

BIA-Report 2/2003

Grenzwerteliste 2003

Sicherheit und
Gesundheitsschutz
bei der Arbeit



HVBG

Hauptverband der
gewerblichen
Berufsgenossenschaften

Verfasser: Chemische Einwirkungen:
W. Pflaumbaum, H. Kleine, A. Barig, E. Nies, H. Blome

Biologische Einwirkungen:
A. Kolk

Physikalische Einwirkungen:
E. Christ, D. Schwaß, H. Siekmann, M. Liedtke,
S. Fischer, U. Kaulbars, W. Pfeiffer, T. v.d. Heyden,
D. Reinert, H. Zilligen, F. Börner, G. Kloß

HVBG, Berufsgenossenschaftliches Institut
für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin

Verantwortlich für die
Zusammenstellung: H. Blome, W. Pflaumbaum
HVBG, Berufsgenossenschaftliches Institut
für Arbeitsschutz – BIA, Sankt Augustin

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen
Berufsgenossenschaften (HVBG)
Alte Heerstraße 111, D-53754 Sankt Augustin
Telefon: 0 22 41 / 2 31 - 01
Telefax: 0 22 41 / 2 31 - 13 33
Internet: www.hvbg.de
– April 2003 –

Satz und Layout: HVBG, Kommunikation

Druck: Druckerei Plump OHG, Rheinbreitbach

ISBN 3-88383-636-2

ISSN: 0173-0387

Das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz — BIA hat in der „Grenzwerteliste 2003“ die wichtigsten Grenzwerte zu chemischen, biologischen und physikalischen Einwirkungen zusammengestellt, die für die Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz von Bedeutung sind.

Die Grenzwerteliste enthält die Gefahrstoffgrenzwerte (MAK, TRK und BAT) aus der TRGS 900 und TRGS 903 sowie die Einstufungen der TRGS 905 in einer Tabelle zusammengefasst sowie Grenzwerte und Beurteilungswerte für Innenräume, Lärm, Vibration, thermische Belastungen, Strahlung, Elektrizität, biomechanische Belastungen und Hinweise zu biologischen Einwirkungen.

The „2003 List of Limit Values“ issued by the BG-Institute for Occupational Safety and Health (BIA) contains the most important limit values for chemical, biological and physical agents which have an impact on health and safety in the workplace.

The list contains a table of the limit values for hazardous substances (threshold limit of safe exposure [MAK], technical guidelines for exposure [TRK] and tolerance levels of exposure to biological agents [BAT]) from the following points in the technical code of practice on hazardous substances (TRGS) TRGS 900, TRGS 903 „Biological tolerance values“ and also the classifications of TRGS 905.

Also included are limit values for inner rooms, noise, vibration, thermal stress tolerance, radiation, electricity, bio-mechanical stress tolerance and notes on the effects of biological agents.

Résumé

Resumen

Dans sa «Liste des valeurs-limites 2003», l'Institut des berufsgenossenschaften pour la sécurité au travail (BIA) a établi les principales valeurs-limites pour les actions chimiques, biologiques et physiques qui revêtent de l'importance pour la sécurité et la santé sur les emplacements de travail.

El Instituto de las Berufsgenossenschaften para la Seguridad laboral (BIA) ha reunido en la «Lista de valores máximos 2003» los valores máximos más significativos respecto de los efectos químicos, biológicos y físicos, de importancia para la higiene y seguridad del trabajo.

La liste des valeurs-limites regroupe dans un tableau les valeurs-limites pour substances dangereuses (MAK/concentration d'activité maximale à l'emplacement de travail, TRK/concentration de référence technique et BAT/valeur de tolérance biologique maximale à l'emplacement de travail) issues de la TRGS*) 900 et TRGS 903 ainsi que les classements de la TRGS 905 ainsi que les valeurs-limites pour les pièces, les bruits, les vibrations, les sollicitations thermiques, le rayonnement, l'électricité, les sollicitations biomécaniques et les remarques sur les actions biologiques.

La lista de valores máximos contiene una enumeración resumida de los valores máximos de sustancias nocivas (MAK [Valor máximo de concentración en el puesto de trabajo], TRK [Valor indicativo técnico de concentración] y BAT [Valor de tolerancia biológico en el puesto de trabajo]) de TRGS 900*) y TRGS 903 así como las clasificaciones de TRGS 905 así como los valores máximos para espacios interiores, ruido, vibraciones, agentes térmicos, radiación, electricidad, agentes biomecánicos y advertencias acerca de los efectos biológicos.

*) TRGS signifie Règlements techniques pour les substance-dangereuses).

*) TRGS: Normas técnicas para sustancias nocivas

Inhaltsverzeichnis

Seite

Einleitung	9
Chemische Einwirkungen	11
1 Gefahrstoffgrenzwerte (MAK, TRK und BAT)	11
1.1 Gefahrstoffliste mit Vorbemerkungen	11
Anhang 1: Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte	145
Anhang 2: Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA)	151
Anhang 3: Gruppeneinteilung nach TRGS 901 Teil II Nr. 72 Teil 4 für komplexe, kohlenwasserstoffhaltige Gemische	159
1.2 Verzeichnis und Erläuterungen der Ziffern in der Spalte „Bemerkungen“	163
1.3 Besondere Stoffgruppen	168
2 Gefahrstoffe in Innenräumen und in der Außenluft	172
2.1 Einführung und Erläuterungen	172
2.2 Tabelle der Beurteilungswerte der Gefahrstoffexposition in der Außen- und Innenluft	176
2.3 Spezielle Beurteilungswerte und Indikatoren	186
2.3.1 Flüchtige organische Verbindungen	186
2.3.2 Kohlendioxidkonzentration	187
2.3.3 Gerüche	189
2.3.4 Staub	189
2.4 Typische Konzentrationen einiger organischer Stoffe in Innenräumen	190
2.5 Literatur	199

