

Grenzwerte am Arbeitsplatz 2011

Anfragen grundsätzlicher Natur zu dieser Liste, z. B. über Wirkung der Stoffe oder Höhe der Werte, sind an folgende Adresse zu richten:

Suva

Abteilung Arbeitsmedizin

Postfach

6002 Luzern

Tel. 041 419 51 11

Fax 041 419 62 05

arbeitsmedizin@suva.ch

Auskünfte über Messmethodik, Massnahmen zur Einhaltung der MAK-Werte und Berufskrankheiten-Prophylaxe erteilen:

Chemische und biologische
Einwirkungen

Suva

Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

Bereich Chemie

Postfach

6002 Luzern

Tel. 041 419 51 11

chemie@suva.ch

Physikalische Einwirkungen und Einwirkungen
auf den Bewegungsapparat

Suva

Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

Bereich Physik

Postfach

6002 Luzern

akustik@suva.ch

ergonomie@suva.ch

physik@suva.ch

Suva

Arbeitsmedizin
Postfach, 6002 Luzern

Auskünfte

Tel. 041 419 51 11

Bestellungen

www.suva.ch/waswo (Download möglich)

Fax 041 419 59 17

Tel. 041 419 58 51

Grenzwerte am Arbeitsplatz 2011

Abdruck, ausser für kommerzielle Nutzung,
mit Quellenangabe gestattet.

Januar 2011 – 5500 Expl.

Bestellnummer

1903.d

Grenzwerte am Arbeitsplatz 2011¹⁾

- **Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte gesundheitsgefährdender Stoffe (MAK-Werte)**
- **Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte (BAT-Werte)**
- **Arbeitshygienische Grenzwerte für physikalische Einwirkungen**

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

	Seite
1. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte gesundheitsgefährdender Stoffe (MAK-Werte)	5
1.1. Vorbemerkungen	5
1.1.1. Definition des MAK-Wertes	5
1.1.2. Kurzzeitgrenzwerte	5
1.1.3. Erläuterungen und Voraussetzungen	6
1.1.4. Symbole HS BP	7
1.1.4.1. Hautresorption	7
1.1.4.2. Allergische Erscheinungen	7
1.1.4.3. Biologische Überwachung	7
1.1.4.4. Weitere Symbole unter «Bemerkungen»	8
1.1.5. Krebserzeugende Arbeitsstoffe	8
1.1.6. Erbgutverändernde Arbeitsstoffe	10
1.1.7. Reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Arbeitsstoffe	12
1.1.8. MAK-Werte und Schwangerschaft	14
1.1.9. Beurteilung des Gesundheitsrisikos von Arbeitsstoffen ohne MAK-Wert	14
1.1.10. Analytische Überwachung	15
1.1.10.1. Einheiten	17
1.1.10.2. Schwebestoffe	17
1.1.10.3. Isocyanate	20
1.1.10.4. Kühlschmierstoffe und Mineralöle	21
1.1.10.5. Lösliche Metalle	22
1.1.11. Beurteilung von Stoffgemischen	23
1.1.12. Arbeitsmedizinische Vorsorge	24
1.1.13. Hinweis auf besondere Vollzugspflichten	24
1.1.14. Biologische Einwirkungen/biologisch belastete Stäube und Aerosole	25
1.2. Liste der MAK-Werte	27
1.3. Anhang	120
1.3.1. Krebserzeugende Stoffe	120
1.3.1.1. Allgemeines	120
1.3.1.2. Krebserzeugende Stoffe ohne MAK-Wert	121
1.3.1.3. Bildung kanzerogener Nitrosamine aus Aminen	122
1.3.1.4. Benzo(a)pyren (BaP) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs)	123
1.3.1.5. Passivrauchen am Arbeitsplatz	124
1.3.1.6. Erläuterungen Grenzwert Asbest	124
1.3.2. Erbgutverändernde Arbeitsstoffe	125
1.3.3. Reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Arbeitsstoffe	125
1.3.4. Synthetische Fasern/Faserstäube	125
1.3.5. Organische Peroxide	127
1.3.6. Inerte Stoffe	127
1.3.6.1. Inerte Stäube, allgemeiner Staubgrenzwert	127
1.3.6.2. Inerte Gase	128

1.3.7.	Sensibilisierende Arbeitsstoffe	128
1.3.7.1	Getreidemehlstäube	128
1.3.8.	Neurotoxische Stoffe	129
1.3.9.	Nanopartikel und ultrafeine Partikel	129
2.	Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte gesundheitsgefährdender Stoffe (BAT-Werte)	132
2.1.	Vorbemerkungen	132
2.1.1.	Biologisches Monitoring	132
2.1.2.	Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert: Definition	132
2.1.3.	Erläuterungen	133
2.1.4.	Aufbau der Liste der BAT-Werte	134
2.1.5.	BAT-Werte von Arbeitsstoffen mit der Einstufung «krebserzeugend» C1 und C2	135
2.1.6.	Analytische Überwachung	136
2.2.	Liste der biologischen Arbeitsstofftoleranzwerte (BAT-Werte)	137
2.2.1.	BAT-Werte	137
2.2.2.	BAT-Werte von Arbeitsstoffen mit der Einstufung «krebserzeugend» C1 und C2	143
3.	Arbeitshygienische Grenzwerte für physikalische Einwirkungen	145
3.1.	Ionisierende Strahlen	145
3.2.	Nichtionisierende Strahlen	145
3.2.1.	Laser	145
3.2.2.	Ultraviolett	147
3.2.3.	Elektromagnetische Felder	150
3.3.	Schall und Vibrationen	152
3.3.1.	Dauerschall (Lärm)	152
3.3.2.	Impulsartiger Schall	152
3.3.3.	Ultraschall	152
3.3.4.	Infraschall	152
3.3.5.	Vibrationen	152
3.4.	Überdruck	153
3.5.	Hitze (Infrarotstrahlung)	153
4.	Richtwerte für physische Belastungen	155
4.1.	Vorbemerkungen zum neuen Richtwert	155
4.2.	Richtwert für Gewichte (Manipulation von Lasten)	156

1. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte gesundheitsgefährdender Stoffe (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. Kurzzeitgrenzwerte

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 «Kurzzeitgrenzwerte» die jeweiligen festgelegten Grenzwerte.

Für lokal reizende Stoffe entspricht der Kurzzeitgrenzwert für eine 15-minütige Probenahme in der Regel dem Schichtmittelwert, das heisst, dass der MAK-Wert bei diesen Stoffen, auch über einen Zeitraum von 15 Minuten gemessen, nicht überschritten werden darf. Bei diesen Stoffen wird in der Spalte Kurzzeitgrenzwerte der dem Schichtmittelwert entsprechende Kurzzeitgrenzwert angegeben, ergänzt mit dem Hinweis «15 min» in der Spalte für die zeitliche Begrenzung.

Für Stoffe mit einem Kurzzeitgrenzwert über dem MAK-Wert werden die Kurzzeitgrenzwerte als Mittelwert über 15 Minuten angegeben. 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 und Voraussetzungen

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

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.

Die MAK-Werte, wie auch die Grenzwerte für physikalische Einwirkungen am Arbeitsplatz (s. Kapitel 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 Berufskrankheiten-Risikos 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 müssen immer wieder neuen Erkenntnissen angepasst werden. Deshalb wird die vorliegende Liste regelmässig revidiert.

1.1.4. Symbole H S BP

1.1.4.1. Hautresorption

H (Vergiftung durch **Hautresorption** möglich).

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.

1.1.4.2. Allergische Erscheinungen

S (Sensibilisatoren)

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.

1.1.4.3. Biologische Überwachung (siehe Kapitel 2)

B (Biologisches Monitoring)

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

1.1.4.4. Weitere Symbole unter «Bemerkungen»

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.

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.

1.1.5. Krebserzeugende Arbeitsstoffe (Liste 1.2, Kolonne C)

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 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 krebserzeugenden 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.

- Krebserzeugende 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.

1.1.6. Erbgutverändernde Arbeitsstoffe (Liste 1.2, Kolonne M)

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 eingeräumt, 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 vererbaren 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
 - Fellfleckenentest 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.

1.1.7. Reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Arbeitsstoffe (Liste 1.2, Kolonne R_F und R_E)

Der Begriff «Reproduktionstoxizität» umfasst sowohl die Beeinträchtigung der männlichen und weiblichen Fortpflanzungsfähigkeit als auch die vorgeburtliche Verursachung von nicht vererbaren 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 beeinträchtigungsfördernd 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.

1.1.8. MAK-Werte und Schwangerschaft (Liste 1.2, Kolonne SS)

Die Einstufung von Arbeitsstoffen als R_E (fruchtschädigend/entwicklungsschädigend) gemäss Kapitel 1.1.7 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.

Klassifizierung fruchtschädigender Stoffe

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.

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.

1.1.9. Beurteilung des Gesundheitsrisikos von Arbeitsstoffen ohne MAK-Wert

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. Als wichtige Informationsquelle erweist sich hier das Sicherheitsdatenblatt, das jeder Substanz beigelegt ist. Darin sind u. a. die wichtigsten bekannten Eigenschaften, Hinweise zum Schutz vor der Substanz sowie die Erste

Hilfe aufgeführt. Sind diese Informationen nicht beigelegt, so können diese beim Lieferanten oder Hersteller erfragt werden.

Indessen empfiehlt es sich gerade bei der Verarbeitung von vielen Substanzen, eine Beurteilung des Gesundheitsrisikos vorzunehmen. Diese Beurteilung sollte vor Ort geschehen und umfasst mehrere Schritte¹⁾:

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

1.1.10. Analytische Überwachung

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.

In der Kolonne der MAK-Liste «Hinweise auf Messmethoden» werden die Institutionen aufgeführt, die gängige Messmethoden publiziert haben.

DGUV

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

Alte Heerstrasse 111

D-53757 **Sankt Augustin**

Analyseverfahren zur Festlegung der Konzentrationen von krebserzeugenden Arbeitsstoffen (BGI 505)

(periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

Carl Heymanns Verlag KG

Luxemburger Strasse 449

D-50939 **Köln**

Inhalt: Detaillierte Angaben über Probenahme, Aufarbeitung und Analyse

IFA

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Alte Heerstrasse 111

D-53757 **Sankt Augustin**

BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen

Bezug bei

Erich Schmidt Verlag

Viktoriastrasse 44a

D-33602 **Bielefeld**

¹⁾ Schriftenreihe ESCIS, Heft 13 1998, Arbeitshygiene.

(Bezug von ESCIS-Heften bei ESCIS, c/o Suva, Bereich Chemie)

DFG

Deutsche Forschungsgemeinschaft (Arbeitsgruppe «Analytische Chemie» der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe)

D-53170 **Bonn**

Luftanalysen, analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

VCH Verlags-AG

Postfach

4020 **Basel**

Inhalt: Detaillierte Angaben über Probenahme, Aufarbeitung und Analyse

HSE

Health and Safety Executive (Occupational Medicine and Hygiene Laboratory)

Methods for the Determination of Hazardous Substances MDHS,

(periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

Health and Safety Executive Sales Point

Baynards House

1 Chepstow Place

London W2 4TF

Inhalt: Detaillierte Angaben über Probenahme, Aufarbeitung und Analyse

INRS

Institut National de Recherche et de Sécurité 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)

30, rue Olivier Noyer

F-75680 **Paris Cedex 14**

Inhalt: Nur Hinweise über Probenahme, Aufarbeitung und Analyse

NIOSH

National Institute for Occupational Safety and Health

NIOSH Manual of Analytical Methods

(periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

DHHS (NIOSH) Publication No.84–100,

Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office

Washington, DC 20402/USA

Inhalt: Detaillierte Angaben über Probenahme, Aufarbeitung und Analyse

OSHA

Occupational Safety and Health Administration
(OSHA Analytical Laboratory, Salt Lake City, Utah, USA)

OSHA Analytical Methods Manual
(periodisch ergänzte Loseblattsammlung)

ISBN 0-936712-66-X

erhältlich z. B. durch SKC Inc., Eighty Four, PA 15330/USA (SKC Catalog
Nr. 877-30)

Schweizer Vertretung: Dr. J. Bourgeois,
CH-1603 **Grandvaux**

Inhalt: Detaillierte Angaben über Probenahme, Aufarbeitung und Analyse

1.1.10.1. Einheiten

Die MAK-Werte werden ausgedrückt:

- bei Gasen und Dämpfen in Volumenteilen pro Million Teile Luft = **ml/m³**
(englisch: **ppm** = parts per million) sowie in **mg/m³** Luft;
- bei Schwebestoffen in **mg/m³** 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).

1.1.10.2. Schwebestoffe

Die MAK-Werte für Schwebestoffe werden neu mit den Symbolen e (= einatembarer Staub) und a (= alveolengängiger Staub) gekennzeichnet. Die neuen Definitionen entsprechen teilweise den bisherigen Bezeichnungen G und F, basieren aber auf der international anerkannten Norm EN 481 (ISO 7708).

Übersicht der Umstellung

Zeitpunkt	Art des Staubes	Kennzeichnung
Bis 1998	Gesamtstaub	G
Ab 1999	Einatembarer Staub	e
Bis 1998	Feinstaub	F
Ab 1999	Alveolengängiger Staub	a

e = einatembarer Staub

Unter einatembarem Staub versteht man die Gesamtheit der Partikel in der Atemluft, welche durch Mund und Nase eingeatmet werden können.

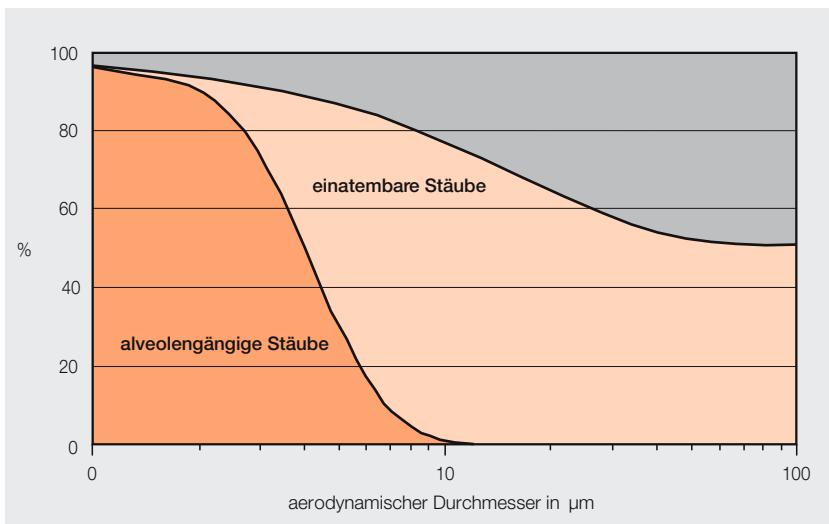
a = alveolengängiger Staub

Unter alveolengängigem Staub versteht man die Gesamtheit der Partikel in der Atemluft, welche bis in die Lungenalveolen gelangen können.

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

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



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

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 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 Probenahmeegeräten IOM und GSP^{1), 2)}, für alveolengängige Stäube bei speziell adaptierten Geräten vom Typ Zyklon der Fall. Messgeräte, welche in Übereinstimmung mit den bisherigen Vorgaben den Gesamtstaub bzw. Feinstaub gemäss Johannesburger Konvention (1959) erfassen, können bei Nachweis der Konformität mit der Norm EN 481 weiterhin eingesetzt werden. Werden Messgeräte eingesetzt, welche andere Staubkollektive als die in der EN 481 beschriebenen erfassen, ist das Ergebnis unter Verwendung eines von der Partikelgrössen-Verteilung abhängigen Umrechnungsfaktors zu korrigieren, und die Validität dieser Vorgehensweise ist zu belegen.

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

Sprachregelung

einatembar (deutsch)	= inhalable (français)	= inhalable (english)
alveolengängig (deutsch)	= alvéolaire (français)	= respirable (english)

1.1.10.3. Isocyanate

Isocyanate sind organische Esterverbindungen der Isocyanäure (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 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.

¹⁾ Kenny LC: Developments in Workplace Aerosol Sampling – A review. Analyst, Sept. 1996. Vol. 121 (1233–1239)

²⁾ Kenny LC and alt: A Collaborative European Study of Personal Inhalable Aerosol Sampler Performance. Ann. occup. Hyg., 1997. Vol. 41, No. 2. (135–153)

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 für etliche Diisocyanate und für alle höherwertigen Isocyanate (inkl. Präpolymere) liegen zudem keine MAK-Werte vor. Bei Heranziehung des NCO-MAK-Werts zur toxikologischen Beurteilung eines Isocyanatgemischs kann überdies in der Regel auf die qualitative und quantitative Analyse der einzelnen Komponenten verzichtet werden. Ein NCO-bezogener MAK-Wert eignet sich auch gut zur Beurteilung 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.

