat [78-30-8]		0,1 e				Cholin	NIOSH
Trimellitsäureanhydrid (Rauch/Feinstaub) [552-30-7]	0,005	0,04	0,005	0,04	S	Lunge <sup>KT</sup>	NIOSH, OSHA
Trimethylamin [75-50-3]	2	4,9	4	9,8	SS <sub>c</sub>	OAW & Auge, CorneaÖ	
Trimethylbenzol (alle Isomeren) [25551-13-7]	20	100	40	200	SS <sub>c</sub>	ZNS, Asthma, Blut	INRS
3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexen-1-on [78-59-1]	2	11	4	22	C2 SS <sub>c</sub>	ZNS, Auge <sup>KTHU</sup> & OAW <sup>KTHU</sup>	INRS, NIOSH
Trimethylphosphit [121-45-9]	2	10				Auge, Cholin	
2,4,6-Trinitrophenol [88-89-1]		0,1 e		0,1e	H S	Haut, Auge	NIOSH
2,4,6-Trinitrophenylmethylnitramin s. N-Methyl-2,4,6-N-tetranitroanilin							
2,4,6-Trinitrotoluol (und Isomere in techn. Gemischen) [118-96-7]	0,01	0,1	0,02	0,2	H S C2	MetHb, Katarakt, Leber <sup>KTHU</sup>	OSHA
Triphenylamin [603-34-9]		5 e					
Triphenylphosphat [115-86-6]		3 e				Cholin <sup>KTHU</sup>	NIOSH
Triphenylphosphin [603-35-0]		5 e		10 e	SS <sub>c</sub>	NS <sup>KTAN</sup>	
Tungsten u. seine Verbindungen s. Wolfram u. seine Verbindungen							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Uran und seine Verbindungen (als U [7440-61-1] berechnet)		0,2 e			H	Niere	OSHA s. auch Strahlenschutz- verordnung



Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Valerianaldehyd [110-62-3]	50	175				Auge <sup>KT</sup> & Haut <sup>KT</sup> & OAW <sup>KT</sup>	
Vanadiumpentoxid [1314-62-1]		0,05 a		0,05a	B	UAW, OAW <sup>KT</sup> HU	NIOSH
Vinylacetat [108-05-4]	10	35	10	35	C2	OAW & Auge & Haut, ZNS <sup>KT</sup> AN	INRS, NIOSH
Vinylbromid [593-60-2]	5	22			C1 <sub>B</sub>		NIOSH, OSHA
Vinylchlorid [75-01-4]	2	5,2			C1 <sub>A</sub>	Leber, Angiosarkom <sup>KT</sup> HU	BG, DFG, HSE, NIOSH, OSHA
Vinylcyclohexen [100-40-3]	0,1				H C2 R2 <sub>F</sub>		
Vinylidenchlorid s. 1,1-Dichlorethen							
N-Vinyl-2-pyrrolidon [88-12-0]	0,02	0,09	0,04	0,18	H C2 SS <sub>C</sub>	Leber <sup>KT</sup> AN, OAW <sup>KT</sup> AN	DFG, HSE, INRS, NIOSH
Vinyltoluol s. Methylstyrol							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Warfarin [81-81-2] und Natriumwarfarin [129-06-6]	0,0016	0,02 e	0,0128	0,16 e	H R1 <sub>AD</sub> SS <sub>B</sub>	Prothr <sup>K<sup>T</sup>H<sup>U</sup></sup>	NIOSH
Wasserstoff [1333-74-0]							s. 1.8.2
Wasserstoffperoxid [7722-84-1]	0,5	0,71	0,5	0,71	SS <sub>C</sub>	Auge & Haut & OAW, Asthma	DFG, OSHA
Weinsäure* [87-69-4]		2 e		4 e	SS <sub>C</sub>	AW	
Weissöl, pharmazeutisch* [8042-47-5]		5 e			SS <sub>C</sub>	Lunge <sup>K<sup>T</sup>A<sup>N</sup></sup>	s. 1.9.6 DFG, NIOSH
White Spirit	100	525					OSHA Die MAK für Benzol muss eingehalten werden
Wolfram, lösliche Verbindungen (als W [7440-33-7] berechnet)		1 e				ZNS, Lungenfib	NIOSH, OSHA
Wolfram, unlösliche Verbindungen (als W [7440-33-7] berechnet)		5 e				UAW	NIOSH, OSHA
Xylidin (Isomeren): 2,3-Xylidin [87-59-2] 2,5-Xylidin [95-78-3] 3,4-Xylidin [95-64-7] 3,5-Xylidin [108-69-0]	2	10			H	Leber, MetHb	NIOSH
Xylol (alle Isomeren) [1330-20-7]	100	435	200	870	H B	OAW & Auge, ZNS, Schwindel <sup>K<sup>T</sup>H<sup>U</sup></sup>	INRS, NIOSH Die MAK für Benzol muss eingehalten werden
m-Xylol- $\alpha,\alpha'$ -diamin [1477-55-0]		0,1			H S	Auge & Haut, GIT	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O <sup>+</sup> B P C M R SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup>			
Zellulose [9004-34-6]		3 a				OAW	NIOSH s. 1.8.2
Zement s. Portlandzement							
Zinkchlorid (Rauch) [7646-85-7]		1 a				AW, Metallrauch <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	OSHA
Zinkoxid (Rauch) [1314-13-2]		3 a		3 a		Metallrauch <sup>KT<sup>HU</sup></sup>	NIOSH, OSHA
Zinkstearat [557-05-1]		3 a					NIOSH
Zinnverbindungen, anorganische (als Sn [7440-31-5] berechnet)		2 e		4 e		Lungenfib	NIOSH, OSHA
Zinnverbindungen, organische (als Sn [7440-31-5] berechnet) s. auch Butyl-, Methyl-, Octyl- und Phenylzinnverbindungen		0,1 e		0,2 e	H	Auge & OAW, Nausea, ZNS, Immun	NIOSH, OSHA
Ziram* [137-30-4]		0,01 e		0,02 e	S SSc	OAW <sup>KT<sup>AN</sup></sup>	
Zirkonverbindungen (als Zr [7440-67-7] berechnet)		5 e					NIOSH, OSHA

## 2 Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte (BAT-Werte)

### 2.1 Vorbemerkungen

#### 2.1.1 Arbeitsmedizinische Vorsorge und Biomonitoring

Die Überwachung der Arbeitsplatzverhältnisse anhand von Raumluftmessungen und die Beurteilung anhand der MAK-Werte wird ergänzt durch die arbeitsmedizinische Überwachung. Diese besteht in klinischen Untersuchungen (Eintrittsuntersuchungen, periodische Kontrolluntersuchungen, nachgehende Untersuchungen) sowie Bestimmungen geeigneter Laborparameter zur möglichst frühzeitigen Erkennung der toxischen Wirkung eines Stoffes (Biomonitoring). Zudem kann durch die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen auch eine erhöhte Gesundheitsgefährdung durch nicht mit der beruflichen Arbeit im Zusammenhang stehende Krankheiten erkannt werden. Die arbeitsmedizinische Vorsorge wird gemäss der Verordnung des Bundesrates über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) durch die Abteilung Arbeitsmedizin der Suva in Zusammenarbeit mit praktizierenden Ärzten und Betriebsärzten durchgeführt.

Die Beurteilung einer Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen kann aufgrund der Raumluftmessungen im Atem-

bereich (Ambient Monitoring) oder der biologischen Überwachung (Biological Monitoring) erfolgen. Durch die Messung der Konzentration eines Arbeitsstoffes in der Raumluft im Atembereich wird die Umgebungsexposition erfasst. Die Bewertung der Situation am Arbeitsplatz erfolgt durch den Vergleich der gemessenen Expositionen mit den Maximalen Arbeitsplatzkonzentrations-Werten (MAK-Werten). Die biologische Überwachung stellt die Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmenden gegenüber chemischen Arbeitsstoffen durch die Bestimmung von Arbeitsstoffen oder von Metaboliten dieser Arbeitsstoffe (Belastungsparameter) im biologischen Material dar, resp. die Bestimmung eines biologischen Indikators, welcher eine Reaktion im Organismus gegenüber den chemischen Arbeitsstoffen anzeigt (Beanspruchungsparameter). Die gesundheitliche Gefährdung kann durch den Vergleich der gemessenen Werte der biologischen Parameter mit den Biologischen Arbeitsstofftoleranzwerten (BAT-Werte) beurteilt werden.