	Seite
Biologische Einwirkungen	201
1 Einführung und Erläuterungen	201
2 Kontrollwertkonzept.....	204
3 Grenzwerte	208
4 Literatur	214
Physikalische Einwirkungen	219
1 Lärm.....	219
1.1 Einführung und Erläuterungen	219
1.1.1 Gehörgefährdung	219
1.1.2 Extraaurale Lärmwirkungen	219
1.1.3 Unfallgefahren	220
1.2 Grenzwerte	221
1.2.1 Gehörgefährdung	221
1.2.2 Extraaurale Lärmwirkungen	222
1.2.3 Unfallgefahren	223
1.3 Literatur	223
2 Vibration	224
2.1 Einführung und Erläuterungen	224
3 Thermische Belastungen	234
3.1 Klimatische Belastungen	234
3.1.1 Erläuterungen.....	234
3.1.2 Klimabereiche, Grenzbetrachtungen.....	234
3.1.3 Beurteilungsgrundlagen.....	235

3.1.4	Klimabewertung.....	236
3.1.4.1	Thermoregulation des Menschen.....	236
3.1.4.2	Behaglichkeits-/Erträglichkeitsbereich.....	237
3.1.4.3	Hitzebelastungen.....	241
3.2	Berührung heißer Oberflächen.....	242
3.2.1	Erläuterungen.....	242
3.2.2	Grenzwerte.....	242
3.2.3	Empfehlungen.....	243
3.2.4	Literatur.....	244
4	Strahlung.....	245
4.1	Ionisierende Strahlung.....	245
4.1.1	Erläuterungen.....	245
4.1.2	Grenzwerte.....	246
4.1.3	Literatur.....	256
4.2	Optische Strahlung (UV-, sichtbare und IR-Strahlung).....	257
4.2.1	Einführung.....	257
4.2.2	Ultraviolette Strahlung.....	257
4.2.2.1	Erläuterungen.....	257
4.2.2.2	Grenzwerte.....	258
4.2.2.3	Empfehlungen.....	258
4.2.2.4	Literatur.....	258
4.2.3	Sichtbare und Infrarot-Strahlung.....	259
4.2.3.1	Erläuterungen.....	259
4.2.3.2	Grenzwerte.....	259
4.2.3.3	Empfehlungen.....	260
4.2.3.4	Literatur.....	260

	Seite
4.3	Laserstrahlung 261
4.3.1	Erläuterungen 261
4.3.2	Grenzwerte 261
4.3.4	Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) 262
4.4	Elektromagnetische Felder 274
4.4.1	Erläuterungen 274
4.4.2	Grenzwerte 274
4.4.3	Literatur 275
4.4.4	Zulässige Werte 275
5	Elektrizität 292
5.1	Einführung und Erläuterungen 292
5.2	Grenzwerte 292
5.3	Empfehlungen 292
5.4	Literatur 293
6	Biomechanische Belastungen 294
6.1	Heben und Tragen von Lasten 294
6.1.1	Einführung und Erläuterungen 294
6.1.2	Grenzwerte 294
6.1.3	Literatur 297
6.2	Quetschen von Körperteilen 298
6.2.1	Einführung und Erläuterungen 298
6.2.2	Grenzwerte 299
6.2.3	Literatur 300

Einleitung

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

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

Die im Mai 2002 veröffentlichte Gefahrstoffliste des BIA (BIA-Report 1/2002) enthält in Ergänzung noch weitergehende Informationen zum Sachgebiet „Gefahrstoffe“ als die Grenzwerteliste. In der Gefahrstoffliste sind insbesondere Daten zu den Bereichen „Ein-

stufung“ und „Kennzeichnung“ sowie Hinweise auf das Regelwerk und zu Messverfahren aufgenommen.

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

- ❑ Der Abschnitt „Gefahrstoffgrenzwerte“ enthält die Arbeitsplatzgrenzwerte (MAK, TRK, BAT) einschließlich der im März 2003 neu veröffentlichten Grenzwerte und Einstufungen der Technischen Regeln für Gefahrstoffe 900, 903 und 905.
- ❑ Der Abschnitt „Gefahrstoffe in Innenräumen und in der Außenluft“ enthält Grenzwerte und Empfehlungen für die Innen- und Außenluft.

Im Kapitel „Biologische Einwirkungen“ wird in Ermangelung an Grenzwerten für den Arbeitsplatz insbesondere auf die Grundzüge einer Arbeitsplatzbeurteilung eingegangen.

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

- ❑ Lärm
- ❑ Vibration
- ❑ Thermische Belastungen

- ☐ Strahlung
- ☐ Elektrizität
- ☐ Biomechanische Belastungen
(Heben und Tragen von Lasten)

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

1 Gefahrstoffgrenzwerte (MAK, TRK und BAT)

1.1 Gefahrstoffliste mit Vorbemerkungen

Die Stoffliste enthält Hinweise zu Luft- und biologischen Grenzwerten und deren Herkunft sowie zur Einstufung und Gefahr der Sensibilisierung bzw. Hautresorption. Detaillierte Informationen zum Inhalt der einzelnen Spalten sind im Vorspann ausführlich erläutert.