1.1.10.4. 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 vor allem 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.

1.1.10.5. Lösliche Metalle

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

Die in der Liste der MAK-Werte (Kap. 1.2) 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.

1.1.11. Beurteilung von Stoffgemischen

Die MAK-Werte gelten definitionsgemäss für die Exposition zu reinen Stoffen. Für die Beurteilung von Stoffgemischen in der Luft des Arbeitsbereiches und von technischen Produkten, die Begleitstoffe oder Verunreinigungen höherer Toxizität enthalten, sind die MAK-Werte jedoch 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 näherungsweise beurteilt werden können.

In der betrieblichen Praxis wird deshalb bei Gemischen, die auf die gleichen Zielorgane einwirken bzw. deren Komponenten sich in ihrer Wirkung gegenseitig 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 hingegen Stoffgemische vor, die auf verschiedene Zielorgane einwirken bzw. deren Komponenten sich in ihrer Gesamtwirkung gegenseitig nicht verstärken, z. B. bei Fahrzeugaabgasen, ist die folgende Berechnung anwendbar:

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

Im Gegensatz zum Summenindex kann im vorliegenden Fall, analog wie bei einem reinen Stoff, nur von einer unzulässigen Belastung der Luft am Arbeitsplatz gesprochen werden, sofern der MAK-Wert einer oder gleichzeitig mehrerer Komponenten überschritten wird.

1.1.12. Arbeitsmedizinische Vorsorge

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 (vgl. auch biologische Überwachung 1.1.4.3. und Kapitel 2). 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.

1.1.13. 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).

1.1.14. Biologische Einwirkungen/biologisch belastete Stäube und Aerosole

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 vorkommenden 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).

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.

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.

1.2. Liste der MAK-Werte

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Acetaldehyd [75-07-0]	50	90	50	90	15 min		3				C	NIOSH
Acetanhydrid s. Essigsäureanhydrid												
Aceton [67-64-1]	500	1200	1000	2400	4x15	B						NIOSH
Acetonitril [75-05-8]	20	34	40	68	4x15	H					C	INRS, NIOSH
Acetylaceton [123-54-6]	20	83	40	166	4x15	H					C	
Acetylen [74-86-2]	1000	1080										
Acetylentetrabromid s. 1,1,2,2-Tetrabromethan												
Acetylentetrachlorid s. 1,1,2,2-Tetrachlorethan												
Acetylsalicylsäure [50-78-2]		5e										
Acrolein s. 2-Propenal												
Acrylaldehyd s. 2-Propenal												
Acrylamid [79-06-1]		0,03e				HS	2	2	3			OSHA
Acrylate (für Acrylate mit MAK-Werten s. bei den einzelnen Stoffen)						S						s. Anhang 1.1.4.2
Acrylnitril [107-13-1]	2	4,5				HSB	2					BG, DFG, HSE, INRS, NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Acrylsäure [79-10-7] Acrylsäure-n-butylester s. n-Butylacrylat Acrylsäureethylester s. Ethylacrylat Acrylsäuremethylester s. Methylacrylat Aetznatron s. Natriumhydroxid Aktinolith s. Asbest	10	30	10	30	15 min						C	OSHA
Aldrin [309-00-2] 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		0,25e				H	3					NIOSH, OSHA
1-Allyloxy-2,3-epoxypropan [106-92-3] Allylpropyldisulfid [2179-59-1]	5	22				HS	2	3	3			NIOSH OSHA
	2	12	2	12	15 min							OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Aluminium als Metall [7429-90-5], -oxid [1344-28-1], [1302-74-5] u. -hydroxid [21645-51-2]		3 a				B						NIOSH s. Anhang 1.3.6.
Aluminiumoxid-Rauch [1344-28-1]		3 a		24 a	4x15							NIOSH s. Anhang 1.3.6.
Aluminium, lösliche Salze u. Alkylverbindungen		2 e										
Ameisensäure [64-18-6]	5	9,5	10	19	4x15						C	NIOSH, OSHA
Ameisensäureethylester s. Ethylformiat												
Ameisensäuremethylester s. Methylformiat												
Aminobutane s. n-Butylamin, iso-Butylamin, sec-Butylamin												
2-Amino-5-chlortoluol s. 4-Chlor-o-toluidin												
Aminocyclohexan s. Cyclohexylamin												
2-Aminoethanol [141-43-5]	2	5	4	10	4x15	S						NIOSH
2-Amino-4-nitrotoluol [99-55-8]	0,08	0,5					3					
2-Aminopropan [75-31-0]	5	12	10	24	4x15						C	NIOSH
2-Aminopyridin [504-29-0]	0,5	2										NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
5-Amino-o-toluidin s. 2,4-Toluylendiamin												
3-Amino-p-toluidin s. 2,4-Toluylendiamin												
3-Amino-1,2,4-triazol s. Amitrol												
Amitrol [61-82-5]		0,2e					3			3	C	
Ammoniak [7664-41-7]	20	14	40	28	4x15						C	NIOSH, OSHA
Ammoniumchlorid [12125-02-9]		3a										s. Anhang 1.3.6.
Ammoniumsulfamat (Ammate) [7773-06-0]		10e										NIOSH, OSHA
Amosit s. Asbest												
Amylacetat s. Pentylnacetat												
iso-Amylalkohol s. Pentanol (Isomeren)												
α-Amylase						S						s. Anhang 1.1.4.2.
Anilin [62-53-3]	2	8	4	16	4x15	HB	3	3			C	NIOSH
o-Anisidin s. 2-Methoxyanilin												
Anon s. Cyclohexanon												
Antabus s. Disulfiram												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Anthophyllit s. Asbest												
Antimon [7440-36-0]		0,5 e										NIOSH
Antimontrioxid (als Sb berechnet) [1309-64-4]; [1327-33-9]		0,1 e					2					
Antimonwasserstoff [7803-52-3]	0,1	0,5	0,1	0,5	15 min							NIOSH, OSHA
ANTU [86-88-4]		0,3 e		0,6 e	4x15	H*	3					NIOSH
Argon [7440-37-1]												s. Anhang 1.3.6.
Arprocarb s. Propoxur												
Arsenik s. Arsenitoxid												
Arsenitoxid [1327-53-3], Arsenpentoxid [1303-28-2], Arsensäure [7778-39-4] und ihre Salze z.B. Bleiarsenat [3687-31-8], Calciumarsenat [7778-44-1] (als As berechnet)		0,1 e				B	1					BG, HSE, NIOSH
Arsenwasserstoff [7784-42-1]	0,05	0,16										HSE, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Asbest (Staub) [1332-21-4] Aktinolith, Amosit, Anthophyllit, Chrysotil, Krokydolith, Tremolit	0,01 Asbestfasern/ml Faser: Länge > 5 µm Durchmesser < 3 µm Verhältnis Länge : Durchmesser mindestens 3 : 1						1					Asbestexponierte Zigarettenraucher tragen ein erhöhtes Bronchialkrebsrisiko Bei nur kurz dauernder Exposition wird die kumulative Dosis (Faserjahre) unter Berücksichtigung der Asbestfasertypen zur Beurteilung herangezogen. VDI-3492, RTM2 AIA OSHA
Atrazin [1912-24-9]		2 e										OSHA
Auramin [492-80-8]		0,08				H	2					OSHA
Azinphos-methyl [86-50-0]		0,2 e				H						OSHA
Aziridin s. Ethylenimin												
Azoimid s. Stickstoffwasserstoffsäure												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Bariumverbindungen, löslich (als Ba [7440-39-3] berechnet)		0,5 e		1 e	4x15							NIOSH
Baumwolle roh		0,2 e									C	Vertikal-Elutriator EN481
Baumwolle roh		1,5 e		1,5 e	15 min						C	
Benomyl [17804-35-2]	0,8	10 e				S		2	2	2		OSHA
Benzin 30-75, aromatenfrei	500	2000										OSHA Die MAK für n-Hexan (50 ml/m ³ ; 180 mg/m ³) muss einge- halten werden
Benzo(a)pyren [50-32-8]		0,002				H	2	2	2			OSHA, NIOSH, BG, DFG s. Anhang 1.3.1.4.
p-Benzochinon [106-51-4]	0,1	0,4	0,1	0,4	15 min	S						NIOSH
Benzol [71-43-2]	0,5	1,6				HB	1	2				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	1*					BG, HSE, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Biphenyl [92-52-4]	0,2	1,3										NIOSH
Biphenylether s. Diphenylether												
Bis-2-chlorethylether s. 2,2'-Dichlordiethylether												
Bis(2-chlorethyl)methylamin s. N-Methyl-bis(2-chlorethyl)amin												
Bis(chlormethyl)ether [542-88-1]	0,001	0,005					1					BG, DFG, NIOSH, OSHA
Bis(dimethylthiocarbamoyl)disulfid s. Thiram												
S-[1,2-Bis(ethoxycarbonyl)ethyl]- O,O-dimethyldithiophosphat s. Malathion												
2,2-Bis (4-hydroxyphenyl)propan s. Bisphenol A												
Bis-2-methoxypropylether s. Dipropylenglykolmethylether												
Bisphenol A [80-05-7]		5 e		5 e	15 min	S					C	
Bitumen, Dämpfe und Aerosole der Heissverarbeitung [8052-42-4]		10				H	3					BIA
Blausäure s. Cyanwasserstoff												
Blei [7439-92-1] und seine Verbindungen, ausser Alkylverbindungen (als Pb berechnet)		0,1 e		0,8e	4x15	B	3		3	1	B	HSE, NIOSH
Bleitetraethyl (als Pb berechnet) [78-00-2]		0,05		0,1	4x15	HB					B	HSE, NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Bleitetramethyl (als Pb berechnet) [75-74-1]		0,05		0,1	4x15	HB					B	HSE, NIOSH, OSHA
Boroxid [1303-86-2]		10e										NIOSH
Borsäure* [10043-35-3]		10e*		10e*	15 min*						B*	
Bortribromid [10294-33-4]	1	10										
Bortrifluorid [7637-07-2]	1	3	1	3	15 min							OSHA
Brom [7726-95-6]	0,1	0,7	0,1	0,7	15 min							OSHA
Bromacil [314-40-9]	1	10e										
Bromchlortrifluorethan s. 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan												
2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan [151-67-7]	5	40	40	320	4x15	B				2	B	DFG, OSHA
Bromethan [74-96-4]	5	22				H	2					NIOSH
Brommethan [74-83-9]	1*	3,9*	2*	7,8*	4x15*			3				DFG, NIOSH
Bromoform [75-25-2]	0,5	5				H	3					INRS, NIOSH
Brompentafluorid [7789-30-2]	0,1	0,7										
Bromwasserstoff [10035-10-6]	2	6,7	2	6,7	15 min							OSHA, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
1,3-Butadien [106-99-0]	5	11					2	2				NIOSH
Butan (beide Isomeren) n-Butan [106-97-8] iso-Butan [75-28-5]	800	1900										
n-Butanol [71-36-3]	50	150	50	150	15 min						C	INRS, NIOSH
iso-Butanol [78-83-1]	50	150	50	150	15 min						C	NIOSH
sec-Butanol [78-92-2]	100	300	200	600	4x15							INRS, NIOSH
tert-Butanol [75-65-0]	20	60	80	240	4x15						C	NIOSH
2-Butanon [78-93-3]	200	590	200	590	15 min	HB					C	INRS, NIOSH, OSHA
2-Butanonperoxid [1338-23-4]	0,2	1,5										s. Anhang 1.3.5.
Butanthiol [109-79-5]	0,5	1,9	1	3,8	4x15						C	NIOSH
2-Butenal [123-73-9]	0,34	1				H						NIOSH
2-Butin-1,4-diol [110-65-6]		0,2e		0,2e	15 min	HS						
1-n-Butoxy-2,3-epoxypropan [2426-08-6]	25	135	50	270	4x15	HS		2				NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
2-Butoxyethanol [111-76-2]	10	49	20	98	4x15	HB					C	HSE, INRS, NIOSH es ist dem Ab- schnitt 1.1.11 Beurteilung von Stoffge- mischen be- sondere Beachtung zu schenken
2-Butoxyethylacetat [112-07-2]	10	66	20	132	4x15	HB					C	HSE, INRS, OSHA es ist dem Ab- schnitt 1.1.11 Beurteilung von Stoffge- mischen be- sondere Beachtung zu schenken
1-Butylacetat [123-86-4]	100	480	200	960	4x15						C	INRS, NIOSH
2-Butylacetat [105-46-4]	100	480	200	960	4x15							INRS, NIOSH
iso-Butylacetat [110-19-0]	100	480	200	960	4x15						C	INRS, NIOSH
tert-Butylacetat [540-88-5]	20	96	80	384	4x15						C	INRS, NIOSH
n-Butylacrylat [141-32-2]	2	11	4	22	4x15	S					C	INRS
Butylalkohol (alle Isomeren) s. Butanol												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
n-Butylamin [109-73-9]	2	6,1	4	12,2	4x15	H					C	NIOSH
iso-Butylamin [78-81-9]	2	6,1	4	12,2	4x15	H					C	NIOSH
sec-Butylamin [13952-84-6]	2	6,1	4	12,2	4x15	H					C	NIOSH
p-tert-Butylbenzoesäure [98-73-7]		2 e		4 e	4x15	H						
Butyldiglykol [112-34-5]	10	67	15	101,2	4x15						C	es ist dem Ab- schnitt 1.1.11 Beurteilung von Stoffge- mischen be- sondere Beachtung zu schenken
Butyldiglykolacetat [124-17-4]	10	85	15	127,5	4x15						C	es ist dem Ab- schnitt 1.1.11 Beurteilung von Stoffge- mischen be- sondere Beachtung zu schenken
tert-Butylchromat (als Cr berechnet) [1189-85-1]		0,05 e				H						
Butylglycidether s. 1-n-Butoxy-2,3-epoxypropan												
n-Butylglycidylether s. 1-n-Butoxy-2,3-epoxypropan												
Butylglykol s. 2-Butoxyethanol												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Butylglykolacetat s. 2-Butoxyethylacetat tert-Butylhydroperoxid [75-91-2]	5	30										s. Anhang 1.3.5.
Butyllactat [138-22-7] Butylmercaptan s. Butanthiol												
tert-Butylperacetat [107-71-1] o-sec-Butylphenol [89-72-5]	5	30				H						s. Anhang 1.3.5. OSHA
p-tert-Butylphenol [98-54-4]	0,08	0,5	0,16	1,0	4x15	SB						
p-tert-Butyltoluol [98-51-1]	10	60	10	60	15 min							NIOSH
n-Butylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5])	0,004	0,02	0,004	0,02	15 min	H					C	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
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				HB	2	3	3	3		HSE, NIOSH, BG
Cadmiumoxid [1306-19-0]		0,002 a				B	2	3	3	3		HSE, NIOSH, BG OSHA
Caesiumhydroxid [21351-79-1]		2 e										
Calciumcarbimid s. Calciumcyanamid		3 a										NIOSH s. Anhang 1.3.6.
Calciumcarbonat [1317-65-3]		3 a										
Calciumchromat s. Chrom (VI)-Verbindungen		0,5 a		1,0 a	4x15	H					C	starke Giftwir- kung zusam- men mit Ethanol NIOSH
Calciumhydroxid [1305-62-0]		5 e										NIOSH
Calciumoxid [1305-78-8]		2 e		2 e	15 min							NIOSH
Calciumsilikat [1344-95-2]		3 a										NIOSH s. Anhang 1.3.6.
Calciumsulfat [10101-41-4]		3 a									C	s. Anhang 1.3.6.