#### 2.1.2 Definition des BAT-Wertes

**Der BAT-Wert (Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert) beschreibt die arbeitsmedizinisch-toxikologisch abgeleitete Konzentration eines Arbeitsstoffes, seiner**

Metaboliten oder eines Beanspruchungsindikators im entsprechenden biologischen Material, bei dem im Allgemeinen die Gesundheit eines Beschäftigten, auch bei wiederholter und langfristiger Exposition nicht beeinträchtigt wird. BAT-Werte beruhen auf einer Beziehung zwischen der äusseren und inneren Exposition oder zwischen der inneren Exposition und der dadurch verursachten Wirkung des Arbeitsstoffes. Dabei orientiert sich die Ableitung des BAT-Wertes an den mittleren inneren Expositionen.

Der BAT-Wert ist überschritten, wenn bei mehreren Untersuchungen einer Person die mittlere Konzentration des Parameters oberhalb des BAT-Wertes liegt; Messwerte oberhalb des BAT-Wertes müssen arbeitsmedizinisch-toxikologisch bewertet werden. Aus einer alleinigen Überschreitung des BAT-Wertes kann nicht notwendigerweise eine gesundheitliche Beeinträchtigung abgeleitet werden. Dies gilt nicht für Stoffe, bei denen der BAT-Wert als Höchstwert im Einzelfall nicht überschritten werden darf. In diesem Fall wird beim entsprechenden Stoff in der Kolonne «Bemerkungen» ein T angefügt.

### 2.1.3 Erläuterungen

Voraussetzung für die Festsetzung eines BAT-Wertes sind ausreichende arbeitsmedizinische, toxikologische und toxikokinetische Erfahrungen mit dem entsprechenden Arbeitsstoff. BAT-Werte werden aufgrund der Korrelation zwischen biologischen Messwerten und gesundheitlichen Beeinträchtigungen von Arbeitnehmenden oder von den Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationswerten (MAK-Werte) aus der Korrelation zwischen äusserer und innerer Belastung resp. Beanspruchung hergeleitet.

Die BAT-Werte gelten für eine Belastung für einen reinen Arbeitsstoff. Liegt eine Exposition gegenüber zwei oder mehreren Arbeitsstoffen vor, müssen die Resultate im Einzelfall aufgrund der Kenntnis der toxikokinetischen Gegebenheiten und der Interaktionen der entsprechenden Arbeitsstoffe erfolgen.

Die biologische Überwachung kann je nach Situation ergänzend zur Raumluftmessung oder allein eingesetzt werden. Durch die Beurteilung der inneren Exposition kann die biologische Überwachung sämtliche Expositionswege, d. h. auch eine zusätzliche Aufnahme durch die Haut oder den Magen-Darm-Trakt sowie eine höhere Aufnahme bei körperlicher Arbeit durch ein vermehrtes Atemminutenvolumen miterfassen. Es werden sämtliche Expositionsquellen erfasst, also auch solche aus dem Privat- und Umweltbereich. Zusätzlich kann die Effizienz von persönlichen Schutzmassnahmen überprüft werden. Diese Faktoren bewirken, dass die innere Belastung resp. Beanspruchung der Arbeitnehmenden nicht in jeder Arbeitsplatzsituation streng mit der äusseren Belastung, welche anhand der Raumluftmessung beurteilt wird, korreliert.

Im allgemeinen entbindet die Einhaltung von BAT-Werten den Arbeitgeber nicht von einer Überwachung der Raumluftexpositionen von Arbeitsstoffen, vor allem bei Arbeitsstoffen mit toxisch irritativer Wirkung auf Haut, Konjunktiven sowie Schleimhäute der Atemwege.

Vor allem bei den mit N, Q, X und T bezeichneten BAT-Werten muss die Interpretation unter Berücksichtigung dieser Faktoren erfolgen.

Die Resultate der biologischen Analysen müssen durch Fachleute beurteilt und interpretiert werden. Die allgemeinen Vorbemerkungen im Kap. 1, Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte (MAK-Werte), und die Bemerkungen für die einzelnen Arbeitsstoffe in der Liste der MAK-Werte (Kap. 1.11) sind in jedem Falle mitzubeachten. Den Bestimmungen des Datenschutzes ist Rechnung zu tragen.

## Untersuchungsmaterial

- B Vollblut
- E Erythrozyten
- U Urin
- A Alveolarluft
- P/S Plasma/Serum

## Probennahmezeitpunkt

- a keine Beschränkung
- b Expositionsende, bzw. Schichtende
- c bei Langzeitexposition: nach mehreren vorangegangenen Schichten
- d vor nachfolgender Schicht

### 2.1.4 Aufbau der Liste der BAT-Werte

Bei jedem Arbeitsstoff ist die Auswahl von Parametern aufgeführt, die in der Praxis häufig verwendet werden und für welche ausreichende arbeitsmedizinische und toxikologische Erfahrungen vorliegen. Für weitere Parameter wird auf die Literatur verwiesen. Das für die Bestimmung des Parameters notwendige oder empfohlene Untersuchungsmaterial (Urin; Vollblut; Erythrozyten; Plasma oder Serum; Alveolarluft) wird angegeben. Da der Zeitpunkt der Probennahme für die Beurteilung vieler Parameter wesentlich ist, sind unter der Rubrik Probennahmezeitpunkt die notwendigen Angaben aufgelistet. Für Arbeitsstoffe mit sehr langer Halbwertszeit und Akkumulation im Organismus über Jahre besteht keine Beschränkung für den Probennahmezeitpunkt. Für Parameter mit kürzeren Halbwertszeiten wird der Probennahmezeitpunkt angegeben (vor nachfolgender Schicht, d. h. nach über 15 Stunden ohne Exposition; am Schichtende, d. h. im allgemeinen innerhalb von 2 Stunden nach Expositionsende; in gewissen Situationen bei Langzeitexpositionen nach mehreren vorangehenden Schichten, d. h. im allgemeinen nach 4 bis 5 Arbeitsschichten).

In der Stoffliste werden folgende zusätzliche Bemerkungen geführt:

#### N Nicht spezifischer Parameter

Die mit N gekennzeichneten biologischen Parameter sind nicht für den aufgeführten Arbeitsstoff spezifisch, sondern können auch nach Expositionen gegenüber bestimmten anderen Arbeitsstoffen im biologischen Material gemessen werden. In der Praxis hat sich die Bestimmung dieser Stoffe jedoch bewährt. Bei speziellen Problemen empfiehlt sich zusätzlich die Bestimmung eines spezifischen Parameters.

#### Q Quantitative Interpretation schwierig

Bei den mit Q gekennzeichneten biologischen Parametern ist die exakte quantitative Interpretation schwierig. Als Screening-Test kann der biologische Parameter verwendet werden, ebenfalls als Zusatzuntersuchung nach der Bestimmung nicht spezifischer Parameter (N).

#### X Umwelteinflüsse

Die mit X gekennzeichneten biologischen Parameter werden auch in unterschiedlicher Quantität bei beruflich Nichtexponierten gemessen, da sie zusätzlich auf Umwelteinflüsse zurückgeführt werden können. Die Festsetzung des BAT-Wertes berücksichtigt bei diesen Parametern auch die Einflüsse von Umweltfaktoren.

#### **P Provisorische Festlegung**

Die BAT-Werte für diesen biologischen Parameter sind aus verschiedenen Gründen noch nicht definitiv festgelegt.

#### **T Akuttoxischer Effekt**

Bei den mit T gekennzeichneten Stoffen gilt der BAT-Wert als Höchstwert im Einzelfall und darf nicht überschritten werden.

#### **# Kanzerogen mit Schwellenwert**

Bei Stoffen, welche mit # gekennzeichnet sind, handelt es sich um Kanzerogene mit Schwellenwert. Bei Einhaltung des BAT-Werts ist nicht mit einem erhöhten Krebsrisiko zu rechnen.