Die Angaben wurden folgenden Veröffentlichungen entnommen:

- ❑ Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- ❑ Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG in der gültigen Fassung (28. Anpassung)
- ❑ TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“
- ❑ TRGS 900 „Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz, Luftgrenzwerte — MAK und TRK“
- ❑ TRGS 903 „Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte — BAT-Werte“
- ❑ 38. Mitteilung der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK- und BAT-Werte-Liste 2002), Wiley – VCH, Weinheim, 2002

Erläuterungen zur Liste

Spalte 1 — Stoffidentität

Mit „*“ gekennzeichnete Stoffe weisen gegenüber der Grenzwerteliste 2000 Veränderungen bei der Einstufung (Spalte 2 bis 4) und/oder bei den Grenzwerten einschließlich Anhang I auf.

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

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

Einstufung/Bewertung

In den Spalten 2 bis 5 der Liste wird die Einstufung bzw. Bewertung von Stoffen wiedergegeben, wie sie in der Richtlinie 67/548/EWG im Anhang I oder der TRGS 905 bzw. in § 35 Abs. 3 und 4 GefStoffV aufgeführt ist.

Für Gefahrstoffe der Kategorie 3 nach Anhang VI der Richtlinie 67/548/EWG (Stoffe mit begründetem Verdacht auf krebs-erzeugende oder erbgutverändernde Wirkung) gelten die Vorschriften des Vierten und Fünften Abschnitts der GefStoffV für gesundheitsschädliche Gefahrstoffe (§ 2 Abs. 3 GefStoffV).

Wurde von der EG-Kommission entschieden, einen Stoff nach Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG als krebs-erzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend einzustufen, ist die Einstufung durch eine **halbfette** Schreibweise hervorgehoben.

Bei einigen Stoffen finden sich in der Spalte 2 (krebs-erzeugend) zwei Eintragungen: z.B. Cadmiumsulfid 2 und **3**. Hierbei gilt die halbfett gedruckte Eintragung (Legal-einstufung) für das Inverkehrbringen von Gefahrstoffen (EG-Einstufung, siehe Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG), während die nationale Bewertung (Kat. 2) für den Umgang mit diesem Gefahrstoff gilt (TRGS 905). Das heißt, für den Umgang mit diesem Gefahrstoff gelten in diesem Fall die Vorschriften des Sechsten Abschnitts der GefStoffV für krebs-erzeugende und erbgutverändernde Stoffe. Sofern aufgrund der Datenlage keine Einordnung in die Kategorien 1 bis 3 vom AGS vorgenommen werden konnte, wird dies durch einen Strich (–) gekennzeichnet.

Spalte 2 – Krebs-erzeugend (K)

- 1 Stoffe, die auf den Menschen bekanntermaßen krebs-erzeugend wirken. Der Kausalzusammenhang zwischen der Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff und der Entstehung von Krebs ist ausreichend nachgewiesen.
- 2 Stoffe, die als krebs-erzeugend 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
 - sonstige relevante Informationen
- 3 Stoffe, die wegen möglicher krebs-erzeugender Wirkung beim Menschen Anlass zur 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 Kategorie 2 einzustufen.

R 49 kann Krebs erzeugen beim Einatmen

Spalte 3 — Erbgutverändernd (M)

- 1 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.
- 2 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:
 - geeigneten Tierversuchen
 - sonstigen relevanten Informationen
- 3 Stoffe, die wegen möglicher erbgutverändernder Wirkung auf den Menschen zur Besorgnis Anlass geben. Aus geeigneten Mutagenitätsversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um den Stoff in Kategorie 2 einzustufen.

Spalte 4 — Fortpflanzungsgefährdend (R_E, R_F)

R_F *Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) und*

R_E *Fruchtschädigend (entwicklungsschädigend)*

R_F1 Stoffe, die beim Menschen die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) bekanntermaßen beeinträchtigen

R_E1 Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) wirken

R_F2 Stoffe, die als beeinträchtigungsfördernd für die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen angesehen werden sollten

R_E2 Stoffe, die als fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) für den Menschen angesehen werden sollten

R_F3 Stoffe, die wegen möglicher Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen zur Besorgnis Anlass geben

R_E3 Stoffe, die wegen möglicher fruchtschädigender (entwicklungsschädigender) Wirkungen beim Menschen zur Besorgnis Anlass geben

Spalte 5 — Sensibilisierende Stoffe (S)

Sensibilisierungen der Haut und/oder der Atemwege können durch viele Stoffe ausgelöst werden. Wiederholter Kontakt kann zu allergischen Erkrankungen führen. Die Einhal-

lung der Luftgrenzwerte gibt keine Sicherheit gegen das Auftreten allergischer Reaktionen.