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Campher s. Kampfer												
ε-Caprolactam [105-60-2]		5 e									C	DFG, OSHA
Captafol [2425-06-1]		0,1 e				H						
Captan [133-06-2]		5 e					3					OSHA
Carbaryl [63-25-2]		5 e				H	3					NIOSH, OSHA
Carbendazim* [10605-21-7]		10 e*		40 e*	4x15*						B*	
Carbofuran [1563-66-2]		0,1										
Carbonylchlorid [75-44-5]	0,1	0,41	0,2	0,82	4x15						C	NIOSH
Carbonylfluorid [353-50-4]	2	5										
Catechol [120-80-9]	5	23										
Chinon s. p-Benzochinon												
Chlor [7782-50-5]	0,5	1,5	0,5	1,5	15 min							DFG, NIOSH, OSHA
Chloracetaldehyd [107-20-0]	1	3	1	3	15 min		3					NIOSH
α-Chloracetophenon [532-27-4]	0,05	0,3										NIOSH
Chloracetylchlorid [79-04-9]	0,05	0,24										

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
γ-Chlorallylchlorid s. 1,3-Dichlorpropen												
Chlorameisensäurebutylester [543-27-1]; [592-34-7]	0,2	1,1	0,4	2,2	4x15						C	
Chlorameisensäuremethylester [79-22-1]	0,2	0,78	0,4	1,56	4x15						C	
5-Chlor-2-aminotoluol s. 4-Chlor-o-toluidin												
p-Chloranilin [106-47-8]	0,04	0,2e				H	2					
Chlorbenzol [108-90-7]	10	46	20	92	4x15	B					C	HSE, NIOSH
2-Chlorbenzylidenmalonnitril [2698-41-1]	0,05	0,4				H						NIOSH
Chlorbrommethan [74-97-5]	200	1050	400	2100	4x15							NIOSH
2-Chlor-1,3-butadien [126-99-8]	5	18				H	2					NIOSH
Chlorcyan [506-77-4]	0,3	0,8										
Chlordan [57-74-9]		0,5e				H	3					NIOSH
1-Chlor-1,1-difluoethan (R 142b) [75-68-3]	1000	4170										
Chlordifluormethan s. Monochlordifluormethan												
Chlordioxid [10049-04-4]	0,1	0,3	0,1	0,3	15 min							
1-Chlor-2,3-epoxypropan [106-89-8]	2	8				HS	2					BG, DFG, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Chloressigsäuremethylester [96-34-4]	1	5	1	5	15 min	HS					C	INRS
Chlorethan [75-00-3]	9	25				H	3					NIOSH
2-Chlorethanol	1	3	1	3	15 min	H					C	NIOSH
Chlorfluormethan [593-70-4]	0,5	1,4					2					
Chlorierte Biphenyle (Chlorgehalt 42 %) [53469-21-9]	0,1	1	0,8	8	4x15	H	3		2	2	B	DFG, NIOSH
Chlorierte Biphenyle (Chlorgehalt 54 %) [11097-69-1]	0,05	0,5	0,4	4	4x15	H	3		2	2	B	DFG, NIOSH
Chloriertes Camphen (Chlorgehalt 60 %) [8001-35-2]		0,5 e				H	2					NIOSH
Chloriertes Diphenyloxid [55720-99-5]		0,5 e				H						NIOSH
Chlormethan [74-87-3]	50	105	100	210	4x15		3				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	4x15	S					C	
1-Chlor-4-nitrobenzol [100-00-5]	0,075					H	3	3				NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
1-Chlor-1-nitropropan [600-25-9] Chloroform s. Trichlormethan 2-Chloropren s. 2-Chlor-1,3-butadien Chlorpentafluorethan [76-15-3] Chlorpikrin s. Trichlornitromethan	2	10										NIOSH
3-Chlorpropen [107-05-1] 3-Chlor-1-propen s. 3-Chlorpropen Chlorpyrifos [2921-88-2] 2-Chlorstyrol [2039-87-4] 4-Chlor-o-toluidin [95-69-2] α -Chlortoluol [100-44-7] 2-Chlortoluol [95-49-8] o-Chlortoluol s. 2-Chlortoluol 2-Chlor-6-(trichlormethyl)-pyridin s. Nitrapyrin	1000	6400										INRS, NIOSH
1-Chlor-2,2,2-trifluorethyl-difluormethylether [26675-46-7]	1	3	1	3	15 min	H	3	3				OSHA
		0,2e				H						OSHA
	50	285										
	2	12				H	1	3				
		0,2				H	2	3		3		DFG, INRS, NIOSH
	50	250				H						INRS
	10	77	80	616	4x15							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
2-Chlor-1,1,2-trifluorethylidifluormethylether [13838-16-9]	10	77	80	616	4x15						C	OSHA
Chlortrifluorid [7790-91-2]	0,1	0,4	0,1	0,4	15 min							
Chlortrifluormethan (R 13) 75-72-9]	1000	4330										
Chlorwasserstoff [7647-01-0]	2	3,0	4	6	4x15						C	DFG, NIOSH, OSHA
Chrom [7440-47-3] (als Chrom berechnet) (Metall und Chrom-(III)-Verbindungen)		0,5 e				S						HSE, NIOSH
Chromtrioxid [1333-82-0] s. Chrom (VI)-Verbindungen							1					
Chrom(VI)-Verbindungen (als Chrom berechnet) einschliesslich Bleichromat (in Form von Stäuben/Aerosolen; ausgenommen die in Wasser praktisch unlöslichen, wie z.B. Bariumchromat) s. aber Zinkchromat		0,05 e				H*SB	1*					DFG, NIOSH
Chrysotil s. Asbest												
Clopidol [2971-90-6]		10										
Cobalt [7440-48-4] und Cobaltverbindungen (als Cobalt berechnet) (in Form atembarer Stäube/Aerosole)		0,05 e*				HSB	2	3	2			BG, HSE, NIOSH
Colophonium [8050-09-7]						S						s. Anhang 1.1.4.2.
Cristobalit s. Siliciumdioxid kristallines												
Crotonaldehyd s. 2-Butenal												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Crufomate [299-86-5] Cumol s. iso-Propylbenzol Cumolhydroperoxid s. α,α -Dimethylbenzylhydroperoxid		5										
Cyanacrylsäureethylester [7085-85-0]	2	9										
Cyanacrylsäuremethylester [137-05-3]	2	9										
Cyanamid [420-04-2]	0,58	1	1,16	2	4x15	HS					C	
Cyanide (als CN berechnet) siehe auch Kaliumcyanid und Natriumcyanid		2e		2e	15 min	H						NIOSH
Cyanogen s. Oxalsäuredinitril												
Cyanwasserstoff [74-90-8]	1,9	2,1	3,8	4,2	4x15	H						NIOSH, OSHA
Cyclohexan [110-82-7]	200	700	800	2800	4x15	B						NIOSH
Cyclohexanol [108-93-0]	50	200	50	200	15 min	H						INRS, NIOSH
Cyclohexanon [108-94-1]	25	100	50	200	4x15	HB					C	INRS, NIOSH
Cyclohexanonperoxid s. 1-Hydroxy-1'-hydroperoxy- dicyclohexylperoxid												
Cyclohexen [110-83-8]	300	1015										NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Cyclohexylamin [108-91-8]	2	8,2	4	16,4	4x15	H					C	NIOSH, OSHA
Cyclonit [121-82-4]		1,5 e				H						OSHA
1,3-Cyclopentadien [542-92-7]	75	200										NIOSH
Cyclopentan [287-92-3]	600	1720										
Cyfluthrin [68359-37-5]		0,01 e		0,01 e	15 min						C	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
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	3					NIOSH
DDVP s. Dichlorvos												
Decaboran [17702-41-9]	0,05	0,25	0,1	0,5	4x15	H						
Demeton [8065-48-3]	0,01	0,1				H						NIOSH
Demetonmethyl [8022-00-2]	0,05	0,5				H						
Diacetonalkohol s. 4-Hydroxy-4-methylpentan-2-on												
Diacetylperoxid [110-22-5]												s. Anhang 1.3.5.
3,3'-Diaminobenzidin [91-95-2] und sein Tetrahydrochlorid [7411-49-6]	0,003	0,03					3					
4,4'-Diamino-3,3'-dichlordiphenylmethan s. 4,4'-Methylen-bis(2-chloranilin)												
4,4'-Diaminodiphenylmethan [101-77-9]		0,1				HS	2	3				OSHA
1,2-Diaminoethan [107-15-3]	10	25	20	50	4x15	S						NIOSH, OSHA
1,3-Diamino-4-methylbenzol s. 2,4-Toluylendiamin												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
2,4-Diaminotoluol s. 2,4-Toluylendiamin o-Dianisidin s. 3,3'-Dimethoxybenzidin Diatomeenerde s. Kieselsäure, amorphe												
Diazinon [333-41-5]		0,1 e		0,2 e	4x15	H					C	OSHA
Diazomethan [334-88-3]	0,2	0,35					2					NIOSH
Dibenz (b,e) (1,4) dioxin s. 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin												
Dibenzoylperoxid [94-36-0]		5 e		5 e	15 min							NIOSH s. Anhang 1.3.5.
Diboran [19287-45-7]	0,1	0,1	0,1	0,1	15 min							NIOSH
Dibrom s. Naled												
1,2-Dibromethan [106-93-4]	0,1	0,8				H	2					BG, HSE, INRS, NIOSH
2-N-Dibutylaminoethanol [102-81-8]	2	14				H						NIOSH
2,6-Di-tert-butyl-4-kresol [128-37-0]		10 e										NIOSH
N,N-Di-n-butylnitrosoamin s. N-Nitrosodi-n-butylamin												
Di-tert-butylperoxid [110-05-4]												s. Anhang 1.3.5.
Dibutylphosphat [107-66-4]	1	8,5										NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Dibutylphthalat [84-74-2]	0,05*	0,58*	0,1*	1,16*	4x15*				2	2	C*	NIOSH
Dicarbonensäure (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	15 min						C	
Dichloracetylen [7572-29-4]	0,1	0,4					2					
3,3'-Dichlorbenzidin [91-94-1]	0,003	0,03				H	2					BG, NIOSH
1,2-Dichlorbenzol [95-50-1]	10	61	20	122	4x15	H					C	DFG, HSE, INRS, NIOSH
1,3-Dichlorbenzol [541-73-1]	2	12	4	24	4x15						C	
1,4-Dichlorbenzol [106-46-7] o-Dichlorbenzol s. 1,2-Dichlorbenzol p-Dichlorbenzol s. 1,4-Dichlorbenzol	20					HB	3					DFG, INRS, NIOSH
1,4-Dichlor-2-buten [764-41-0]	0,01	0,05				H	2	3				
2,2'-Dichlordiethylether [111-44-4]	5	30	5	30	15 min	H	3					NIOSH
Dichlordifluormethan (R 12) [75-71-8]	1000	5000									C	DFG, NIOSH
Dichlordimethylether s. Bis(chlormethyl)ether												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
α,α-Dichlordimethylether s. Bis(chlormethyl)ether		0,2 e										
1,3-Dichlor-5,5-dimethylhydantoin [118-52-5]												
1,1-Dichlorethan [75-34-3]	100	400	200	800	4x15						C	HSE, NIOSH
1,2-Dichlorethan [107-06-2]	5	20				H	2					DFG, INRS, NIOSH
1,1-Dichlorethen [75-35-4]	2	8	4	16	4x15		3				C	NIOSH, OSHA
1,2-Dichlorethen sym. [540-59-0] (cis-[156-59-2] und trans-[156-60-5])	200	790	400	1580	4x15							HSE, INRS, NIOSH
Dichlorethin s. Dichloracetylen												
1,2-Dichlorethylen s. 1,2-Dichlorethen												
Dichlorfluormethan (R 21) [75-43-4]	10	40	20	80	4x15							DFG, NIOSH
Dichlormethan [75-09-2]	50	180				B	3					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										NIOSH
2,4-Dichlorphenoxyessigsäure [94-75-7] (inkl. Salze und Ester)		1 e		8 e	4x15	H					C	NIOSH (für Amin-Form und Ester)
1,2-Dichlorpropan [78-87-5]	75	350										HSE, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
1,3-Dichlorpropen (cis und trans) [542-75-6]	0,11	0,5				HS	2	3				
2,2-Dichlorpropionsäure [75-99-0] und ihr Natriumsalz [127-20-8]	1	6	1	6	15 min							
1,2-Dichlor-1,1,2,2-tetrafluorethan (R 114) [76-14-2]	1000	7000										DFG, NIOSH
α,α -Dichlortoluol [98-87-3] s. auch α -Chlortoluole	0,015	0,1				H	3					BG, DFG
(2,2-Dichlorvinyl)- dimethylphosphat s. Dichlorvos												
Dichlorvos [62-73-7]	0,1	1	0,2	2	4x15	H					C	NIOSH
Dicrotophos [141-66-2]		0,25				H						
Dicyan s. Oxalsäuredinitril												
Dicyclohexylperoxid [1758-61-8]												s. Anhang 1.3.5.
Dicyclopentadien [77-73-6]	0,5	3	0,5	3	15 min							OSHA
Dicyclopentadienyleisen [102-54-5]		10 e										
Dieldrin (HEOD) [60-57-1]		0,25 e				H	3					NIOSH
Dieselmotor-Emissionen (gemessen als elementarer Kohlenstoff)		0,1 a					2					BG

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Diethanolamin [111-42-2]		1 e		1 e	15 min	HS					C	Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzero- genen N-Nitro- sodiethanola- mins führen. s. Anhang 1.3.1.3.
N,N-Diethanolnitrosamin s. N-Nitrosodiethanolamin												
Diethylamin [109-89-7]	5	15	10	30	4x15							NIOSH, OSHA Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzero- genen N-Nitro- sodiethylamins führen. s. Anhang 1.3.1.3.
2-Diethylaminoethanol [100-37-8]	10	50				H						NIOSH, OSHA
Diethylendioxid s. 1,4-Dioxan												
Diethylenglykol [111-46-6]	10	44	40	176	4x15						C	
Diethylenglykolmonobutylether s. Butyldiglykol												
Diethylenglykoldimethylether [111-96-6]	5	27	40	216	4x15	H					B	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Diethylentriamin [111-40-0]	1	4				H						NIOSH
Diethylether [60-29-7]	400	1200	400	1200	15 min							NIOSH
Di-(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) s. Di-sec-octylphthalat												
Diethylketon [96-22-0]	200	705										INRS
O,O-Diethyl-O-(4-nitrophenyl)- thiophosphat s. Parathion												
N,N-Diethylnitrosoamin s. N-Nitrosodiethylamin												
Diethylphthalat [84-66-2]		5 e										
Diethylsulfat [64-67-5]	0,03	0,2					2	2				BG, OSHA
Difluordibrommethan [75-61-6]	100	860	200	1720	4x15							NIOSH
Difluormonochlormethan s. Monochlordifluormethan												
Diglycidylether [2238-07-5]	0,1	0,5	0,1	0,5	15 min	H	3					
1,2-Dihydroxybenzol s. Catechol												
1,3-Dihydroxybenzol s. Resorcin												
1,4-Dihydroxybenzol [123-31-9]		2 e		2 e	15 min	HS	3	3				NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Diisobutylketon s. 2,6-Dimethylheptan-4-on 2,4-Diisocyanattoluol s. Isocyanate 2,6-Diisocyanattoluol s. Isocyanate Di-(isooctyl)-phthalat s. Di-sec-octylphthalat												
Diisopropylether [108-20-3] N,N-Diisopropylnitrosamin s. N-Nitrosodi-i-propylamin	200	850	400	1700	4x15						C	NIOSH
Dilauroylperoxid [105-74-8] 3,3'-Dimethoxybenzidin [119-90-4]	0,003	0,03					2					s. Anhang 1.3.5. OSHA
Dimethoxymethan [109-87-5] N,N-Dimethylacetamid [127-19-5]	1000	3100	2000	6200	4x15						C	INRS, NIOSH
Dimethylamin [124-40-3]	10	35	20	70	4x15	H				2	C	INRS, NIOSH
	2	4	4	8	4x15							Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitrosodi- methylamins führen. s. Anhang 1.3.1.3.

