



Grenzwerte am Arbeitsplatz 2014

Suva

Gesundheitsschutz
Postfach, 6002 Luzern

Auskünfte

Tel. 041 419 58 51

Bestellungen

www.suva.ch/waswo
Fax 041 419 59 17
Tel. 041 419 58 51

Grenzwerte am Arbeitsplatz 2014

Verfasser

Suva, Bereich Arbeitsmedizin
Bildquelle: Keystone (Anthophyllit-Asbest)

Abdruck – ausser für kommerzielle Nutzung –
mit Quellenangabe gestattet.
Überarbeitung – Dezember 2013
4. Auflage – Januar 2014 – 9500 bis 13 500 Ex.

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 2014¹⁾

Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte
(MAK-Werte)

Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte (BAT-Werte)

Arbeitshygienische Grenzwerte für physikalische
Einwirkungen

Richtwerte für physische Belastungen

¹⁾ 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).

Inhaltsverzeichnis

1	Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte (MAK-Werte)	6
1.1	Vorbemerkungen	6
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
1.2	Definition der Notationen H S O^L B P und *	8
1.2.1	H (Hautresorption)	8
1.2.2	S (Sensibilisierung)	8
1.2.3	O ^L (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
1.3	Krebserzeugende Arbeitsstoffe (Notationen C₁ bis C₃)	10
1.3.1	Allgemeine Bemerkungen	10
1.3.2	Definition der Kategorien C ₁ bis C ₃	11
1.3.3	Spezielle Situationen	13
1.3.3.1	Krebserzeugende Stoffe ohne MAK-Wert	13
1.3.3.2	Bildung kanzerogener Nitrosamine aus Aminen	13
1.3.3.3	Benzo(a)pyren (BaP) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs)	13
1.3.3.4	Erläuterungen zum Grenzwert von Asbest	14
1.3.3.5	Synthetische Fasern und Faserstäube	15
1.4	Erbgutverändernde Arbeitsstoffe (Notationen M₁ bis M₃)	16
1.5	Reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Arbeitsstoffe (Notationen R₁ bis R₃)	18
1.6	MAK-Werte und Schwangerschaft (Notationen SS_A, SS_B und SS_C)	20
1.7	Kritische Toxizität	21

1.8	Stäube und Nanopartikel	25
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 (Getreidemehlstaub)	29
1.8.5	Biologisch belastete Stäube und Aerosole / biologische Einwirkungen	29
1.9	Spezielle Themen	31
1.9.1	Beurteilung des Gesundheitsrisikos von Arbeitsstoffen ohne MAK-Wert	31
1.9.2	Stoffgemische	32
1.9.3	Neurotoxische Substanzen	34
1.9.4	Organische Peroxide	34
1.9.5	Isocyanate	34
1.9.6	Kühlschmierstoffe und Mineralöle	35
1.9.7	Lösliche Metalle	36
1.10	Hinweise auf Messmethoden	37
1.10.1	Adressen	37
1.10.2	Einheiten	37
1.11	Liste der MAK-Werte	39
<hr/>		
2	Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte (BAT-Werte)	124
<hr/>		
2.1	Vorbemerkungen	124
2.1.1	Arbeitsmedizinische Vorsorge und Biomonitoring	124
2.1.2	Definition des BAT-Wertes	124
2.1.3	Erläuterungen	125
2.1.4	Aufbau der Liste der BAT-Werte	126
2.1.5	BAT-Werte von Arbeitsstoffen mit der Einstufung «krebserzeugend»	
	C ₁ und C ₂	127
2.1.6	Analytische Überwachung	127
2.2	Liste der BAT-Werte	128
<hr/>		

3	Physikalische Einwirkungen	134
3.1	Ionisierende Strahlen	134
3.2	Nichtionisierende Strahlen	134
3.2.1	Laser	134
3.2.2	Ultraviolett	135
3.2.3	Elektromagnetische Felder	137
3.3	Schall und Vibrationen	139
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	Vibrationen	139
3.4	Hyperbare Umgebung	140
3.4.1	Gas- und dampfförmige Stoffe	140
3.4.2	Stäube und Aerosole	140
3.5	Hitze (Infrarotstrahlung)	141
4	Richtwerte für physische Belastungen	143
4.1	Vorbemerkungen	143
4.2	Richtwert für Gewichte (Manipulation von Lasten)	144
	Abkürzungen in der MAK-Liste	146
	Abkürzungen in der BAT-Liste	147

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 überwiegenden 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 Grenzwerte.

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^L 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), α -Amylase, Colophonium und Latex. Dieser Hinweis

soll zu besonderer Aufmerksamkeit beim Umgang mit diesen Stoffen anregen.

1.2.3 O^L (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^L» gekennzeichnet.

Stoffe, welche zwar ototoxisch sind, bei welchen aber keine hinreichenden Beweise für eine Interaktion mit Lärm bestehen, erhalten keine O^L-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 wahrscheinlich¹ 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^L» 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.

¹ 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.

1.3 Krebserzeugende Arbeitsstoffe (Notationen C₁ bis C₃)

1.3.1 Allgemeine Bemerkungen

Es gibt bei ungefähr 20 bis 40 Stoffen und physikalischen Einwirkungen stichhaltige Hinweise dafür, dass sie beim Menschen Krebs erzeugt haben. Dies geschah meist bei Expositionen, die weit über den heute zulässigen lagen. Bei anderen Stoffen wurde lediglich in experimentellen Untersuchungen eine kanzerogene Wirkung gefunden. Der Grund, weshalb bei diesen Stoffen keine Hinweise für die Tumorauslösung beim Menschen bestehen, liegt wohl darin, dass die Expositionen quantitativ und zeitlich deutlich unter der wirksamen Dosis lagen. Zudem besteht häufig eine sehr lange Latenzzeit zwischen Exposition und Ausbruch der Krankheit. So hatten Stoffe und Einwirkungen, die es früher nicht gab, noch zu wenig Zeit, um beim Menschen einen Krebs zu erzeugen, und Exponierte, die erst spät im Leben mit Kanzerogenen in Berührung kamen, starben aus dem gleichen Grunde eines natürlichen Todes.

Bei gewissen direkt-genotoxischen krebserzeugenden Stoffen besteht zumindest beim gegenwärtigen Wissensstand keine mit Sicherheit unwirksame Konzentration. In diesen Fällen schützt das Einhalten des MAK-Wertes nicht vor einem sehr geringen Restrisiko eines Krebses. Soweit genügend Angaben zur Dosis-Risiko-Beziehung für krebserzeugende Stoffe bekannt sind, werden die MAK-Werte für krebserzeugende Stoffe risikobasiert festgelegt mit dem Ziel, dass das Zusatzrisiko für das Auftreten bösartiger Tumo-

ren nicht mehr als 1:100 000 pro Jahr beträgt. Dieses Risiko dürfte im gleichen Bereiche sein wie dasjenige, verursacht durch andere Umwelteinflüsse wie allgemeine Luftverunreinigung. Da die Krebsgefährdung, wie jede andere Fremdstoffwirkung, von der Höhe der Stoffkonzentration und der Dauer der Exposition abhängt, sollte in jedem Falle die Exposition so niedrig wie möglich sein.

Kanzerogene Stoffe sollten, wenn möglich, durch unschädliche oder weniger schädliche ersetzt werden. Ist aber ihre Verwendung nicht zu umgehen, so sind geeignete technische und arbeitsmedizinische Massnahmen zu treffen, um die Gefährdung der damit Beschäftigten so weit als möglich oder ganz auszuschalten. Zu diesen Massnahmen gehören unter anderem die Reduktion von Grad und Dauer der Exposition sowie eine regelmässige ärztliche Überwachung der Exponierten. Sehr wichtig sind auch ein ausreichender Atem- und Hautschutz. Die orale Aufnahme muss ebenfalls vermieden werden: am Arbeitsplatz nicht essen, trinken oder rauchen! Ferner sollte die Zahl der Personen, welche krebserzeugenden Stoffen oder Einwirkungen ausgesetzt sind, möglichst niedrig gehalten werden. Arbeitnehmer, die krebserzeugenden Stoffen ausgesetzt werden können, sind über die damit verbundenen Gefahren zu informieren.

Diese Richtlinien entsprechen Art. 2, 4 und 5 des von der Schweiz ratifizierten Übereinkommens Nr. 139 der internationalen Arbeitsorganisation über die Verhütung und Bekämpfung der durch krebserzeugende Stoffe und Einwirkungen verursachten Berufsgefahren.

1.3.2 Definition der Kategorien C₁ bis C₃

Zur Einstufung und Kennzeichnung werden krebserzeugende Stoffe beim derzeitigen Stand der Kenntnisse in drei Kategorien unterteilt:

Kategorie 1

Umfasst Stoffe, die auf den Menschen bekanntermassen krebserzeugend wirken. Der Kausalzusammenhang zwischen der Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff und der Entstehung von Krebs ist ausreichend nachgewiesen.

Kategorie 2

Umfasst Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichende Anhaltspunkte zu der Annahme, dass die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff Krebs erzeugen kann. Diese Annahme beruht im Allgemeinen auf Folgendem: Geeignete Langzeit-Tierversuche und sonstige relevante Informationen.

Kategorie 3

Umfasst Stoffe, die wegen möglicher krebserzeugender Wirkung beim Menschen Anlass zu Besorgnis geben, über die jedoch ungenügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um einen Stoff in die Kategorie 2 einzustufen.

Die Aufnahme eines Stoffes in Kategorie 1 erfolgt aufgrund epidemiologischer Daten. Die Aufnahme in die Kategorien 2 und 3 beruht vor allem auf Tierversuchen.

Für eine Einstufung als krebserzeugender Stoff der Kategorie 2 sollten entweder positive Ergebnisse für zwei Tierarten

oder ein eindeutig positiver Nachweis für eine Tierart und unterstützende Hinweise, wie Genotoxizitätsdaten, Stoffwechsel- oder biochemische Untersuchungen, Auslösung gutartiger Tumoren, Strukturbeziehung zu anderen bekannten krebs-erzeugenden Stoffen oder Daten aus epidemiologischen Untersuchungen, die einen Zusammenhang nahe legen, vorliegen.

Die Kategorie 3 umfasst derzeit zwei Untergruppen:

- a) Stoffe, die gut untersucht sind, für die jedoch der Nachweis einer Tumor auslösenden Wirkung nicht ausreicht, um sie in Kategorie 2 einzustufen. Von zusätzlichen Versuchen werden keine weiteren für die Einstufung relevanten Informationen erwartet.
- b) Stoffe, die unzureichend untersucht sind. Die vorhandenen Daten sind unzureichend, sie geben jedoch Anlass zur Besorgnis für den Menschen. Diese Einstufung ist vorläufig. Zur endgültigen Entscheidung sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Zur Unterscheidung zwischen den Kategorien 2 und 3 sind die nachfolgend genannten Argumente wichtig, die die Bedeutung der experimentellen Tumorauslösung im Hinblick auf eine mögliche Exposition des Menschen verringern. In den meisten Fällen würden diese Argumente, vor allem kombiniert, zu einer Einstufung in Kategorie 3 führen, auch wenn bei Tieren Tumore ausgelöst wurden.

- Krebs erzeugende Wirkungen nur bei sehr hohen Dosen, die die maximal verträgliche Dosis überschreiten. Die maximal verträgliche Dosis ist gekennzeichnet durch toxische Wirkungen, die zwar noch nicht die Lebenserwartung verringern, aber mit physischen Veränderungen wie zum Beispiel einer etwa

10-%-igen Verringerung der Gewichtszunahme einhergehen.

- Auftreten von Tumoren, besonders bei hohen Dosen, nur in besonderen Organen bestimmter Spezies, die bekanntermaßen zu einer hohen spontanen Tumorbildung neigen.
- Auftreten von Tumoren nur am Applikationsort in sehr empfindlichen Testsystemen (zum Beispiel i. p. oder s. c. Verabreichung bestimmter lokal wirksamer Verbindungen), wenn das jeweilige Zielorgan für den Menschen nicht relevant ist.
- Keine Genotoxizität in Kurzzeitversuchen In Vivo und In Vitro.
- Vorhandensein eines sekundären Wirkungsmechanismus, aus dem ein Schwellenwert abgeleitet werden kann (zum Beispiel hormonelle Wirkungen auf Zielorgane oder auf physiologische Regulationsmechanismen, chronische Stimulation von Zellwachstum).
- Vorhandensein eines artspezifischen Tumorbildungsmechanismus (zum Beispiel über spezifische Stoffwechselwege), der für den Menschen nicht von Bedeutung ist.

Zur Unterscheidung zwischen Kategorie 3 und keiner Einstufung gelten folgende Argumente, bei denen ein Anlass zur Besorgnis für den Menschen ausgeschlossen wird:

- Ein Stoff sollte in keiner der Kategorien eingestuft werden, wenn der Mechanismus der Tumorbildung im Versuch eindeutig ermittelt wurde und nachgewiesen ist, dass er nicht auf den Menschen extrapoliert werden kann.
- Liegen lediglich Daten über Lebertumoren bei bestimmten besonders empfindlichen Mäusestämmen ohne sonstige zusätzliche Anhaltspunkte vor, wird der Stoff in keine der Kategorien eingestuft.
- Fälle, in denen lediglich Tumordaten über Neoplasien an Lokalisationen und

bei Stämmen vorliegen, bei denen sie bekanntermassen sehr spontan auftreten, sollten besondere Beachtung finden.

1.3.3 Spezielle Situationen

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 oder andere Literatur zu konsultieren.

1.3.3.2 Bildung kanzerogener Nitrosamine aus Aminen

Gewisse Klassen von organischen Aminen können durch Einwirken von nitrosierenden Agentien in möglicherweise stark kanzerogene Nitrosamine überführt werden. Als nitrosierende Agentien kommen vor allem Stickoxide in Frage. Daneben bewirken Nitrosylchlorid, Nitritester, Metallnitrit und Nitrosoverbindungen die Nitrosierung von Aminen.

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.

- Es sollte die Konzentration an Nitrosaminen in der Luft am Arbeitsplatz und im aminhaltigen Arbeitsstoff gemessen werden. Dies gilt besonders bei Verwendung von Aminen, aus denen stark kanzerogene Nitrosoverbindungen entstehen können. In der Grenzwertliste aufgeführt sind z. B. Nitrosodimethylamin (aus Dimethylamin, Thiram oder Triethylamin), Nitrosodiethylamin (aus Diethylamin), Nitrosomethylanilin (aus Methylanilin) oder Nitrosomorpholin (aus Morpholin).

1.3.3.3 Benzo(a)pyren (BaP) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs)

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (engl.: **Polycyclic Aromatic Hydrocarbons = PAHs**) entstehen bei der Pyrolyse oder der unvollständigen Verbrennung von organischem Material. Je nach Ausgangsmaterialien und Reaktionsbedingungen entstehen PAHs 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 z. B. Braun- und Steinkohlenteere, Steinkohlenteerpeche und Steinkohlenteeröle. Zu geringeren Anteilen sind PAHs in höheren Fraktionen der Erdöldestillation wie z. B. 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 PAHs-haltigen Arbeitsstoffen stattfinden kann.

Aufgrund der Ergebnisse von Kanzerogenitätsstudien und Mutagenitätstests sind vom IARC (**I**nternational **A**gency for **R**esearch on **C**ancer) verschiedene PAHs als krebserregend im Tierversuch eingestuft worden. Epidemiologische Studien zeigten einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Arbeitsplatzexposition mit PAH-haltigen steinkohleteerflüchtigen Verbindungen (**Coal Tar Pitch Volatiles; CTPV**) in Kokereien und bei der Kohlevergasung und der erhöhten Lungenkrebssterblichkeit bei Arbeitnehmenden. Bei den PAHs steht die lokal Krebs erzeugende Wirkung im Vordergrund.

Aufgrund seiner hohen kanzerogenen Potenz und seines Anteils von ca. 1 bis 5 % in PAH-Mischungen wird Benzo(a)pyren (BaP) 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 einer PAH-Mischung erlaubt, jedoch zu einer groben Einschätzung herangezogen werden kann.

Da für eine Reihe von PAHs mittlerweile Toxizitätsäquivalenzfaktoren entwickelt worden sind, sollte die Untersuchung der PAH-Exposition am Arbeitsplatz nicht auf Benzo(a)pyren beschränkt, sondern auf weitere PAHs ausgedehnt werden, die sich als krebserregend im Tierversuch erwiesen haben wie z. B. Benz(a)anthrazen, Chrysen, Benz(b)fluoranthren, Benz(k)fluoranthren, Benz(j)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 PAHs, 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 Erläuterungen zum Grenzwert von Asbest

Der Grenzwert für Asbest wurde auf 0,01 Asbestfasern/ml festgelegt. Dieser Wert berücksichtigt die neusten epidemiologischen Erkenntnisse zur Dosis-Wirkungsbeziehung bezüglich Asbest und Mesothelium/Lungenkrebs.