Luftgrenzwerte

Spalte 6 — mg/m^3 bzw. ml/m^3

Die in dieser Spalte angegebenen Luftgrenzwerte beziehen sich auf die Konzentration (Gewichts- bzw. Volumenanteil) eines Gefahrstoffes in der Luft am Arbeitsplatz. Für die Arbeitsbereichsanalyse ist der Massenwert als Bezugswert heranzuziehen. Die Angabe § 15a weist darauf hin, dass Arbeitnehmer diesen Gefahrstoffen nach Maßgabe des § 15a GefStoffV nicht ausgesetzt sein dürfen. Luftgrenzwerte sind Schichtmittelwerte bei in der Regel täglich achtstündiger Exposition und bei Einhaltung einer durchschnittlichen Wochenarbeitszeit von 40 Stunden (in Vierschichtbetrieben 42 Stunden je Woche im Durchschnitt von vier aufeinanderfolgenden Wochen). Ausgenommen hiervon ist der Luftgrenzwert für Quarz. Kurzfristige Überschreitungen des Schichtmittelwertes (Expositionsspitzen) werden mit Kurzzeitwerten (Spalte 7) beurteilt, die nach Höhe und Dauer gegliedert sind.

Allgemeiner Staubgrenzwert

Der Allgemeine Staubgrenzwert ist anzuwenden bei Vorliegen von unlöslichen Stäuben, die

- nicht anderweitig reguliert sind oder
- für Mischstäube.

Er ist auch als Beurteilungsgrundlage heranzuziehen, wenn am Arbeitsplatz Faserstäube vorliegen, die nicht als krebserzeugend eingestuft sind (z.B. nicht biopersistente Mineralwollen oder Papierstäube). Mit einer Gesundheitsgefährdung ist nur dann nicht zu rechnen, wenn nach einschlägiger Überprüfung sichergestellt ist, dass erbgutverändernde, krebserzeugende, sensibilisierende, fibrogene oder toxische Wirkungen der Stäube nicht zu erwarten sind, dies gilt zum Beispiel für folgende Stäube (siehe auch Nummer 2.5 der TRGS 900):

Aluminium, Aluminiumhydroxid, Aluminiumoxid (faserfrei, außer Aluminiumoxid-Rauch), Bariumsulfat, Eisen(III)oxid, Eisen(III)oxid, Graphit, Magnesiumoxid (außer Magnesiumoxid-Rauch), Polyvinylchlorid, Siliciumcarbid (faserfrei), Tantal und Titandioxid

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

Der Grenzwert für die einatembare Fraktion tritt ab dem 1. April 2004 in Kraft. Er sollte aber bereits jetzt für alle Stoffe, die unter den Geltungsbereich dieses Grenzwertes fallen, zur Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden (Nummer 2.4 Abs. 11 der TRGS 900).

Für Dibortrioxid (Boroxid), Tantal, Molybdän und unlösliche Molybdänverbindungen gilt der Grenzwert für die einatembare Fraktion jedoch bereits mit Veröffentlichung im Bundesarbeitsblatt (Nummer 2.4 Abs. 7 der TRGS 900).

Die Grenzwerte sind in der TRGS 900 als Schichtmittelwerte festgelegt worden.

Der Allgemeine Staubgrenzwert gilt nicht für

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

Ausnahmebereiche

Für eine Reihe von Tätigkeiten und in bestimmten Arbeitsbereichen kann der Luftgrenzwert für die alveolengängige Fraktion von 3 mg/m^3 nach dem Stand der Technik derzeit nicht eingehalten werden. Für folgende Arbeitsplätze gilt der Grenzwert von 6 mg/m^3 (Nummer 2.4 Abs. 8 und 9 der TRGS 900):

- ❑ für folgende Arbeiten in der Bau-, Steine- und Erdenindustrie sowie für Bereiche und Tätigkeiten, die in einem Analogieschluss den genannten Arbeiten zugeordnet werden können:
 - Rückbau-, Abbruch und Stemmarbeiten
 - Schleif-, Schneid- und Fräsarbeiten
 - Be- und Verarbeitung von Werkstein (Natur- und Betonstein) im Trockenverfahren mit Handmaschinen
 - Oberflächenbearbeitung von Beton
 - maschinelle Putzarbeiten
 - Erd- und Verdichtungsarbeiten sowie bei Fahrzeugverkehr auf Baustellen
 - Bauarbeiten unter Tage
 - Baureinigungsarbeiten

Chemische Einwirkungen

- mobile Baustoffrecyclinganlagen
- Altanlagen bei der Aufbereitung von Naturstein (Brech-, Klassier-, Sortieranlagen) einschließlich Verladung
- ☐ Altanlagen bei Gewinnung und Aufbereitung in der Bau- und Grobkeramik und der Kalksandstein-Industrie
- ☐ Altanlagen bei der Formgebung (Pressen) in der Kalksandstein-Industrie
- ☐ Altanlagen zur Abfüllung und Verpackung stark staubender Güter in der Baustoff- und chemischen Industrie und in vergleichbaren Arbeitsbereichen
- ☐ Bekohlungsbereich in Kraftwerken
- ☐ für folgende Arbeitsbereiche in der Stahlindustrie:
 - Oxygenstahlwerk (Konverterbetrieb, Sekundärmetallurgie)
 - Elektrostahlwerk (Ofenbetrieb, Sekundärmetallurgie)
 - Sinteranlagen

Arbeitsbereiche oder Tätigkeiten, die oben nicht genannt sind, können ebenfalls unter den Geltungsbereich des 6 mg/m^3 Grenzwertes fallen, wenn der Grenzwert von 3 mg/m^3 nachweislich nicht eingehalten werden kann, obwohl der Stand der Technik umgesetzt ist. Die Betriebe sind jedoch in diesem Fall verpflichtet, eine Dokumentation mit

Beschreibung des Standes der Technik, der Tätigkeiten und der Arbeitsbereiche sowie den Arbeitsplatzbeurteilungen mit den zugrunde liegenden Messergebnissen zu erstellen und diese der Aufsichtsbehörde sowie der AGS mitzuteilen. Ferner ist ein Schutzmaßnahmenkonzept zu erarbeiten, welches insbesondere betriebspezifische, technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen enthält.