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
4,4'-Dimethylaminobenzo- phenonimid-Hydrochlorid s. Auramin												
N,N-Dimethylanilin [121-69-7]	5	25	10	50	4x15	H	3					NIOSH
3,3'-Dimethylbenzidin [119-93-7]	0,003	0,03					2					
α,α-Dimethylbenzylhydroperoxid [80-15-9]												OSHA s. Anhang 1.3.5.
1,1'-Dimethyl-4,4'-bipyridinium s. Paraquatdichlorid												
1,3-Dimethylbutylacetat [108-84-9]	50	300	50	300	15 min							INRS, NIOSH
3,3'-Dimethyl-4,4'-diamino- diphenylmethan [838-88-0]		0,05 e				H	2					
Dimethylether [115-10-6]	1000	1910										
N,N-Dimethylethylamin [598-56-1]	2	6,1	4	12,2	4x15							
Dimethylformamid [68-12-2]	5	15	20	60	4x15	HB			2	B		DFG, INRS, NIOSH INRS, NIOSH
2,6-Dimethylheptan-4-on [108-83-8]	25	150										
1,1-Dimethylhydrazin [57-14-7]	0,5	1,2				HS	2					NIOSH
1,2-Dimethylhydrazin [540-73-8]	0,5	1,2				HS	2					
N,N-Dimethyliso-propylamin [996-35-0]	1	3,6	2	7,2	4x15							

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
N,N-Dimethylnitrosamin s. N-Nitrosodimethylamin												
Dimethylphthalat [131-11-3]		5 e										OSHA
Dimethylsulfat [77-78-1]	0,02	0,1				H	2	3				BG, NIOSH, OSHA
Dimethylsulfoxid [67-68-5]	50	160	100	320	4x15	H						
Dinitrobenzol (alle Isomeren) [25154-54-5]	0,15	1	0,3	2	4x15	H						NIOSH
4,6-Dinitro-o-kresol [534-52-1]		0,2e		0,4e	4x15	H						NIOSH
3,5-Dinitro-o-toluamid [148-01-6]		5 e										
2,6-Dinitrotoluol [606-20-2]	0,007	0,05					2	3	3			BG
Di-sec-octylphthalat [117-81-7]		5 e									C	DFG, HSE, NIOSH
Dioxan s. 1,4-Dioxan												
1,4-Dioxan [123-91-1]	20	72	40	144	4x15	H	3				C	DFG, INRS, NIOSH
Dioxathion [78-34-2]		0,2e				H						
1,3-Dioxolan (Dioxacyclopentan) [646-06-0]	20	62				H					C	
Diphenyl s. Biphenyl												
Diphenylamin [122-39-4]		10e										NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Diphenylbenzol s. Terphenyl												
Diphenylether (Dampf) [101-84-8]	1	7	1	7	15 min				3	3	C	NIOSH
Diphenylether/Biphenylmischung (Dampf)	1	7	1	7	15 min				3	3		NIOSH
Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat s. Isocyanate						H B					C	
Diphosphorpentaoxid [1314-56-3]		2 e		4 e	4x15						C	
Diphosphorpentasulfid [1314-80-3]		1 e		1 e	15 min							OSHA
Dipropylenglykol [25265-71-8]		200 e		400 e	4x15						C	
Dipropylenglykolmethylether (Isomerenmischung) [34590-94-8]	50	300	50	300	15 min							NIOSH
Dipropylketon [123-19-3]	50	235										INRS
N,N-Di-n-propylnitrosamin s. N-Nitrosodi-n-propylamin												
Diquat [2764-72-9]		0,5 e										
Dischwefeldecafluorid s. Schwefelpentafluorid												
Dischwefeldichlorid [10025-67-9]	1	6	1	6	15 min							
Distickstoffmonoxid [10024-97-2]	100	182	200	364	4x15							NIOSH
Disulfiram [97-77-8]		2 e				S						OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Disulfoton [298-04-4]		0,1										OSHA
Diuron [330-54-1]		10e					3	3				
Divinylbenzol [1321-74-0]	10	50										INRS
DNOC s. 4,6-Dinitro-o-kresol												
DOP s. Di-sec-octylphthalat												
Dyfonate s. Fonofos												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Eisendimethyldithiocarbamat s. Ferbam												
Eisenoxide [1345-25-1];[1309-37-1]		3 a										NIOSH s. Anhang 1.3.6.
Eisenpentacarbonyl (als Fe berechnet) [13463-40-6]	0,1	0,8	0,2	1,6	4x15							OSHA
Eisensalze (löslich) (als Fe berechnet)		1 e										OSHA
Endosulfan [115-29-7]		0,1 e				H						OSHA
Endrin [72-20-8]		0,1 e		0,8 e	4x15	H					C	NIOSH
Enfluran s. 2-Chlor-1,1,2-trifluorethyldifluor- methylether												
Enzyme, proteolytische [1395-21-7]				0,00006	15 min	S						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				H	2	2				NIOSH
Essigsäure [64-19-7]	10	25	20	50	4x15							C NIOSH, OSHA
Essigsäureamylester s. Pentylacetat												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Essigsäureanhydrid [108-24-7]	5	20	5	20	15 min							NIOSH
Essigsäurebutylester s. Butylacetat												
Essigsäureethylester s. Ethylacetat												
Essigsäure-sec-hexylester s. 1,3-Dimethylbutylacetat												
Essigsäureisopropenylester [108-22-5]	10	46	20	92	4x15							
Essigsäuremethylester s. Methylacetat												
Essigsäurepropylester (beide Isomeren) s. Propylacetat, iso-Propylacetat												
Essigsäurevinylester s. Vinylacetat												
Ethan [74-84-0]	10000	12500										
Ethanol [64-17-5]	500	960	1000	1920	4x15						C	INRS, NIOSH
Ethanolamin s. 2-Aminoethanol												
Ethanthiol [75-08-1]	0,5	1,3	1	2,6	4x15							
Ethen [74-85-1]	10000	11500						3				NIOSH
Ether s. Diethylether												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Ethion [563-12-2]		0,4 e				H						OSHA
2-Ethoxyethanol [110-80-5]	2	7,5	16	60	4x15	H B			2	2	B	HSE, NIOSH, OSHA es ist dem Ab- schnitt 1.1.11 Beurteilung von Stoffge- mischen be- sondere Beachtung zu schenken
2-Ethoxyethylacetat [111-15-9]	2	11	16	88	4x15	H B			2	2	B	HSE, NIOSH, OSHA es ist dem Ab- schnitt 1.1.11 Beurteilung von Stoffge- mischen be- sondere Beachtung zu schenken
1-Ethoxy-2-propanol [1569-02-4]	50	220	100	440	4x15	H					C	
1-Ethoxy-2-propylacetat [54839-24-6]	50	300	100	600	4x15						C	
Ethylacetat [141-78-6]	400	1400	800	2800	4x15						C	INRS, NIOSH
Ethylacrylat [140-88-5]	5	20	10	40	4x15	S					C	INRS, NIOSH
Ethylalkohol s. Ethanol												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Ethylamin [75-04-7]	5	9	10	18	4x15							NIOSH, OSHA
Ethylbenzol [100-41-4]	100	435	100	435	15 min	H						NIOSH
Ethylbromid s. Bromethan												
Ethylbutylketon [106-35-4]	10	47	20	94	4x15							
Ethylchlorid s. Chlorethan												
Ethyl-2-cyanoacrylat s. Cyanacrylsäureethylester												
Ethyl diglykol [111-90-0]		50e		100e	4x15						C	
Ethylenbromid s. 1,2-Dibromethan												
Ethylenchlorhydrin s. 2-Chlorethanol												
Ethylenchlorid s. 1,2-Dichlorethan												
Ethylendiamin s. 1,2-Diaminoethan												
Ethylendibromid s. 1,2-Dibromethan												
Ethylenglykol [107-21-1]	10	26	20	52	4x15	H					C	
Ethylenglykoldinitrat [628-96-6]	0,05	0,3	0,05	0,3	15 min	HB						NIOSH, OSHA
Ethylenglykolmonobutylether s. 2-Butoxyethanol												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
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	2	2				BG, NIOSH
Ethylenoxid [75-21-8]	1	2				HB	2	2				HSE, NIOSH, OSHA
Ethylether s. Diethylether												
Ethyl-3-ethoxypropionat [763-69-9]	100	610	100	610	15 min	H					C	
Ethylformiat [109-94-4]	100	310	100	310	15 min	H					C	INRS, NIOSH
Ethylglykol s. 2-Ethoxyethanol												
Ethylglykolacetat s. 2-Ethoxyethylacetat												
2-Ethylhexanol [104-76-7]	20	110	20	110	15 min						C	OSHA
Ethylhexylacrylat [103-11-7]	5	38	5	38	15 min	S					C	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen	
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)								
Ethylidenchlorid s. 1,1-Dichlorethan													
Ethylidennorbornan [16219-75-3]	5	25											
Ethylmercaptan s. Ethanthiol													
Ethylmethylketon s. 2-Butanon													
N-Ethylmorpholin [100-74-3]	5	25				H						NIOSH	
N-Ethyl-N-nitroso-ethanamin s. N-Nitrosodiethylamin													
O-Ethyl-O-(4-nitrophenyl)- phenylthiophosphonat [2104-64-5]						H							NIOSH
Ethylsilicat s. Tetraethylsilicat													

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Fenamiphos [22224-92-6]		0,1 e				H						
Fensulfothion [115-90-2]		0,1 e										OSHA
Fenthion [55-38-9]		0,1 e		0,2 e	4x15	H		3				
Ferbam [14484-64-1]		10 e										OSHA
Ferrovandium [12604-58-9]		1 e										OSHA
Fluor [7782-41-4]	0,1	0,15	0,2	0,3	4x15							
Fluoride [16984-48-8] (als F berechnet)		1 e		4 e	4x15	HB					C	HSE, NIOSH, OSHA
Fluorwasserstoff [7664-39-3]	1	0,83	2	1,66	4x15	B					C	HSE, NIOSH, OSHA
Fluoroxid [7783-41-7]	0,05	0,1										
Fluortrichlormethan (R 11) s. Trichlorfluormethan												
Flüssiggas (Butan/Propan)	1000	1800										NIOSH
Fonofos [944-22-9]		0,1 e				H						
Formaldehyd [50-00-0]	0,3	0,37	0,6	0,74	4x15	S	3				C	DFG, HSE, NIOSH, OSHA
Formamid [75-12-7]	10	18				H				2		
Furfural, Furfurol s. 2-Furylmethanal												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Furfurylalkohol [98-00-0]	10	40	10	40	15 min	H						INRS, NIOSH
2-Furylmethanal [98-01-1]	2	8				H						INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Germaniumtetrahydrid [7782-65-2]	0,2	0,6				S						OSHA s. Anhang 1.1.4.2. + 1.3.7.1
Getreidemehlstäube (Roggen, Weizen)												
Gips s. Calciumsulfat												
Glasfasern s. Mineralfasern (künstlich)												
Glaswolle s. Mineralfasern (künstlich)												
Glimmer [12001-26-2]		3 a										
Glutaral s. Glutaraldehyd												
Glutaraldehyd s. Glutaraldehyd												
Glutaraldehyd [111-30-8]	0,05	0,21	0,1	0,42	4x15	S					C	
Glycerin [56-81-5]		50 e		100 e	4x15							C
Glycerintrinitrat [55-63-0]	0,01*	0,094*	0,01*	0,094*	15 min	HB						C* NIOSH, OSHA
Glykoldinitrat s. Ethylenglykoldinitrat												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Graphit natürlich [7782-42-5]		2,5 a 5 e									C	OSHA Bei evtl. Gehalt an Quarz oder Asbest sind die entspre- chenden MAK zu berück- sichtigen.

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Hafnium [7440-58-6]		0,5 e										NIOSH, OSHA
Halothan s. 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan												s. Anhang 1.3.6.
Helium [7440-59-7]												
HEOD s. Dieldrin												
Heptachlor [76-44-8]		0,05 e		0,4 e	4x15	H	3					NIOSH
Heptan (alle Isomeren) (n-Heptan [142-82-5])	400	1600	400	1600	15 min							NIOSH
2-Heptanon s. Methyl-n-amylketon												
3-Heptanon s. Ethylbutylketon												
1,1,2,3,4,4-Hexachlor-1,3-butadien [87-68-3]	0,02	0,24				H	3					NIOSH
1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan (techn. Gemisch aus α -HCH [319-84-6] und β -HCH [319-85-7])		0,5 e				H						
γ -1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan s. Lindan												
Hexachlorcyclopentadien [77-47-4]	0,01	0,1										NIOSH
Hexachlorethan [67-72-1]	1	10	2	20	4x15	H						NIOSH
Hexachlornaphthalin [1335-87-1]		0,2 e				H						NIOSH
Hexafluoracetone [684-16-2]	0,1	0,7				H						

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Hexamethylenbis -(3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)-propionat)* [35074-77-2]		10e*									C*	
Hexamethylendiisocyanat s. Isocyanate												
Hexan (n-Hexan) [110-54-3]	50	180	400	1440	4x15	HB			3		C	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	4x15							NIOSH
2-Hexanon [591-78-6]	5	21	40	168	4x15	HB			3			DFG, INRS, NIOSH
Hexon s. 4-Methylpentan-2-on sec-Hexylacetat s. 1,3-Dimethylbutylacetat												
Hexylenglykol [107-41-5]	10	49	20	98	4x15							
Holzstaub (ohne Buche, Eiche)		2e				S			3			S gilt häufig für exotische, selten für einheimische Hölzer.
Holzstaub (Buche, Eiche)		2e							1			
Hydrazin [302-01-2]	0,1	0,13				HSB			2			BG, DFG, NIOSH, OSHA
Hydrochinon s. 1,4-Dihydroxybenzol												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Hydrogeniertes Terphenyl (alle Isomeren) [61788-32-7]	0,5	5										
1-Hydroxy-1'-hydroperoxy- dicyclohexylperoxid [78-18-2]												s. Anhang 1.3.5.
4-Hydroxy-4-methylpentan-2-on [123-42-2]	20	96	40	192	4x15	H						NIOSH
4-Hydroxy-3-(3-oxo-1-phenyl)-butylcumarin s. Warfarin												
2-Hydroxypropylacrylat [999-61-1]	0,5	2,7				H						