Grundsätzlich gilt der MAK-Wert für alle Arbeitsplätze. Die Krebsgefährdung durch Asbest ist, wie jede andere Fremdstoffwirkung, von der Höhe der Stoffkonzentration und der Dauer der Exposition abhängig. Für Asbest kann beim gegenwärtigen Wissensstand keine mit Sicherheit unwirksame Konzentration angegeben werden. Die Exposition sollte daher in jedem Falle so niedrig wie möglich sein, d. h. es gilt das Minimierungsgebot. Für alle Arbeitsplätze, an denen nicht mit asbesthaltigem Material gearbeitet werden muss, ist das Minimierungsgebot erreicht, wenn der gemessene Wert 10 % des MAK-Wertes nicht überschreitet.

Mit modernen Rasterelektronenmikroskopen (REM) wie sie auch in der VDI-3492-Methode verwendet werden, lassen sich bei entsprechender Vergrößerung Asbestfasern bis zu einem Durchmesser von 0.1 µm nachweisen.

Mit Einsatz von Transmissionselektronenmikroskopen (TEM) sind noch dünnere Fasern zu erkennen.

Da das Risiko für asbestbedingte Krankheiten unter anderem von der Faserlänge und dem Faserdurchmesser abhängt – lange und dünne Fasern sind mit einem höheren Risiko verbunden –, ist der Einsatz von Messmethoden, die auch sehr

feine Fasern erfassen, aus toxikologischen Überlegungen sinnvoll.

Der Grenzwert von Asbest basiert jedoch auf epidemiologischen Untersuchungen, bei denen sehr feine Fasern nicht erfasst wurden. Der Einsatz eines REM zur messtechnischen Überprüfung der Einhaltung des MAK-Wertes ist daher 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 Längen-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 alveolargängige Abmessungen aufweisen. Dies ist zusammen mit der generell hohen Biobeständigkeit der KMF bei der Beurteilung eines allfälligen krebserzeugenden Potentials zu berücksichtigen.

Künstlich hergestellte ungerichtete glasierte (Silikat-) Fasern mit einem Anteil an Alkali- und Erdalkalimetalloxiden ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{BaO}$) von über 18 Gewichtsprozent werden in die Klasse der krebserzeugenden Stoffe C3 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 4 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 kanzerogen eingestuft. Hingegen sind die vorwiegend im Hochtemperaturbereich verwendeten Keramikfasern (Aluminiumsilikat) zurzeit in die Klasse C2 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 und Siliciumcarbidfasern. Dies gilt auch für die organischen p-Aramidfasern.

Der MAK-Wert (siehe Liste der MAK-Werte) ist aufgrund der Feststellung, dass primär die Fasergeometrie für die biologische Wirkung entscheidend ist, als Faser-grenzwert festgelegt worden. Er beträgt 0,25 Fasern/cm³, resp. für Hochtemperatur-Glasfasern, Glaswolle, Steinwolle 0,5 Fasern/cm³, wobei Fasern mit einem Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von 3:1 und mehr, einer Länge von mehr als 5 µm und einem Durchmesser von weniger als 3 µm berücksichtigt werden.

1.4 Erbgutverändernde Arbeitsstoffe (Notationen M₁ bis M₃)

Zur Einstufung und Kennzeichnung werden diese Stoffe beim derzeitigen Stand der Kenntnisse in drei Kategorien unterteilt.

Kategorie 1

Umfasst Stoffe, die auf den Menschen bekanntermassen erbgutverändernd wirken. Es sind hinreichende Anhaltspunkte für einen Kausalzusammenhang zwischen der Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff und vererbbaaren Schäden vorhanden.

Kategorie 2

Umfasst Stoffe, die als erbgutverändernd für den Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichende Anhaltspunkte zu der begründeten Annahme, dass die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff zu vererbbaaren Schäden führen kann. Diese Annahme beruht im Allgemeinen auf Folgendem: Geeignete Tierversuche, sonstige relevante Informationen.

Kategorie 3

Umfasst Stoffe, die wegen möglicher erbgutverändernder Wirkung auf den Menschen zu Besorgnis Anlass geben. Aus geeigneten Mutagenitätsversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um den Stoff in Kategorie 2 einzustufen.

Um eine Verbindung in Kategorie 1 aufzunehmen, sind hinreichende Anhaltspunkte aus epidemiologischen Untersuchungen über Mutationen beim Menschen erforderlich. Beispiele für solche Stoffe sind bisher nicht bekannt. Es wird

eingerräumt, dass es ausserordentlich schwierig ist, aus Untersuchungen zur Häufigkeit von Mutationen in menschlichen Populationen beziehungsweise zur Erhöhung der Häufigkeit verlässliche Informationen zu erhalten.

Zur Einstufung eines Stoffes in Kategorie 2 sind positive Ergebnisse aus Untersuchungen, die Folgendes nachweisen können, erforderlich:

- a) Erbgutverändernde Wirkungen oder
- b) andere zelluläre Wechselwirkungen, die für eine Erbgutveränderung relevant sind, in Keimzellen von Säugern In Vivo oder
- c) erbgutverändernde Wirkungen in Somazellen von Säugern In Vivo zusammen mit hinreichenden Anhaltspunkten, dass der Stoff oder ein relevanter Metabolit die Keimzellen erreicht.

Zur Einstufung in Kategorie 2 sind derzeit folgende Verfahren geeignet:

- a) Mutagenitätstest an Keimzellen In Vivo:
 - Test zur spezifischen Lokusmutation
 - Test zur vererbbaaren Translokation
 - Test zur dominant-letalen MutationDiese Testsysteme zeigen auf, ob die Nachkommenschaft betroffen ist oder ob ein Defekt im sich entwickelnden Embryo auftritt.
- b) In Vivo-Untersuchungen, die relevante Wechselwirkungen mit Keimzellen, in der Regel DNA, aufzeigen:
 - Untersuchungen von Chromosomenanomalien, wie sie bei zytogenetischen Analysen festgestellt werden, einschliesslich Aneuploidie aufgrund einer Chromosomenfehlverteilung.
 - Test auf Schwesterchromatid-Austausch (SCE)
 - Test auf ausserplanmässige DNA-Synthese (UDS).
 - Untersuchung auf (kovalente) Bindungen des mutagenen Stoffes an die Keimzellen-DNA.

- Untersuchung auf andere Arten von DNA-Schäden.

Um einen Stoff in Kategorie 3 aufzunehmen, sind positive Ergebnisse aus Untersuchungen erforderlich, mit denen

- a) erbgutverändernde Wirkungen oder
- b) andere zelluläre Wechselwirkungen, die für die Mutagenität von Bedeutung sind, in Somazellen von Säugern In Vivo nachgewiesen werden können. Insbesondere letztere werden in der Regel durch positive Ergebnisse aus In Vitro-Mutagenitätsuntersuchungen gestützt. Für den Nachweis von Wirkungen In Vivo sind zur Zeit folgende Verfahren geeignet:

- Mutagenitätstest an Keimzellen In Vivo:
 - Mikrokerntest am Knochenmark oder Metaphasenanalyse
 - Metaphasenanalyse an peripheren Lymphozyten
 - Felfleckentest auf Mäusen
- Untersuchung zu DNA-Wechselwirkungen In Vivo
 - Test auf Schwesterchromatid-Austausch (SCE) an Somazellen
 - Test auf ausserplanmässige DNA-Synthese (UDS) an Somazellen
- Untersuchungen auf (kovalente) Bindung des Mutagens an die DNA von Somazellen
- Untersuchungen von DNA-Schäden, zum Beispiel alkalische Elution, in Somazellen.
- Untersuchungen auf (kovalente) Bindung des Mutagens an die DNA von Somazellen
- Untersuchungen von DNA-Schäden, zum Beispiel alkalische Elution, in Somazellen.

Die Einstufung in Kategorie M 1-3 ist für Arbeitsstoffe mit einem MAK-Wert aus den Angaben in Kapitel 1.11 ersichtlich. Für die Klassifizierung von Arbeitsstoffen, die nicht in der Grenzwertliste in Kapitel 1.11 enthalten sind, wird beispielsweise auf Anhang I RL 67/548/EWG verwiesen.

1.5 Reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Arbeitsstoffe (Notationen R₁ bis R₃)

Der Begriff «Reproduktionstoxizität» umfasst sowohl die Beeinträchtigung der männlichen und weiblichen Fortpflanzungsfähigkeit als auch die vorgeburtliche Verursachung von nicht vererbba- ren gesundheitsschädlichen Wirkungen auf die Nachkommenschaft.

R_F bedeutet «Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit)».

R_E bedeutet «fruchtschädigend (entwicklungsschädigend)».

Zum Zweck der Einstufung und Kennzeichnung unter Berücksichtigung des derzeitigen Kenntnisstandes werden diese Stoffe in drei Kategorien unterteilt.

Kategorie 1

Umfasst Stoffe, die beim Menschen die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) bekanntermassen beeinträchtigen. Es sind hinreichende Anhaltspunkte für einen Kausalzusammenhang zwischen der Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff und einer Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit vorhanden.

Umfasst Stoffe, die beim Menschen bekanntermassen fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) wirken. Es sind hinreichende Anhaltspunkte für einen Kausalzusammenhang zwischen der Exposition einer schwangeren Frau gegenüber dem Stoff und schädlichen Auswirkungen auf die Entwicklung der direkten Nachkommenschaft vorhanden.

Kategorie 2

Umfasst Stoffe, die als beeinträchtigend für die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichende Anhaltspunkte zu der begründeten Annahme, dass die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff zu einer Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit führen kann. Diese Annahme beruht im Allgemeinen auf Folgendem:

- Eindeutige tierexperimentelle Nachweise einer Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit ohne Vorliegen anderer toxischer Wirkungen oder Nachweis einer Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit bei etwa denselben Dosierungen, bei denen andere toxische Effekte auftreten, wobei jedoch die beobachtete fruchtbarkeitsbeeinträchtigende Wirkung nicht sekundäre unspezifische Folge der anderen toxischen Effekte ist.
- Sonstige relevante Informationen

Umfasst Stoffe, die als fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) für den Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichende Anhaltspunkte zu der begründeten Annahme, dass die Exposition einer schwangeren Frau gegenüber dem Stoff zu schädlichen Auswirkungen auf die Entwicklung der Nachkommenschaft führen kann. Diese Annahme beruht im Allgemeinen auf Folgendem:

- Eindeutige Nachweise aus Tierversuchen, in denen eine fruchtschädigende Wirkung ohne Anzeichen ausgeprägter maternaler Toxizität beobachtet wurde, oder fruchtschädigende Wirkungen in einem Dosisbereich mit maternal toxischen Effekten, wobei jedoch die fruchtschädigende Wirkung nicht sekundäre Folge der maternalen Toxizität ist.
- Sonstige relevante Informationen

Kategorie 3

Umfasst Stoffe, die wegen möglicher Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen zur Besorgnis Anlass geben. Diese Annahme beruht im Allgemeinen auf Folgendem:

- Ergebnisse aus geeigneten Tierversuchen, die hinreichende Anhaltspunkte für den starken Verdacht auf eine Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit in einem Dosisbereich ohne Vorliegen anderer toxischer Wirkungen liefern, oder entsprechende Hinweise auf eine Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit in einem Dosisbereich, in dem andere toxische Effekte auftreten, wobei jedoch die beobachtete Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit nicht sekundäre unspezifische Folge der anderen toxischen Wirkungen ist und der Nachweis der Befunde für eine Einstufung des Stoffes in Kategorie 2 nicht ausreicht.
- Sonstige relevante Informationen

Umfasst Stoffe, die wegen möglicher fruchtschädigender (entwicklungsschädigender) Wirkungen beim Menschen zu Besorgnis Anlass geben. Diese Annahme beruht im Allgemeinen auf Folgendem:

- Ergebnisse aus geeigneten Tierversuchen, die hinreichende Anhaltspunkte für einen starken Verdacht auf eine fruchtschädigende Wirkung ohne ausgeprägte maternale Toxizität liefern, beziehungsweise die solche Anhaltspunkte in maternal toxischen Dosisbereichen liefern, wobei jedoch die beobachtete fruchtschädigende Wirkung nicht sekundäre Folge der maternalen Toxizität ist und der Nachweis der Befunde für eine Einstufung des Stoffes in Kategorie 2 nicht ausreicht.
- Sonstige relevante Informationen.

Die Einstufung in Kategorie R_E und R_F 1 bis 3 ist für Arbeitsstoffe mit einem MAK-Wert aus den Angaben in Kap. 1.11 ersichtlich. Für die Klassifizierung von Arbeitsstoffen, die nicht in der Grenzwertliste in Kap. 1.11 enthalten sind, wird beispielsweise auf Anhang I RL 67/548/EWG verwiesen.

1.6 MAK-Werte und Schwangerschaft (Notationen SS_A, SS_B und SS_C)

Fruchtschädigende Stoffe werden in drei Gruppen eingeteilt:

Gruppe A

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

Gruppe B

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

Gruppe C

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

Die Einstufung von Arbeitsstoffen als R_E (fruchtschädigend/entwicklungsschädigend) gemäss Kap. 1.5 bezieht sich auf die Eigenschaften des Stoffes an sich und nicht auf die Beziehung zum MAK-Wert.

Die MAK-Werte gelten für gesunde Personen im erwerbsfähigen Alter. Die epidemiologischen und experimentellen Untersuchungen zeigen, dass die Applikation der MAK-Werte für 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.

Internationale Untersuchungen befassen sich mit der Beantwortung der Frage, ob ein fruchtschädigendes Risiko bei Einhaltung der MAK-Werte ausgeschlossen

werden kann, ob ein solches wahrscheinlich oder sicher nachgewiesen ist. Für eine grosse Anzahl der Stoffe ist vorerst keine Aussage über ihre fruchtschädigenden Risiken möglich. Diese Stoffe werden überprüft, um ihre Klassifizierung zu ermöglichen.

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

Diese Klassifizierung stimmt weitgehend überein mit derjenigen der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

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 Mutterschaft (Mutterschutzverordnung) verwiesen.

1.7 Kritische Toxizität

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 Atem-Minuten-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 werden 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^{KT}**). 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^{KT HU}**); 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 Augenbindehaute, 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^{KT}**» 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 versehen worden ist. Ein geringes Restrisiko zur Entwicklung von Krebs kann bei direkt-genotoxischen Substanzen ohne Schwellenwert auch bei Einhaltung des MAK-Wertes nicht immer ausgeschlossen werden (vgl. Kapitel 1.3).

AN	Animal (Erkenntnis aus Tierexperiment stammend)
Alkohol	Alkoholunverträglichkeit
Angiosarkom	Hämangiosarkom der Leber
Arrh	Herzrhythmusstörung
Asphyxie	Asphyxie (Ersticken; Sauerstoffmangel kombiniert mit Kohlendioxidüberschuss)
Asthma	
Auge	Auge, Augenbindehaut
AW	Atemwege
Beryll	Berylliose, Berylliumsensibilisierung
Blase	Harnblase
Blut	Hämatotoxizität, Veränderungen des Blutbildes
Chlorakne	
Cholin	Cholinesteraseinhibitor
Cornea	Hornhaut der Augen
CorneaÖ	Corneaödem (Schwellung der Cornea), Blauschleiersehen
COHb	Carboxyhämoglobin-Bildung
Diabetes	
Fatigue	Fatigue (Müdigkeit, Erschöpfung)
Formal	Formale Begründung eines Grenzwerts
Geruch	Geruchsbelästigung
GIT	Gastrointestinaltrakt (Magen-Darm-Trakt)
Grundumsatz	Erhöhter Grundumsatz
HU	Human (Erkenntnis aus Untersuchung am Mensch gewonnen)
Halitosis	Mundgeruch
Haut	
Herz	Herz(muskel)
Immun	Immunsystem
Kalium	Veränderter Kaliumspiegel im Blut
Katarakt	Grauer Star
KG	Körpergewicht
Knochen	
Kopfweh	
KT	Kritische Toxizität
Leber	
Leukämie	
Lunge	Lungengewebe
Lungenfib	Lungenfibrose (z. B. bei Staublungenerkrankung)
Lungenkrebs	
Meso	Mesotheliom
Metallrauch	Metallrauchfieber

MetHb	Methämoglobin-Bildung
Milz	
Muskel	
Nasenkrebs	
Nausea	Übelkeit
Niere	
NS	Nervensystem
NitHb	Nitrosylhämoglobin
OAW	Oberere Atemwege (umfasst Nase und Rachen)
Olfakt	Nervus olfactorius (Riechnerv)
Opticus	Nervus opticus (Sehnerv)
Piloarr	Piloarreaktion (Sichaufrichten der Körperhaare)
PNS	Peripheres Nervensystem
Prothr	Prothrombinzeit erhöht (führt zu Gerinnungsstörung)
ReproF	Reproduktionstoxizität Frau (z. B. Eierstock)
ReproM	Reproduktionstoxizität Mann (z. B. Hoden, Spermien)
ReproP	Pränatale Reproduktionstoxizität (z. B. embryofetale Missbildungen)
Schwindel	
Sehen	Beeinträchtigung des Sehens (ausser Corneaödem)
Speichel	Anregung des Speichelflusses (Salivation)
Thyr	Schilddrüse (Glandula thyroidea)
UAW	Untere Atemwege (umfasst Kehlkopf, Luftröhre und Bronchialbaum)
Vask	Gefäßssystem
Vasodil	Vasodilatation (Erweiterung der Blutgefäße)
Zahn	
ZNS	Zentrales Nervensystem

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

1.8 Stäube und Nano-partikel

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ngigem 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 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/cm³ 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-Äquivalentdurchmesser unter 100 nm) respektive deren Agglomerate und Aggregate entstehen im wesentlichen bei Verbrennungsprozessen und Gasphasenreaktionen. Die lokale Wirkung der Teilchen im Atemtrakt steigt weniger masseproportional als mit der Teilchenoberfläche oder der Anzahlkonzentration an. Für ultrafeine

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

Durchlassgrad für einatembaren und für alveolengängigen Staub gemäss EN 481

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.