Sofern an Arbeitsplätzen eine Staubkonzentration von 3 mg/m^3 (alveolengängige Fraktion) nicht eingehalten werden kann, sind für die Beschäftigten arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen vorzusehen (Nummer 2.4 Abs. 10 der TRGS 900).

Messung und Beurteilung

Löslichkeit

Lösliche Bestandteile wie z.B. bestimmte Alkali- oder Erdalkalisalze (u.a. Stein- und Kalisalze) fallen nicht unter den Geltungsbereich des Allgemeinen Staubgrenzwertes, werden aber wegen des damit verbundenen Aufwandes nicht separat erfasst. Für den Fall, dass dennoch eine Differenzierung erforderlich ist, steht ein Konventionsverfahren zur Ermittlung der Löslichkeit von Stäuben in der BIA-Arbeitsmappe (siehe Kennzahl 0412/7) zur Verfügung.

Dichte der Stube

Die Grenzwerte sind auf der Basis vorgelegter Arbeitsplatzmessergebnisse abgeleitet worden. Die Dichte der Stube wurde dabei nicht berücksichtigt. Entsprechend ist bei Messungen im Rahmen des Allgemeinen Staubgrenzwertes die Dichte der Stube ebenfalls nicht in die Berechnungen mit einzubeziehen.

Die arbeitsplatztypische Staubdichte beträgt in vielen Fällen um die $2,5 \text{ g/cm}^3$. Der Beraterkreis „Toxikologie“ hat auf dieser Basis abgeleitet, dass bei einer Dichte der Stube von $\geq 2,5 \text{ g/cm}^3$ nach derzeitigen Erkenntnissen eine Gesundheitsgefährdung bei Einhaltung des Grenzwertes von 3 mg/m^3 (alveolengängige Fraktion) nicht zu erwarten ist, sofern die Stube keine spezifisch wirkenden Inhaltsstoffe enthalten.

Beurteilung der Konzentrationen nach TRGS 402

Zur Beurteilung der auftretenden Konzentrationen in der Luft des Arbeitsbereiches ist in der Regel immer die einatembare und alveolengängige Fraktion zu bestimmen. Der höhere Bewertungsindex ist für die Arbeitsplatzbeurteilung heranzuziehen. Liegen ausreichende Informationen über das Verhältnis von einatembarer zu alveolengängiger Fraktion vor, so genügt es, die Fraktion zu bestimm-

men, die den höheren Bewertungsindex ergibt. Diese Informationen können direkt aus der Arbeitsplatzbeurteilung gewonnen werden oder in Form von verfahrens- oder stoffspezifischen Kriterien bzw. Empfehlungen zur Arbeitsplatzbeurteilung gemäß TRGS 420 vorliegen.

Liegen am Arbeitsplatz Mischstube vor, die Stube mit stoffspezifischen Grenzwerten enthalten (z.B. Mangan oder Kupfer), so können sich unterschiedliche Fristen für die Kontrollmessungen gemäß TRGS 402 aus dem stoffspezifischen Bewertungsindex und dem Index für den Allgemeinen Staubgrenzwert ergeben. In diesen Fällen gilt die kürzere Frist für den Kontrollmessplan.

Anwendung der TRGS 403

Der allgemeine Staubgrenzwert soll die Beeinträchtigung der Funktion der Atmungsorgane infolge der allgemeinen Staubwirkung verhindern. Kommen beispielsweise neben Aluminium- oder Eisenoxidstuben auch Nickel- oder Cobaltmetallstube am Arbeitsplatz vor, so würde eine Addition der Indices von Nickel bzw. Cobalt, die eigene Grenzwerte haben, und dem Bewertungsindex des Allgemeinen Staubgrenzwertes zu einer doppelten Berücksichtigung der Nickel- bzw. Cobaltkonzentrationen führen, da diese Metallstaubkonzentrationen auch bei

Chemische Einwirkungen

der unspezifischen Staubmessung mit erfasst werden. Aus diesem Grund sind bei der Berechnung des Bewertungsindex von Stoffgemischen die Bewertungsindices für den Allgemeinen Staubgrenzwert nicht zu berücksichtigen, sondern nur die stoffspezifischen Bewertungsindices.

Bei Stoffgemischen, die chemisch-irritativ wirkende Stoffe enthalten (z.B. gasförmige Stoffe wie Ozon oder Stickstoffoxide), sind synergistische Effekte zu erwarten. Die gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnisse erlauben derzeit jedoch keine Quantifizierung dieser Einflüsse. Bis zum Vorliegen geeigneter arbeitsmedizinischer und expositionsbezogener Daten und dem Abschluss der wissenschaftlichen Diskussion werden deshalb auch bei diesen Stoffgemischen die Indices für den Allgemeinen Staubgrenzwert bei der Indexberechnung nach TRGS 403 nicht mit den stoffspezifischen Einzelindices addiert.

Die Indices für die alveolengängige und die einatembare Fraktion werden ebenfalls nicht der Addition nach TRGS 403 unterzogen.

Auslöseschwelle (ALS)

Die Auslöseschwelle ist überschritten, wenn die Einhaltung des Luftgrenzwertes nicht

nachgewiesen ist. Bei gesplitteten Luftgrenzwerten gilt der niedrigere Wert, sofern nicht im Einzelfall andere Regelungen getroffen werden (TRGS 101).