#### **\* Neuer oder geänderter BAT-Wert**

Bei den BAT-Werten bedeutet der \*, dass der betreffende Wert gegenüber der letzten Ausgabe neu aufgenommen worden ist oder geändert hat. Auch neueingeführte oder geänderte Zusatzbezeichnungen (N, Q, X, P, T, #) und Bemerkungen werden mit einem \* bezeichnet.

Für andere Bemerkungen wird für alle Arbeitsstoffe auch auf die Liste der MAK-Werte, Kapitel 1.11 verwiesen.

### **2.1.5 BAT-Werte von Arbeitsstoffen mit der Einstufung «krebserzeugend» C1<sub>A</sub> und C1<sub>B</sub>**

Für die Beurteilung der Exposition gegenüber krebserzeugenden Arbeitsstoffen mit der Einstufung C1<sub>A</sub> und C1<sub>B</sub> wird auf das Kapitel 1.3 verwiesen. Die BAT-Werte krebserzeugender Arbeitsstoffe unterliegen den gleichen Einschränkungen wie die MAK-Werte der krebserzeugenden Stoffe. Bei krebserregenden Stoffen mit Schwellenwert ist bei Einhalten des BAT-Wertes nicht vor einer er-

höhten Krebsgefährdung auszugehen, sofern der Schwellenwert im entsprechenden biologischen Material bekannt ist. Stoffe, bei welchen bei Einhalten des BAT-Wertes kein oder kein wesentlicher Beitrag zum Krebsrisiko besteht, werden in der Kolonne «Bemerkungen» der BAT-Liste mit einem #-Zeichen versehen.

### **2.1.6 Analytische Überwachung**

Die verwendeten Analysemethoden sollen richtige und präzise Ergebnisse liefern. Die die Analysen durchführenden Laboratorien haben für eine statistische Qualitätssicherung, welche auf internen und externen Qualitätskontrollen beruht, zu sorgen. Die Unterlagen für die Qualitätskontrollen sind durch die Laboratorien aufzubewahren; den zuständigen Durchführungsorganen der Arbeitssicherheit ist in die Unterlagen der Qualitätskontrolle Einsicht zu gewähren.

## 2.2 Liste der BAT-Werte



Arbeitsstoffe	Biologischer Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
Aceton	Aceton	80 mg/l (1,38 mmol/l)	U	b	N
Aluminium	Aluminium	60 µg/g Kreatinin (0,251 µmol/mmol Kreatinin)	U	a	
Anilin	Anilin (ungebunden)	1 mg/l (10,7 µmol/l)	U	b, c	N
	Anilin (aus Hämoglobinkonjugat freigesetzt)	100 µg/l (1,07 µmol/l)	B	c, b	
	p-Aminophenol	50 mg/g Kreatinin (51,8 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	N
Arsen und anorganische Arsenverbindungen	Anorganisches Arsen und methylierte Metaboliten	50 µg/l (667 nmol/l)	U	c, b	
Benzol	S-Phenylmerkaptursäure	25 µg/g Kreatinin (0,011 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	X*
	t,t-Mukonsäure	500 µg/g Kreatinin (0,398 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	X*
Blei	Blei (Männer; Frauen > 45 Jahre)	400 µg/l (1,93 µmol/l)	B	a	X
	Blei (Frauen < 45 Jahre)	100 µg/l (0,48 µmol/l)	B	a	X
Bleitetraethyl	Gesamtblei (auch Gemische mit Bleitetramethyl)	50 µg/l (241,3 nmol/l)	U	b	N, X
Bleitetramethyl	Gesamtblei (auch Gemische mit Bleitetraethyl)	50 µg/l (241,3 nmol/l)	U	b	N, X
2-Butanon (Methylethylketon, MEK)	2-Butanon (MEK)	2 mg/l (27,7 µmol/l) *	U	b	
2-Butoxyethanol	Butoxyessigsäure	100 mg/l (756,7 µmol/l)	U	c, b	N
	Gesamt-Butoxyessigsäure	200 mg/l (1513,4 µmol/l)	U	c	
2-Butoxyethylacetat	Butoxyessigsäure	100 mg/l (756,7 µmol/l)	U	c, b	N
	Gesamt-Butoxyessigsäure	200 mg/l (1513,4 µmol/l)	U	c	
p-tert-Butylphenol	p-tert-Butylphenol	2 mg/l (13,3 µmol/l)	U	b	
Cadmium	Cadmium	5 µg/g Kreatinin (5,03 nmol/mmol Kreatinin)	U	a	X, #*

Arbeitsstoffe	Biologischer Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
Chlorbenzol	Gesamt-4-Chlorkatechol	150 mg/g Kreatinin (117,3 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	
Chrom(VI)-Verbindungen	Chrom	11 µg/l (212 nmol/l) *	U	b	X
Cobalt	Cobalt	30 µg/l (509 nmol/l)	U	b	
Cyclohexan	Gesamt-1,2-Cyclohexandiol	150 mg/g Kreatinin (146 µmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	
Cyclohexanon	Gesamt-1,2-Cyclohexandiol Gesamt-Cyclohexanol	100 mg/l (0,86 mmol/l) 12 mg/l (0,12 mmol/l)	U U	b, c b, c	
1,4-Dichlorbenzol	2,5-Dichlorphenol	60 mg/g Kreatinin (41,9 µmol/mmol Kreatinin)	U	b, c	
Dichlormethan	Dichlormethan CO-Hämoglobin	0,5 mg/l (5,9 µmol/l) 5%	B B	b b	T X, N
N,N-Dimethylacetamid	N-Methylacetamid	30 mg/g Kreatinin (46,4 µmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	
Dimethylformamid	N-Methylformamid	15 mg/l (253,9 µmol/l)	U	b	
1,4-Dioxan	2-Hydroxyethoxyessigsäure	400 mg/g Kreatinin* (378 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	
Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat	4,4'-Diaminodiphenylmethan	10 µg/g Kreatinin (5 nmol/mmol Kreatinin)	U	b	
1,2-Epoxypropan	N-(2-Hydroxypropyl)valin	3200 pmol/g Globin	E*	a*	#*
2-Ethoxyethanol	Ethoxyessigsäure	50 mg/l (480,3 µmol/l)	U	c, b	
2-Ethoxyethylacetat	Ethoxyessigsäure	50 mg/l (480,3 µmol/l)	U	c, b	
Ethylbenzol	Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure	800 mg/l	U	b	
Ethylenglykoldinitrat	Ethylenglykoldinitrat	0,3 µg/l (1,97 nmol/l)	B	b	
Fluorwasserstoff und anorganische Fluorverbindungen	Fluorid	4 mg/l (211 µmol/l) *	U	b	X
Glycerintrinitrat	1,2-Glycerindinitrat 1,3-Glycerindinitrat	0,5 µg/l (2,75 nmol/l) 0,5 µg/l (2,75 nmol/l)	P/S P/S	b b	
Halothan	Trifluoressigsäure	2,5 mg/l (12,6 µmol/l)	B	c, b	
Hexachlorbenzol	Hexachlorbenzol	150 µg/l (52,7 µmol/l)	P/S	a	X