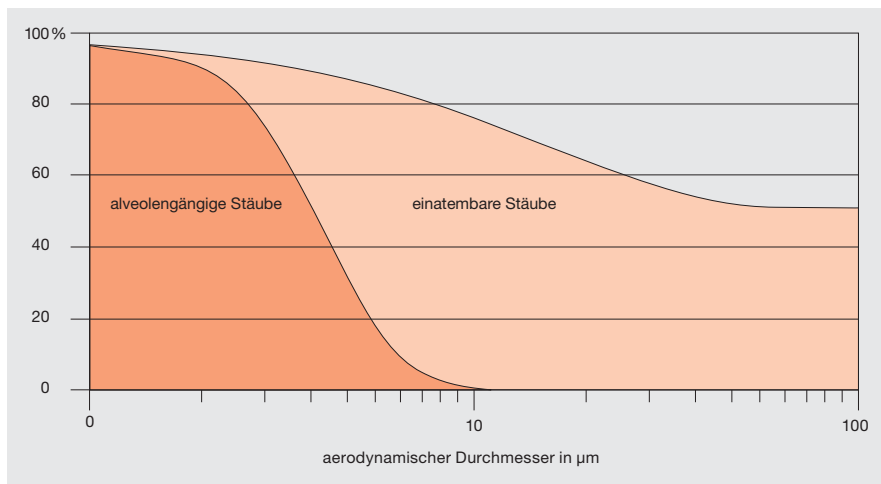
Für Staubmessungen müssen Apparate verwendet werden, deren Konformität mit der Norm EN 481 experimentell und im

praktischen Einsatz belegt und in der Fachliteratur beschrieben ist. Für Messungen von einatembaren Stäuben ist dies beispielsweise bei den Probenahmegeräten IOM und GSP^{2,3} 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) erfassten, 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 Validität dieser Vorgehensweise ist zu belegen.

Quantitative Aussagen allein mit Hilfe von **Streulichtfotometern** sind in der Regel

² Kenny LC: Developments in Workplace Aerosol Sampling – A review. Analyst, Sept. 1996. Vol. 121 (1233–1239)

³ 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

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 mg/m^3 für alveolengängigen Staub, gemessen nach EN 481, sowie von 10 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)
- 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 mg/m^3 für alveolengängigen Staub und 10 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.

Nanobjekte sind bewusst hergestellte Strukturen, die 1, 2 oder 3 Aussenmasse im Nanomassstab (Grössenbereich von etwa 1 bis 100 nm) aufweisen. Wichtige Vertreter innerhalb der Nanobjekte 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 Kohlenstoffnanoröhrchen (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.

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. Kohlenstoffnanoröhrchen können ebenfalls zu entzündlichen Reaktionen in der Lunge führen. Kohlenstoffnanoröhrchen haben zudem strukturelle Ähnlichkeiten mit faserförmigen Stäuben wie beispielsweise Asbest. Generell werden Fasern dann als gefährdend betrachtet, wenn sie sehr lang sind (insbesondere über $20 \mu\text{m}$), einen Durchmesser von weniger als $3 \mu\text{m}$ 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, 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 mg/m³ (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 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 µm, Durchmesser weniger als 3 µm, Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von über 3:1): 0.01 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 mehlstaubexponierten 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 einer-

seits 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 mg/m³ (e-Staub), respektive – gemessen über einen Zeitraum von 15 Minuten – von 2 mg/m³, 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 Analysemethodik, der qualitativen 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/m³ 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/m³, für gramnegative Bakterien 10^3 KBE/m³, für Schimmelpilze 10^3 KBE/m³ und für Endotoxine 1000 EU/m³ (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.

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 Schritte⁴:

- 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 Inverkehrbringen bezogen werden.

Wenn für eine Substanz kein MAK-Wert vorliegt, so ist es u. U. schwierig, eine Expositionsbewertung 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, NO-AEL). 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 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»

⁴ Schriftenreihe ESICS, Heft 13 (1998), Arbeitshygiene.

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
- AIHA (American Industrial Hygiene Association): <http://www.aiha.org/insideaiha/volunteergroups/cbwg/Pages/default.aspx>
- HSE COSHH (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 Gefährstoffe): <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.

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.

Liegen Stoffgemische vor, die auf verschiedene Zielorgane einwirken bzw. de-

ren 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 gesprochen 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» (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 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

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

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 Isocyanatgemischen. 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

Kühlschmierstoffe, welche bei der Metallzerspanung und -umformung verwendet werden, sind komplexe Gemische und bestehen aus verschiedensten Komponenten. Die toxikologische Bewertung ist von der Zusammensetzung der Kühlschmierstoffe abhängig. Als Additive kommen unter anderem Emulgatoren bei wassermischbaren Kühlschmierstoffen, sowie Korrosionsschutzmittel, Konservierungsmittel, Antischaumzusätze, Hochdruckzusätze und Alterungsschutzmittel zum Einsatz.

Hinzuweisen ist auch auf die mögliche Bildung von Nitrosaminen in Kühlschmierstoffen, die sekundäre Amine enthalten unter alkalischen Bedingungen, insbesondere bei Vorliegen von Formaldehyd, sowie auf die Bildung von N-Nitroso-Oxazolidinen in Kühlschmierstoffen, die primäre Alkanolamine, Formaldehyd und Nitrit enthalten.

Neben Aerosolen können beim Einsatz von Kühlschmierstoffen wegen der Flüchtigkeit einzelner Komponenten auch Dämpfe entstehen. Zudem reichern sich bei der Metallbearbeitung mit Kühlschmierstoffen auch Fremdstoffe, wie Metalle, an. Mikrobielle Kontaminationen, beispielsweise durch Bakterien, können ebenfalls zu Belastungen, unter anderem mit Endotoxinen, führen.

Neben der inhalativen Belastung durch Aerosole und Dämpfe ist vorallem die toxisch-irritative und sensibilisierende Wirkung von Kühlschmierstoffen auf die Haut zu beachten.

Die Messung und Bewertung aller Kühlmittelkomponenten ist in der Regel nicht möglich. Als Parameter für die Arbeitsplatzbeurteilung sind folgende Werte heranzuziehen:

- Für reine Mineralölnebel mit einem Siedepunkt von über 350 °C ohne Additive kann ein Richtwert von 0,2 mg/m³ e, gemessen mit der NIOSH-Methode, herangezogen werden.
- Für Kühlschmiermittelnebel und -dämpfe kann aus arbeitsmedizinisch-toxikologischen Erfahrungen kein MAK-Wert abgeleitet werden. Die toxikologisch relevanten Additive in den Kühlschmierstoffaerosolen weisen im Allgemeinen eine geringe Flüchtigkeit auf und befinden sich daher vorwiegend in der Aerosolphase. Als Richtwert kann ein Wert von 20 mg/m³ (Summe der Aerosole und Dämpfe) im Sinne eines technischen Richtwertes herangezogen werden, gemessen mit der BIA-Methode.

Die Verbesserung der genannten Messmethoden wird gegenwärtig geprüft.

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

Deutsche **G**esetzliche **U**nfallversicherung

- Analyseverfahren zur Festlegung der Konzentrationen von krebserzeugenden Arbeitsstoffen (BGI 505) (periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

IFA

Institut für **A**rbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

- BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen

DFG

Deutsche **F**orschungs**g**emeinschaft (Arbeitsgruppe «Analytische Chemie» der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe)

- Luftanalysen, analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher

Arbeitsstoffe (periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

HSE

Health 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

Institut **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

National **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

Occupational **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^3 (englisch: ppm = parts per million) sowie in mg/m^3 Luft;
- bei Schwebestoffen in mg/m^3 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/m³ angegeben, so gilt dieser für die
gasförmige Phase; der Wert in mg/m³ 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 ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Acetaldehyd [75-07-0]	50	90	50	90	C ₃ SS _C	Auge, OAW ^{KT}	NIOSH
Acetanhydrid s. Essigsäureanhydrid							
Aceton [67-64-1]	500	1200	1000	2400	B	ZNS, Auge ^{KT_{HU}} & AW ^{KT_{HU}}	NIOSH
Acetonitril [75-05-8]	20	34	40	68	H SS _C	UAW, Leber ^{KT_{AN}}	INRS, NIOSH
Acetylaceton [123-54-6]	20	83	40	166	H SS _C	ZNS ^{KT_{AN}}	
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 ^{KT_{HU}}	
Acrolein s. 2-Propenal							
Acrylaldehyd s. 2-Propenal							
Acrylamid [79-06-1]		0,03 e			H S C ₂ M ₂ R _{F3}	ZNS, OAW ^{KT_{AN}}	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 C ₂	ZNS, UAW	BG, DFG, HSE, INRS, NIOSH, OSHA
Acrylsäure [79-10-7]	10	30	10	30	SS _C	Haut & Auge, OAW ^{KT_{AN}}	OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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 C ₃	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-Allyloxy-2,3-epoxypropan [106-92-3]	5	22			H S C ₂ M ₃ R _{F3}	OAW & Haut & Auge	NIOSH
Allylpropyldisulfid [2179-59-1]	2	12	2	12		Auge ^{KT, HU} & OAW ^{KT, HU}	OSHA
Aluminium als Metall [7429-90-5], -oxid [1344-28-1], [1302-74-5] und -hydroxid [21645-51-2]		3 a			B	Formal ^{KT}	NIOSH s. 1.8.2