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Inden [95-13-6]	10	45										OSHA
Indium und seine Verbindungen (als In berechnet) [7440-74-6]		0,1 e										NIOSH, OSHA
Iod [7553-56-2]	0,1	1	0,1	1	15 min	S						OSHA
Iodmethan [74-88-4]	0,3	2				H	2					NIOSH
Iodoform [75-47-8]	0,6	10				S						
3-Iod-2-propinylbutyl-carbamat* [55406-53-6]	0,01*	0,12*	0,02*	0,24*	4x15*	S*						C*
Isoamylalkohol s. iso-Amylalkohol												
Isocyanate (Monomere und Präpolymere) (als Gesamt-NCO gemessen)		0,02		0,02	15 min	SB						HSE s. Anhang 1.1.10.3.
Isofluran s. 1-Chlor-2,2,2-trifluorethyldifluor- methylether												
Isophoron s. 3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexen-1-on												
Isophorondiisocyanat [4098-71-9] s. Isocyanate												
Isopren (2-Methyl-1,3-butadien) [78-79-5]	3	8,5	24	68	4x15							C
Isopropanol s. 2-Propanol												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Isopropenylbenzol s. iso-Propenylbenzol Isopropoxyethanol [109-59-1] 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	5	22	40	176	4x15	H					C	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Kaliumcyanid [151-50-8]		5 e		5 e	15 min	H					C	
Kaliumhydroxid [1310-58-3]		2 e										NIOSH
Kampfer [76-22-2]	2	13										NIOSH
Kaolin [1332-58-7]		3 a										Bei evtl. Gehalt an Quarz ist die entsprechende MAK zu be- rücksichtigen.
Keten [463-51-4]	0,5	0,9	0,5	0,9	15 min							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]		4 e									C	
b) Kieselglas [60676-86-0] Kieselgut [7699-41-4] Kieselrauch, gebrannter Kieselgur [68855-54-9]		0,3 a										
Kobalt s. Cobalt												
Kohlendioxid [124-38-9]	5000	9000										NIOSH
Kohlendisulfid [75-15-0]	5	15	10	30	4x15	HB					B	HSE, NIOSH
Kohlenmonoxid [630-08-0]	30	35	30	35	15 min	B					B	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Kohlenoxid s. Kohlenmonoxid												
Korund s. Aluminiumoxid												
p-Kresidin [120-71-8]		0,5					2					
Kresol (alle Isomeren) [1319-77-3]	5	22	5	22	15 min	H						INRS, NIOSH, OSHA
Krokydolith s. Asbest												
Kupfer [7440-50-8] und seine anorganischen Verbindungen	0,1 e			0,2 e	4x15						C	NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Lachgas s. Distickstoffmonoxid Lackbenzin s. White Spirit Latex Leichtbenzin 60–90, Aromatengehalt 0–10 Vol. %	500	2000				S						s. Anhang 1.1.4.2. OSHA Darf max. 0,5 Vol.% Benzol enthalten. Die MAK für n-Hexan (50 ml/m ³ , 180 mg/m ³) muss eingehal- ten werden.
D-Limonen [5989-27-5]	20	110	40	220	4x15	S					C	
Lindan [58-89-9]		0,1 e				HB	3				C	NIOSH
Lithiumhydrid [7580-67-8]		0,025 e										NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Magnesit s. Magnesiumcarbonat												
Magnesiumcarbonat [546-93-0]		3 a										s. Anhang 1.3.6.
Magnesiumoxid [1309-48-4]		3 a									C	NIOSH s. Anhang 1.3.6.
Magnesiumoxid-Rauch [1309-48-4]		3 a										NIOSH
Malathion [121-75-5]		10 e				H						NIOSH
Maleinsäureanhydrid [108-31-6]	0,1	0,4	0,1	0,4	15 min	S					C	NIOSH, OSHA
Mangan [7439-96-5] und seine anorg. Verbindungen (als Mangan berechnet)		0,5 e				BP*					C	NIOSH
Mangancyclopentadienyltricarboxyl (als Mn berechnet) [12079-65-1]		0,1				H						
Mangan-2-methylcyclopentadienyl- tricarboxyl (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												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Metasystox s. Demetonmethyl												
Methacrylsäure [79-41-4]	5	18	10	36	4x15						C	
Methacrylsäuremethylester s. Methylmethacrylat												
Methan [74-82-8]	10000	6700										
Methanol [67-56-1]	200	260	800	1040	4 x 15	HB					C	INRS, NIOSH
Methanthiol [74-93-1]	0,5	1	1	2	4x15							
Methomyl [16752-77-5]		2,5 e				H						
2-Methoxyanilin [90-04-0]	0,1	0,5				H	2	3				NIOSH
Methoxychlor (DMDT) [72-43-5]		10 e										NIOSH
Methoxyessigsäure [625-45-6]	1	3,7	8	29,6	4x15	H			2	2	B	
2-Methoxyethanol [109-86-4]	1	3,2	8	25,6	4x15	HB			2	2	B	HSE, INRS, NIOSH
2-Methoxyethylacetat [110-49-6]	1	4,9	8	39,2	4x15	HB			2	2	B	HSE, INRS, NIOSH
1-Methoxypropanol-2 [107-98-2]	100	360	200	720	4x15	B					C	
2-Methoxypropanol-1 [1589-47-5]	5	19	40	152	4x15	H				2	B	
1-Methoxypropylacetat-2 [108-65-6]	50	275	50	275	15 min						C	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
2-Methoxypropylacetat-1 [70657-70-4]	5	28	40	224	4x15	H				2	B	
Methylacetat [79-20-9]	100	310	400	1240	4x15						C	INRS, NIOSH
Methylacetylen [74-99-7]	1000	1650										NIOSH, OSHA
Methylacetylen-Propadien-Mischung (MAPP)	1000	1800										NIOSH, OSHA
Methylacrylat [96-33-3]	5	18	5	18	15 min	S						INRS, NIOSH
Methylacrylnitril [126-98-7]	1	3				H						
Methylal s. Dimethoxymethan												
Methylalkohol s. Methanol												
Methylamin [74-89-5]	10	12	10	12	15 min							NIOSH, OSHA
1-Methyl-2-amino-5-chlorbenzol s. 4-Chlor-o-toluidin												
1-Methyl-2-amino-4-nitrobenzol s. 2-Amino-4-nitrotoluol												
Methylamylalkohol s. 4-Methylpentan-2-ol												
Methyl-n-amyketon [110-43-0]	50	235										INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
N-Methylanilin [100-61-8]	0,5	2,2	1,0	4,4	4x15	H						DFG, NIOSH Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitroso- methylanilins führen. s. Anhang 1.3.1.3.
2-Methylaziridin s. Propylenimin Methylbromid s. Brommethan 3-Methylbutan-2-on s. Methylisopropylketon												
Methyl-tert-butylether [1634-04-4] Methylbutylketon s. 2-Hexanon 2-Methyl-4-chloranilin s. 4-Chlor-o-toluidin	50	180	75	270	4x15						C	NIOSH
Methylchlorid s. Chlormethan Methylchloroform s. 1,1,1-Trichlorethan Methyl-2-cyano-acrylat s. Cyanacrylsäuremethylester												
Methylcyclohexan [108-87-2]	400	1600	800	3200	4x15							INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Methylcyclohexanol (alle Isomeren) [25639-42-3]	50	235	100	470	4x15							NIOSH
1-Methylcyclohexan-2-on [583-60-8]	50	230	100	460	4x15	H						NIOSH
4,4'-Methylen-bis(2-chloranilin) [101-14-4]		0,02				H	2					NIOSH, OSHA
4,4'-Methylen-bis(N,N-dimethylanilin) [101-61-1]		0,1 e					2					
4,4'-Methylen-bis(2-methylanilin) s. 3,3'-Dimethyl-4,4'-diamino- diphenylmethan												
Methylenchlorid s. Dichlormethan												
4,4'-Methyldianilin s. 4,4'-Diaminodiphenylmethan												
4,4'-Methylen-di-o-toluidin s. 3,3'-Dimethyl-4,4'-diamino- diphenylmethan												
Methylethylketon s. 2-Butanon												
Methylethylketonperoxid s. 2-Butanonperoxid												
N,N-Methylethylnitrosamin s. N-Nitrosomethylethylamin												
Methylformiat [107-31-3]	50	125	200	500	4x15	H					C	NIOSH
Methylglykol s. 2-Methoxyethanol												
Methylglykolacetat s. 2-Methoxyethylacetat												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
5-Methylheptan-3-on [541-85-5]	10	53	20	106	4x15							
5-Methylhexan-2-on [110-12-3]	20	94	40	188	4x15							
Methylhydrazin [60-34-4]	0,2	0,35				H						NIOSH
Methyliodid s. Iodmethan												
Methylisobutylcarbinol s. 4-Methylpentan-2-ol												
Methylisobutylketon s. 4-Methylpentan-2-on												
Methylisocyanat s. Isocyanate									3			
Methylisopropylketon [563-80-4]	200	720										
Methyljodid s. Iodmethan												
Methylmercaptan s. Methanthiol												
Methylmethacrylat [80-62-6]	50	210	100	420	4x15	S					C	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												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Methylparathion [298-00-0]		0,2 e				H						OSHA
4-Methylpentan-2-ol [108-11-2]	20	85	20	85	15 min	H						NIOSH
4-Methylpentan-2-on [108-10-1]	20	82	40	164	4x15	HB					C	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	4x15	H						INRS, NIOSH
Methylphenyldiamin s. 2,4-Toluyldiamin												
1-Methylpropylenglykol-2 s. 1-Methoxypropanol-2												
Methylpropylketon s. Pentan-2-on												
N-Methyl-2-pyrrolidon [872-50-4]	20	80	40	160	4x15	H					C	INRS
Methylquecksilber [22967-92-6]		0,01 e				HS						
Methylsilikat [681-84-5]	1	6										
Methylstyrol (alle Isomeren) [25013-15-4]	50	240	100	480	4x15							INRS, NIOSH
α-Methylstyrol s. iso-Propenylbenzol												
N-Methyl-N,2,4,6-tetranitroanilin [479-45-8]		1,5 e				H S						NIOSH
Mevinphos [7786-34-7]	0,01	0,1	0,02	0,2	4x15	H						NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Milchsäurebutylester s. Butyllactat												
Mineralfasern (künstlich)/Faserstäube – Hochtemperatur-Glasfasern, Glaswolle, Steinwolle – übrige Faserstäube	0,5 Fasern/ml						1)					BG, HSE, NIOSH Recommended Techn. Method Nr. 1 der AIA (Asbestos International Association). 1)s. Anhang 1.3.4.
– Kaliumtitanatverbindungen – Keramikfasern	0,25 Fasern/ml Faser: Länge > 5 µm Durchmesser < 3 µm Verhältnis Länge : Durchmesser mindestens 3 : 1						2 2					
Mineralölnebel	0,25 Fasern/ml 0,25 Fasern/ml (Definition Fasern wie oben											DFG, NIOSH, OSHA s. Anhang 1.1.10.4.
Mineralterpentinöl s. Testbenzin 140-190												
Mineralwolle s. Mineralfasern (künstlich)												
Molybdänverbindungen löslich (als Mo [7439-98-7] berechnet)		5e										NIOSH
Molybdän [7439-98-7] und seine unlöslichen Verbindungen (als Mo berechnet)		10e										NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Monochlordifluormethan (R 22) [75-45-6]	500	1800										Die Bewertung bezieht sich nur auf den reinen Stoff. Die übliche Verunreinigung mit Chlorfluor- methan ändert die Risikobeur- teilung grund- legend (C2).
Monochlormonofluormethan s. Chlorfluormethan								3				
Monocrotophos [6923-22-4]		0,25										
Morpholin [110-91-8]	10	36	20	72	4x15	H						NIOSH Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzero- genen N-Nitro- sormorpholins führen. s. Anhang 1.3.1.3.
Motorenbenzin 35-200	300	1100										Darf max. 1 Vol.% Benzol enthalten. Die MAK für n-Hexan muss eingehalten werden.

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Naled [300-76-5]		0,1 e				HS					C	OSHA
Naphtha* (Erdöl) mit Wasserstoff behandelte, schwere [64742-48-9]	50*	300*	100*	600*	4x15*							
Naphthalin [91-20-3]	10	50				H	3					NIOSH, OSHA
1,5-Naphthylendiisocyanat [3173-72-6] s. Isocyanate												
1-Naphthylthioharnstoff s. ANTU												
Natriumazid [26628-22-8]		0,2 e		0,4 e	4x15							OSHA s. auch Stickstoff- wasserstoff- säure. OSHA
Natriumbisulfit [7631-90-5]		5 e										
Natriumcyanid [143-33-9]		3,8 e		3,8 e	15 min	H					C	
Natriumdiethyldithiocarbamat [148-18-5]		2		4	4x15	S						
Natriumfluoracetat [62-74-8]		0,05 e		0,1 e	4x15	H					C	NIOSH, OSHA
Natriumhydroxid [1310-73-2]		2 e		2 e	15 min						C	NIOSH, OSHA
Natriummetabisulfit [7681-57-4]		5 e										
Natriumpyrithion [3811-73-2]; [15922-78-8]		1 e		2 e	4x15	H					C	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Natriumtetraborat (wasserfrei) [1330-43-4]		1 e										NIOSH
Natriumtetraborat, Dekahydrat [1303-96-4]		5 e		5* e	15 min*				2*	2*		NIOSH
Natriumtetraborat, Pentahydrat [12179-04-3]		1 e		1* e	15 min*						C*	NIOSH
Neon [7440-01-9]												s. Anhang 1.3.6.
Nickel [7440-02-0]		0,5 e				SB	3					BG, HSE, NIOSH Nickellegierun- gen, aus denen Nickel bioverfügbar ist, sind zu bewerten wie Nickelmetall
Nickelsalze, löslich (als Ni [7440-02-0] berechnet)		0,05 e				SB	1					NIOSH
Nickelverbindungen, unlöslich (Nickeloxid, -sulfid) (als Ni [7440-02-0] berechnet)		0,05 e				SB	1					
Nickelcarbonyl s. Nickeltriacarbonyl												
Nickeltetracarbonyl [13463-39-3]	0,05	0,35				H						BG, NIOSH
Nikotin [54-11-5]	0,07	0,5	0,14	1	4x15	H						DFG, NIOSH
Niobcarbide [12069-94-2]		5 e										
Nitrapyrin [1929-82-4]		10										

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
4-Nitro-2-aminotoluol s. 2-Amino-4-nitrotoluol												
4-Nitroanilin [100-01-6]	0,5	3				H						NIOSH
Nitrobenzol [98-95-3]	1	5	2	10	4x15	HB	3		3			INRS, NIOSH
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	4x15	S						
p-Nitrochlorbenzol s. 1-Chlor-4-nitrobenzol												
Nitroethan [79-24-3]	100	310	400	1240	4x15							INRS, NIOSH
Nitroglycerin s. Glycerintrinitrat												
Nitroglykol s. Ethylenglykoldinitrat												
Nitromethan [75-52-5]	100	250				H						INRS, NIOSH
2-Nitronaphthalin [581-89-5]	0,035	0,25					2					BG, DFG
1-Nitropropan [108-03-2]	25	90	100	360	4x15							INRS, OSHA
2-Nitropropan [79-46-9]	5	18				H	2					BG, INRS, NIOSH, OSHA
N-Nitrosodi-n-butylamin [924-16-3]		0,001				H	2					OSHA
N-Nitrosodiethanolamin [1116-54-7]		0,001				H	2					OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
N-Nitrosodiethylamin [55-18-5]		0,001				H	2					OSHA
N-Nitrosodimethylamin [62-75-9]		0,001				H	2					BG, NIOSH, OSHA
N-Nitrosodi-iso-propylamin [601-77-4]		0,001				H	2					OSHA
N-Nitrosodi-n-propylamin [621-64-7]		0,001				H	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	2					OSHA
N-Nitrosomorpholin [59-89-2]		0,001				H	2					OSHA
N-Nitrosopiperidin [100-75-4]		0,001				H	2					OSHA
N-Nitrosopyrrolidin [930-55-2]		0,001				H	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	4x15	H						NIOSH
Nonan [111-84-2]	200	1050										

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Octachlornaphthalin [2234-13-1]		0,1 e				H						NIOSH
Octan (alle Isomeren) [111-65-9]	300	1400	600	2800	4x15							NIOSH
iso-Octylalkohol [26952-21-6]	50	270				H						INRS
2-n-Octyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on [26530-20-1]		0,05 e		0,1 e	4x15	HS						
Mono-n-Octylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5])	0,004	0,02 e*	0,004	0,02 e*	15 min	H						C*
Di-n-Octylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5])	0,004	0,02 e*	0,004	0,02 e*	15 min	H						B*
Tri-n-Octylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5])	0,004	0,02 e*	0,004	0,02 e*	15 min	H						B*
Tetra-n-Octylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5])	0,004	0,02 e*	0,004	0,02 e*	15 min	H						
Osmiumtetroxid (als Os berechnet) [20816-12-0]	0,0002	0,002	0,0002	0,002	15 min							
Oxalsäure [144-62-7]		1 e										OSHA
Oxalsäuredinitril [460-19-5]	5	11	10	22	4x15	H						
Oxiran s. Ethylenoxid												
Ozon [10028-15-6]	0,1	0,2	0,1	0,2	15 min		3					NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Paraffinrauch [8002-74-2]		2 a										
Paraquatdichlorid [1910-42-5]		0,1 e		0,1 e	15 min	H						NIOSH
Parathion [56-38-2]		0,1 e				HB						NIOSH
Pentaboran [19624-22-7]	0,005	0,01	0,01	0,02	4x15							
Pentachlorethan [76-01-7]	5	40	10	80	4x15		3					NIOSH
Pentachlornaphthalin [1321-64-8]		0,5 e				H						NIOSH
Pentachlorphenol [87-86-5]	0,005	0,05 e				HB	2	3		2		NIOSH, OSHA
Pentan (alle Isomeren) n-Pentan [109-66-0] iso-Pentan [78-78-4] tert-Pentan [463-82-1]	600	1800	1200	3600	4x15						C	NIOSH
1,5-Pentandial s. Glutaraldehyd												
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	4x15						C	
Pentan-2-on [107-87-9]	200	700	400	1400	4x15							INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Pentylacetat (alle Isomeren) [628-63-7]	50	260	50	260	15 min							INRS, NIOSH
Perchlorethylen s. Tetrachlorethen												
Perchlormethylmercaptan [594-42-3]	0,1	0,8										DFG
Perchlorylfluorid [7616-94-6]	3	13										
Peressigsäure s. Peroxyessigsäure												
Perfluoroctansäure [335-67-1] und ihre anorganischen Salze		0,005 e		0,04 e	4x15	HB					C	
Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)* [1763-23-1] und ihre Salze		0,01 e*		0,08 e*	4x15*	H*B*					B*	
Peroxyessigsäure [79-21-0]												s. Anhang 1.3.5.
PHC s. Propoxur												
Phenol [108-95-2]	5	19	5	19	15 min	HB		3				DFG, INRS, NIOSH, OSHA
Phenothiazin [92-84-2]		5 e				H						Phototoxische Wirkung
2-Phenoxyethanol [122-99-6]	20	110	40	220	4x15	H					C	BIA
Phenylbenzol s. Biphenyl												
o-Phenylendiamin [95-54-5]		0,1 e				S	3	3				
p-Phenylendiamin [106-50-3]		0,1 e		0,2 e	4x15	HS					C	