Arbeitsstoffe	Biologischer Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
Hexamethylen-diisocyanat (HDI)	Hexamethyldiamin (nach Hydrolyse)	15 µg/g Kreatinin (14,6 nmol/mmol Kreatinin)	U	b	
n-Hexan	2,5-Hexandion plus 4,5-Dihydroxy-2-hexanon	5 mg/l	U	b	N
2-Hexanon	2,5-Hexandion plus 4,5-Dihydroxy-2-hexanon	5 mg/l	U	b	N
Kohlendisulfid (Schwefelkohlenstoff)	2-Thio-thiazolidin- 4-carboxylsäure (TTCA)	2 mg/g Kreatinin (1,38 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	
Kohlenmonoxid	CO-Hämoglobin	5 %	B	b	X, N, T
Lindan (γ-1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan)	Lindan	25 µg/l (85,9 nmol/l)	P/S	b	
Mangan und seine anorganischen Verbindungen	Mangan	20 µg/l (364 nmol/l)	B	c, b	Q
Methanol	Methanol	30 mg/l (936 µmol/l)	U	c, b	
2-Methoxyethanol	Methoxyessigsäure	15 mg/g Kreatinin (18,9 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	
2-Methoxyethylacetat	Methoxyessigsäure	15 mg/g Kreatinin (18,9 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	
1-Methoxypropanol-2 (PGME)	1-Methoxypropanol-2	20 mg/l (221,9 µmol/l)	U	b	
4-Methylpentan-2-on (Methylisobutylketon, MIBK)	4-Methylpentan-2-on	2 mg/l (20 µmol/l)	U	b	
Nickel (Nickelmetall)	Nickel	45 µg/l (766,6 nmol/l)	U	c, b	N
Nickelverbindungen unlöslich (Nickeloxid, -sulfid)	Nickel	10 µg/l (170,4 nmol/l)	U	c, b	N
Nickelsalze löslich	Nickel	40 µg/l (681,4 nmol/l)	U	c, b	N
Nitrobenzol	Anilin (aus Hämoglobinkonjugat freigesetzt)	100 µg/l (1,07 µmol/l)	B	c, b	N
	Gesamt-p-Nitrophenol	5 mg/g Kreatinin (4,07 µmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	N

Arbeitsstoffe	Biologischer Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
Parathion	Gesamt-p-Nitrophenol Acetylcholinesterase (siehe Phosphorsäureester)	500 µg/g Kreatinin (406,6 nmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	N, Q T
Perfluorooctansäure und ihre anorganischen Salze	Perfluorooctansäure	5 mg/l (12,1 µmol/l)	S	a	
Perfluorooctansulfonsäure und ihre Salze	Perfluorooctansulfonsäure	15 mg/l (30 µmol/l)	U	a	
Phenol	Phenol	250 mg/g Kreatinin (300,5 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	N, X
Phosphorsäureester (Acetylcholinesterase-Inhibitoren)	Acetylcholinesterase	Reduktion der Aktivität auf 70 % des Bezugswertes	E	c, b	N, Q, T
2-Propanol	Aceton	25 mg/l (0,4 mmol/l)	U	b	
	Aceton	25 mg/l (0,4 mmol/l)	B	b	
iso-Propylbenzol (Cumol)	2-Phenyl-2-propanol (nach Hydrolyse)	20 mg/g Kreatinin* (16,6 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	
Quecksilber (metallisch, anorganisch)	Anorganisches Quecksilber	25 µg/g Kreatinin (14,3 nmol/mmol Kreatinin)	U	d	X
	Anorganisches Quecksilber	15 µg/l (75 nmol/l)	B	c, b	X
Selen und seine anorganischen Verbindungen	Selen	150 µg/l (2 µmol/l)	S	a	
Styrol	Mandelsäure	400 mg/g Kreatinin (297 µmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	N
	Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure	500 mg/g Kreatinin	U	c, b	N
Tetrachlorethen	Tetrachlorethen	1 mg/l (6 µmol/l)	B	d	
	Trichloressigsäure	7 mg/l (42,8 µmol/l)	U	c, b	N, Q
Tetrahydrofuran	Tetrahydrofuran	2 mg/l (27,7 µmol/l)	U	b	
Toluol	Toluol	600 µg/l (6,48 µmol/l)	B	b	
	Hippursäure	2 g/g Kreatinin (1,26 mmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	N, X
	o-Kresol	0,5 mg/l (4,62 µmol/l)	U	b, c	Q

Arbeitsstoffe	Biologischer Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
1,1,1-Trichlorethan	1,1,1-Trichlorethan	550 µg/l (4,12 µmol/l)	B	c, d	
Trichlorethen	Trichloressigsäure	40 mg/l* (245 µmol/l)	U	c, b	N
Vanadiumpentoxid	Vanadium	70 µg/g Kreatinin (155 nmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	
Vitamin K-Antagonisten	Quick-Wert	Reduktion auf nicht weniger als 70 %	B	a	
Xylol	Methyl-Hippursäure	1,5 g/g Kreatinin (874 µmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	
	Xylol	1,5 mg/l (14,1 µmol/l)	B	b	

# 3 Physikalische Einwirkungen

## 3.1 Ionisierende Strahlen

Die höchstzulässigen Bestrahlungsdosen durch Einwirkung ionisierender Strahlen von aussen oder durch Einwirkung inkor-

porierter radioaktiver Stoffe im Körper sind durch das Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 und die Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 geregelt.

Klasse	Wellenlängenbereich (nm)	Maximale Leistung	Gefährdung
1	alle	F ( $\lambda$ )	Ungefährlich (eigensicher)
1 M	alle	F ( $\lambda$ )	Können gefährlich sein, wenn ein optisches Instrument (Mikroskop, Fernglas) verwendet wird. Eine Brille gilt hier nicht als optisches Instrument.
1C	alle	je nach Anwendung	Die emittierte Leistung entspricht der Klasse 3R, 3B oder 4. Laser der Klasse 1C emittieren nur in Kontakt mit einer Oberfläche Strahlung. Die Strahlfreigabe muss durch eine oder mehrere Sicherheitseinrichtungen überwacht sein. Damit wird eine Gefährdung der Augen verhindert.
2	400–700 (nur sichtbar)	1 mW	Der natürliche Augenschliessreflex schützt das Auge vor unzulässiger Bestrahlung. Wird absichtlich in den Strahl geblickt, kann die Netzhaut geschädigt werden.
2 M	400–700 (nur sichtbar)	1 mW	Können gefährlich sein, wenn ein optisches Instrument verwendet wird. Der Augenschliessreflex schützt ungenügend.
3R	400–700	5 mW	Können auch ohne ein optisches Instrument die Netzhaut schädigen.
	übrige	500 x Klasse 1	
3 B	alle	500 mW	Strahl und spiegelnde Reflexionen können auch bei kurzer Einwirkzeit Augenschäden verursachen.
4	alle	unbegrenzt	Strahl und Reflexionen (evtl. auch diffuse) gefährden in hohem Masse Augen und Haut. Durch deren Einwirkung auf gewisse Materialien können gesundheitsgefährdende Stoffe freigesetzt und Brände entfacht werden.

**Tabelle 1:** F ( $\lambda$ ) bedeutet, dass die maximale Leistung von der Wellenlänge  $\lambda$  abhängig ist und der Norm entnommen werden muss.

## 3.2 Nichtionisierende Strahlen

### 3.2.1 Laser

Für sämtliche Laser gilt die Europäische Norm SN EN 60825-1. Aufgrund der Gefährdung der zugänglichen Strahlung werden Laser in die verschiedenen Laserklassen 1, 1M, 1C, 2, 2M, 3R, 3B und 4 eingeteilt und gekennzeichnet. Anhand der Laserklasse sind entsprechende Massnahmen für den sicheren Umgang am Arbeitsplatz zu treffen. Für die Datenübertragung mittels Lichtwellenleiter gilt die Norm SN EN 60825-2. Weitere Informationen sind der Broschüre «Achtung Laserstrahl» (Suva 66049.d) zu entnehmen.

### 3.2.2 Ultraviolett

Wellenlängenbereich 180 bis 400 nm.

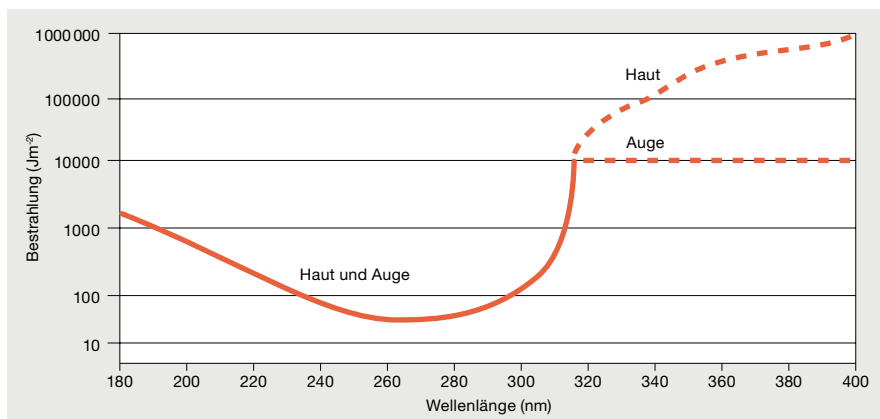
Die Werte der zulässigen UV-Bestrahlung für das Auge oder die Haut sind anwendbar für Strahlenquellen wie Bogenlampen,

Gas- oder Dampfentladungslampen, Fluoreszenz- und Glühlampen, Sonnenstrahlung. Sie sind anwendbar für kontinuierliche Bestrahlung, deren Dauer nicht kürzer als 0,1 s ist. Für Laser gelten die speziellen Vorschriften unter 3.2.1.