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Aluminiumoxid-Rauch [1344-28-1]		3 a		24 a		Metallrauch ^{KT_{HU}}	NIOSH s. 1.8.2
Aluminium, lösliche Salze und Alkylverbindungen		2 e					
Ameisensäure [64-18-6]	5	9,5	10	19	SS _C	Auge & Haut, OAW ^{KT_{AN}}	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 ^{KT_{AN}}	s. 1.9.6 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 ^{KT_{AN}}	NIOSH
2-Amino-4-nitrotoluol [99-55-8]	0,08	0,5			C ₃	Leber	
2-Aminopropan [75-31-0]	5	12	10	24	SS _C	Auge, OAW ^{KT_{HU}}	NIOSH
2-Aminopyridin [504-29-0]	0,5	2				ZNS, Nausea	NIOSH
5-Amino-o-toluidin s. 2,4-Toluylendiamin							
3-Amino-p-toluidin s. 2,4-Toluylendiamin							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^l B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
3-Amino-1,2,4-triazol s. Amitrol							
Amitrol [61-82-5]		0,2 e			H C ₃ R _{E3} SS _C	Thyr, OAW ^{KT}	OSHA*
Ammoniak [7664-41-7]	20	14	40	28	SS _C	Auge ^{KTHU} & OAW ^{KTHU}	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 C ₃ M ₃ SS _C	MetHb ^{KTHU}	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
Antimontrioxid (als Sb berechnet) [1309-64-4]; [1327-33-9]		0,1 e			C ₂	Lungenfib	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _f R _e SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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 C ₃	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			B C ₁	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				C ₁	Lungenfib, Lungenkrebs ^{KT_{HU}} & Meso ^{KT_{HU}}	Asbestexponierte Zigarettenraucher tragen ein erhöhtes Bronchialkrebs- risiko. Bei nur kurz dauernder Expositi- on wird die kumulative Dosis (Faser- jahre) unter Berücksichtigung der Asbestfasertypen zur Beurteilung herangezogen. VDI-3492, RTM2 AIA
Atrazin [1912-24-9]		2 e		4 e	SS _c	Haut & Auge & AW, ZNS ^{KT_{AN}}	OSHA
Auramin [492-80-8]		0,08			H C ₂		OSHA
Azinphos-methyl [86-50-0]			0,2 e			H	Cholin ^{KT_{AN}} OSHA
Aziridin s. Ethylenimin							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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 _C SS _C	AW, Lunge	Vertikal-Elutriator EN481
Benomyl [17804-35-2]	0,8	10 e			S M ₂ R _{F2} R _{E2}	OAW ^{KT AN}	OSHA
Benzin 30-75, aromatenfrei	500	2000				ZNS, OAW ^{KT} & Auge ^{KT}	OSHA Die MAK für n-Hexan muss eingehalten werden
Benzo(a)pyren [50-32-8]		0,002			H C ₂ M ₂ R _{F2}		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 ^{KT HU}	NIOSH
Benzol [71-43-2]	0,5	1,6			H B C ₁ M ₂	Leukämie ^{KT HU}	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 C ₁	Beryll ^{KT}	BG, HSE, NIOSH
Biphenyl [92-52-4]	0,2	1,3				Lunge ^{KT AN}	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 ¹ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Bis(chlormethyl)ether [542-88-1]	0,001	0,005			C ₁	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. Dipropylenglykoldimethylether							
Bisphenol A [80-05-7]		5 e		5e	S SS _C	OAW ^{KTAN} & KG ^{KTAN}	
Bitumen [8052-42-4] Dämpfe und Aerosole der Heissverarbeitung		10			H C ₃	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 ₃ R _{F3} R _{E1} SS _B	NS, Blut	HSE, NIOSH
Bleitetraethyl (als Pb berechnet) [78-00-2]		0,05		0,1	H B SS _B	ZNS ^{KTHU}	HSE, NIOSH, OSHA
Bleitetramethyl (als Pb berechnet) [75-74-1]		0,05		0,1	H B SS _B	ZNS ^{KTHU}	HSE, NIOSH, OSHA
Boroxid [1303-86-2]		10 e				Auge ^{KTHU} & OAW ^{KTHU}	NIOSH
Borsäure [10043-35-3]		10 e		10e	SS _B	OAW ^{KTHU}	
Bortribromid [10294-33-4]	1	10				OAW ^{KT}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Bortrifluorid [7637-07-2]	1	3	1	3		UAW, Lunge ^{KT}	OSHA
Brom [7726-95-6]	0,1	0,7	0,1	0,7		AW ^{KT HU} & Lunge ^{KT HU}	OSHA
Bromacil [314-40-9]	1	10 e				Thyr	
2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan [151-67-7]	5	40	40	320	B R _{E2} SS _B	ZNS, Vasodil, Leber	DFG, OSHA
Bromethan [74-96-4]	5	22			H C ₃ *	Leber, ZNS	NIOSH
Brommethan [74-83-9]	1	3,9	2	7,8	M ₃	Haut, OAW ^{KT AN}	DFG, NIOSH
Bromoform [75-25-2]	0,5	5			H C ₃	OAW & Auge, Leber ^{KT AN}	INRS, NIOSH
Brompentafluorid [7789-30-2]	0,1	0,7				Auge ^{KT} & Haut ^{KT} & OAW ^{KT}	
Bromwasserstoff [10035-10-6]	2	6,7	2	6,7		Lunge, OAW ^{KT HU}	OSHA, NIOSH
1,3-Butadien [106-99-0]	5	11			C ₂ M ₂		NIOSH
Butan (beide Isomeren) n-Butan [106-97-8] iso-Butan [75-28-5]	800	1900	3200	7200		ZNS ^{KT} ZNS ^{KT}	
n-Butanol [71-36-3]	50	150	50	150	SS _C	Auge ^{KT} & OAW ^{KT}	INRS, NIOSH
iso-Butanol [78-83-1]	50	150	50	150	SS _C	Auge ^{KT AN} & OAW ^{KT AN}	INRS, NIOSH
sec-Butanol [78-92-2]	100	300	200	600		OAW, ZNS	INRS, NIOSH
tert-Butanol [75-65-0]	20	60	80	240	SS _C	ZNS, Niere ^{KT AN}	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _f R _e SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
2-Butanon [78-93-3]	200	590	200	590	H B SS _c	NS, OAW ^{KT HU}	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 _c	OAW, Lunge ^{KT AN}	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 _c	OAW ^{KT AN}	
1-n-Butoxy-2,3-epoxypropan [2426-08-6]	25	135	50	270	H S M ₂ R _{F3}	ReproM ^{KT AN}	NIOSH
2-Butoxyethanol [111-76-2]	10	49	20	98	H B SS _c	Auge, OAW ^{KT AN}	HSE, INRS, NIOSH beachte besonders 1.9.2
2-Butoxyethylacetat [112-07-2]	10	66	20	132	H B SS _c	Blut, OAW ^{KT AN}	HSE, INRS, OSHA beachte besonders 1.9.2
1-Butylacetat [123-86-4]	100	480	200	960	SS _c	Auge ^{KT HU} & OAW ^{KT HU}	INRS, NIOSH
2-Butylacetat [105-46-4]	100	480	200	960		Auge ^{KT HU} & OAW ^{KT HU}	INRS, NIOSH
iso-Butylacetat [110-19-0]	100	480	200	960	SS _c	Auge ^{KT HU} & OAW ^{KT HU}	INRS, NIOSH
tert-Butylacetat [540-88-5]	50*	240*	100*	480*	SS _B **	Auge, OAW, ZNS ^{KT AN}	INRS, NIOSH * Bei Konzentrationen <10 ppm ist nicht mit einer fruchtschädigenden Wirkung zu rechnen
n-Butylacrylat [141-32-2]	2	11	4	22	S SS _c	Haut, Auge, OAW ^{KT AN}	INRS
Butylalkohol (alle Isomeren) s. Butanol							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
n-Butylamin [109-73-9]	2	6,1	4	12,2	H SS _C	Kopfweh, Auge, OAW ^{KTAN}	NIOSH
iso-Butylamin [78-81-9]	2	6,1	4	12,2	H SS _C	OAW ^{KTAN}	NIOSH
sec-Butylamin [13952-84-6]	2	6,1	4	12,2	H SS _C	OAW ^{KTAN}	NIOSH
p-tert-Butylbenzoesäure [98-73-7]		2 e		4 e	H R _{F2}	Repro ^{MTAN}	
Butyldiglykol [112-34-5]	10	67	15	101	SS _C	Blut, Leber, Niere	beachte besonders 1.9.2
Butyldiglykolacetat [124-17-4]	10	85	15	128	SS _C		beachte besonders 1.9.2
tert-Butylchromat (als Cr berechnet) [1189-85-1]		0,05 e			H	UAW & Haut	
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	C ₃ SS _C	Leber ^{KTAN}	
Butylhydroxytoluol (BHT) [128-37-0]		10 e		40 e	SS _C	Leber, KG	
Butyllactat [138-22-7]	5	30				Kopfweh, OAW	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Butylmercaptan s. Butanthiol							
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	Haut ^{KT_{HU}}	
p-tert-Butyltoluol [98-51-1]	10	60	10	60		Nausea, Auge ^{KT_{HU}} & OAW ^{KT_{HU}}	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 _C H SS _B H H SS _C	Immun ^{KT} , AW ^{KT}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Cadmium [7440-43-9] und seine Verbindungen (ausser Cadmiumoxid) Cadmiumchlorid [10108-64-2] Cadmiumsulfat [10124-36-4] Cadmiumsulfid [1306-23-6] und andere bioverfügbare Verbindungen (als Cd berechnet)		0,015 e			H B C ₂ M ₃ R _{F3} R _{E3}	Niere ^{KT HU}	HSE, NIOSH, IFA
Cadmiumoxid [1306-19-0]		0,002 a			B C ₂ M ₃ R _{F3} R _{E3}		HSE, NIOSH, IFA
Caesiumhydroxid [21351-79-1]		2 e				Auge ^{KT} & OAW ^{KT} & Haut ^{KT}	OSHA
Calciumcarbid 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 SS _C	Auge & OAW, Alkohol ^{KT HU}	starke Giftwirkung zusammen mit Ethanol
Calciumhydroxid [1305-62-0]		5 e			SS _C	Auge ^{KT} & OAW ^{KT} & Haut ^{KT}	NIOSH
Calciumoxid [1305-78-8]		2 e		2e	SS _C *	OAW ^{KT HU}	NIOSH
Calciumsilikat [1344-95-2]		3 a				OAW ^{KT HU}	NIOSH s. 1.8.2
Calciumsulfat [10101-41-4]; [7778-18-9]; [10034-76-1]; [13397-24-5]		3 a			SS _C	Formal ^{KT}	s. 1.8.2
Campher s. Kampfer							
ε-Caprolactam [105-60-2]		5 e			SS _C	Haut ^{KT HU} & Auge ^{KT HU} & OAW ^{KT HU}	DFG, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ¹ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Captafol [2425-06-1]		0,1 e			H	Haut ^{KT HU}	
Captan [133-06-2]		5 e			C ₃	Haut ^{KT HU}	OSHA
Carbaryl [63-25-2]		5 e			H C ₃ R _{E3}	Cholin	NIOSH, OSHA
Carbendazim [10605-21-7]		10 e		40 e	SS _B	Leber ^{KT AN}	
Carbofuran [1563-66-2]		0,1				Cholin ^{KT AN}	
Carbonylchlorid [75-44-5]	0,1	0,41	0,2	0,82	SS _C	Lunge, OAW	NIOSH
Carbonylfluorid [353-50-4]	2	5				UAW, Knochen	
Catechol [120-80-9]	5	23				Auge ^{KT HU} & OAW ^{KT HU} & Haut ^{KT HU}	
Chinon s. p-Benzochinon							
Chlor [7782-50-5]	0,5	1,5	0,5	1,5		Auge ^{KT HU} & OAW ^{KT HU}	DFG, NIOSH, OSHA
Chloracetaldehyd [107-20-0]	1	3	1	3	C ₃	OAW ^{KT HU} & Auge ^{KT HU}	NIOSH
α-Chloracetophenon [532-27-4]	0,05	0,3				Auge ^{KT} & OAW ^{KT} & Haut ^{KT}	NIOSH
Chloracetylchlorid [79-04-9]	0,05	0,24				OAW ^{KT AN}	
γ-Chlorallylchlorid s. 1,3-Dichlorpropen							
Chlorameisensäurebutylester [543-27-1], [592-34-7]	0,2	1,1	0,4	2,2	SS _C	AW, Piloarr ^{KT AN}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Chlorameisensäuremethylester [79-22-1]	0,2	0,78	0,4	1,56	SS _C	AW ^{KTAN}	
5-Chlor-2-aminotoluol s. 4-Chlor-o-toluidin							
p-Chloranilin [106-47-8]	0,04	0,2 e			H C ₂		
Chlorbenzol [108-90-7]	10	46	20	92	B SS _C	Niere, Leber ^{KTAN}	HSE, NIOSH
2-Chlorbenzylidenmalonnitril [2698-41-1]	0,05	0,4			H	OAW	NIOSH
Chlorbrommethan [74-97-5]	200	1050	400	2100		Leber, ZNS ^{KTAN}	NIOSH
2-Chlor-1,3-butadien [126-99-8]	5	18			H C ₂	OAW, Auge	NIOSH
Chlorcyan [506-77-4]	0,3	0,8				Lunge, Auge & Haut & OAW	
Chlordan [57-74-9]		0,5 e			H C ₃	Leber ^{KTHU}	NIOSH
1-Chlor-1,1-difluorethan (R 142b) [75-68-3]	1000	4170				Formal ^{KT}	
Chlordifluormethan s. Monochlordifluormethan							
Chlordioxid [10049-04-4]	0,1	0,3	0,1	0,3		OAW ^{KT}	
1-Chlor-2,3-epoxypropan [106-89-8]	2	8			H S C ₂ R _{F3}	OAW, ReproM	BG, DFG, NIOSH
Chloressigsäuremethylester [96-34-4]	1	5	1	5	H S SS _C	Haut ^{KTAN} & Auge ^{KTAN} & AW ^{KTAN}	INRS
Chlorethan [75-00-3]	9	25			H C ₃	Leber	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^l B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
2-Chlorethanol [107-07-3]	1	3	1	3	H SS _C	ZNS, Leber, Niere	NIOSH
Chlorfluormethan [593-70-4]	0,5	1,4			C ₃ *		
Chlorierte Biphenyle [53469-21-9]; [11097-69-1]	0,05	0,5	0,4	4	H C ₃ R _{F2} R _{E2} SS _B	Auge & OAW, Leber, Chlorakne	DFG, NIOSH
Chloriertes Camphen (Chlorgehalt 60 %) [8001-35-2]		0,5 e			H C ₂	ZNS, Leber	NIOSH
Chloriertes Diphenyloxid [31242-93-0]		0,5 e			H		NIOSH
Chlormethan [74-87-3]	50	105	100	210	C ₃ R _{F3} R _{E3} SS _B		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 _C	Haut, Auge, OAW ^{KTAN}	
1-Chlor-4-nitrobenzol [100-00-5]	0,075				H C ₃ M ₃	MetHb ^{KTAN}	NIOSH
1-Chlor-1-nitropropan [600-25-9]	2	10				Auge, Lunge	NIOSH
Chloroform s. Trichlormethan							
2-Chloropren s. 2-Chlor-1,3-butadien							
Chlorpentafluorethan [76-15-3]	1000	6400				Formal ^{KT}	
Chlorpikrin s. Trichlornitromethan							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
3-Chlor-1,2-propandiol [96-24-2]	0,005	0,023	0,04	0,18	C ₃ R _{F3}	ReproM ^{KTAN}	
3-Chlorpropen [107-05-1]	1	3	2	6	H C ₃ M ₃	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 C ₁ M ₃		
α-Chlortoluol [100-44-7]		0,2			H C ₂ M ₃ R _{E3}	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 _C	Leber ^{KT HU}	OSHA
Chlortrifluorid [7790-91-2]	0,1	0,4	0,1	0,4		Lunge, Auge ^{KT} & OAW ^{KT}	
Chlortrifluormethan (R 13) [75-72-9]	1000	4330				Formal ^{KT}	
Chlorwasserstoff [7647-01-0]	2	3	4	6	SS _C	OAW ^{KTAN}	DFG, NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Chrom [7440-47-3] (als Cr berechnet) (Metall und Chrom(III)-Verbindungen)		0,5 e			S	OAW & Haut	HSE, NIOSH
Chromtrioxid [1333-82-0] s. Chrom(VI)-Verbindungen					C ₁		
Chrom(VI)-Verbindungen (s. aber Zinkchromat) (als Cr berechnet)		0,05 e			H ^a S ^b B C ₁	OAW, Lungenkrebs	DFG, NIOSH ^a kein H für Barium-, Blei-, Strontium- und Zinkchromat ^b kein S für Barium- und Bleichromat
Chrysotil s. Asbest							
Clopidol [2971-90-6]		10				OAW ^{KT}	
Cobalt [7440-48-4] und Cobaltverbindungen (als Cobalt berechnet) (in Form einatembare Stäube/Aerosole)		0,05 e			H S B C ₂ M ₃ R _{F2}	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 ^{KTAN}	
Cumol s. iso-Propylbenzol							
Cumolhydroperoxid s. α,α -Dimethylbenzylhydroperoxid							
Cyanacrylsäureethylester [7085-85-0]	2	9				OAW & Haut	
Cyanacrylsäuremethylester [137-05-3]	2	9				Auge, OAW ^{KT HU}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Cyanamid [420-04-2]	0,58	1	1,16	2	H S SS _C	Haut & Auge, Blut ^{KTAN}	
Cyanide (als CN berechnet) siehe auch Kalium- und Natriumcyanid		2 e		2e	H O ^L		NIOSH
Cyanogen s. Oxalsäuredinitril							
Cyanwasserstoff [74-90-8]	1,9	2,1	3,8	4,2	H O ^L R _{F3} SS _C	Thyr, ZNS, ReproM&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 ^{KT} & Haut ^{KT} & OAW ^{KT}	INRS, NIOSH
Cyclohexanon [108-94-1]	25	100	50	200	H B SS _C	Auge ^{KT} & OAW ^{KT}	INRS, NIOSH
Cyclohexanonperoxid s. 1-Hydroxy-1'-hydroperoxydicyclohexyl- peroxid							
Cyclohexen [110-83-8]	300	1015				OAW ^{KTAN} & Auge ^{KTAN}	INRS, NIOSH
Cyclohexylamin [108-91-8]	2	8,2	4	16,4	H SS _C	OAW & Haut Auge ^{KTAN}	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 _C	OAW ^{KTAN}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^l B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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 C ₃	Leber, Niere ^{KTAN}	NIOSH
DDVP s. Dichlorvos							
Decaboran [17702-41-9]	0,05	0,25	0,1	0,5	H	ZNS ^{KT}	
Demeton [8065-48-3]	0,01	0,1			H	Cholin	NIOSH
Demetonmethyl [8022-00-2]	0,05	0,5			H	Cholin ^{KT}	
Diacetonalkohol s. 4-Hydroxy-4-methylpentan-2-on							
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 C ₂ M ₃	Leber	OSHA
1,2-Diaminoethan [107-15-3]	10	25	20	50	S		NIOSH, OSHA
1,3-Diamino-4-methylbenzol s. 2,4-Toluylendiamin							
2,4-Diaminotoluol s. 2,4-Toluylendiamin							
o-Dianisidin s. 3,3'-Dimethoxybenzidin							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E S _S	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Diatomeenerde s. Kieselsäure, amorphe							
Diazinon [333-41-5]		0,1 e		0,2 e	H S _{Sc}	Cholin ^{KT AN}	OSHA
Diazomethan [334-88-3]	0,2	0,35			C ₂	Auge, OAW ^{KT}	NIOSH
Dibenzoylperoxid [94-36-0]		5 e		5e		Haut, OAW ^{KTHU}	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 C ₂		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	S _{Sc}	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 ^{KT AN}	NIOSH
Dibutylphthalat [84-74-2]	0,05	0,58	0,1	1,16	R _{F2} R _{E2} S _{Sc}	Auge, OAW ^{KT AN}	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^l B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m³ (ppm)	mg/m³	ml/m³ (ppm)	mg/m³			
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	SS _C	OAW ^{KTAN}	
Dichloracetylen [7572-29-4]	0,1	0,4			C ₂	Nausea, PNS	
3,3'-Dichlorbenzidin [91-94-1]	0,003	0,03			H C ₂	Auge	BG, NIOSH
1,2-Dichlorbenzol [95-50-1]	10	61	20	122	H SS _C	Leber ^{KTAN}	DFG, HSE, INRS, NIOSH
1,3-Dichlorbenzol [541-73-1]	2	12	4	24	SS _C	Thyr, Leber	
1,4-Dichlorbenzol [106-46-7]	20	122			H B C ₃	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 C ₂ M ₃	OAW & Auge	
2,2'-Dichlordiethylether [111-44-4]	5	30	5	30	H C ₃	Auge, Nausea, AW ^{KT}	NIOSH
Dichlordifluormethan (R 12) [75-71-8]	1000	5000			SS _C	Arrh, ZNS ^{KT_{HU}}	DFG, NIOSH
Dichlordimethylether s. Bis(chlormethyl)ether							
α,α-Dichlordimethylether s. Bis(chlormethyl)ether							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
1,3-Dichlor-5,5-dimethylhydantoin [118-52-5]		0,2 e				OAW	
1,1-Dichlorethan [75-34-3]	100	400	200	800	SS _C	Niere ^{KTAN}	HSE, NIOSH
1,2-Dichlorethan [107-06-2]	5	20			H C ₂	Leber, Nausea	DFG, INRS, NIOSH
1,1-Dichlorethen [75-35-4]	2	8	4	16	C ₃ SS _C	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 ^{KTAN}	HSE, INRS, NIOSH
Dichlorethin s. Dichloracetylen							
1,2-Dichlorethylen s. 1,2-Dichlorethen							
Dichlorfluormethan (R 21) [75-43-4]	10	40	20	80		Leber ^{KTAN}	DFG, NIOSH
Dichlormethan [75-09-2]	50	180			B C ₃	COHb, ZNS	DFG, HSE, NIOSH
2,2'-Dichlor-4,4'-methylendianilin s. 4,4'-Methylen-bis(2-chloranilin)							
1,1-Dichlor-1-nitroethan [594-72-9]	2	12				OAW ^{KTAN}	NIOSH
2,4-Dichlorphenoxyessigsäure [94-75-7] (inkl. Salze und Ester)		4 e		8 e	H SS _C	OAW & Haut, Niere ^{KTAN}	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 C ₂ M ₃	Niere	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
2,2-Dichlorpropionsäure [75-99-0] und ihr Natriumsalz [127-20-8]	1	6	1	6		Auge ^{KTHU} & OAW ^{KTHU}	
1,2-Dichlor-1,1,2,2-tetrafluorethan (R 114) [76-14-2]	1000	7000				Formal ^{KT}	DFG, NIOSH
α,α-Dichlortoluol [98-87-3] s. auch α-Chlortoluole	0,015	0,1			H C ₃		BG, DFG
(2,2-Dichlorvinyl)-dimethylphosphat s. Dichlorvos							
Dichlorvos [62-73-7]	0,1	1	0,2	2	H SS _C	Cholin ^{KTHU}	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 ^{KTHU} & Auge ^{KTHU}	OSHA
Dicyclopentadienyleisen [102-54-5]		10 e				Leber	
Di-tert-Dodecyl-Pentasulfid [31565-23-8]		300 e		600 e	SS _C		
Di-tert-Dodecylpolysulfid [68583-56-2]; [68425-15-0]		300 e		600 e	SS _C		
Dieldrin (HEOD) [60-57-1]		0,25 e			H C ₃ R _{F3}	ZNS, ReproF, Leber	NIOSH
Dieselmotor-Emissionen (gemessen als elementarer Kohlenstoff)		0,1 a			C ₂		BG