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Phenylglycidether s. Phenylglycidylether												
Phenylglycidylether [122-60-1]	1	6				HS	2	3				NIOSH
Phenylhydrazin [100-63-0]	5	22				HS	2	3				NIOSH
Phenylmercaptan [108-98-5]	0,5	2,3										DFG
Phenylphosphin [638-21-1]	0,05	0,25										
2-Phenylpropen [98-83-9]	50	250	100	500	4x15							
Phenylzinnverbindungen (als Sn [7440-31-5]) berechnet)	0,0004*	0,002 e*	0,0008*	0,004 e*	4x15*	H*					C*	
Phorate [298-02-2]		0,05 e				H						OSHA
Phosdrin s. Mevinphos												
Phosgen s. Carbonylchlorid												
Phosphin s. Phosphorwasserstoff												
Phosphor weiss/gelb [7723-14-0; 12185-10-3]		0,05 e		0,1 e	4x15						C	NIOSH
Phosphoroxidchlorid [10025-87-3]	0,1	0,6	0,1	0,6	15 min						C	
Phosphorpentachlorid [10026-13-8]		1 e		1 e	15 min						C	NIOSH
Phosphorpentasulfid s. Diphosphorpentasulfid												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Phosphorpentoxid s. Diphosphorpentoxid												
Phosphorsäure [7664-38-2]		1		2	4x15						C	NIOSH, OSHA
Phosphortrichlorid [7719-12-2]	0,25	1,5	0,25	1,5	15 min						C	NIOSH
Phosphorwasserstoff [7803-51-2]	0,1	0,15	0,2*	0,3*	4x15*						C*	NIOSH
Phosphorylchlorid s. Phosphoroxidchlorid												
m-Phthalsäure [121-91-5]		2e		4e	4x15						C	
p-Phthalsäure [100-21-0]		0,1e		0,2e	4x15						C	
Phthalsäureanhydrid [85-44-9]		1e		1e	15 min	S						NIOSH
1,3-Phthalsäuredinitril [626-17-5]		5e										
Picloram [1918-02-1]		10e										
Pikrinsäure s. 2,4,6-Trinitrophenol												
Pindone [83-26-1]		0,1e										NIOSH, OSHA
Piperazinhydrochlorid [142-64-3]		5e										
Platin (Metall) [7440-06-4]		1e										

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Platinverbindungen (als Pt [7440-06-4] berechnet)		0,002				S						NIOSH S gilt nur für bestimmte Komplexsalze.
Polyacrylsäure (neutralisiert, vernetzt) [9003-01-4]		0,05 a		0,05 a	15 min						C	
Polychlorierte Biphenyle s. Chlorierte Biphenyle												
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe s. Benzo(a)pyren												
Polyethylenglykole (PEG) (mittlere Molmasse 200–600)	1000											C
Polyethylenoxid s. Polyethylenglykole (PEG)												C
Polyvinylchlorid [9002-86-2]		3 a										C
Portlandzement (Staub) [68475-76-3]		5 e				S						
Propan [74-98-6]	1000	1800	4000	7200	4x15							NIOSH
2-Propanol [67-63-0]	200	500	400	1000	4x15	B						C INRS, NIOSH
n-Propanol [71-23-8]	200	500				H						INRS, NIOSH
Propargylalkohol [107-19-7]	2	4,7	4	9,4	4x15	H						INRS
Propen [115-07-1]	10000	17500										

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
2-Propenal [107-02-8]	0,1	0,25	0,1	0,25	15 min							NIOSH, OSHA
2-Propen-1-ol [107-18-6]	2	5	4	10	4x15	H						NIOSH
Propensäure-n-butylester s. n-Butylacrylat												
iso-Propenylbenzol s. 2-Phenylpropen												
Propin s. Methylacetylen												
β-Propiolacton [57-57-8]	0,5	1,5				H	2					
Propionsäure [79-09-4]	10	30	20	60	4x15						C*	
Propoxur [114-26-1]		0,5 e										OSHA
n-Propylacetat [109-60-4]	100	420	200	840	4x15							NIOSH
iso-Propylacetat [108-21-4]	100	420	200	840	4x15						C	
iso-Propylalkohol s. 2-Propanol												
Propylallyldisulfid s. Allylpropylidisulfid												
diiso-Propylamin [108-18-9]	5	20				H						NIOSH
iso-Propylamin s. 2-Aminopropan												
N-iso-Propylanilin [643-28-7]	2	11				H						

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
iso-Propylbenzol [98-82-8]	50	245	200	980	4x15	H					C	INRS, NIOSH
Propylendichlorid s. 1,2-Dichlorpropan												
Propylenglykoldinitrat [6423-43-4]	0,05	0,35	0,05	0,35	15 min	H						
Propylenglykol-1-monomethylether s. 1-Methoxypropanol-2												
Propylenglykol-1-monomethyletheracetat s. 1-Methoxy-2-propylacetat												
Propylenimin [75-55-8]	2	5				H	2					OSHA
1,2-Propylenoxid s. 1,2-Epoxypropan												
iso-Propylether s. Diisopropylether												
iso-Propylglycidylether [4016-14-2]	50	240	75	360	4x15			3				INRS, NIOSH
n-Propylnitrat [627-13-4]	25	110	50	220	4x15							NIOSH
2-(Propyloxy)ethanol [2807-30-9]	20	85	40	170	4x15	H					C	
2-(Propyloxy)ethylacetat [20706-25-6]	20	120	40	240	4x15	H					C	
PVC s. Polyvinylchlorid												
Pyrethrum [8003-34-7]		5 e				S						NIOSH S gilt nicht für die insektiziden Stoffe.

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Pyridin [110-86-1] 3-Pyridyl-N-methylpyrrolidin s. Nikotin Pyrocatechol s. Catechol	5	15	10	30	4x15							DFG, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Quarz s. Siliciumdioxid, kristallines	0,005	0,05	0,04	0,4	4x15	SB						HSE, NIOSH, OSHA
Quecksilber (Dampf u. Aerosol) [7439-97-6]		0,01 e				HSB						
Quecksilberverbindungen, organische (als Hg berechnet) (s. aber Methylquecksilber)		0,02 e*		0,16 e*		4x15						
Quecksilberverbindungen, anorganische (als Hg berechnet)												NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Resorcin [108-46-3]	10											OSHA
Rhodium, Metall [7440-16-6]		0,1 e										NIOSH
Rhodium, Metall (Rauch) [7440-16-6]		0,1 a										NIOSH
Rhodiumsalze (löslich) (als Rh berechnet)		0,001 e										OSHA
Ronnel [299-84-3]		10 e										NIOSH
Rotenon [83-79-4]		5 e				H						NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Salpetersäure [7697-37-2] Salzsäure s. Chlorwasserstoff Sangajol s. Testbenzin 140-190 Schwefelchlorür s. Dischwefeldichlorid	2	5	2	5	15 min							NIOSH, OSHA
Schwefeldioxid [7446-09-5] Schwefelhexafluorid [2551-62-4] Schwefelkohlenstoff s. Kohlendisulfid	0,5	1,3	0,5	1,3	15 min							DFG, NIOSH, OSHA NIOSH
Schwefelpentafluorid [5714-22-7] Schwefelsäure [7664-93-9] Schwefeltetrafluorid [7783-60-0] Schwefelwasserstoff [7783-06-4] Selen [7782-49-2] und seine anorganischen Verbindungen (als Se berechnet) Selenwasserstoff [7783-07-5] Sesone [136-78-7]	0,01	0,1	0,01	0,1	15 min						C	DFG, NIOSH, OSHA
	0,1	0,4		0,1 e	15 min						C	NIOSH, OSHA
	5	7,1	10	14,2	4x15						C	NIOSH, OSHA
		0,02 e*		0,16 e*	4x15	H* B*					C	
	0,006*	0,02*	0,048*	0,16*	4x15						C	OSHA NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Siedegrenzenbenzin s. Benzin 30-75 u. White Spirit												
Silber [7440-22-4]		0,1 e		0,8 e	4x15							NIOSH, OSHA
Silbersalze (als Ag [7440-22-4] berechnet)		0,01 e		0,02 e	4x15							NIOSH, OSHA
Silicium [7440-21-3]		3 a										NIOSH s. Anhang 1.3.6.
Siliciumcarbid [409-21-2]		3 a									C	s. Anhang 1.3.6.
Siliciumdioxid, kristallines (Quarz) [14808-60-7] Cristobalit [14464-46-1] u. Tridymit [15468-32-3]		0,15 a				P*	1*				C	HSE, NIOSH, OSHA
Siliciumdioxid, nichtkristallin s. Kieselsäure, amorphe												
Siliciumtetrahydrid [7803-62-5]	0,5	0,7										
Stärke [9005-25-8]		3 a										s. Anhang 1.3.6.
Steinkohlenteer [65996-93-2] s. auch Benzo(a)pyren		0,2 e					2					NIOSH Cyclohexan- lösliche Fraktion Hautkrebs nach langer und intensiver Exposition. s. Anhang 1.3.6.
Stickstoff [7727-37-9]												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Stickstoffdioxid [10102-44-0]	3	6	3	6	15 min							DFG, NIOSH
Stickstoffmonoxid [10102-43-9]	25	30										DFG, NIOSH
Stickstofftrifluorid [7783-54-2]	10	30										
Stickstoffwasserstoffsäure [7782-79-8]	0,1	0,18	0,2	0,36	4x15							
Strontiumchromat s. Chrom(VI)Verbindungen												
Styrol [100-42-5]	20	85	40	170	4x15	B					C	DFG, HSE, NIOSH, OSHA
Subtilisine [1395-21-7; 9014-01-1] als kristalline aktive Enzyme				0,00006	15 min	S						
Sulfotep [3689-24-5]	0,0075	0,1	0,015	0,2	4x15	H					C	DFG
Sulfurylfluorid [2699-79-8]	5	20										NIOSH
Sulprofos [35400-43-2]		1 e										
Systox s. Demeton												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitt. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
2,4,5-T s. 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure Talk (asbestfaserfrei) [14807-96-6]		2 a									C	OSHA Bei evtl. Gehalt an Quarz oder Asbest sind die entspre- chenden MAK zu berück- sichtigen.
Tantal [7440-25-7] TCDD s. 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin TEDP s. Sulfotep		5 e									C	NIOSH, OSHA
Tellur [13494-80-9] und seine Verbindungen ausser Tellurhexafluorid (als Te berechnet)		0,1 e		0,2 e	4x15							NIOSH, OSHA
Tellurhexafluorid [7783-80-4]	0,02	0,2										NIOSH
Temephos [3383-96-8]		10 e										
TEPP [107-49-3]	0,005	0,05	0,01	0,1	4x15	H						NIOSH
Terpentinersatz s. White Spirit Terpentinöl [8006-64-2]	100	560	100	560	15 min	S						NIOSH Richtwert, da Zusammen- setzung und Toxizität uneinheitlich.

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Terphenyl (alle Isomeren) [26140-60-3] Testbenzin 140-190, Aromatengehalt 10–30 Vol.%, s. White Spirit	0,5	5										NIOSH
Tetraborate* (als Bor [7440-42-8])		0,75 e*		0,75 e*	15 min*						C*	
1,1,2,2-Tetrabromethan [79-27-6]	1	14	2	28	4x15							NIOSH
Tetrabromkohlenstoff [558-13-4]	0,1	1,4										
2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin [1746-01-6]		1x10 ⁻⁸ mg/m ³ e = 10 pg/m ³ e				H				C		
1,1,1,2-Tetrachlor-2,2-difluorethan (R 112a) [76-11-9]	500	4200										NIOSH
1,1,2,2-Tetrachlor-1,2-difluorethan (R 112) [76-12-0]	200	1690	400	3380	4x15							NIOSH
1,1,2,2-Tetrachlorethan [79-34-5]	1	7	2	14	4x15	H	3	3				HSE, INRS, NIOSH
Tetrachlorethen [127-18-4]	50	345	100	690	4x15	HB	3			3		HSE, NIOSH
Tetrachlorethylen s. Tetrachlorethen												
Tetrachlorkohlenstoff s. Tetrachlormethan												
Tetrachlormethan [56-23-5]	0,5	3,2	1,0	6,4	4x15	H	3				C	DFG, HSE, NIOSH
Tetrachlornaphthalin [1335-88-2]		2 e										NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Tetraethylblei s. Bleitetraethyl Tetraethyldiphosphat s. TEPP O,O,O,O-Tetraethyldithiodiphosphat (TEDP) s. Sulfotep												
Tetraethylsilikat [78-10-4]	10	85	10	85	15 min							NIOSH
Tetrafluoethan s. 1,1,1,2-Tetrafluoethan 1,1,1,2-Tetrafluoethan [811-97-2]	1000	4200									C	
Tetrahydrofuran [109-99-9]	50	150	100	300	4x15	HB					C	INRS, NIOSH
Tetrahydrothiophen (THT) [110-01-0]	50	180	50	180	15 min						C	
Tetramethylblei s. Bleitetramethyl Tetramethyldiaminodiphenyl- acetimin-Hydrochlorid s. Auramin												
Tetramethylsuccinonitril [3333-52-6]	0,5	3	1	6	4x15	H						NIOSH
Tetramethylthiuramdisulfid s. Thiram												
Tetranatriumpyrophosphat [7722-88-5]		5e										
Tetranitromethan [509-14-8]	1	8				H	2					NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
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						NIOSH, OSHA
Thiabendazol [148-79-8]		10 e									C	
4,4'-Thiobis-(6-tert-butyl-m-kresol) [96-69-5]		10 e										
Thioglykolsäure [68-11-1]	1	4				H						OSHA
Thionylchlorid [7719-09-7]	1	5										
Thiram [137-26-8]		1 e		2 e	4x15	S					C	NIOSH Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzero- genen N-Nitro- sodimethyla- mins führen. s. Anhang 1.3.1.3.
Titancarbide [12070-08-5]		5 e										
Titandioxid [13463-67-7]		3 a									C	NIOSH s. Anhang 1.3.6.

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
TNT s. Trinitrotoluol												
o-Tolidin s. 3,3'-Dimethylbenzidin												
m-Toluidin [108-44-1]	2	9				H						
o-Toluidin [95-53-4]	0,1	0,5				H	2					NIOSH
p-Toluidin [106-49-0]	0,2					HS	3					
Toluol [108-88-3]	50	190	200	760	4x15	HB				3	C	DFG, HSE, INRS, NIOSH Darf max. 0,5 Vol.% Benzol enthalten.
2,4-Toluylendiamin [95-80-7]	0,02	0,1				HS	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	0,8	10	4x15	HB	3				C	NIOSH
Tri-n-butylzinnverbindungen s. Butylzinnverbindungen												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Trichlorbenzol (alle Isomeren) [12002-48-1]	5	38				H					C	INRS, NIOSH
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	2					
Trichloressigsäure [76-03-9]	1	7										
1,1,1-Trichlorethan [71-55-6]	200	1080	200	1080	15 min	HB					C	DFG, HSE, NIOSH, OSHA
1,1,2-Trichlorethan [79-00-5]	10	55	20	110	4x15	H	3					HSE, NIOSH, OSHA
Trichlorethen [79-01-6]	50	260	100	520	4x15	HB	2	3				
Trichlorethylen s. Trichlorethen												
Trichlorfluormethan (R 11) [75-69-4]	1000	5600									C	DFG, NIOSH
Trichlormethan [67-66-3]	0,5	2,5	1	5	4x15	H	2	3		3	C	DFG, HSE, NIOSH, OSHA
Trichlornaphthalin [1321-65-9]		5e				H						NIOSH
Trichlornitromethan [76-06-2]	0,1	0,7	0,1	0,7	15 min							
2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure [93-76-5]		10e		20e	4x15	H					C	NIOSH
α,α,α -Trichlortoluol [98-07-7] s. auch α -Chlortoluole	0,012	0,1				H	2					DFG

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
1,1,2-Trichlor-1,2,2-trifluorethan (R 113) [76-13-1] Tridymit s. Siliciumdioxid, kristallines	500	3800										DFG, NIOSH
Triethanolamin* [102-71-6]		5 e*		20 e*	4x15*							
Triethylamin [121-44-8]	1	4,2	2	8,4	4x15							NIOSH Reaktion mit nitrosierenden Agentien kann zur Bildung des kanzerogenen N-Nitroso- dimethylamins führen. s. Anhang 1.3.1.3.
Triethylenglykol [112-27-6]		1000e		2000e	4x15						C	
Trifluorbrommethan (R 13 B1) [75-63-8]	1000	6100										C NIOSH
2-Trikresylphosphat [78-30-8]		0,1 e										NIOSH
Trimellitsäureanhydrid (Rauch/Feinstaub) [552-30-7]	0,005	0,04	0,005	0,04	15 min	S						NIOSH, OSHA
Trimethylamin [75-50-3]	2	4,9	4	9,8	4x15							C
Trimethylbenzol (alle Isomeren) [25551-13-7]	20	100	40	200	4x15							C INRS
3,5,5-Trimethyl-2-cyclohexen-1-on [78-59-1]	2	11	4	22	4x15		3					C INRS, NIOSH

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Trimethylphosphit [121-45-9]	2	10										
2,4,6-Trinitrophenol [88-89-1]		0,1 e		0,1 e	15 min	H S						NIOSH
2,4,6-Trinitrophenylmethylnitramin s. N-Methyl-2,4,6-N-tetranitroanilin												
2,4,6-Trinitrotoluol (und Isomeren in techn. Gemischen) [118-96-7]	0,01	0,1	0,02	0,2	4x15	H S	3					OSHA
Triphenylamin [603-34-9]		5 e										
Triphenylphosphat [115-86-6]		3 e										NIOSH
Triphenylphosphin [603-35-0]		5 e		10 e	4x15						C	
Tungsten u. seine Verbindungen s. Wolfram u. seine Verbindungen												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Uran u. seine Verbindungen (als U [7440-61-1] berechnet)		0,2 e										OSHA s. auch Strahlenschutz- verordnung.