Photosensible Personen (durch Veranlagung oder durch bestimmte Stoffe und Medikamente sensibilisiert) sind möglicherweise auch beim Einhalten dieser Empfehlung ungenügend geschützt; dies gilt auch für Personen mit Operation des grauen Stars in Bezug auf die zulässige UV-Bestrahlung der Augen.

Bei schmalbandigen, monochromatischen UV-Strahlenquellen kann der ermittelte Bestahlungswert direkt mit der zulässigen Bestrahlung bei der entsprechenden Wellenlänge (Tab. 2) verglichen werden. Für breitbandige UV-Strahler oder wenn ein Gemisch von monochromatischen UV-Strahlungskomponenten vorliegt, muss zuerst die effektive Bestrahlungsstärke berechnet werden. Damit wird der Bezug zur Referenzwellenlänge von 270 nm hergestellt.

$$E_{\text{eff}} = \sum E_{\lambda} \cdot s_{\text{rel}} \cdot \Delta\lambda$$



**Figure 1:** UV-Bestrahlungs-Grenzwerte innerhalb von 8 Stunden (Arbeitstag). Grafische Darstellung der Bestahlungsgrenzwerte aus Tabelle 2 (Seite 136).

**Haut und Auge****Haut****Auge**

Wellenlänge	Bestrahlungs-Grenzwert	relative spektrale Wirksamkeit	Wellenlänge	Bestrahlungs-Grenzwert	relative spektrale Wirksamkeit	Bestrahlungs-Grenzwert	relative spektrale Wirksamkeit
(nm)	(J · m <sup>-2</sup> )	(-)	(nm)	(J · m <sup>-2</sup> )	(-)	(J · m <sup>-2</sup> )	(-)
180	2500	0.012	315	10 000	0.003	10 000	0.003
190	1600	0.019	316	13 000	0.0024		
200	1000	0.030	317	15 000	0.0020		
205	590	0.051	318	19 000	0.0016		
210	400	0.075	319	25 000	0.0012		
215	320	0.095	320	29 000	0.0010		
220	250	0.120	322	45 000	0.00067		
225	200	0.150	323	56 000	0.00054		
230	160	0.190	325	60 000	0.00050		
235	130	0.240	328	68 000	0.00044		
240	100	0.300	330	73 000	0.00041		
245	83	0.360	333	81 000	0.00037		
250	70	0.430	335	88 000	0.00034		
254	60	0.500	340	110 000	0.00028		
255	58	0.520	345	130 000	0.00024		
260	46	0.650	350	150 000	0.00020		
265	37	0.810	355	190 000	0.00016		
270	30	1.000	360	230 000	0.00013		
275	31	0.960	365	270 000	0.00011		
280	34	0.880	370	320 000	0.000093		
285	39	0.770	375	390 000	0.000077		
290	47	0.640	380	470 000	0.000064		
295	56	0.540	385	570 000	0.000053		
297	65	0.460	390	680 000	0.000044		
300	100	0.300	395	830 000	0.000036		
303	250	0.120	400	1 000 000	0.000030	10 000	0.003
305	500	0.060					
308	1200	0.026					
310	2000	0.015					
313	5000	0.006					
315	10 000	0.003					

**Tabelle 2:** UV-Bestrahlungs-Grenzwerte innerhalb von 8 Stunden (Arbeitstag), relative spektrale Wirksamkeit  $S_{rel}$ .



wobei

$E_{\text{eff}}$  = wirksame Bestrahlungsstärke bezogen auf eine monochromatische Strahlung von 270 nm [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ]

$E_{\lambda}$  = spektrale Bestrahlungsstärke bei der Wellenlänge  $\lambda$  [ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$ ]

$S_{\text{rel}}$  = relative spektrale Wirksamkeit der Strahlung bei der Wellenlänge  $\lambda$  [-] (Tabelle 2)

$\Delta\lambda$  = Bandbreite [nm]

Die maximal zulässige Bestrahlungsdauer in Sekunden pro Arbeitstag kann berechnet werden, indem die maximal zulässige Bestrahlung für die Referenzwellenlänge 270 nm pro 8-Stunden-Arbeitstag, gemäss Tabelle 2 beträgt diese  $30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ , durch die berechnete effektive Bestrahlungsstärke  $E_{\text{eff}}$  dividiert wird.

$$t_{\text{max. 8 h}} [\text{s}] = \frac{30 [\text{J} \cdot \text{m}^{-2}]}{E_{\text{eff}} [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]}$$

### 3.2.3 Visuelle und Infrarotstrahlung (inkohärent)

Wellenlängenbereich 300 bis 1400 nm.

Es gelten die Grenzwerte der Publikation «ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure to Incoherent Visible and Infrared Radiation (Health Physics 105(1):74-91;2013)» der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP).

Quellen, die inkohärente visuelle und Infrarotstrahlung aussenden, sind an jedem Arbeitsplatz anzutreffen. In den meisten Fällen sind sie harmlos.

Die folgenden Quellen halten die oben erwähnten Grenzwerte ein und gelten deshalb im bestimmungsgemässen Gebrauch als sicher (Europäische Kommission 2011: «Ein unverbindlicher Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG über künstliche optische Strahlung» [S. 15]):

- Deckenbeleuchtungen
- Computerbildschirme
- Flutlicht mit Energiesparlampen
- Glühlampen
- LED-Anzeigen
- Fahrzeugblink- und Rückfahrlichter, Brems- und Nebelleuchten
- gasbetriebene Deckenheizstrahler
- Strassenbeleuchtungen

Quelle	Sicherer Einsatz unter folgenden Umständen
Deckenbeleuchtung mit Leuchtstofflampen ohne Diffusor	Sicher bei normaler Beleuchtungsstärke (ca. 600 lx)
Halogen-Metaldampf-/Quecksilberhochdruck-Flutlicht	Sicher, sofern vordere Glasabdeckung intakt und Strahlung nicht in Sichtlinie
Beamer	Sicher, sofern nicht direkt in den Strahl geblickt wird
Niederdruck-UVA-Strahler (Schwarzlicht)	Sicher, sofern Strahlung nicht in Sichtlinie
Jedliches Produkt der Risikogruppe 0 und 1 gemäss EN 62471	Sicher, sofern Strahlung nicht in Sichtlinie; ev. nicht sicher, wenn Abdeckung entfernt wird
Fahrzeugscheinwerfer	Sicher, sofern ein längerer Direktblick in die Strahlung vermieden wird
Starker Fotoblitz	Sicher, sofern nicht direkt in den Strahl geblickt wird

Tabelle 3

Die Tabelle 3 beschreibt die Umstände unter denen die jeweiligen Quellen wahrscheinlich kein Gesundheitsrisiko darstellen (Europäische Kommission 2011: «Ein unverbindlicher Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG über künstliche optische Strahlung» [S. 15]).

Bei Lampen, die in Tabelle 3 nicht erwähnt sind oder die nicht in sicherer Form verwendet werden, gibt die zugeordnete Risikogruppe Auskunft über deren Gefährlichkeit (siehe Tabelle 4). Sämtliche eingesetzten Leuchtmittel müssen durch den Lieferanten gemäss der Norm SN EN 62741:2008 einer dieser Risikogruppen zugeordnet werden. Die Gefährdung nimmt mit steigender Risikogruppe zu.

Vorsicht ist geboten bei Quellen, die Blendungen verursachen, insbesondere wenn die Arbeitsweise verlangt, dass man häufig in die Quelle blicken muss. In diesen Fällen sind weitere Abklärungen nötig.