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ¹ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Diethanolamin [111-42-2]		1 e		1e	H S SS _C	Leber, Niere, OAW ^{KTAN}	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 ^{KTHU} & Auge ^{KTHU}	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 ^{KTAN}	NIOSH, OSHA
Diethylendioxid s. 1,4-Dioxan							
Diethylenglykol [111-46-6]	10	44	40	176	SS _C		
Diethylenglykolmonobutylether s. Butyldiglykol							
Diethylenglykoldimethylether [111-96-6]	5	27	40	216	H R _{F3} R _{E3} SS _B	ReproM & P ^{KTAN}	
Diethylentriamin [111-40-0]	1	4			H	OAW ^{KT} & Auge ^{KT}	NIOSH
Diethylether [60-29-7]	400	1200	400	1200		ZNS, Geruch, OAW ^{KTHU}	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 ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
N,N-Diethylnitrosoamin s. N-Nitrosodiethylamin							
Diethylphthalat [84-66-2]		5 e				OAW ^{KT}	
Diethylsulfat [64-67-5]	0,03	0,2			H C ₂ M ₂		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 C ₃ R _{F3}	Auge, Haut, ReproM	
1,2-Dihydroxybenzol s. Catechol							
1,3-Dihydroxybenzol s. Resorcin							
1,4-Dihydroxybenzol [123-31-9]		2 e		2e	H S C ₃ M ₃	Auge	NIOSH
Diisobutylketon s. 2,6-Dimethylheptan-4-on							
2,4-Diisocyanattoluol s. Isocyanate							
2,6-Diisocyanattoluol s. Isocyanate							
Di-(isooctyl)-phthalat s. Di-sec-octylphthalat							
Diisopropylamin [108-18-9]	5	20			H	OAW, CorneaÖ	NIOSH
Diisopropylether [108-20-3]	200	850	400	1700	SS _C	Auge & OAW, Leber ^{KT AN} , Niere ^{KT AN}	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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			C ₂		OSHA
Dimethoxymethan [109-87-5]	1000	3100	2000	6200	SS _C	Formal ^{KT}	INRS, NIOSH
N,N-Dimethylacetamid [127-19-5]	10	35	20	70	H B R _{E2} SS _C	Leber, AW	INRS, NIOSH
Dimethylamin [124-40-3]	2	4	4	8		GI _T , OAW ^{KT,AN}	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 C ₃	MetHb ^{KT}	NIOSH
3,3'-Dimethylbenzidin [119-93-7]	0,003	0,03			C ₂		
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 ^{KT,HU} & OAW ^{KT,HU}	INRS, NIOSH
N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-phenylen- diamin (6-PPD) [793-24-8]		3 e		6 e	S SS _C	Leber ^{KT,AN}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ¹ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m³ (ppm)	mg/m³	ml/m³ (ppm)	mg/m³			
3,3'-Dimethyl-4,4'-diamino-diphenylmethan [838-88-0]		0,05 e			H C ₂		
Dimethylether [115-10-6]	1000	1910				Formal ^{KT}	
N,N-Dimethylethylamin [598-56-1]	2	6,1	4	12,2		CorneaÖ ^{KT} HU	
Dimethylformamid (DMF) [68-12-2]	5	15	10	30	H B R _{E2} SS _B	Leber ^{KT} AN	DFG, INRS, NIOSH
2,6-Dimethylheptan-4-on [108-83-8]	25	150				OAW ^{KT} HU & Auge ^{KT} HU	INRS, NIOSH
1,1-Dimethylhydrazin [57-14-7]	0,5	1,2			H S C ₂	OAW	NIOSH
1,2-Dimethylhydrazin [540-73-8]	0,5	1,2			H S C ₂		
N,N-Dimethyliso-propylamin [996-35-0]	1	3,6	2	7,2		CorneaÖ ^{KT}	
N,N-Dimethylnitrosamin s. N-Nitrosodimethylamin							
Dimethylphthalat [131-11-3]		5 e				Auge & OAW	OSHA
Dimethylsulfat [77-78-1]	0,02	0,1			H C ₂ M ₃	Auge & Haut	BG, NIOSH, OSHA
Dimethylsulfoxid (DMSO) [67-68-5]	50	160	100	320	H	OAW ^{KT} AN	
Dinitrobenzol (alle Isomeren) [528-29-0], [99-65-0], [100-25-4], [25154-54-5]	0,15	1	0,3	2	H	Auge, MetHb ^{KT}	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 ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
2,6-Dinitrotoluol [606-20-2]	0,007	0,05			C ₂ M ₃ R _{F3}		BG
Di-sec-octylphthalat (DOP) [117-81-7]		5 e			SS _C	UAW, KG ^{KTAN}	DFG, HSE, NIOSH
Dioxan s. 1,4-Dioxan							
1,4-Dioxan [123-91-1]	20	72	40	144	H C ₃ SS _C	Leber, Auge ^{KT_{HU}}	DFG, INRS, NIOSH
Dioxathion [78-34-2]		0,2 e			H	Cholin	
1,3-Dioxolan (Dioxacyclopentan) [646-06-0]	20	62			H SS _C	Blut, Immun ^{KTAN}	
Diphenyl s. Biphenyl							
Diphenylamin [122-39-4]		10 e			H SS _C	Leber, Blut, Niere ^{KTAN}	NIOSH, OSHA
Diphenylbenzol s. Terphenyl							
Diphenylether (Dampf) [101-84-8]	1	7	1	7	R _{F3} R _{E3} SS _C	Nausea, Auge ^{KTAN} & OAW ^{KTAN}	NIOSH
Diphenylether/Biphenylmischung (Dampf)	1	7	1	7	R _{F3} R _{E3}		NIOSH
Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat s. Isocyanate					H B SS _C		
Diphosphorpentaoxid [1314-56-3]		2 e		4 e	SS _C	Lungenfib ^{KTAN}	
Diphosphorpentasulfid [1314-80-3]		1 e		1e		OAW	OSHA
Dipropylenglykol [25265-71-8]		140 e*		280 e*	SS _C	Niere, Leber ^{KTAN}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Dipropylenglykolmethylether (Isomergemisch) [34590-94-8]	50	300	50	300		Auge & AW, Nase ^{KTHU}	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 ^{KTAN}	
Dischwefeldecafluorid s. Schwefelpentafluorid							
Dischwefeldichlorid [10025-67-9]	1	6	1	6		Auge ^{KTHU} & Haut ^{KTHU} & OAW ^{KTHU}	
Distickstoffmonoxid [10024-97-2]	100	182	200	364	R _{F3} R _{E3}	ZNS, Blut, Leber ^{KTHU}	NIOSH
Disulfiram [97-77-8]		2 e			S	Alkohol ^{KTHU}	OSHA
Disulfoton [298-04-4]		0,1				Cholin	OSHA
Diuron [330-54-1]		10 e			C ₃ M ₃	Haut ^{KT} & Auge ^{KT} & OAW ^{KT}	
Divinylbenzol [1321-74-0]	10	50				OAW ^{KTAN}	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 ⁺ B P C M R _F R _E S _S	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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			C ₃ B	Auge, OAW ^{KT AN}	NIOSH Ohne Beitrag zum Krebsrisiko bei Einhalten der MAK
Essigsäure [64-19-7]	10	25	20	50	SSc	Auge, OAW ^{KT HU} & Lunge ^{KT HU}	NIOSH, OSHA
Essigsäureamylester s. Pentylacetat							
Essigsäureanhydrid [108-24-7]	5	20	5	20		Auge ^{KT HU} & AW ^{KT HU}	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m³ (ppm)	mg/m³	ml/m³ (ppm)	mg/m³			
Essigsäurebutylester s. Butylacetat							
Essigsäureethylester s. Ethylacetat							
Essigsäure-sec-hexylester s. 1,3-Dimethylbutylacetat							
Essigsäureisopropenylester [108-22-5]	10	46	20	92		OAW ^{KTAN}	
Essigsäuremethylester s. Methylacetat							
Essigsäurepropylester (beide Isomeren) s. Propylacetat, iso-Propylacetat							
Essigsäurevinylester s. Vinylacetat							
Ethan [74-84-0]	10000	12500				Formal ^{KT}	
Ethanol [64-17-5]	500	960	1000	1920	SS _C	OAW, Formal ^{KT^{HU}}	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			M ₃	Asphyxie	NIOSH
Ether s. Diethylether							
Ethion [563-12-2]		0,4 e			H	Cholin	OSHA
2-Ethoxyethanol [110-80-5]	2	7,5	16	60	H B R _{F2} R _{E2} SS _B	ReproM ^{KT^{HU}}	HSE, NIOSH, OSHA beachte besonders 1.9.2