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Valerianaldehyd [110-62-3]	50	175										
Vanadiumpentoxid [1314-62-1]		0,05 a		0,05 a	15 min	B						NIOSH
Vinylacetat [108-05-4]	10	35	10	35	15 min		3					INRS, NIOSH
Vinylbromid [593-60-2]	5	22					2					NIOSH, OSHA
Vinylchlorid [75-01-4]	2	5,2					1					BG, DFG, HSE, NIOSH, OSHA
Vinylcyclohexen [100-40-3]	0,1					H	3					
Vinylidenchlorid s. 1,1-Dichlorethen												
N-Vinyl-2-pyrrolidon [88-12-0]	0,1	0,5				H	3					
Vinyltoluol s. Methylstyrol												

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Warfarin [81-81-2] und Natriumwarfarin [129-06-6]	0,0016*	0,02 e*	0,0128*	0,16 e*	4x15	H*				1	B*	NIOSH
Wasserstoff [1333-74-0]												s. Anhang 1.3.6.
Wasserstoffperoxid [7722-84-1]	0,5	0,71	0,5	0,71	15 min						C	DFG, OSHA
White Spirit	100	525										OSHA
Wolfram, lösliche Verbindungen (als W [7440-33-7] berechnet)		1 e										NIOSH, OSHA
Wolfram, unlösliche Verbindungen (als W [7440-33-7] berechnet)		5 e										NIOSH, OSHA

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			H S B	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
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						NIOSH
Xylol (alle Isomeren) [1330-20-7]	100	435	200	870	4x15	HB						INRS, NIOSH Darf max. 0,5Vol.% Benzol enthalten.
m-Xylol- α,α' -diamin [1477-55-0]		0,1				H						

Stoff [CAS-Nummer]	MAK-Wert		Kurzzeitgrenzwerte			HSB	C	M	R _F	R _E	SS	Messmethoden/ besondere Bemerkungen
	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³	Zeitl. Begren- zung (Häufig- keit x Dauer in min./Schicht)							
Zellulose [9004-34-6]		3 a										NIOSH s. Anhang 1.3.6.
Zement s. Portlandzement												
Zink* und seine anorganischen Verbindungen (alveolengängige Fraktion) [7440-66-6]		0,1 a*		0,4 a*	4x15*							C*
Zink* und seine anorganischen Verbindungen (einatembare Fraktion) [7440-66-6]		2 e*		4 e*	4x15*							C*
Zinkchlorid (Rauch) [7646-85-7]		1 a										OSHA
Zinkchromat (als Cr berechnet) [13530-65-9]		0,01 e				S	1					NIOSH
Zinkoxid (Rauch) [1314-13-2]		3 a		3 a	15 min							NIOSH, OSHA
Zinkstearat [557-05-1]		3 a										NIOSH
Zinnverbindungen, anorganische (als Sn [7440-31-5] berechnet)		2 e		4 e	4x15							NIOSH, OSHA
Zinnverbindungen, organische (als Sn [7440-31-5] berechnet) s. auch n-Butylzinnverbindungen, n-Octylzinnverbindungen und Phenylzinnverbindungen		0,1 e		0,2 e	4x15	H						NIOSH, OSHA
Zirkonverbindungen (als Zr [7440-67-7] berechnet)		5 e										NIOSH, OSHA

1.3. Anhang

1.3.1. Krebserzeugende Stoffe

1.3.1.1. Allgemeines

Für die Einstufung krebserzeugender Arbeitsstoffe wird auf Kapitel 1.1.5. verwiesen. 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 zuwenig 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.

Da für krebserzeugende Stoffe zumindest beim gegenwärtigen Wissensstand keine mit Sicherheit unwirksame Konzentration angegeben werden kann, schützt in diesen Fällen 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 Tumoren 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 soweit 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.

1.3.1.2. 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 1.2) nicht aufgeführt.

Gewisse dieser Stoffe erfüllen die Kriterien der Einstufung in Kategorien C1.

Dies sind

4-Aminodiphenyl [92-67-1]

Benzidin [92-87-5] und seine Salze

α -Chlortoluole: Gemisch aus α -Chlortoluol [100-44-7]

α , α , α -Trichlortoluol [98-07-7] und Benzoylchlorid [98-88-4]

Dichlordiethylsulfid [505-60-2]

N-Methyl-bis(2-chlorethyl)amin [51-75-2]

Monochlordimethylether [107-30-2]

2-Naphthylamin [91-59-8]

Andere Stoffe, für die kein MAK-Wert festgelegt werden kann, werden in Kategorie C2 eingestuft.

Dies sind beispielsweise

6-Amino-2-ethoxynaphthalin [CAS o. Angabe]

2,4-Butansulton [1121-03-5]

4-Chlorbenzotrithlorid [5216-25-1]

N-Chlorformyl-morpholin [15159-40-7]

Chrysen [218-01-9]

2,4-Diaminoanisol [615-05-4]

1,2-Dibrom-3-chlorpropan [96-12-8]

1,3-Dichlor-2-propanol [96-23-1]

Diglycidylresorcinether [101-90-6]

Dimethylcarbamidsäurechlorid [79-44-7]

Dimethylsulfamoylchlorid [13360-57-1]

Dinitrotoluole (Isomergemische) [25321-14-6]

1,2-Epoxybutan [106-88-7]

Ethylcarbamat [51-79-6]

Glycidol (Glycid) [556-52-5]
Glycidyltrimethylammoniumchlorid [3033-77-0]
Hexamethylphosphorsäuretriamid [680-31-9]
Hydrazobenzol [122-66-7]
Michlers Keton (Tetramethyldiaminobenzo-phenon) [90-94-8]
5-Nitroacenaphten [602-87-9]
2-Nitroanisol [91-23-6]
4-Nitrobiphenyl [92-93-3]
N-Nitrosoethylphenylamin [612-64-6]
N-Nitrosomethylphenylamin [614-00-6]
2-Nitrotoluol [88-72-2]
4,4'-Oxydianilin [101-80-4]
1,3-Propansulton [1120-71-4]
4,4'-Thiodianilin [139-65-1]
1,2,3-Trichlorpropan [96-18-4]
2,4,5-Trimethylanilin [137-17-7]
4-Vinyl-1,2-cyclohexendiepid [106-87-6]

1.3.1.3. 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, z. B. Nitrosodimethylamin oder Nitrosodiethylamin, entstehen können.

1.3.1.4. Benzo(a)pyren (BaP) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAHs)

Polzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (engl.: **P**olycyclic **A**romatic **H**ydrocarbons = **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 steinkohlenteerflüchtigen Verbindungen (**C**oal **T**ar **P**itch **V**olatiles; **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. 1–5 % 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.

1.3.1.5. Passivrauchen am Arbeitsplatz

Es ist heute eine seit Jahrzehnten bekannte, durch epidemiologische Studien belegte Tatsache, dass Zigarettenrauchen Bronchialkarzinome und im geringeren Masse auch andere Krebsarten verursacht. Zudem muss noch beachtet werden, dass auch kardiovaskuläre Krankheiten entstehen können. In neueren epidemiologischen Studien wurde eine Assoziation zwischen Passivrauchen einerseits und Bronchialkrebs und kardiovaskulären Krankheiten (bei nicht rauchenden Ehefrauen rauchender Männer) andererseits gefunden. Die Krebs- und Herz-Kreislauf-Gefährdung durch Passivrauchen werden aufgrund dieser ernstzunehmenden Beobachtung zur Zeit kontrovers diskutiert.

Im Tabakrauch wurden bisher zahlreiche chemische Substanzen identifiziert, darunter auch eine Vielzahl krebserzeugender Stoffe. Einige davon sind auch als krebserzeugende Arbeitsstoffe bekannt. Der vom glimmenden Tabak während der Zuspausen an die Umgebung abgegebene Nebenstromrauch, der beim Passivrauchen die Hauptrolle spielt, enthält toxische und krebserzeugende Stoffe in zum Teil erheblich höherer Konzentration als der vom Raucher aufgenommene Hauptstromrauch. In Studien am Arbeitsplatz wurde bei Betrachtung der Expositions-Wirkungs-Beziehung eine Zunahme des relativen Risikos für Lungenkrebs durch Passivrauchen und statistisch signifikant erhöhte relative Risiken in den Gruppen mit der höchsten Belastung gefunden. Es ist deshalb angezeigt, Massnahmen gegen das Risiko der Erkrankung durch Passivrauchen an Arbeitsplätzen zu ergreifen.

1.3.1.6 Erläuterungen Grenzwert 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 Mesotheliom/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 krebserzeugende Stoffe kann beim gegenwärtigen Wissensstand keine mit Sicherheit unwirksame Konzentration angegeben werden. Die Exposition gegenüber Asbest 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.

Bei nur kurz dauernder Exposition wird die kumulative Dosis (Faserjahre) unter Berücksichtigung der Asbestfasertypen zur Beurteilung herangezogen.

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 0.1µm 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.

Da der Grenzwert von Asbest jedoch auf epidemiologischen Untersuchungen basiert, bei denen sehr feine Fasern nicht erfasst wurden, kann das Einhalten des MAK-Wertes durch den Einsatz eines REM erfolgen.

1.3.2. Erbgutverändernde Arbeitsstoffe

Die Einstufung in Kategorie M 1-3 ist für Arbeitsstoffe mit einem MAK-Wert aus den Angaben in Kapitel 1.2 ersichtlich. Für die Klassifizierung von Arbeitsstoffen, die nicht in der Grenzwertliste in Kapitel 1.2 enthalten sind, wird beispielsweise auf Anhang I RL 67/548/EWG verwiesen.

1.3.3. Reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Arbeitsstoffe

Die Einstufung in Kategorie R_E und R_F 1-3 ist für Arbeitsstoffe mit einem MAK-Wert aus den Angaben in Kapitel 1.2 ersichtlich. Für die Klassifizierung von Arbeitsstoffen, die nicht in der Grenzwertliste in Kapitel 1.2 enthalten sind, wird beispielsweise auf Anhang I RL 67/548/EWG verwiesen.

1.3.4. Synthetische Fasern/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. 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.

Als biologisch relevante Fasern werden jene Partikel betrachtet, welche ein Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von 3 : 1 überschreiten, eine Länge von grösser als 5 µm und einen Durchmesser von weniger als 3 µm aufweisen.

Nebst der mineralogisch-chemischen Zusammensetzung spielt für die Beurteilung einer Gefährdung die Fasergeometrie eine entscheidende Rolle, wie dies auch von Asbestfeinstaub her bekannt ist.

Künstlich hergestellte ungerichtete glasige (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 $900\text{ }^\circ\text{C}$) 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 $0,25\text{ Fasern/cm}^3$, resp. für Hochtemperatur-Glasfasern, Glaswolle, Steinwolle $0,5\text{ Fasern/cm}^3$, wobei Fasern mit einem Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von 3 : 1 und mehr, einer Länge von mehr als $5\text{ }\mu\text{m}$ und einem Durchmesser von weniger als $3\text{ }\mu\text{m}$ berücksichtigt werden.

1.3.5. 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 Kornealneurosen 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.

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

1.3.6. Inerte Stoffe

1.3.6.1. Inerte Stäube, allgemeiner Staubgrenzwert

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/m³ für alveolengängigen Staub, gemessen nach EN 481, sowie von 10 mg/m³ für einatmbaren 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 (Magnetit)

Siliciumcarbid (Carborundum)

Stärke

Titandioxid

Zellulose

Zinndioxid

Die Konzentration von nicht inerten Stuben 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**.

1.3.6.2. Inerte Gase

Inerte Gase, die durch Sauerstoffverdrängung erstickend wirken, sind z. B.:

Argon

Helium

Neon

Stickstoff

1.3.7. Sensibilisierende Arbeitsstoffe

1.3.7.1 Getreidemehlstube

Getreidemehlstube 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 einerseits von der Intensität der Einwirkung (Mehlstaubkonzentration), andererseits von persönlichen Faktoren (Atopie) abhängig. Die Dosiswirkungsbeziehungen zwischen Mehlstaubexposition und Auftreten einer Sensibilisierung respektive einer manifesten Atemwegsallergie sind bei Personen mit oder ohne Atopie unterschiedlich. Aufgrund der bisher bekannten Dosiswirkungsbeziehungen ist es nicht möglich, einen NOAEL (No Observable Adverse Effect Level) und damit einen gesundheitsbasierten Grenzwert festzulegen.

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

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

1.3.8. Neurotoxische Stoffe

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.

1.3.9. Nanopartikel und ultrafeine Partikel

Nanoobjekte sind bewusst hergestellte Strukturen, die 1, 2 oder 3 Aussenmasse im Nanomassstab (Grössenbereich von etwa 1 bis 100 nm) aufweisen. Wichtige Vertreter innerhalb der Nanoobjekte bilden **Nanopartikel** und **Nanofasern** (3 bzw. 2 Aussenmasse im Nanomassstab). Nanopartikel können durch Zerkleinerung grösserer Partikel oder durch Aufbau erzeugt werden. Nanofasern können auch eine röhrenartige Form haben wie die 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.

Neben der Grösse und der Geometrie der Partikel bestehen weitere Unterscheidungsmerkmale von Nanopartikeln, wie die chemische Zusammensetzung, die physikochemischen Eigenschaften der Oberfläche, die Fähigkeit, reaktive Sauerstoffspezies (ROS, Reactive Oxygen Species) zu bilden, oder die Löslichkeit in biologischen Medien.

In Untersuchungen bei Arbeitnehmenden mit Expositionen gegenüber Nanopartikeln im Rahmen der Nanotechnologie sind bisher in westlichen Industrienationen keine spezifischen Berufskrankheiten beobachtet worden. Es bestehen jedoch Hinweise dafür, dass sich Erkrankungen durch Nanopartikel zu einem späteren Zeitpunkt zeigen könnten, sofern der Einsatz nicht mit Umsicht erfolgt. Diese Hinweise stammen von experimentellen Untersuchungen, die Kenntnis einer Assoziation von partikulären Umweltbelastungen und Erkrankungen.

Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass Nanopartikel und ultrafeine Partikel nach Inhalation zu Entzündungsreaktionen im Bereich der Bronchien und der Alveolen führen können. Experimentelle Untersuchungen zeigen auch, dass die Bildung von reaktiven Sauerstoffspezies und die proinflammatorische Wirkung der Nanopartikel in der Lunge massgeblich von der chemischen Zusammensetzung respektive von den physikochemischen Eigenschaften der Oberfläche abhängen. Kohlenstoffnanoröhren können ebenfalls zu entzündlichen Reaktionen in der Lunge führen. Kohlenstoffnanoröhren haben zudem strukturelle Ähnlichkeiten mit faserförmigen Stäuben wie beispielsweise Asbest. Generell werden Fasern dann als 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 MWCNT, 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 Titandioxid-Nanopartikel einen Richtwert von $0,1 \text{ mg/m}^3$ (a-Fraktion) vorgeschlagen. In Grossbritannien wird für Kohlenstoffnanoröhrchen und -fasern ein Richtwert von 0.01 Fasern/ml empfohlen.

Aufgrund der aktuellen Datenlage können folgende Richtwerte formuliert werden:

- Titandioxid-Nanopartikel: Richtwert auf der Basis des Massengewichts mit 0.1 mg/m^3 a
- Kohlenstoffnanoröhrchen und -fasern (Länge über $5 \mu\text{m}$, Durchmesser weniger als $3 \mu\text{m}$, Länge - zu Durchmesser - Verhältnis von über 3:1): 0.01 Fasern/ml; dieser Wert entspricht dem Grenzwert für lungengängige Asbestfasern.

2. Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte gesundheitsgefährdender Stoffe (BAT-Werte)

2.1. Vorbemerkungen

2.1.1. Biologisches Monitoring

Die Beurteilung einer Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen kann aufgrund der Raumluftmessungen im Atembereich (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. Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert: Definition

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.

2.1.3. Erläuterungen

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

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

Die biologische Überwachung kann je nach Situation ergänzend zur Raumluftrichtung 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 miteinfassen. 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 Raumluftrichtung beurteilt wird, korreliert.

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

Die Resultate der biologischen Analysen müssen durch Fachleute beurteilt und interpretiert werden. Die allgemeinen Vorbemerkungen im Kapitel 1, Maximale Arbeitsplatzkonzentrationswerte gesundheitsgefährdender Stoffe (MAK-Werte), und die Bemerkungen für die einzelnen Arbeitsstoffe in der Liste der MAK-Werte (Kapitel 1.2) sind in jedem Falle mitzubeachten. Den Bestimmungen des Datenschutzes ist Rechnung zu tragen.

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

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).

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

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.

*** 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) und Bemerkungen werden mit einem * bezeichnet.

Für andere Bemerkungen wird für alle Arbeitsstoffe auch auf die Liste der MAK-Werte, Kapitel 1.2., 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 1.3.1.1 verwiesen. Die biologische Überwachung ist in vielen Situationen auch bei der Exposition gegenüber krebserzeugenden Arbeitsstoffen sinnvoll. Wie in Abschnitt 1.3.1.1 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 gleichen 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 2.2.2 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 biologischen Arbeitsstofftoleranzwerte (BAT-Werte)

2.2.1. BAT-Werte

Arbeitsstoffe	Biol. 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) Anilin (aus Hämoglobinkonjugat freigesetzt)	1 mg/l 100 µg/l (1,07 µmol/l)	U B	b, c c, b	N
	p-Aminophenol	50 mg/g Kreatinin (51,8 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	N
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 (gilt auch für Gemische mit Bleitetramethyl)	50 µg/l (241,3 nmol/l)	U	b	N, X
Bleitetramethyl	Gesamtblei (gilt auch für Gemische mit Bleitetraethyl)	50 µg/l (241,3 nmol/l)	U	b	N, X
2-Butanon (Methylethylketon)	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	c, b	

Arbeitsstoffe	Biol. Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
Chlorbenzol	Gesamt-4-Chlorkatechol	150 mg/g Kreatinin (117,3 µmol/mmol Kreatinin)	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	
	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	
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	Ethylbenzol	1,5 mg/l (14,1 µmol/l)	B	b	
	Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure	2 g/g Kreatinin	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

Arbeitsstoffe	Biol. Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
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	
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
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
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	1-Methoxypropanol-2	20 mg/l (221,9 µmol/l)	U	b	
4-Methylpentan-2-on (Methylisobutylketon)	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

Arbeitsstoffe	Biol. Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
Nickelverbindungen unlöslich (Nickeloxid, -sulfid) s. Abschnitt 2.2.2 Nickelsalze löslich s. Abschnitt 2.2.2					
Nitrobenzol	Anilin (aus Hämoglobin- konjugat freigesetzt) Gesamt-p-Nitrophenol	100 µg/l (1,07 µmol/l) 5 mg/g Kreatinin (4,07 µmol/mmol Kreatinin)	B U	c, b c, b	N N
Parathion	Gesamt-p-Nitrophenol Acetylcholinesterase (siehe Phosphorsäureester)	500 µg/g Kreatinin (406,6 nmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	N, Q
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
2-Propanol*	Aceton*	25 mg/l* (0,4 mmol/l)	U	b	
	Aceton*	25 mg/l* (0,4 mmol/l)	B	b	
iso-Propylbenzol (Cumol)	2-Phenyl-2-propanol	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	

Arbeitsstoffe	Biol. Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
Styrol	Mandelsäure	400 mg/g Kreatinin (297 µmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	N
	Mandelsäure plus Phenyl- glyoxylsäure	500 mg/g Kreatinin	U	c, b	N
Tetrachlorethen	Tetrachlorethen	1 mg/l (6 µmol/l)	B	d	
	Trichloressigsäure	7 mg/l (42,8 µmol/l)	U	c, b	N, Q
Tetrahydrofuran	Tetrahydrofuran	2 mg/l (27,7 µmol/l)	U	b	
Toluol	Toluol	600 µg/l* (6,48 µmol/l)	B	b	
	Hippursäure	2 g/g Kreatinin (1,26 mmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	N, X
	o-Kresol	0,5 mg/l (4,62 µmol/l)	U	b, c	Q
1,1,1-Trichlorethan	1,1,1-Trichlorethan	550 µg/l (4,12 µmol/l)	B	c, d	
Vanadiumpentoxid	Vanadium	70 µg/g Kreatinin (155 nmol/mmol Kreatinin)	U	b, c	
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	

2.2.2. BAT-Werte von Arbeitsstoffen mit der Einstufung «krebserzeugend» C1 und C2

Arbeitsstoffe	Biol. Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Probennahme- zeitpunkt	Bemerkungen
Arsen und anorganische Arsenverbindungen	Anorganisches Arsen und methylierte Metaboliten	50 µg/l (667 nmol/l)	U	c, b	
Benzol	S-Phenylmercaptursäure	25 µg/g Kreatinin (0,011 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	
	t,t-Mukonsäure	500 µg/g Kreatinin (0,398 µmol/mmol Kreatinin)	U	b	P
Cadmium	Cadmium	5 µg/g Kreatinin (5,03 nmol/mmol Kreatinin)	U	a	X
Chrom(VI)Verbindungen	Chrom	20 µg/l (384,6 nmol/l)	U	b	X
Cobalt	Cobalt	30 µg/l* (509 nmol/l)	U	b	
Nickel (Nickelmetall) s. Abschnitt 2.2.1					
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
Trichlorethen	Trichlorethanol	5 mg/l (33,4 µmol/l)	B	c, b	N
	Trichloressigsäure	100mg/l (69 µmol/mmol Kreatinin)	U	c, b	N

3. Arbeitshygienische Grenzwerte für 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. 3. 1991 und die Strahlenschutzverordnung vom 22. 6. 1994 geregelt.

3.2. Nichtionisierende Strahlen

3.2.1. Laser

Sämtliche Laser müssen gemäss der Europäischen Norm EN 60825-1 einer der Laserklassen 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B 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 steigen der Klasse zu. Für die obligatorische Kennzeichnung gilt die Norm.

Für die Datenübertragung mittels Laser und Glasfaser gilt die Norm EN 60825-2. Weitere Informationen können der Broschüre «Achtung Laserstrahl» (Suva 66049.d) entnommen werden.

Klasse	Wellenlängenbereich (nm)	Maximale Leistung	Gefährdung
1	alle	F (λ)	ungefährlich (eigensicher)
1 M	302-4000	F (λ)	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.
3 R	400-700	5 mW	Können auch ohne ein optisches Instrument die Netzhaut schädigen.
	übrige	5 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 (λ) bedeutet, dass die maximale Leistung von der Wellenlänge abhängig ist und der Norm entnommen werden muss.

Die ab sofort gültige Regelung betrifft vor allem die früher verwendeten Laserklassen 3A und 3B. Alle Laser der alten Klasse 3A sind neu entweder in den Klassen 1M oder 2M einzuteilen, bestimmte Laser mit geringer Leistung der alten Klasse 3B sind neu der Klasse 3R zuzuweisen.

3.2.2. Ultraviolett

Wellenlängenbereich 180 bis 400 nm.

Die Werte der zulässigen UV-Bestrahlung für das Auge oder die Haut sind anwendbar für Strahlenquellen wie Bogenlampen, Gas- oder Dampfentladungslampen, Fluoreszenz- und Glühlampen, Sonnenstrahlung. Sie sind anwendbar für kontinuierliche Bestrahlung, deren Dauer nicht kürzer als 0,1 s ist. Für Laser gelten die speziellen Vorschriften unter 3.2.1.

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

Bei schmalbandigen, monochromatischen UV-Strahlenquellen kann der ermittelte Bestrahlungswert direkt mit der zulässigen Bestrahlung bei der entsprechenden Wellenlänge (Tabelle 2) verglichen werden.

Für breitbandige UV-Strahler oder wenn ein Gemisch von monochromatischen UV-Strahlungskomponenten vorliegt, muss zuerst die effektive Bestrahlungsstärke berechnet werden. Damit wird der Bezug zur Referenzwellenlänge von 270 nm hergestellt.

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

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]

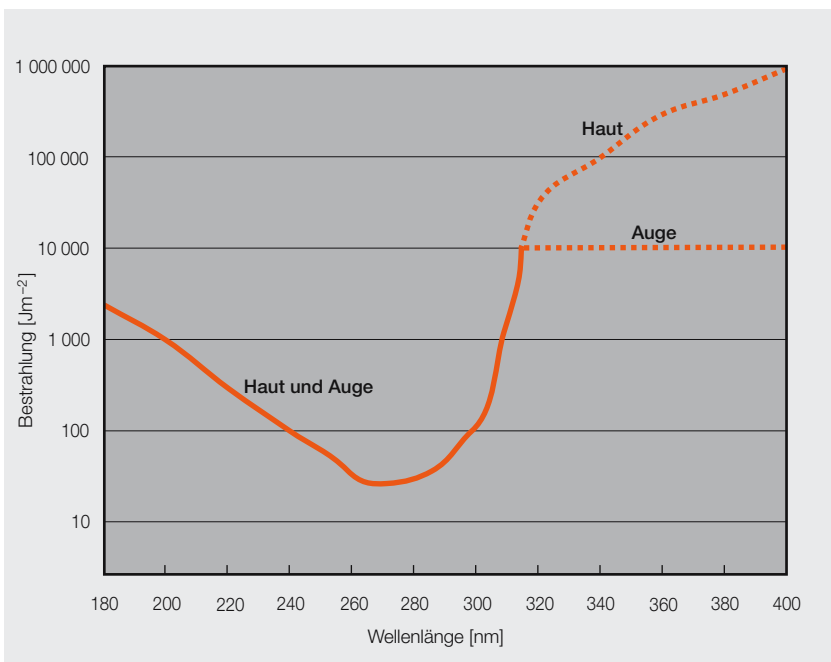
Die maximal zulässige Bestrahlungsdauer in Sekunden pro Arbeitstag kann berechnet werden, indem die maximal zulässige Bestrahlung für die Referenzwellenlänge 270 nm pro 8-Stunden-Arbeitstag, gemäss Tabelle 2 beträgt diese $30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$, durch die berechnete effektive Bestrahlungsstärke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

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

Haut und Auge			Haut			Auge			
Wellenlänge (nm)	Bestrahlungs-Grenzwert (J · m ⁻²)	relative spektrale Wirksamkeit (-)	Wellenlänge (nm)	Bestrahlungs-Grenzwert (J · m ⁻²)	relative spektrale Wirksamkeit (-)	Bestrahlungs-Grenzwert- (J · m ⁻²)	relative spektrale- Wirksamkeit (-)		
180	2500	0.012	315	10000	0.003	10000	0.003		
190	1600	0.019	316	13000	0.0024				
200	1000	0.030	317	15000	0.0020				
205	590	0.051	318	19000	0.0016				
210	400	0.075	319	25000	0.0012				
215	320	0.095	320	29000	0.0010				
220	250	0.120	322	45000	0.00067				
225	200	0.150	323	56000	0.00054				
230	160	0.190	325	60000	0.00050				
235	130	0.240	328	68000	0.00044				
240	100	0.300	330	73000	0.00041				
245	83	0.360	333	81000	0.00037				
250	70	0.430	335	88000	0.00034				
254	60	0.500	340	110000	0.00028				
255	58	0.520	345	130000	0.00024				
260	46	0.650	350	150000	0.00020				
265	37	0.810	355	190000	0.00016				
270	30	1.000	360	230000	0.00013				
275	31	0.960	365	270000	0.00011				
280	34	0.880	370	320000	0.000093				
285	39	0.770	375	390000	0.000077				
290	47	0.640	380	470000	0.000064				
295	56	0.540	385	570000	0.000053				
297	65	0.460	390	680000	0.000044				
300	100	0.300	395	830000	0.000036				
303	250	0.120	400	1000000	0.000030			10000	0.003
305	500	0.060							
308	1200	0.026							
310	2000	0.015							
313	5000	0.006							
315	10000	0.003							

Tabelle 2

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



Figur 1
 UV-Strahlungs-Grenzwerte innerhalb von 8 Stunden (Arbeitstag).
 Grafische Darstellung der Bestrahlungsgrenzwerte aus Tabelle 2 (Seite 146).

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 Magnetresonanztomografen muss der Arbeitgeber eine Risikoanalyse durchführen und Schutzmassnahmen festlegen. Bei modulierten und gepulsten HF-Feldern soll eine mittlere Leistungsdichte über eine repräsentative Periode von 6 min bestimmt werden. Die Spitzenwerte von kurzen HF-Impulsen (Radar) sollen den 1000-fachen Wert der Leistungsdichte P nach Tabelle 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: $I_{ber} < 1 \text{ mA}$).

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 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.

f	H (kA/m)	B (mT)	E (kV/m)	P (W/m ²)
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)
30000	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
24125	0,36	0,45	137	50

¹⁾ bei dieser Frequenz nicht relevant

²⁾ häufig verwendete Frequenz für Mikrowellenöfen

Tabelle 3

Grenzwerte (Effektivwerte) für ausgewählte Industriefrequenzen

f = Frequenz

H = magnetische Feldstärke

B = magnetische Flussdichte

E = elektrische Feldstärke

P = Leistungsdichte

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 Lärmexpositionspegel 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 Risiko- beurteilung basierend auf dem über eine Stunde aufsummierten Schall-expositions- pegel LE 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, bezogen 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

Bisher existieren international noch keine gesicherten Grenzwerte für die Schädigung durch Vibrationen. Hingegen sind in der EU-Richtlinie 2002/44/EG Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte publiziert worden.

Hand-Arm-Vibrationen können bei mehrjähriger regelmässiger Einwirkung gesundheitsgefährdend sein, wenn die mittlere bewertete Beschleunigung a_{HVA} , gemittelt über einen Arbeitstag, 5 m/s^2 überschreitet.

Ganzkörper-Vibrationen können bei mehrjähriger regelmässiger Einwirkung gesundheitsgefährdend sein, wenn die mittlere bewertete Beschleunigung in Körperlängsrichtung a_{WZ} , gemittelt über einen Arbeitstag, $0,8 \text{ m/s}^2$ überschreitet.

3.4. Überdruck

Über die Auswirkungen von Schadstoffen nach Kapitel 1.2 «Liste der MAK-Werte» auf einen menschlichen Körper, der sich in hyperbarer Umgebung aufhält, ist noch wenig bekannt. Bis konsolidierte Forschungsergebnisse vorliegen, gelten die Werte nach Kapitel 1.2 auch in hyperbarer Umgebung (Überdruck).

Zu beachten ist dabei, dass abhängig von der Messmethode (z. B. gravimetrisch, volumetrisch) und dem Ort der Probenahme/der Auswertung (im Normaldruck/im Überdruck) die Messergebnisse unter Umständen um den Faktor ($\rho_{\text{Überdruck}} + 1$) korrigiert werden müssen.

3.5. Hitze (Infrarotstrahlung)

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

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

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

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

Zur **Beurteilung der Hitzebeanspruchung** kann die kontinuierliche Registrierung der Körpertemperatur (z. B. oral oder rektal), der Herzschlagfrequenz (z. B. Herzschlagfrequenzerhöhung gegenüber der Basalfrequenz oder Herzschlagfrequenzreserve) oder auch die Ermittlung der hitzebedingten Schweißproduktion herangezogen werden. Die Beurteilung der Messresultate sollte durch einen Arbeitsarzt erfolgen.

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

4. Richtwerte für physische Belastungen

4.1. Vorbemerkungen zum neuen Richtwert

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. 03. 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 «Ergo-Test: Heben und Tragen»)
 - 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)
 - AF X 35-109 Limites acceptable de port manuel de charge par une personne
 - 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
- 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
- In Zusammenhang mit technischen Einrichtungen und Geräten (TEG) ist die EN 1005, Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen, heranzuziehen.
- 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)
- 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,

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.

Suva

Postfach, 6002 Luzern
www.suva.ch

Bestellnummer

1903.d