### 3.2.4 Elektromagnetische Felder

Frequenzbereich: statische Felder (0 Hz) bis 300 GHz.

Die Grenzwerte (Tabelle 5) gelten für Situationen, wo der ganze Körper dem elektrischen, magnetischen oder elektro-

magnetischen Feld ausgesetzt ist. Sie sind für den unbesetzten Arbeitsplatz definiert, da durch die Anwesenheit einer Person insbesondere die elektrische Feldstärke stark beeinflusst wird. Sie gelten beispielsweise für Arbeitsplätze im Bereiche von Elektromagneten, Magnetresonanztomographen, Transformatoren, Induktionsschmelzöfen, HF-Schweissanlagen, HF-Trocknungsanlagen, industriellen Mikrowellenöfen. Sie sind auch anwendbar für Beschäftigte in der Energieerzeugung und -Verteilung (Bahnen, Elektrizitätswerke, Industrie) und an Sendeanlagen.

Um sicher zu stellen, dass die Basisgrenzwerte nach ICNIRP eingehalten sind, dürfen im statischen und niederfrequenten Bereich die Felder zu keinem Zeitpunkt die Grenzwerte nach Tabelle 5 übersteigen. Für den Nahbereich von medizinischen Magnetresonanztomografen muss der Arbeitgeber eine Risikoanalyse durchführen und Schutzmassnahmen festlegen. Bei modulierten und gepulsten HF-Feldern soll eine mittlere Leistungsdichte über eine repräsentative Periode von 6 min bestimmt werden. Die Spitzenwerte von kurzen HF-Impulsen (Radar) sollen den 1000-fachen Wert der Leistungsdichte P nach Tabelle 5 nicht übersteigen.

Risikogruppe	Beschreibung
Risikogruppe 0 (freie Gruppe)	Diese Lampen stellen im Sinne der Kriterien der Norm keine Gefahr dar.
Risikogruppe 1 (geringes Risiko)	Diese Lampen stellen bei normalem Gebrauch keine Gefahr dar.
Risikogruppe 2 (mittleres Risiko)	Diese Lampen stellen aufgrund von Abwenderaktionen wegen Blendung durch helle Lichtquellen oder wegen thermischer Unbehaglichkeit keine Gefahr dar.
Risikogruppe 3 (grosses Risiko)	Diese Lampen stellen sogar bei kurzzeitiger Bestrahlung eine Gefahr dar.

Tabelle 4

Diese Grenzwerte sollen Personen am Arbeitsplatz vor direkter thermischer Gefährdung durch Hochfrequenz-Felder sowie Belästigungen durch niederfrequente und statische Felder schützen. Es ist möglich, dass beim Berühren von ausgedehnten Metallstrukturen trotzdem belästigende Empfindungen wahrgenommen werden. In solchen Fällen soll mit selektiver Erdung oder Isolation dieser Strukturen Abhilfe geschaffen werden, bis der Berührungsstrom ( $I_{ber}$ ) genügend gering ist und keine Belästigung mehr auftritt (0–2,5 kHz:  $I_{ber} < 1$  mA).

**Personen mit Herzschrittmachern oder anderen elektromedizinischen Hilfsgeräten sind möglicherweise auch beim Einhalten dieser Grenzwerte ungenügend geschützt. In solchen Fällen ist eine besondere Abklärung erforderlich.**

Durch das Einhalten dieser Grenzwerte wird nicht sichergestellt, dass bestimmte EM-sensible Geräte wie Navigationsgeräte, Bildschirme, Elektronenmikroskope, Analysengeräte, Radioempfangsgeräte ungestört bleiben. Auch können elektroexplosive Vorrichtungen gezündet oder

f	H (kA/m)	B (mT)	E (kV/m)	P (W/m <sup>2</sup> )
statisch	1600 6400	2000 (für Kopf und Rumpf) 8000 (für Glieder) <sup>2)</sup>	40	<sup>1)</sup>
f (Hz)	H (A/m)	B ( $\mu$ T)		
16 $\frac{2}{3}$	1200	1500	20	<sup>1)</sup>
50	400	500	10	<sup>1)</sup>
400	50	62,5	1,25	<sup>1)</sup>
30 000	24,4	30,7	0,61	<sup>1)</sup>
f (MHz)			E (V/m)	
13,56	0,16	0,20	61	10
27,12	0,16	0,20	61	10
40,68	0,16	0,20	61	10
433,92	0,17	0,21	62,5	11
900	0,24	0,30	90	22,5
1800	0,34	0,42	127	45
2450	0,36	0,45	137	50
5800	0,36	0,45	137	50
24 125	0,36	0,45	137	50

**Tabelle 5:** Grenzwerte (Effektivwerte) für ausgewählte Industriefrequenzen; f = Frequenz, H = magnetische Feldstärke, B = magnetische Flussdichte, E = elektrische Feldstärke, P = Leistungsdichte

<sup>1)</sup> bei dieser Frequenz nicht relevant,

<sup>2)</sup> bei speziellen Anwendungen in kontrollierter Umgebung. Verhaltensmassnahmen zur Vermeidung von bewegungsinduzierten Effekten müssen definiert werden.

Explosionen durch Funkenbildung ausgelöst werden. Es können erhebliche Störungen auftreten, die eventuell auch zu sekundärer Gefährdung führen könnten. Dies ist jedoch Gegenstand von speziellen Vorschriften insbesondere über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) von technischen Einrichtungen und Geräten. (Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit, SR 734.5).

Die Grenzwerte für die **statischen Magnetfelder** in der Tabelle 5 entsprechen den Referenzwerten für den Arbeitsplatz (Occupational) der Richtlinie über die Begrenzung der Immissionen magnetischer Felder (0 Hz) der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP-Guidelines 2009, Health Physics 96(4), 504-514).

Die Grenzwerte für die **Wechselfelder** in der Tabelle 5 entsprechen den Referenzwerten für den Arbeitsplatz (Occupational) der Richtlinie über die Begrenzung der Immissionen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Wechselfelder (bis 300 GHz) der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP-Guidelines 1998, Health Physics 74, 494-522).

Für den Schutz bei **Schwangerschaft und Mutterschaft** müssen die Grenzwerte der Verordnung des WBF über gefährliche und beschwerliche Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschutz eingehalten werden (s. Anhang 1 zu Art. 12 Abs. 3 der Mutterschutzverordnung).

Für den Schutz der **allgemeinen Bevölkerung** («Public Health») und die Raumplanung gilt die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) SR 814.710.

## 3.3 Schall und Vibrationen

Die **Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz** erfolgt gemäss der Norm SN EN ISO 9612. Typische Lärmexpositionen an Arbeitsplätzen sind den Schallpegeltabellen (Suva-Bestell-Nr. 86005) zu entnehmen. Nähere Angaben über die zu treffenden Schutzmassnahmen sind im Informationsblatt «Akustische Grenz- und Richtwerte» (Suva-Bestell-Nr. 86048.d) und in der Checkliste «Lärm am Arbeitsplatz» (Suva-Bestell-Nr. 67009.d) zu finden.

Die **Messung und Beurteilung von Vibrationsbelastungen** erfolgt gemäss den Normen ISO 5349 (Hand-Arm-Vibrationen) und ISO 2631 (Ganzkörper-Vibrationen). Typische Vibrationsbelastungen an Arbeitsplätzen, Maschinen und Geräten sind den Vibrationstabellen (Suva-Bestell-Nr. 86705) zu entnehmen. Die zu treffenden Schutzmassnahmen und weitere Informationen sind in der Publikation «Risikofaktor Vibrationen» (Suva-Bestell-Nr. 44089) dargestellt.

### 3.3.1 Dauerschall (Lärm)

Erreicht oder überschreitet der auf einen Arbeitstag bezogene Lärmexpositionspegel  $L_{EX}$  den Wert von 85 dB(A) (Auslösewert), sind Lärmschutz-Massnahmen zu treffen.

Der auf ein Arbeitsjahr bezogene Lärmexpositionspegel  $L_{EX, 2000h}$  muss unter 85dB(A) liegen (Expositions-Grenzwert).