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E S _S	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
2-Ethoxyethylacetat [111-15-9]	2	11	16	88	H B R _{F2} R _{E2} S _S B	ReproM ^{KT^{HU}}	HSE, NIOSH, OSHA beachte besonders 1.9.2
1-Ethoxy-2-propanol [1569-02-4]	50	220	100	440	H S _S C	Lunge, Niere, Leber	
1-Ethoxy-2-propylacetat [54839-24-6]	50	300	100	600	S _S C	ZNS ^{KT^{AN}}	
Ethylacetat [141-78-6]	400	1400	800	2800	S _S C	OAW ^{KT^{HU}} & Auge ^{KT^{HU}}	INRS, NIOSH
Ethylacrylat [140-88-5]	5	20	10	40	S S _S C	GiT, Haut & Auge, OAW ^{KT^{AN}}	INRS, NIOSH
Ethylalkohol s. Ethanol							
Ethylamin [75-04-7]	5	9	10	18		Haut, OAW ^{KT^{HU}} & Auge ^{KT^{HU}}	NIOSH, OSHA
Ethylbenzol [100-41-4]	50	220	50	220	H O ^L B	Niere, Leber ^{KT^{AN}}	NIOSH
Ethylbromid s. Bromethan							
Ethylbutylketon [106-35-4]	10	47	20	94		Auge, Haut, ZNS ^{KT^{AN}}	
Ethylchlorid s. Chlorethan							
Ethyl-2-cyanoacrylat s. Cyanacrylsäureethylester							
Ethylidiglykol [111-90-0]		50 e		100 e	S _S C	OAW ^{KT^{AN}}	
Ethylenbromid s. 1,2-Dibromethan							
Ethylenchlorhydrin s. 2-Chlorethanol							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Ethylenchlorid s. 1,2-Dichlorethan							
Ethylendiamin s. 1,2-Diaminoethan							
Ethylendibromid s. 1,2-Dibromethan							
Ethylenglykol [107-21-1]	10	26	20	52	H SS _C	Auge, OAW ^{KT HU}	
Ethylenglykoldinitrat [628-96-6]	0,05	0,3	0,05	0,3	H B	Vasodil, Kopfweh ^{KT HU}	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 C ₂ M ₂	OAW, Leber, Niere	BG, NIOSH
Ethylenoxid [75-21-8]	1	2			H C ₂ M ₂	ZNS	HSE, NIOSH, OSHA
Ethylether s. Diethylether							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Ethyl-3-ethoxypropionat [763-69-9]	100	610	100	610	H SSc	Auge ^{KT AN} & Speichel ^{KT AN}	
Ethylformiat [109-94-4]	100	310	100	310	H SSc	Auge ^{KT HU} & OAW ^{KT HU}	INRS, NIOSH
Ethylglykol s. 2-Ethoxyethanol							
Ethylglykolacetat s. 2-Ethoxyethylacetat							
2-Ethylhexanol [104-76-7]	20	110	20	110	SSc	Auge ^{KT}	OSHA
2-Ethylhexylacrylat [103-11-7]	5	38	5	38	S SSc	OAW ^{KT AN}	
Ethylidenchlorid s. 1,1-Dichlorethan							
Ethylidennorbornan [16219-75-3]	5	25				OAW, Auge ^{KT HU}	
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							
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	Leber, Niere, OAW ^{KT AN}	DFG, HSE, INRS, NIOSH
Ethylsilicat s. Tetraethylsilicat							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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 M ₃	Cholin ^{KT}	
Ferbam [14484-64-1]		10 e				ZNS, KG, Milz	OSHA
Ferovanadium [12604-58-9]		1 e				Auge ^{KT} & AW ^{KT}	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 SS _C	Knochen ^{KT}	HSE, NIOSH, OSHA
Fluorwasserstoff [7664-39-3]	1	0,83	2	1,66	B SS _C	AW & Haut & Auge, Knochen ^{KT}	HSE, NIOSH, OSHA
Fluoroxid [7783-41-7]	0,05	0,1				Kopfweh, Lunge, OAW ^{KT}	
Fluortrichlormethan (R 11) s. Trichlorfluormethan							
Flüssiggas (Butan/Propan)	1000	1800					NIOSH
Fonofos [944-22-9]		0,1 e			H	Cholin ^{KTAN}	
Formaldehyd [50-00-0]	0,3	0,37	0,6	0,74	S C ₃ SS _C	OAW, Auge ^{KT^{HU}}	DFG, HSE, NIOSH, OSHA
Formamid [75-12-7]	10	18			H R _{E2}	Auge & Haut, Niere, Leber	
Furfural, Furfurol s. 2-Furylmethanal							
Furfurylalkohol [98-00-0]	10	40	10	40	H	OAW & Auge ^{KT^{HU}}	INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ¹ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Germaniumtetrahydrid [7782-65-2]	0,2	0,6				Blut ^{KTAN}	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]		3a				Lungenfib ^{KT_{HU}}	
Glutaral s. Glutardialdehyd							
Glutaraldehyd s. Glutardialdehyd							
Glutardialdehyd [111-30-8]	0,05	0,21	0,1	0,42	S SS _c	Kopfweh, Haut & Auge, OAW ^{KTAN}	
Glycerin [56-81-5]		50 e		100 e	SS _c	OAW ^{KTAN}	
Glycerintrinitrat [55-63-0]	0,01	0,094	0,01	0,094	H B SS _c	Vasodil ^{KT_{HU}}	NIOSH, OSHA
Glykoldinitrat s. Ethylenglykoldinitrat							
Graphit natürlich [7782-42-5]		2,5 a 5 e			SS _c	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 ⁺ B P C M R _F R _E S _S	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Hafnium [7440-58-6]		0,5 e				OAW, Auge, Leber	NIOSH, OSHA
Halothan s. 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan							
Helium [7440-59-7]						Asphyxie	s. 1.8.2
HEOD s. Dieldrin							
Heptachlor [76-44-8]		0,05 e		0,4 e	H C ₃	Leber ^{KTAN}	NIOSH
Heptan (alle Isomeren) n-Heptan [142-82-5]	400	1600	400	1600		ZNS, OAW ^{KTAN}	NIOSH
2-Heptanon s. Methyl-n-amyketon							
3-Heptanon s. Ethylbutylketon							
1,1,2,3,4,4-Hexachlor-1,3-butadien [87-68-3]	0,02	0,24			H C ₃	Niere ^{KTAN}	NIOSH
1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan (techn. Gemisch aus α-HCH [319-84-6] und β-HCH [319-85-7])		0,2 e			H	Leber ^{KTAN}	
α-Hexachlorcyclohexan [319-84-6]		1 e			H	Leber ^{KTAN}	
β-Hexachlorcyclohexan [319-85-7]		0,2 e			H	Leber ^{KTAN}	
γ-1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan s. Lindan							
Hexachlorcyclopentadien [77-47-4]	0,01	0,1				OAW	NIOSH
Hexachlorethan [67-72-1]	1	10	2	20	H	Leber, Niere ^{KTAN}	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Hexachlornaphthalin [1335-87-1]		0,2 e			H	Leber, Chlorakne	NIOSH
Hexafluoracetone [684-16-2]	0,1	0,7			H R _{F3}	Niere	
Hexamethylenbis-(3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)-propionat) [35074-77-2]		10 e		20 e	SS _C	KG ^{KTAN}	
Hexamethylendiisocyanat s. Isocyanate							
n-Hexan [110-54-3]	50	180	400	1440	H B R _{F3} SS _C	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 R _{F3}	PNS ^{KT_{HU}}	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 C ₃	AW, Lunge ^{KT}	S gilt häufig für exotische, selten für einheimische Hölzer
Holzstaub (Buche, Eiche)		2 e			C ₁		
Hydrazin [302-01-2]	0,1	0,13			H S B C ₂	Lunge ^{KT}	BG, DFG, NIOSH, OSHA
Hydrochinon s. 1,4-Dihydroxybenzol							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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 C ₃ *	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 SS _C	Cholin ^{KTAN}	
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-trifluorethylidifluor- 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	SS _C		
Isopropanol s. 2-Propanol							
Isopropenylbenzol s. iso-Propenylbenzol							
Isopropoxyethanol [109-59-1]	5	22	40	176	H SS _C	Blut ^{KTAN}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
2-Isopropoxyphenyl-N-methylcarbamat s. Propoxur							
Isopropylacetat s. iso-Propylacetat							
Isopropylalkohol s. 2-Propanol							
Isopropylamin s. 2-Aminopropan							
Isopropylbenzol s. iso-Propylbenzol							
Isopropylether s. Diisopropylether							
Isopropylglycidether s. iso-Propylglycidylether							
Jod s. Iod							
Jodmethan s. Iodmethan							
Jodoform s. Iodoform							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m³ (ppm)	mg/m³	ml/m³ (ppm)	mg/m³			
Kaliumcyanid [151-50-8]		5 e		5 e	H O ^L R _{F3} SS _C	Thyr, ZNS, ReproM&F	
Kaliumhydroxid [1310-58-3]		2 e				Haut, OAW ^{KT} & Auge ^{KT}	NIOSH
Kampfer [76-22-2]	2	13				Auge & OAW	NIOSH
Kaolin [1332-58-7]		3 a				Lungenfib ^{KT}	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] a) kolloidale amorphe Kieselsäure einschl. pyrogener Kieselsäure und im Nassverfahren hergestellte Kieselsäure (Fällungskieselsäure, Kieselgel) und ungebrannter Kieselgur [61790-53-2] b) Kieselglas [60676-86-0] Kieselgut [7699-41-4] Kieselrauch, gebrannter Kieselgur [68855-54-9]		4 e 0,3 a			SS _C	Lungenfib ^{KTAN} Lungenfib ^{KTAN}	
Kobalt s. Cobalt							
Kohlendioxid [124-38-9]	5000	9000				Asphyxie	NIOSH
Kohlendisulfid [75-15-0]	5	15	10	30	H B SS _B	PNS ^{KT^{HU}}	HSE, NIOSH
Kohlenmonoxid [630-08-0]	30	35	60*	70*	O ^L B SS _B	COHb ^{KT^{HU}}	NIOSH
Kohlenoxid s. Kohlenmonoxid							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Korund s. Aluminiumoxid							
p-Kresidin [120-71-8]		0,5			C ₂		
Kresol (alle Isomeren) [1319-77-3]	5	22	5	22	H	OAW	INRS, NIOSH, OSHA
Krokydolith s. Asbest							
Kupfer [7440-50-8] und seine anorganischen Verbindungen		0,1 e		0,2 e	SS _C	Metallrauch, Lunge ^{KTAN}	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Lachgas s. Distickstoffmonoxid							
Lackbenzin s. White Spirit							
Latex					S		s. 1.2.2
Leichtbenzin 60–90, Aromatengehalt 0–10 Vol. %	500	2000					OSHA Darf max. 0,5 Vol.% Benzol enthalten. Die MAK für n-Hexan muss eingehalten werden
D-Limonen [5989-27-5]	7	40	14	80	S SS _C	Leber ^{KTAN}	
Lindan [58-89-9]		0,1 e			H B C ₃ SS _C	ZNS, Leber ^{KTAN}	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 _C	Haut & Auge & OAW	OSHA
Lithiumhydrid [7580-67-8]		0,025 e				Haut ^{KTHU} & Auge ^{KTHU} & OAW ^{KTHU}	NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Magnesit s. Magnesiumcarbonat							
Magnesiumcarbonat [546-93-0]		3 a					s. 1.8.2
Magnesiumoxid [1309-48-4]		3 a			SS _C		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 SS _C	Lunge, Auge ^{KTHU} & OAW ^{KTHU}	NIOSH, OSHA
Mangan und seine anorg. Verbindungen [7439-96-5] (als Mn berechnet)		0,5 e			B P SS _C	ZNS ^{KTHU}	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	SS _C	Haut & Auge, OAW ^{KTAN}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Methacrylsäuremethylester s. Methylmethacrylat							
Methan [74-82-8]	10000	6700				Formal ^{KT}	
Methanol [67-56-1]	200	260	800	1040	H B SS _C	ZNS, Sehen	INRS, NIOSH
Methanthiol [74-93-1]	0,5	1	1	2		Leber, ZNS ^{KTAN}	
Methomyl [16752-77-5]		2,5 e			H	Cholin ^{KTAN}	
2-Methoxyanilin [90-04-0]	0,1	0,5			H C ₂ M ₃	MetHb ^{KTHU}	NIOSH
Methoxychlor (DMDT) [72-43-5]		10 e			H* SS _B *	Leber, ZNS	NIOSH
Methoxyessigsäure [625-45-6]	1	3,7	8	29,6	H R _{F2} R _{E2} SS _B	Blut ^{KTAN}	
2-Methoxyethanol [109-86-4]	1	3,2	8	25,6	H B R _{F2} R _{E2} SS _B	Blut ^{KTAN}	HSE, INRS, NIOSH
2-Methoxyethylacetat [110-49-6]	1	4,9	8	39,2	H B R _{F2} R _{E2} SS _B	Blut ^{KTAN}	HSE, INRS, NIOSH
1-Methoxypropanol-2 (PGME) [107-98-2]	100	360	200	720	B SS _C	ZNS, Auge ^{KTHU}	
2-Methoxypropanol-1 [1589-47-5]	5	19	40	152	H R _{F2} R _{E2} SS _B	ReproM ^{KTHU}	
1-Methoxypropylacetat-2 [108-65-6]	50	275	50	275	SS _C	OAW ^{KTAN}	
2-Methoxypropylacetat-1 [70657-70-4]	5	28	40	224	H R _{F2} R _{E2} SS _B	ReproM ^{KTHU}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Methylacetat [79-20-9]	100	310	400	1240	SS _C	OAW ^{KTAN}	INRS, NIOSH
Methylacetylen [74-99-7]	1000	1650				ZNS, Formal ^{KT}	NIOSH, OSHA
Methylacetylen-Propadien-Mischung (MAPP)	1000	1800				ZNS, Formal ^{KT}	NIOSH, OSHA
Methylacrylat [96-33-3]	5	18	5	18	S	Auge & Haut, OAW ^{KTAN}	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 ^{KTHU} & Haut ^{KTHU} & OAW ^{KTHU}	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-amylnketon [110-43-0]	50	235				Auge ^{KT} & Haut ^{KT}	INRS, NIOSH
N-Methylanilin [100-61-8]	0,5	2,2	1,0	4,4	H	ZNS, MetHb ^{KTAN}	DFG, NIOSH Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitrosomethyl- anilins führen (s. 1.3.3.2)
2-Methylaziridin s. Propylenimin							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Methylbromid s. Brommethan							
3-Methylbutan-2-on s. Methylisopropylketon							
Methyl-tert-butylether [1634-04-4]	50	180	75	270	SS _C	OAW, Niere ^{KTAN}	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 ^{KTAN}	INRS, NIOSH
Methylcyclohexanol (alle Isomeren) [25639-42-3]	50	235	100	470		OAW ^{KTAN} & Auge ^{KTAN}	NIOSH
1-Methylcyclohexan-2-on [583-60-8]	50	230	100	460	H	ZNS, OAW ^{KTAN} & Auge ^{KTAN}	NIOSH
4,4'-Methylen-bis(2-chloranilin) (MBOCA) [101-14-4]		0,02			H C ₂	MetHb	NIOSH, OSHA
4,4'-Methylen-bis(N,N-dimethylanilin) [101-61-1]		0,1 e			C ₂		
4,4'-Methylen-bis(2-methylanilin) s. 3,3'-Dimethyl-4,4'-diaminodiphenylmethan							
Methylenchlorid s. Dichlormethan							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
4,4'-Methyldianilin s. 4,4'-Diaminodiphenylmethan							
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 SSc	AW, Auge, ZNS ^{KT HU}	NIOSH
Methylglykol s. 2-Methoxyethanol							
Methylglykolacetat s. 2-Methoxyethylacetat							
5-Methylheptan-3-on [541-85-5]	10	53	20	106		NS ^{KT AN}	
5-Methylhexan-2-on [110-12-3]	20	94	40	188		OAW ^{KT HU} & Auge ^{KT HU}	
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					RE3		

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Methylisopropylketon [563-80-4]	200	720					
Methyljodid s. Iodmethan							
Methylmercaptan s. Methanthiol							
Methylmethacrylat [80-62-6]	50	210	100	420	S SSc	Lunge, Auge, OAW ^{KT AN}	INRS, NIOSH
N-Methyl-1-naphthylcarbamat 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 ^{KT}	OSHA
4-Methylpentan-2-ol [108-11-2]	20	85	20	85	H	ZNS, Auge, OAW ^{KT HU}	NIOSH
4-Methylpentan-2-on [108-10-1]	20	82	40	164	H B SSc	OAW, ZNS, Auge ^{KT HU}	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 ^{KT HU}	INRS, NIOSH
Methylphenyldiamin s. 2,4-Toluyldiamin							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ¹ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
1-Methylpropylenglykol-2 s. 1-Methoxypropanol-2							
Methylpropylketon s. Pentan-2-on							
N-Methyl-2-pyrrolidon [872-50-4]	20	80	40	160	H SS _C		INRS
Methylquecksilber [22967-92-6]		0,01 e			H S		
Methylsilikat [681-84-5]	1	6				OAW, Cornea ^{KTAN}	
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 ^{KT_{HU}}	NIOSH
Milchsäurebutylester s. Butyllactat							
Mineralfasern (künstlich) / Faserstäube – Hochtemperatur-Glasfasern, Glaswolle, – Steinwolle – übrige Faserstäube – Kaliumtitanatverbindungen – Keramikfasern	0,5 Fasern/ml 0,25 Fasern/ml Faser: Länge >5 µm Durchmesser <3 µm Länge : Durchmesser >3 : 1 0,25 Fasern/ml 0,25 Fasern/ml (Definition Fasern wie oben)				1) C ₂ C ₂		BG, HSE, NIOSH Recommended Techn. Method Nr. 1 der AIA (Asbestos Association) ¹⁾ s. 1.3.3.5

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O [±] B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Mineralölnebel							DFG, NIOSH s. 1.9.6
Mineralterpentinöl s. Testbenzin 140-190							
Mineralwolle s. Mineralfasern (künstlich)							
Molybdänverbindungen löslich (als Mo [7439-98-7] berechnet)		5 e				UAW ^{KTAN}	NIOSH
Molybdän und seine unlöslichen Verbindungen (als Mo [7439-98-7] berechnet)		10 e					NIOSH
Monochlordifluormethan (R 22) [75-45-6]	500	1800				Formal ^{KT}	Die Bewertung bezieht sich nur auf den reinen Stoff. Die übliche Verunreinigung mit Chlorfluor- methan ändert die Risikobeurtei- lung grundlegend (C ₂)
Monochlormonofluormethan s. Chlorfluormethan							
Monocrotophos [6923-22-4]		0,25			M ₃	Cholin	
Morpholin [110-91-8]	10	36	20	72	H	Auge, OAW ^{KTAN}	NIOSH Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitroso- morpholins führen (s. 1.3.3.2)
Motorenbenzin 35-200	300	1100					Darf max. 1 Vol.% Benzol enthalten. Die MAK für n-Hexan muss eingehalten werden