Sind im Einzelfall andere Regelungen erfolgt, wird dieser Wert mit dem Zusatz „ALS“ angegeben. Gilt der Wert nur für die Vorsorgeuntersuchungen, weist der Zusatz „ALS § 28“ darauf hin.

Partikelfraktion

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

Bezeichnung	Abkürzung	ältere Bezeichnung
alveolengängige Fraktion	A	Feinstaub (F)
einatembare Fraktion	E	Gesamstaub (G)

Spalte 7 – Spitzenbegrenzung

Für die Begrenzung der Exposition am Arbeitsplatz nach oben wurden Kurzzeitwertregelungen getroffen. Dabei ist in jedem Falle der 8-Stunden-Mittelwert einzuhalten. Es gelten folgende Regelungen:

1. Die Konzentration lokal reizender und geruchsintensiver Stoffe soll zu keinem Zeitpunkt höher sein als die Grenzwertkonzentration (Überschreitungsfaktor 1). Für einzelne Stoffe kann der AGS andere Überschreitungsfaktoren festlegen. Die betriebliche Überwachung soll durch messtechnische Mittelwertbildung über 15 Minuten erfolgen, z.B. durch eine 15minütige Probenahme. Bei Einhaltung des 15-Minuten-Mittelwertes ist zusätzlich darzulegen, aus welchen technologischen oder organisatorischen Gründen davon ausgegangen werden kann, dass die Grenzwertkonzentration zu keinem Zeitpunkt überschritten wird. Die Stoffe werden in der Spalte „Spitzenbegrenzung“ durch das Zeichen = = und den Überschreitungsfaktor ausgewiesen (in der Regel: =1=).
2. Die mittlere Konzentration resorptiv wirksamer Stoffe und von Stoffen mit Luftgrenzwerten, die nach dem TRK-Konzept aufgestellt wurden, soll in einem 15-Minuten-Zeitraum die vierfache

Grenzwertkonzentration nicht überschreiten (15-Minuten-Mittelwert, Überschreitungsfaktor 4). Für einzelne Stoffe oder Stoffgruppen kann der AGS andere Überschreitungsfaktoren festlegen. Die Stoffe werden in der Spalte „Spitzenbegrenzung“ durch Angabe des Überschreitungsfaktors ausgewiesen (in der Regel: 4).

3. Die Dauer der erhöhten Exposition darf in einer Schicht insgesamt eine Stunde nicht übersteigen.
4. Für Stoffe ohne Kurzzeitwert sollten Expositionen, die kürzer als eine Stunde sind, den Grenzwert höchstens um den Faktor 8 übersteigen (TRGS 402, Abschnitt 3.10).

Spalte 8 – Bemerkungen

*H
(Hautresorptive Stoffe)*

Verschiedene Stoffe können leicht durch die Haut in den Körper gelangen und zu gesundheitlichen Schäden führen. Beim Umgang mit hautresorptiven Stoffen ist die Einhaltung des Luftgrenzwertes für den Schutz der Gesundheit nicht ausreichend. Durch organisatorische und arbeitshygienische Maßnahmen ist sicherzustellen, dass der Hautkontakt mit die-

Chemische Einwirkungen

sen Stoffen unterbleibt. Bei unmittelbarem Hautkontakt ist die TRGS 150 zu beachten.

*Quantitative Wichtung der Hautresorption: *)*

h +++ Hautresorption ist der am Arbeitsplatz im Vordergrund stehende Aufnahmeweg (> 90 %)

h ++ Hautresorption ist ein am Arbeitsplatz bedeutsamer Hautaufnahmeweg (> 50 %)

h + Hautresorption ist ein am Arbeitsplatz relevanter Aufnahmeweg (< 50 %)

h Hautresorption ist als Aufnahmeweg belegt, keine quantitativen Angaben

Y

MAK und Schwangerschaft

Mit der Bemerkung „Y“ werden Stoffe ausgewiesen, bei denen ein Risiko der Fruchtschädigung bei Einhaltung der MAK und des BAT-Wertes nicht befürchtet zu werden braucht.

*) nach H. Drexler et al.: Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte (Biomonitoring) — Teil I: Erfassung der individuellen Resorption. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 29 (1994), 109 - 114

u.D.

Die Ableitung des Grenzwertes basiert nach heutiger Sicht auf einer unzureichenden Datenlage.

Ziffer

Erläuterung zum Grenzwert eines Gefahrstoffes (siehe Abschnitt 1.2)

TRK

Technische Richtkonzentrationen

TRK ist die Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem Stand der Technik erreicht werden kann.

MAK

Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen

MAK ist die Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, bei der im Allgemeinen die Gesundheit der Arbeitnehmer nicht beeinträchtigt wird.

EW

Empfehlungswert

Empfehlungswerte werden vom Ausschuss für Gefahrstoffe in der Regel für krebserzeugende

gende und krebserzeugende Gefahrstoffe ausgesprochen, wenn kein Umgang mit diesen Stoffen bekannt ist sowie keine Messergebnisse vorliegen. Der Empfehlungswert wird in einem Erläuterungspapier zum Gefahrstoff in der TRGS 901 veröffentlicht. Beim Umgang mit diesem Gefahrstoff ist eine Arbeitsbereichsanalyse zu erarbeiten, wobei der genannte Konzentrationswert als Anhalt für die Durchführung gemäß TRGS 402 heranzuziehen ist. Die Ergebnisse der Arbeitsbereichsanalyse sind dem Ausschuss für Gefahrstoffe unverzüglich mitzuteilen.