### 3.3.2 Impulsartiger Schall

Erreichen Schallereignisse einen Schall-druckspitzenpegel  $L_{peak}$  von 135 dB(C) (Auslösewert), sind Lärmschutzmassnahmen zu treffen.

Bei solchen Schallereignissen darf der über eine Stunde aufsummierte Schall-expositionspegel  $L_E$  höchstens 120 dB(A) erreichen (Expositions-Grenzwert).

### 3.3.3 Ultraschall

Ultraschall von 20 kHz bis 100 kHz verursacht nach heutigem Stand des Wissens keine Schädigung, wenn in diesem Frequenzbereich der Maximalpegel  $L_{Fmax}$  unter 140 dB und der auf einen Arbeitstag von 8 Stunden bezogene äquivalente Dauerschallpegel  $L_{eq}$  unter 110 dB liegen <sup>1</sup>.

### 3.3.4 Infrasschall

Infrasschall von 2 Hz bis 20 Hz verursacht nach heutigem Stand des Wissens keine Gehörschädigung, wenn in diesem Frequenzbereich der Maximalpegel  $L_{Fmax}$  unter 150 dB und der auf einen Arbeitstag von 8 Stunden bezogene äquivalente Dauerschallpegel  $L_{eq}$  unter 135 dB liegen <sup>1</sup>.

Störungen des Wohlbefindens können auftreten, wenn äquivalente Dauerschallpegel  $L_{eq}$  von 120 dB überschritten werden.

<sup>1</sup> Schallpegel von Ultraschall und Infrasschall sind ohne Frequenzbewertung (linear) zu messen.

### 3.3.5 Hand-Arm-Vibrationen

Erreicht oder überschreitet die auf einen Arbeitstag von 8 Stunden bezogene Vibrationsbelastung  $A(8)$  den Wert von  $2.5 \text{ m/s}^2$  (Auslösewert), sind Massnahmen zu treffen und es ist eine vertiefte Risikobeurteilung durchzuführen.

Die auf einen Arbeitstag von 8 Stunden bezogene Vibrationsbelastung  $A(8)$  soll  $5 \text{ m/s}^2$  nicht überschreiten (Expositions-Grenzwert).

### 3.3.6 Ganzkörper-Vibrationen

Erreicht oder überschreitet die auf einen Arbeitstag von 8 Stunden bezogene Vibrationsbelastung  $A(8)$  den Wert von  $0.5 \text{ m/s}^2$  (Auslösewert), sind Massnahmen zu treffen und es ist eine vertiefte Risikobeurteilung durchzuführen.

Die auf einen Arbeitstag von 8 Stunden bezogene Vibrationsbelastung  $A(8)$  soll  $1.15 \text{ m/s}^2$  nicht überschreiten (Expositions-Grenzwert).

## 3.4 Hyperbare Umgebung

In gewissen Arbeitssituationen können Arbeitnehmende einem äusseren Überdruck ausgesetzt sein. In erster Linie handelt sich hierbei um Bauarbeiten in Druckluft, wenn der Überdruck höher als  $0,1 \text{ bar}$  ist, oder um Taucherarbeiten, wenn sich der Taucher – ausgerüstet mit einer Taucherausrüstung – unter der Wasseroberfläche befindet. Über die Auswirkungen von Arbeitsstoffen auf den menschlichen Körper, der sich in hyperbarer Umgebung aufhält, ist noch wenig bekannt. Trotzdem kann man aufgrund theoretischer Überlegungen Empfehlungen abgeben. Es handelt sich hierbei aber nicht um medizinisch gesicherte Fakten. Diesem Umstand ist bei der Risikobeurteilung Rechnung zu tragen.

Bei den Empfehlungen unterscheidet man einerseits zwischen gas- und dampfförmigen Stoffen und andererseits zwischen Stäuben und Aerosolen.

### 3.4.1 Gas- und dampfförmige Stoffe

Steigt der Umgebungsdruck, so nimmt bei einer gas- oder dampfförmigen Substanz der Partialdruck proportional zur Änderung des Umgebungsdruckes zu, sofern der Anteil der Substanz an der Gesamtmenge Gas konstant bleibt. Da der Partialdruck in Beziehung mit der Zahl der Teilchen oder der Masse pro Volumen steht, ist eine Zunahme des Partialdrucks auch mit einer Erhöhung der Masse eines Stoffes pro Volumen vergesellschaftet. Damit ist ein Arbeit-

nehmender in einer hyperbaren Umgebung den in der Umgebungsluft vorhandenen Substanzen gegenüber der normbaren Umgebung vermehrt ausgesetzt. Bei einem in ppm angegebenen MAK-Wert kann deshalb ein Arbeitnehmender einer unzulässig hohen Dosis eines Stoffes ausgesetzt sein, auch wenn die Konzentration dieses Stoffes – gemessen in ppm – den MAK-Wert nicht überschreitet. Der in ppm angegebene MAK-Wert muss also proportional zum Anstieg des absoluten Umgebungsdruckes gesenkt werden, damit die Masse pro Volumen nicht überschritten wird. Diese Extrapolation ist nicht nötig für MAK-Werte, welche in  $\text{mg}/\text{m}^3$  angegeben sind. In der Praxis bedeutet dies, dass MAK-Werte, welche in ppm angegeben sind, umgerechnet werden müssen, während MAK-Werte, welche in  $\text{mg}/\text{m}^3$  angegeben sind, unverändert angewendet werden können.

Als praktisches Beispiel sei n-Hexan aufgeführt, dessen MAK-Wert bei 500 kPa berechnet werden soll. n-Hexan ist ein gasförmiger Stoff, dessen MAK-Wert unter Normalbedingungen, also bei 101,3 kPa, 50 ppm ( $180 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) beträgt. Verfünffacht sich der Druck von 101,3 kPa auf 500 kPa, so entsprechen 50 ppm n-Hexan  $900 \text{ mg}/\text{m}^3$ , also der fünffachen Masse pro Volumen. In der Folge muss der MAK-Wert in ppm um das Fünffache verringert werden. Nur so bleibt der Partialdruck konstant.

### 3.4.2 Stäube und Aerosole

Das physikalische Verhalten von Stäuben und Aerosolen ändert sich bei Änderungen des Umgebungsdruckes nicht, deshalb müssen die entsprechenden MAK-Werte bei Änderungen des Umgebungsdruckes nicht angepasst werden.

Detaillierte Angaben zu diesem Thema finden sich zum Beispiel im Dokument «Occupational exposure limits for hyperbaric conditions» (2000) der britischen «Health and Safety Executive» (HSE), welche in Grossbritannien wesentliche Teile des Arbeitsschutzes regelt. Eine schweizerische Verordnung zu Arbeiten in hyperbarer Umgebung ist in Bearbeitung.

## 3.5 Hitze (Infrarotstrahlung)

Eine Hitzearbeit gilt grundsätzlich als gesundheitsgefährdend, wenn die Körpertemperatur als unmittelbarer Beanspruchungsparameter im Verlaufe der Tätigkeit auf über ca. 38 °C steigt. Die Hitzebeurteilung erfolgt anhand externer Belastungsfaktoren (Hitzebelastung) oder biologischer Beanspruchungsparameter (Hitzebeanspruchung). Sie erfordert besondere Kenntnisse in Arbeitshygiene und Arbeitsmedizin.

Zur **Beurteilung der Hitzebelastung** müssen sowohl Klimafaktoren am Arbeitsplatz (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung und Wärmestrahlung) als auch personenbezogene individuelle Belastungsfaktoren (Arbeitsschwere, Arbeitsdauer, Art der Bekleidung, Akklimatisierungsgrad etc.) berücksichtigt werden. Einfache Hitzemessungen am Arbeitsplatz können mit der WBGT-Methode (Wet-Bulb-Globe-Temperature Index) durchgeführt werden. Da in der individuellen Belastbarkeit grosse Unterschiede vorkommen, gibt es keine einfachen allgemeingültigen Grenzwerte für die zulässige Hitzebelastung am Arbeitsplatz. Die Messung und Beurteilung von Hitzebelastungen sollte daher durch einen Arbeitshygieniker erfolgen. Als Beurteilungsgrundlagen können folgende Richtlinien verwendet werden:

- EN 27243: Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index sowie
- ENISO 7726 Umgebungsklima-Instrumente zur Messung physikalischer Grössen.