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Naled [300-76-5]		0,1 e			H S SS _C	Cholin ^{KT AN}	OSHA
Naphtha (Erdöl) mit Wasserstoff behandelte, schwere [64742-48-9]	50	300	100	600		ZNS ^{KT HU}	
Naphthalin [91-20-3]	10	50			H C ₃	Blut, OAW, Auge ^{KT HU}	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 ^{KT} & Auge ^{KT} & OAW ^{KT}	OSHA
Natriumcyanid [143-33-9]		3,8 e		3,8 e	H O ^L R _{F3} SS _C	Thyr, ZNS, ReproM&F	
Natriumdiethyldithiocarbamat [148-18-5]		2		4	S		
Natriumfluoracetat [62-74-8]		0,05 e		0,2 e	H R _{F3} R _{E3}	ZNS, Herz, ReproM ^{KT AN}	NIOSH, OSHA
Natriumhydroxid [1310-73-2]		2 e		2e	SS _C	Haut, OAW ^{KT} & Auge ^{KT}	NIOSH, OSHA
Natriummetabisulfit [7681-57-4]		5 e				OAW ^{KT}	
Natriumpyrithion [3811-73-2], [15922-78-8]		1 e		2 e	H	PNS ^{KT AN}	
Natriumtetraborat (wasserfrei) [1330-43-4]		1 e				OAW ^{KT HU}	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ¹ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Natriumtetraborat, Dekahydrat [1303-96-4]		5 e		5e	R _{F2} R _{E2}	OAW ^{KT HU}	NIOSH
Natriumtetraborat, Pentahydrat [12179-04-3]		1 e		1e	SS _C	OAW ^{KT HU}	NIOSH
Neon [7440-01-9]							s. 1.8.2
Nickel [7440-02-0]		0,5 e			S B C ₃	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 ₁	Lunge, Nasenkrebs	NIOSH
Nickelverbindungen, unlöslich (Nickeloxid, -sulfid) (als Ni [7440-02-0] berechnet)		0,05 e			S B C ₁	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 ₃ R _{F3}	MetHb	INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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 ^{KTHU}	
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			C ₂		BG, DFG
1-Nitropropan [108-03-2]	25	90	100	360		OAW, Leber, Auge ^{KTHU}	INRS, OSHA
2-Nitropropan [79-46-9]	5	18			H C ₂	Leber ^{KTAN}	BG, INRS, NIOSH, OSHA
N-Nitrosodi-n-butylamin [924-16-3]		0,001			H C ₂		OSHA
N-Nitrosodiethanolamin [1116-54-7]		0,001			H C ₂		OSHA
N-Nitrosodiethylamin [55-18-5]		0,001			H C ₂		OSHA
N-Nitrosodimethylamin [62-75-9]		0,001			H C ₂	Leber	BG, NIOSH, OSHA
N-Nitrosodi-iso-propylamin [601-77-4]		0,001			H C ₂		OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
N-Nitrosodi-n-propylamin [621-64-7]		0,001			H C ₂		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 C ₂		OSHA
N-Nitrosomorpholin [59-89-2]		0,001			H C ₂		OSHA
N-Nitrosopiperidin [100-75-4]		0,001			H C ₂		OSHA
N-Nitrosopyrrolidin [930-55-2]		0,001			H C ₂		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 ^{KTHU}	NIOSH
Nonan [111-84-2]	200	1050				ZNS ^{KTAN}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Octachlornaphthalin [2234-13-1]		0,1 e			H	Leber	NIOSH
Octan (alle Isomeren) (n-Octan [111-65-9])	300	1400	600	2800		OAW ^{KT AN}	NIOSH
iso-Octylalkohol [26952-21-6]	50	270			H	OAW ^{KT AN}	INRS
2-n-Octyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on [26530-20-1]		0,05 e		0,1 e	H S	OAW ^{KT AN}	
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 _C H SS _B H SS _B H	Immun ^{KT AN}	
Osmiumtetroxid (als Os berechnet) [20816-12-0]	0,0002	0,002	0,0002	0,002		Auge ^{KT HU} & OAW ^{KT HU} & Haut ^{KT HU}	
Oxalsäure [144-62-7]		1 e				Auge ^{KT HU} & OAW ^{KT HU} & Haut ^{KT HU}	OSHA
Oxalsäuredinitril [460-19-5]	5	11	10	22	H	UAW ^{KT} & Auge ^{KT}	
Oxiran s. Ethylenoxid							
Ozon [10028-15-6]	0,1	0,2	0,1	0,2	C ₃	Lunge ^{KT HU}	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Paraffinrauch [8002-74-2]		2 a				OAW, Nausea	
Paraquatdichlorid [1910-42-5]		0,1 e		0,1e	H	Lunge ^{KTAN}	NIOSH
Parathion [56-38-2]		0,1 e			H B	Cholin ^{KT_{HU}}	NIOSH
Pentaboran [19624-22-7]	0,005	0,01	0,01	0,02		ZNS ^{KT_{HU}}	
Pentachlorethan [76-01-7]	5	40	10	80	C ₃		NIOSH
Pentachlornaphthalin [1321-64-8]		0,5 e			H	Leber, Chlorakne	NIOSH
Pentachlorphenol [87-86-5]	0,005	0,05 e			H B C ₂ M ₃ R _{E2}		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 _C	PNS ^{KT_{HU}}	NIOSH
1,5-Pentandial s. Glutardialdehyd							
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 _C	Auge ^{KTAN}	
Pentan-2-on [107-87-9]	200	700	400	1400		Auge, UAW ^{KT_{HU}}	INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Pentylacetat (alle Isomeren)	50	260	50	260		OAW ^{KT HU}	INRS, NIOSH
Perchlorethylen s. Tetrachlorethen							
Perchlormethylmercaptan [594-42-3]	0,1	0,8				Auge ^{KTAN} & OAW ^{KTAN}	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 _B	Leber ^{KTAN}	
Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) [1763-23-1] und ihre Salze		0,01 e		0,08 e	H B SS _B		
Peroxyessigsäure [79-21-0]							s. 1.9.4
PHC s. Propoxur							
Phenol [108-95-2]	5	19	5	19	H B M ₃	OAW, Lunge, ZNS	DFG, INRS, NIOSH, OSHA
Phenothiazin [92-84-2]		5 e			H	Cornea, Haut ^{KT HU}	Phototoxische Wirkung
2-Phenoxyethanol [122-99-6]	20	110	40	220	H SS _C	Auge, OAW ^{KT HU}	BIA
Phenylbenzol s. Biphenyl							
m-Phenylendiamin* [108-45-2]		0,1 e			S C ₃	Leber, Niere	OSHA
o-Phenylendiamin [95-54-5]		0,1 e			S C ₃ M ₃	Blut ^{KTAN}	
p-Phenylendiamin [106-50-3]		0,1 e		0,2 e	H S SS _C	OAW ^{KT} & Haut ^{KT}	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Phenylglycidether s. Phenylglycidylether							
Phenylglycidylether [122-60-1]	1	6			H S C ₂ M ₃ R _{F3}		NIOSH
Phenylhydrazin [100-63-0]	5	22			H S C ₂ M ₃	Blut, OAW & Haut	NIOSH
Phenylmercaptan [108-98-5]	0,5	2,3				ZNS, Auge & Haut	DFG
Phenylphosphin [638-21-1]	0,05	0,25			R _{F3}	Haut, Blut	
2-Phenylpropen [98-83-9]	50	250	100	500	B R _{F3}	Niere, OAW ^{KT AN}	
Phenylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5]) berechnet)	0,0004	0,002 e	0,0008	0,004 e	H SS _C	Blut ^{KT AN}	
Phorate [298-02-2]		0,05 e			H	Cholin ^{KT AN}	OSHA
Phosdrin s. Mevinphos							
Phosgen s. Carbonylchlorid							
Phosphin s. Phosphorwasserstoff							
Phosphor weiss/gelb [7723-14-0; 12185-10-3]		0,02 e		0,02e	SS _C	Lunge, Leber, GIT, KG ^{KT AN}	NIOSH
Phosphoroxidchlorid [10025-87-3]	0,1	0,6	0,1	0,6	SS _C	AW ^{KT} & Auge ^{KT}	
Phosphorpentachlorid [10026-13-8]		1 e		1e	SS _C	Auge, OAW ^{KT AN}	NIOSH
Phosphorpentasulfid s. Diphosphorpentasulfid							

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

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^l B P C M R _f R _e SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Polychlorierte Biphenyle (PCB) s. Chlorierte Biphenyle							
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, PAH) s. Benzo(a)pyren							
Polyethylenglykole (PEG) (mittlere Molmasse 200–600)		1000			SS _c		
Polyethylenoxid s. Polyethylenglykole (PEG)							
Polyvinylchlorid [9002-86-2]		3 a			SS _c	UAW, Lungenfib, Lunge	
Portlandzement (Staub) [65997-15-1]		5 e			S	Lunge, Asthma	
Propan [74-98-6]	1000	1800	4000	7200		Formal ^{KT}	NIOSH
2-Propanol [67-63-0]	200	500	400	1000	B SS _c	Auge & OAW, ZNS, Leber ^{KTAN}	INRS, NIOSH
n-Propanol [71-23-8]	200	500			H	Auge ^{KTAN} & OAW ^{KTAN}	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 ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Propin s. Methylacetylen							
β-Propiolacton [57-57-8]	0,5	1,5			H C ₂	OAW	
Propionsäure [79-09-4]	10	30	20	60	SS _C	Haut, Auge ^{KT} & OAW ^{KT}	
Propoxur [114-26-1]		0,5 e				Cholin ^{KTAN}	OSHA
n-Propylacetat [109-60-4]	100	420	200	840		OAW ^{KT_{HU}} & Auge ^{KT_{HU}}	NIOSH
iso-Propylacetat [108-21-4]	100	420	200	840	SS _C	ZNS, Auge ^{KT_{HU}} & OAW ^{KT_{HU}}	
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 C ₃ SS _C	Auge & Haut, OAW ^{KTAN}	INRS, NIOSH
Propylendichlorid s. 1,2-Dichloropropan							
Propylenglykoldinitrat [6423-43-4]	0,05	0,35	0,05	0,35	H	ZNS, Kopfweh ^{KT_{HU}}	
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 ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Propylenimin [75-55-8]	2	5			H C ₂	OAW, Niere	OSHA
1,2-Propylenoxid s. 1,2-Epoxypropan							
iso-Propylether s. Diisopropylether							
iso-Propylglycidylether (IGE) [4016-14-2]	50	240	75	360	M ₃	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 SS _C	Blut, Auge ^{KTAN} & OAW ^{KTAN}	
2-(Propyloxy)ethylacetat [20706-25-6]	20	120	40	240	H SS _C	Blut, Auge ^{KTAN} & OAW ^{KTAN}	
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 ⁺ B P C M R _F R _E S _S	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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 ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Resorcin [108-46-3]	10					Auge ^{KTHU} & Haut ^{KTHU}	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 ^{KTHU}	NIOSH
Rotenon [83-79-4]		5 e			H	OAW & Auge, ZNS	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Salpetersäure [7697-37-2]	2	5	2	5		OAW & Auge, Zahn	NIOSH, OSHA
Salzsäure s. Chlorwasserstoff							
Sangajol s. Testbenzin 140-190							
Schwefelchlorür s. Dischwefeldichlorid							
Schwefeldioxid [7446-09-5]	0,5	1,3	0,5	1,3	SSc*	UAW ^{KT_{HU}}	DFG, NIOSH, OSHA
Schwefelhexafluorid [2551-62-4]	1000	6000				Asphyxie, Formal ^{KT}	NIOSH
Schwefelkohlenstoff s. Kohlendisulfid							
Schwefelpentafluorid [5714-22-7]	0,01	0,1	0,01	0,1		Lunge, OAW ^{KT_{AN}}	
Schwefelsäure [7664-93-9]		0,1 e		0,1e	SSc	Lunge ^{KT_{HU}}	DFG, NIOSH, OSHA
Schwefeltetrafluorid [7783-60-0]	0,1	0,4				Auge & OAW, Lunge ^{KT_{AN}}	
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 ^{KT_{HU}}	OSHA
Selenwasserstoff [7783-07-5]	0,006	0,02	0,048	0,16	SSc	Diabetes ^{KT_{HU}}	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 ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Silan s. Siliciumtetrahydrid							
Silber [7440-22-4]		0,1 e		0,8 e		Haut ^{KT_{HU}}	NIOSH, OSHA
Silbersalze (als Ag [7440-22-4] berechnet)		0,01 e		0,02 e		Haut ^{KT_{HU}}	NIOSH, OSHA
Silicium [7440-21-3]		3 a					NIOSH s. 1.8.2
Siliciumcarbid (non fibrous) [409-21-2]		3 a 10 e			SS _C	Lunge	s. 1.8.2
Siliciumdioxid, kristallines (Quarz [14808-60-7] Cristobalit [14464-46-1] u. Tridymit [15468-32-3])		0,15 a			P C ₁ SS _C	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			C ₂		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 ^L B P C M R _F R _E S _S	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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 ^L B S _S C	NS, Auge ^{KT^{HU}} & OAW ^{KT^{HU}}	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 S _S C	Cholin ^{KT^{AN}}	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 ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
2,4,5-T s. 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure							
Talk (asbestfaserfrei) [14807-96-6]		2 a			SS _C	Lungenfib, Lunge	OSHA bei evtl.Gehalt an Quarz oder Asbest sind die entsprechenden MAK zu berücksichtigen
Tantal [7440-25-7]		5 e			SS _C	Formal ^{KT}	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 ^{KT}	NIOSH
Temephos [3383-96-8]		10 e				Cholin	
TEPP [107-49-3]	0,005	0,05	0,01	0,1	H	Cholin ^{KT}	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 ^{KT,HU} & Auge ^{KT,HU}	NIOSH
Testbenzin 140-190, Aromatengehalt 10–30 Vol.%, s. White Spirit							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Tetraborate (als Bor [7440-42-8])		0,75 e		0,75e	SS _C	OAW ^{KT HU}	
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 [1746-01-6]	1x10 ⁻⁸ mg/m ³ e = 10 pg/m ³ e				H SS _C	Formal ^{KT}	
1,1,1,2-Tetrachlor-2,2-difluorethan (R 112a) [76-11-9]	500	4200				Formal ^{KT}	NIOSH
1,1,2,2-Tetrachlor-1,2-difluorethan (R 112) [76-12-0]	200	1690	400	3380		Leber, Niere, Herz ^{KT AN}	NIOSH
1,1,2,2-Tetrachlorethan [79-34-5]	1	7	2	14	H C ₃ M ₃	Leber ^{KT}	HSE, INRS, NIOSH
Tetrachlorethen [127-18-4]	50	345	100	690	H B C ₃ R _{E3}	ZNS, Auge	HSE, NIOSH
Tetrachlorethylen s. Tetrachlorethen							
Tetrachlorkohlenstoff s. Tetrachlormethan							
Tetrachlormethan [56-23-5]	0,5	3,2	1,0	6,4	H C ₃ SS _C	Blut, Leber	DFG, HSE, NIOSH
Tetrachlornaphthalin [1335-88-2]		2 e				Leber ^{KT}	NIOSH
Tetraethylblei s. Bleitetraethyl							
Tetraethyldiphosphat s. TEPP							
O,O,O,O-Tetraethyldithiodiphosphat (TEDP) s. Sulfotep							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^l B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Tetraethylsilikat [78-10-4]	10	85	10	85		Niere, Auge, OAW ^{KT AN}	NIOSH
Tetrafluorethan s. 1,1,1,2-Tetrafluorethan							
1,1,1,2-Tetrafluorethan [811-97-2]	1000	4200			SS _C	Formal ^{KT}	
Tetrahydrofuran (THF) [109-99-9]	50	150	100	300	H B SS _C	ZNS, Niere, OAW ^{KT AN}	INRS, NIOSH
Tetrahydrothiophen (THT) [110-01-0]	50	180	50	180	SS _C	Auge ^{KT AN}	
Tetrahydronaphthalin [119-64-2]	2	11	2	11	SS _C	OAW ^{KT AN}	
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 C ₃ ⁺	Auge & AW	NIOSH
Tetraphosphor s. Phosphor weiss/gelb							
Tetryl s. N-Methyl-2,4,6-N-tetranitroanilin							
Thalliumverbindungen, löslich (als TI [7440-28-0] berechnet)		0,1 e			H	GIT, PNS	NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Thiabendazol [148-79-8]		10 e			SS _C		
4,4'-Thiobis-(6-tert-butyl-m-kresol) [96-69-5]		10 e				OAW	
Thioglykolate [68-11-1]		2		4	H S SS _C	Auge ^{KT} & Haut ^{KT}	
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 _C		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 _C	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, MethHb	
o-Toluidin [95-53-4]	0,1	0,5			H C ₂		NIOSH
p-Toluidin [106-49-0]	0,2				H S C ₃	MetHb	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Toluol [108-88-3]	50	190	200	760	H O ^L B R _{F3} R _{E3} SS _C	Sehen, ZNS ^{KTHU}	DFG, HSE, INRS, NIOSH Darf max. 0,5 Vol.% Benzol enthalten
2,4-Toluylendiamin [95-80-7]	0,02	0,1			H S C ₂		
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 _C	Nausea, Kopfweg, Auge & OAW	NIOSH
Trichlorbenzol (alle Isomeren) [12002-48-1]	5	38			H SS _C		INRS, NIOSH
Trichloramin [10025-85-1]	0,06	0,3				Auge ^{KTHU} & OAW ^{KTHU} & Haut ^{KTHU}	
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 C ₂		
Trichloressigsäure [76-03-9]	1	7				Auge ^{KTHU} & OAW ^{KTHU}	
1,1,1-Trichlorethan [71-55-6]	200	1080	200	1080	H B SS _C	Leber, ZNS ^{KTHU}	DFG, HSE, NIOSH, OSHA
1,1,2-Trichlorethan [79-00-5]	10	55	20	110	H C ₃	Leber, ZNS	HSE, NIOSH, OSHA
Trichlorethen [79-01-6]	50	260	100	520	H B C ₂ M ₃	Niere, ZNS ^{KTHU}	HSE, INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Trichlorethylen s. Trichlorethen							
Trichlorfluormethan (R 11) [75-69-4]	1000	5600			SS _C	Arrh, Formal ^{KT}	DFG, NIOSH
Trichlormethan [67-66-3]	0,5	2,5	1	5	H C ₃ * M ₃ R _{E3} SS _C	Leber, Niere, OAW	DFG, HSE, NIOSH, OSHA
Trichlornaphthalin [1321-65-9]		5 e			H	Chlorakne, Leber ^{KT}	NIOSH
Trichlornitromethan [76-06-2]	0,1	0,7	0,1	0,7		Lunge, Auge ^{KT^{HU}}	
2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure [93-76-5]		5 e		10 e	H SS _C	PNS, KG ^{KT^{AN}}	NIOSH
α,α,α-Trichlortoluol [98-07-7] s. auch α-Chlortoluole	0,012	0,1			H C ₂	Auge & Haut & OAW	DFG
1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluorethan (R 113) [76-13-1]	500	3800				ZNS ^{KT^{HU}}	DFG, NIOSH
Tridymit s. Siliciumdioxid, kristallines							
Triethanolamin [102-71-6]		5 e		20 e		Auge & Haut, OAW ^{KT^{AN}}	
Triethylamin [121-44-8]	1	4,2	2	8,4		Cornea ^{KT^{HU}}	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 _B	KG ^{KT^{AN}}	
Trifluorbrommethan (R 13 B1) [75-63-8]	1000	6100			SS _C	Formal ^{KT}	NIOSH
2-Trikresylphosphat [78-30-8]		0,1 e				Cholin	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ^l B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Trimellitsäureanhydrid (Rauch/Feinstaub) [552-30-7]	0,005	0,04	0,005	0,04	S	Lunge ^{KT}	NIOSH, OSHA
Trimethylamin [75-50-3]	2	4,9	4	9,8	SS _C	OAW & Auge, Cornea ^Ö	
Trimethylbenzol (alle Isomeren) [25551-13-7]	20	100	40	200	SS _C	ZNS, Asthma, Blut	INRS
3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexen-1-on [78-59-1]	2	11	4	22	C ₃ SS _C	ZNS, Auge ^{KTHU} & OAW ^{KTHU}	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 C ₃	MetHb, Katarakt, Leber ^{KTHU}	OSHA
Triphenylamin [603-34-9]		5 e					
Triphenylphosphat [115-86-6]		3 e				Cholin ^{KTHU}	NIOSH
Triphenylphosphin [603-35-0]		5 e		10 e	SS _C	NS ^{KTAN}	
Tungsten u. seine Verbindungen s. Wolfram u. seine Verbindungen							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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 ^L B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Valerianaldehyd [110-62-3]	50	175				Auge ^{KT} & Haut ^{KT} & OAW ^{KT}	
Vanadiumpentoxid [1314-62-1]		0,05 a		0,05a	B	UAW, OAW ^{KT HU}	NIOSH
Vinylacetat [108-05-4]	10	35	10	35	C ₃	OAW & Auge & Haut, ZNS ^{KT AN}	INRS, NIOSH
Vinylbromid [593-60-2]	5	22			C ₂		NIOSH, OSHA
Vinylchlorid [75-01-4]	2	5,2			C ₁	Leber, Angiosarkom ^{KT HU}	BG, DFG, HSE, NIOSH, OSHA
Vinylcyclohexen [100-40-3]	0,1				H C ₃ R _{F3}		
Vinylidenchlorid s. 1,1-Dichlorethen							
N-Vinyl-2-pyrrolidon [88-12-0]	0,02*	0,09*	0,04*	0,18*	H C ₃ SS _C *	Leber ^{KT AN} , OAW ^{KT AN}	DFG, HSE, INRS, NIOSH*
Vinytoluol s. Methylstyrol							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Warfarin [81-81-2] und Natriumwarfarin [129-06-6]	0,0016	0,02 e	0,0128	0,16 e	H R _{E1} SS _B	Prothr ^{KTHU}	NIOSH
Wasserstoff [1333-74-0]							s. 1.8.2
Wasserstoffperoxid [7722-84-1]	0,5	0,71	0,5	0,71	SS _C	Auge & Haut & OAW, Asthma	DFG, OSHA
White Spirit	100	525					OSHA
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