Spalte 9 – Herkunft (Jahr)

Herkunft

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

- Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Die von der DFG-Kommission vorgeschlagenen Werte sind in der MAK- und BAT-Werte-Liste 2002 veröffentlicht.

- Europäische Union

Die EU verabschiedet Richtgrenzwerte und verbindliche Grenzwerte für eine berufsbe-

dingte Exposition auf der Basis der Richtlinien 98/24/EG und 90/394/EWG. Sofern ein verbindlicher Grenzwert vorliegt, darf national kein höherer Grenzwert festgelegt werden. Im Falle der Arbeitsplatz-Richtgrenzwerte dürfen die Mitgliedsstaaten nationale Grenzwerte gemäß ihren innerstaatlichen Rechtsvorschriften und Gepflogenheiten bestimmen.

- Chemische Industrie, Behörden u.a.

Vorläufige Arbeitsplatzrichtwerte (ARW) werden von der chemischen Industrie, Gewerkschaften, Behörden u.a. vorgeschlagen.

- Ausländische Institutionen

Ausländische Luftgrenzwerte können übernommen werden, wenn kein nationaler oder europäischer Grenzwert vorliegt bzw. in Vorbereitung ist. Zur Diskussion stehen nur Luftgrenzwerte von Staaten mit einem anerkannt hohen Arbeitsschutzniveau.

- Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)

Für Stoffe mit Verdacht auf krebserzeugende oder erbgutverändernde Wirkung (Kategorie 3) und komplexe Vielstoffgemische kann der AGS Grenzwerte (MAK) nach dem TRK-Konzept erarbeiten.

Chemische Einwirkungen

Der Beraterkreis „Toxikologie“ schlägt Luftgrenzwerte vor, die nach dem ARW-Konzept in der TRGS 901 ermittelt wurden.

TRK werden vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) ermittelt für krebserzeugende oder erbgutverändernde Stoffe der Kategorien 1 und 2 nach Anhang VI der Richtlinie 67/548/EWG.

Für die Festlegung der Höhe der Werte sind maßgebend:

- der derzeitige Stand der verfahrens- und lüftungstechnischen Maßnahmen unter Berücksichtigung des in naher Zukunft technisch Erreichbaren
- die Berücksichtigung vorliegender arbeitsmedizinischer Erfahrungen oder toxikologischer Erkenntnisse
- die Möglichkeit, die Stoffkonzentrationen im Bereich des Grenzwertes analytisch zu bestimmen

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

AGS Ausschuss für Gefahrstoffe (TRGS 901)

TBL AGS — UA V „Luftgrenzwerte“ (TRGS 901)

Technikbasierte Luftgrenzwerte nach dem TRK-Konzept

TOX AGS — Beraterkreis „Toxikologie“ (TRGS 901)

ARW Arbeitsplatzrichtwert (TRGS 901)

DFG Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG)

EG Kommission der Europäischen Gemeinschaften

AUS Ausländischer Luftgrenzwert*)

- A Australien
- C Schweiz
- D Dänemark
- F Finnland
- G Großbritannien
- J Japan
- N Niederlande
- S Schweden
- U USA

Jahreszahl

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

*) Ergänzende Informationen s. E. Nies, W. Pflaumbaum, H. Brüggemann, H. Blome, I. Mangelsdorf und D. Keller: Ausländische Luftgrenzwerte in der TRGS 900. Zbl. Arbeitsmed. 49 (1999), S. 38-53

Spalte 10 — Werte im biologischen Material

Bei der Überwachung der Arbeitsplätze gemäß § 18 der Gefahrstoffverordnung sind neben den Expositions-Grenzwerten für Gefahrstoffe in der Arbeitsplatzluft auch die Biologischen Arbeitsplatztoleranzwerte (**BAT**) zu beachten. BAT-Werte sind definiert als die beim Menschen höchstzulässige Quantität eines Gefahrstoffes bzw. eines Gefahrstoffmetaboliten oder die dadurch ausgelöste Abweichung eines biologischen Indikators von seiner Norm, die nach dem gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen Kenntnis im Allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt. BAT-Werte können als Konzentrationen bzw. als Bildungs- oder Ausscheidungsraten (Menge/ Zeiteinheit) definiert sein; sie beziehen sich wie Grenzwerte in der Luft auf eine Arbeitszeit von acht Stunden täglich und 40 Stunden wöchentlich.

In Spalte 10 der Grenzwerteliste weist der Eintrag **BAT** darauf hin, dass für den jeweiligen Stoff ein BAT-Wert festgelegt ist. BAT-Werte werden von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft bzw. der Europäischen Union vorgeschlagen und nach Beratung durch den AGS in der TRGS 903 „Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte — BAT-Werte“ veröffentlicht. Die

aktuellen Werte sind in der Grenzwerteliste im Anhang 1 aufgeführt.