Der Klimagrenzwert für Arbeiten im Untertagebau beträgt 28 °C Trockentemperatur. Dieser Grenzwert ist in allen Hauptarbeitsbereichen, d. h. Bereichen in denen Arbeitnehmende über längere Zeit arbeiten, auch als Stundenmittelwert einzuhalten. Durch technische Massnahmen, d. h. eine effiziente Kühlung, ist damit in allen Hauptarbeitsbereichen sowie auch in Arbeitsbereichen mit länger dauernden Tätigkeiten zu garantieren, dass eine Arbeitstemperatur von höchstens 28 °C Trockentemperatur eingehalten wird. Es wird auf die Publikation der Suva 2869/26.d verwiesen.

Zur **Beurteilung der Hitzebeanspruchung** kann die kontinuierliche Registrierung der Körpertemperatur (z. B. oral oder rektal), der Herzschlagfrequenz (z. B. Herzschlagfrequenzerhöhung gegenüber der Basalfrequenz oder Herzschlagfrequenzreserve) oder auch die Ermittlung der hitzebedingten Schweissproduktion herangezogen werden.

Die Beurteilung der Messresultate sollte durch einen Arbeitsarzt erfolgen.

Bei der **arbeitshygienisch-arbeitsmedizinischen Gesamtbeurteilung** ist vor allem die Notwendigkeit technischer und persönlicher Gesundheitsschutzmassnahmen sowie medizinischer Prophylaxemassnahmen (Eignungs- und Kontrolluntersuchungen) zu überprüfen.



# 4 Richtwerte für physische Belastungen

## 4.1 Vorbemerkungen

Bei der manuellen Handhabung von Lasten kann insbesondere eine Gefährdung der Lenden- und Halswirbelsäule entstehen. Als manuelle Handhabung von Lasten gilt jede Tätigkeit, die den Einsatz menschlicher Kraft zum Heben, Senken, Tragen oder zu anderen Tätigkeiten zur Bewegung oder zur Bewegungshemmung eines Gegenstandes erfordert.

Die gesundheitliche Gefährdung der Wirbelsäule hängt unter anderem von den Lastgewichten ab. Wichtige weitere Belastungsfaktoren sind beispielsweise Lasthöhe, Lastwinkel, horizontaler Lastabstand, Häufigkeit der Bewegung, Kraftaufwand, Hubhöhe, Belastungs- und Erholungszeit, Drehung/Seitwärtsneigung, Griffbedingungen und individuelle Faktoren. Bei den individuellen Faktoren sind Alter, Geschlecht, Körperbau, Körpergewicht, Kraft, Training, Erfahrung und physische Fitness zu berücksichtigen. Aus diesen Gründen können keine absoluten maximalen Lastgewichte definiert werden.

Für schwangere und stillende Arbeitnehmerinnen wird auf die Verordnung 1 vom 10. Mai 2000 zum Arbeitsgesetz (ArGV1)

und die Verordnung des EVD vom 20. März 2001 über gefährliche und beschwerliche Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschaft (Mutterschutzverordnung) verwiesen.

Die Beurteilung der Beanspruchung durch die Manipulation von Lasten erfolgt anhand von methodenspezifischen Belastungsfaktoren. Generell können folgende Beurteilungsmethoden, Normen und Richtlinien im Sinne von «anerkannten sicherheitstechnischen und arbeitsmedizinischen Regeln» (Art. 3 VUV) herangezogen werden:

- Als Screeningmethode:
  - Leitmerkmalmethoden zum Heben und Tragen von Lasten (Suva Publikation «Gefährdungsermittlung: Heben und Tragen») (Bestell-Nr. 88190)
  - Handlungsanleitung zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen beim Ziehen und Schieben von Lasten (Herausgeber: Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik LASI)
- Als Beurteilungsmethoden für Spezialisten:
  - NIOSH-Gleichung (Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation; [www.cdc.gov/niosh/docs/94-110](http://www.cdc.gov/niosh/docs/94-110))
  - NF X 35-109 Manutention manuelle de charge pour soulever, déplacer et pousser/tirer – Méthodologie d'analyse et valeurs seuils
  - SN EN 1005-1 Sicherheit von

## 4.2 Richtwert für Gewichte (Manipulation von Lasten)

- Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 1: Begriffe
- SN EN 1005-2 Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen
  - SN EN 1005-3 Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung
  - SN EN 1005-4 Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit von Maschinen
  - SN EN 1005-5 Risikobeurteilung für kurzzyklische Tätigkeiten bei hohen Handhabungsfrequenzen
  - ISO 11228-1 Ergonomics – Manual handling – Part 1: Lifting and carrying  
Ergonomie – Manuelles Handhaben von Lasten – Teil 1: Heben und Tragen
- Im weiteren wird auf die Wegleitung zur Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz (ArGV 3) Art. 25 Lasten verwiesen
  - Prüfmittel: Gesundheitsrisiken Bewegungsapparat mit dem zugehörigen Leitfaden Inspektions-Prüfmittel Gesundheitsrisiken Bewegungsapparat. (Diese Publikationen dienen gleichzeitig zum Überprüfen, ob die Anforderungen des Arbeitsgesetzes auch für andere Belastungen des Bewegungsapparates, insbesondere Zwangshaltungen und repetitive Tätigkeiten, eingehalten werden). Download als PDF unter [www.seco.admin.ch](http://www.seco.admin.ch).
  - Für die Bewertung körperlicher Belastungen des Rückens durch Lastenhandhabung und Zwangshaltungen im Arbeitsprozess wird auf die entsprechende Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM) verwiesen. ([www.dgaum.de](http://www.dgaum.de): Leitlinie Nr. 28)

**Richtwerte für zumutbare Lastgewichte sind 25 kg für Männer und 15 kg für Frauen.**

Bei regelmässigem Heben und Tragen (respektive Manipulationen) ist ab Lasten von 12 kg für Männer und 7 kg für Frauen eine Gefährdungsermittlung vorzunehmen.

# Abkürzungen in der MAK-Liste

Abkürzung	Bedeutung	Weitere Informationen
KZGW	Kurzzeitgrenzwert	1.1.2
H	Hautresorption	1.2.1
S	Sensibilisierung	1.2.2
O <sup>L</sup>	Interaktion von Lärm und chemischen Stoffen	1.2.3
B	Biologisches Monitoring	1.2.4
P	Provisorische Festlegung	1.2.5
*	Neuerung	1.2.6
C	Krebserregend	1.3
#	Krebserregende Substanz mit Schwellenwert	1.3.2.3
M	Keimzellmutagen	1.4
R	Reproduktionstoxisch	1.5
R <sub>F</sub>	Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit	
R <sub>D</sub>	Fruchtschädigend bzw. entwicklungsschädigend	
SS <sub>A</sub> -SS <sub>C</sub>	Zusammenhang MAK-Wert und Schwangerschaft	1.6
e	einatembare Staub (Gesamtstaub)	1.8
a	alveolengängiger Staub (Feinstaub)	1.8

# Abkürzungen in der BAT-Liste

Abkürzung	Bedeutung	Weitere Informationen im Kapitel 2.1.4
B	Vollblut	} Untersuchungsmaterial
E	Erythrozyten	
U	Urin	
A	Alveolarluft	
P/S	Plasma/Serum	
a	keine Beschränkung	} Probenahmezeitpunkt
b	Expositionsende, bzw. Schichtende	
c	bei Langzeitexposition: nach mehreren vorangegangenen Schichten	
d	vor nachfolgender Schicht	
N	Nicht spezifischer Parameter	
Q	Quantitative Interpretation schwierig	
X	Umwelteinflüsse	
P	Provisorische Festlegung	
T	Akuttoxischer Effekt	
#	Krebserregende Substanz mit Schwellenwert	



**Suva**

Postfach, 6002 Luzern  
Telefon 041 419 58 51  
[www.suva.ch](http://www.suva.ch)

Ausgabe: Januar 2016

**Bestellnummer**

1903.d