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
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, Schwinde ^{lKTHU}	INRS, NIOSH Darf max. 0,5 Vol.% Benzol enthalten.
m-Xylol- α,α' -diamin [1477-55-0]		0,1			H S*	Auge & Haut, GIT	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		KZGW		Notationen H S O ⁺ B P C M R _F R _E SS	Kritische Toxizität	Messmethoden/ Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³			
Zellulose [9004-34-6]		3 a				OAW	NIOSH s. 1.8.2
Zement s. Portlandzement							
Zinkchlorid (Rauch) [7646-85-7]		1 a				AW, Metallrauch ^{KT_{HU}}	OSHA
Zinkchromat (als Cr [13530-65-9] berechnet)		0,01 e			S B C ₁	Nasenkrebs	NIOSH
Zinkoxid (Rauch) [1314-13-2]		3 a		3a		Metallrauch ^{KT_{HU}}	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 n-Butyl-, n-Octyl- und Phenylzinnverbindungen		0,1 e		0,2 e	H	Auge & OAW, Nausea, ZNS, Immun	NIOSH, OSHA
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.

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.

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.

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.

*** 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 und C₂

Für die Beurteilung der Exposition gegenüber krebserzeugenden Arbeitsstoffen mit der Einstufung C₁ und C₂ wird auf die allgemeinen Bemerkungen in Abschnitt 1.3.1 verwiesen. Die biologische Überwachung ist in vielen Situationen auch bei der Exposition gegenüber krebserzeugenden Arbeitsstoffen sinnvoll. Wie in Abschnitt 1.3.1 festgehalten worden ist, kann für krebserzeugende Stoffe zumindest beim gegenwärtigen Wissensstand keine mit Sicherheit unwirksame Konzentration angegeben werden. Das Einhalten des MAK-Wertes schützt in diesen Fällen damit nicht vor einem sehr geringen Restrisiko eines Krebses. Dieses Risiko dürfte im glei-

chen Bereich liegen, wie dasjenige verursacht durch andere Umwelteinflüsse wie allgemeine Luftverunreinigung. Da die Krebsgefährdung von der Höhe der Stoffkonzentration und der Dauer der Exposition abhängt, sollte in jedem Fall die Exposition so niedrig wie möglich sein.

Die in Kapitel 2.2 angegebenen BAT-Werte krebserzeugender Arbeitsstoffe unterliegen damit den gleichen Einschränkungen wie MAK-Werte der krebserzeugenden Stoffe.

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	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	P
	t,t-Mukonsäure	500 µg/g Kreatinin (0,398 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	
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)	5 mg/l (69,3 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	20 µg/l (384,6 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	100 mg/l (0,86 mmol/l)	U	b, c	
	Gesamt-Cyclohexanol	12 mg/l (0,12 mmol/l)	U	b, c	
1,4-Dichlorbenzol	2,5-Dichlorphenol	60 mg/g Kreatinin (41,9 µmol/mmol Kreatinin)	U	b, c	
Dichlormethan	Dichlormethan	0,5 mg/l (5,9 µmol/l)	B	b	T
	CO-Hämoglobin	5 %	B	b	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	
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*	B*		
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	7 mg/g Kreatinin (41,6 nmol/mmol Kreatinin)	U	b	X
	Fluorid	4 mg/g Kreatinin (23,87 nmol/mmol Kreatinin)	U	d	X
Glycerintrinitrat	1,2-Glycerindinitrat	0,5 µg/l (2,75 nmol/l)	P/S	b	
	1,3-Glycerindinitrat	0,5 µg/l (2,75 nmol/l)	P/S	b	

Arbeitsstoffe	Biologischer Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
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
Hexamethyldiisocyanat (HDI)	Hexamethyldiamin (nach Hydrolyse)	15 µg/g Kreatin	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 Aceton	25 mg/l (0,4 mmol/l) 25 mg/l (0,4 mmol/l)	U B	b b	
iso-Propylbenzol (Cumol)	2-Phenyl-2-propanol	50 mg/g Kreatinin (41,5 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	
Quecksilber (metallisch, anorganisch)	Anorganisches Quecksilber Anorganisches Quecksilber	25 µg/g Kreatinin (14,3 nmol/mmol Kreatinin) 15 µg/l (75 nmol/l)	U B	d c, b	X X
Selen und seine anorganischen Verbindungen	Selen	150 µg/l (2 µmol/l)	S	a	
Styrol	Mandelsäure Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure	400 mg/g Kreatinin (297 µmol/mmol Kreatinin) 500 mg/g Kreatinin	U U	c, b c, b	N N
Tetrachlorethen	Tetrachlorethen Trichloressigsäure	1 mg/l (6 µmol/l) 7 mg/l (42,8 µmol/l)	B U	d c, b	 N, Q
Tetrahydrofuran	Tetrahydrofuran	2 mg/l (27,7 µmol/l)	U	b	
Toluol	Toluol Hippursäure o-Kresol	600 µg/l (6,48 µmol/l) 2 g/g Kreatinin (1,26 mmol/mmol Kreatinin) 0,5 mg/l (4,62 µmol/l)	B U U	b c, b b, c	 N, X 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	Trichlorethanol	5 mg/l (33,4 µmol/l)	B	c, b	N
	Trichloressigsäure	100mg/g Kreatinin (69 µmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	N
Vanadiumpentoxid	Vanadium	70 µg/g Kreatinin (155 nmol/mmol Kreatinin)	U	b, c	
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 inkorporierter radioaktiver Stoffe im Körper sind durch das Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 und die Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 geregelt.

3.2 Nichtionisierende Strahlen

3.2.1 Laser

Sämtliche Laser müssen gemäss der Europäischen Norm SN EN 60825-1 einer der Laserklassen 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B

Klasse	Wellenlängenbereich (nm)	Maximale Leistung	Gefährdung
1	alle	$F(\lambda)$	ungefährlich (eigensicher)
1 M	302–4000	$F(\lambda)$	Können gefährlich sein, wenn ein optisches Instrument (Lupe, Mikroskop, Fernglas) verwendet wird. Eine Brille gilt hier nicht als optisches Instrument.
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 λ abhängig ist und der Norm entnommen werden muss.

oder 4 zugeordnet und gekennzeichnet sein. Diese Zuordnung erfolgt aufgrund der Gefährlichkeit der zugänglichen Strahlung und berücksichtigt die eventuell verwendeten optischen Hilfsmittel. Der Gefährdungsgrad nimmt mit steigender Klasse zu. Für die Datenübertragung mittels Lichtwellenleiter gilt die Norm SN EN 60825-2. Weitere Informationen können der Broschüre «Achtung Laserstrahl» (Suva 66049.d) entnommen werden.

3.2.2 Ultraviolett

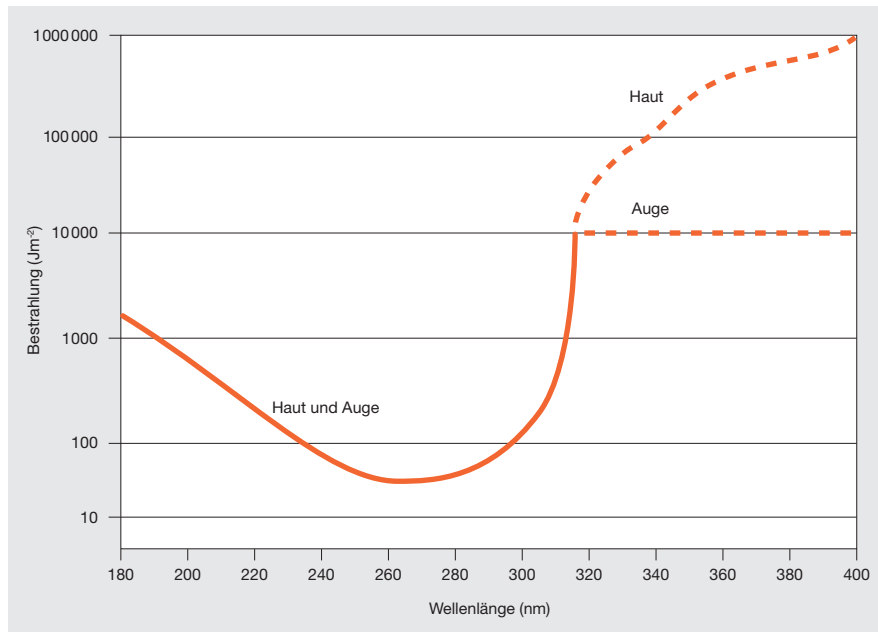
Wellenlängenbereich 180 bis 400 nm.

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 konti-

nuierliche 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 Bestrahlungswert 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



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

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

Wellen- länge	Bestrah- lungs- Grenzwert	relative spektrale Wirksamkeit	Wellen- länge	Bestrah- lungs- Grenzwert	relative spektrale Wirksamkeit	Bestrahlungs- Grenzwert	relative spektrale Wirksamkeit
(nm)	(J · m ⁻²)	(-)	(nm)	(J · m ⁻²)	(-)	(J · m ⁻²)	(-)
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} .

Referenzwellenlänge von 270 nm hergestellt.

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

wobei

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

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

S_{rel} = relative spektrale Wirksamkeit der Strahlung bei der Wellenlänge λ [-] (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_{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 Elektromagnetische Felder

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

Die Grenzwerte (Tabelle 3) gelten für Situationen, wo der ganze Körper dem elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen 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 3 übersteigen. Für den Nahbereich von medizinischen Magnetresonanztomographen 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 3 nicht übersteigen.

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: $I_{\text{ber}} < 1 \text{ mA}$).

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

f	H (kA/m)	B (mT)	E (kV/m)	P (W/m²)
statisch	163	200	40	1)
f (Hz)	H (A/m)	B (μT)		
16 2/3	1200	1500	20	1)
50	400	500	10	1)
400	50	62,5	1,25	1)
30 000	24,4	30,7	0,61	1)
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 2)	0,36	0,45	137	50
5800	0,36	0,45	137	50
24 125	0,36	0,45	137	50

Tabelle 3: Grenzwerte (Effektivwerte) für ausgewählte Industriefrequenzen; f = Frequenz, H = magnetische Feldstärke, B = magnetische Flussdichte, E = elektrische Feldstärke, P = Leistungsdichte

1) bei dieser Frequenz nicht relevant, 2) häufig verwendete Frequenz für Mikrowellenöfen

EM-sensible Geräte wie Navigationsgeräte, Bildschirme, Elektronenmikroskope, Analysengeräte, Radioempfangsgeräte ungestört bleiben. Auch können elektroexplosive Vorrichtungen gezündet oder 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).

Für den Umweltschutz und die Raumplanung gilt die Verordnung über den Schutz

vor nichtionisierender Strahlung (NISV) SR 814.710.

Die Grenzwerte in der Tabelle 3 entsprechen den Referenzwerten der Richtlinie über die Begrenzung der Immissionen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Wechselfelder (bis 300 GHz) der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP-Richtlinie 1998, Health Phys. 74, 494-522). Die zitierte Richtlinie enthält Basisgrenzwerte, Referenzwerte für den gesamten Frequenzbereich und Berechnungsgrundlagen für den Fall gleichzeitiger Exposition in Feldern mit mehreren Frequenzen, welche bei Bedarf anzuwenden sind.

3.3 Schall und Vibrationen

3.3.1 Dauerschall (Lärm)

Erreicht oder überschreitet der auf einen Arbeitstag von 8 Stunden berechnete Lärmexpositionspiegel L_{EX} 85 dB(A), so ist die Risikobeurteilung zu vertiefen, und es sind die notwendigen Massnahmen zu treffen (vgl. dazu Informationsblatt «Akustische Grenz- und Richtwerte», Suva-Bestell-Nr. 86048.d).

3.3.2 Impulsartiger Schall

Überschreitet der Schalldruckspitzenpegel L_{Peak} 135 dB(C), so ist eine Risikobeurteilung basierend auf dem über eine Stunde aufsummierten Schallexpositionspegel L_E in dB(A) vorzunehmen, und es sind die notwendigen Massnahmen zu treffen (vgl. dazu Informationsblatt «Akustische Grenz- und Richtwerte», Suva-Bestell-Nr. 86048.d).

3.3.3 Ultraschall

Ultraschall im Frequenzbereich von 20 kHz bis 100 kHz verursacht nach heutigem Stand des Wissens keine Schädigung, wenn der Maximalpegel unter 140 dB und der Mittelungspegel, bezogen auf 8 Stunden pro Tag, unter 110 dB liegt.

3.3.4 Infraschall

Infraschall im Frequenzbereich von 2 Hz bis 20 Hz verursacht nach heutigem Stand des Wissens keine Gehörschädigung, wenn der Mittelungspegel, bezo-

gen auf 8 Stunden pro Tag, unter 135 dB und der Maximalpegel unter 150 dB liegt. Störungen des Wohlbefindens können auftreten, wenn der Mittelungspegel 120 dB übersteigt.

3.3.5 Vibrationen

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.

Hand-Arm-Vibrationen

Erreicht oder überschreitet die auf einen Arbeitstag von 8 Stunden bezogene Vibrationsbelastung $A(8)$ den Wert von 2.5 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 m/s^2 nicht überschreiten (Expositionsgrenzwert).

Ganzkörper-Vibrationen

Erreicht oder überschreitet die auf einen Arbeitstag von 8 Stunden bezogene Vibrationsbelastung $A(8)$ den Wert von 0.5 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 m/s^2 nicht überschreiten (Expositionsgrenzwert).

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 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 Arbeitnehmender in einer hyperbaren Umgebung den in der Umgebungsluft vorhandenen Substanzen gegenüber der

normobaren 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 mg/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 mg/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
- EN ISO 7726 Umgebungsklima-Instrumente zur Messung physikalischer Grössen.

Der Klimagrenzwert für Arbeiten im Untertagebau beträgt 28 °C Trockentempe-

ratur. 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)
 - 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 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.
- 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: Leitlinie Nr. 28)

4.2 Richtwert für Gewichte (Manipulation von Lasten)

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
#	KZGW darf im Mittel auch während 15 Minuten nicht überschritten werden	1.1.2
H	Hautresorption	1.2.1
S	Sensibilisierung	1.2.2
O ^L	Lärmverstärkende Ototoxizität	1.2.3
B	Biologisches Monitoring	1.2.4
P	Provisorische Festlegung	1.2.5
*	Neuerung	1.2.6
C ₁ –C ₃	Krebserzeugend	1.3
M ₁ –M ₃	Erbgutverändernd	1.4
R ₁ –R ₃	Reproduktionstoxisch	1.5
R _F	Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit	
R _E	Fruchtschädigend bzw. entwicklungsschädigend	
SS _A –SS _C	Zusammenhang MAK-Wert und Schwangerschaft	1.6
e	einatembarer 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	

Suva

Postfach, 6002 Luzern
Telefon 041 419 58 51
www.suva.ch

Bestellnummer

1903.d
Ausgabe: Januar 2014