Eine der Voraussetzungen für die Aufstellung von BAT-Werten ist das Vorliegen ausreichender arbeitsmedizinischer und toxikologischer Erfahrungen beim Menschen. Da gegenwärtig für krebserzeugende Gefahrstoffe kein als unbedenklich anzusehender biologischer Wert angegeben werden kann, werden sie nicht mit BAT-Werten belegt. Für krebserzeugende Gefahrstoffe jedoch, bei denen Stoff- bzw. Metabolitenkonzentrationen im biologischen Material einen Anhalt für die innere Belastung geben und bei denen eine Beziehung besteht zwischen der Stoffkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz und der Stoff- bzw. Metabolitenkonzentration im biologischen Material, werden von der Kommission EKA-Werte (**E**xpositionsäquivalente für **k**rebserzeugende **A**rbeitsstoffe) aufgestellt. Aus ihnen kann entnommen werden, welche innere Belastung sich bei ausschließlich inhalativer Stoffaufnahme ergeben würde.

EKA-Werte sind keine Grenzwerte gemäß der Gefahrstoffverordnung und fallen somit nicht unter die in § 18 der Verordnung verankerte Überwachungspflicht. In Spalte 10 der Grenzwerteliste weist der Eintrag EKA darauf hin, dass für den jeweiligen Stoff ein EKA-Wert festgelegt ist. EKA-Werte werden in Abschnitt IX der jährlich erscheinenden

MAK-BAT-Werte-Liste veröffentlicht (siehe auch Anhang 2).

Bei der Beurteilung von BAT- bzw. EKA-Werten ist zu berücksichtigen, dass einige Gefahrstoffe auch außerberuflich über den Verdauungstrakt aufgenommen werden können. *) Solche Stoffe sind in Spalte 10 mit **p.o.** bezeichnet. Dieser Vermerk erscheint

bei Metallen nur unter dem Elementnamen als Sammelbegriff, auch wenn überwiegend deren Verbindungen resorbiert werden.

*) nach *H. Drexler et al.*: Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte (Biomonitoring) – Teil I: Erfassung der individuellen Resorption. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 29 (1994), 109 - 114

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
AAT s. 2-Aminoazotoluol											
Acetaldehyd [75-07-0], 2008368	3					91	50	=1=	MAK	DFG	
* Acetamid [60-35-5], 2004735	3					0,1			EW, 51	AGS (2002)	
Acetanhydrid s. Essigsäureanhydrid											
* Aceton [67-64-1], 2006622						1200	500	1,5	MAK	DFG (1994)	BAT
Acetonitril [75-05-8], 2008352						68	40	4	H MAK	DFG, EG	
Acetylen-tetrabromid s. 1,1,2,2-Tetra- bromethan											
Acetylen-tetrachlorid s. 1,1,2,2-Tetra- chlorethan											
o-Acetylsalicylsäure [50-78-2], 2000641						5 E			MAK	AUS-N (1997)	
Acridinorange s. N,N,N',N'-Tetra- methylacridin-3,6-yl- diaminhydrochlorid											
Acrolein s. Acrylaldehyd											
Acrylaldehyd (2-Propenal) [107-02-8], 2034534	-	-	-	-		0,25	0,1	=1=	MAK H	AGS (1997) (DFG)	
* Acrylamid [79-06-1], 2011737 - Einsatz von festem Acrylamid - im Übrigen	2	2		3	S			4	H, 7, 29 TRK	TBL (1990)	
						0,06					
						0,03					
Acrylnitril [107-13-1], 2034665	2				S	7	3	4	H TRK	TBL	EKA
Acrylsäure-n-butylester s. n-Butylacrylat											
Acrylsäureethylester s. Ethylacrylat											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Acrylsäure-2-ethylhexylester s. 2-Ethylhexylacrylat										
Acrylsäuremethylester s. Methylacrylat										
Ätznatron s. Natriumhydroxid										
Aktinolith s. Asbest										
Alachlor [15972-60-8], 2401108	3			S						
Aldrin [309-00-2], 2062158	3				0,25 E		4	H MAK	DFG	
* Allgemeiner Staubgrenzwert (siehe auch Nummer 2.4 der TRGS 900 bzw. Erläuterungen zur Spalte 6) Überprüfung zum 01.09.06										
● Alveolengängige Fraktion – für Tätigkeiten/Arbeitsbereiche gemäß Nummer 2.4 Abs. 8 und 9 in Verbindung mit Abs. 10 der TRGS 900 – im Übrigen					6		4	MAK	AGS (2001)	
● Einatembare Fraktion – für Stoffe gemäß Nummer 2.4 Abs. 7 der TRGS 900 – im Übrigen ab 01.04.04 (in Verbindung mit Nummer 2.4 Abs. 11 der TRGS 900)					3		4	MAK	AGS (2001)	
Allylalkohol s. 2-Propen-1-ol					10					
Allylamin [107-11-9], 2034639					10					
5-Allyl-1,3-benzodioxol [94-59-7], 2023454	2	3			5			H MAK	AUS-S (1997)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz.	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
<p>* 4-Allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenol: 4-Allyl-6-[3-[6-[3-[6-[3-(4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenoxy)-2-hydroxypropyl]-4-allyl-2-(2,3-epoxypropyl)phenoxy]-2-hydroxypropyl]-4-allyl-2-(2,3-epoxypropyl)phenoxy]-2-hydroxypropyl]-2-(2,3-epoxypropyl)phenol: 4-Allyl-6-[3-(4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenoxy)-2-hydroxypropyl]-2-(2,3-epoxypropyl)phenol: 4-Allyl-6-[3-[6-[3-(4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenoxy)-2-hydroxypropyl]-4-allyl-2-(2,3-epoxypropyl)phenoxy]-2-hydroxypropyl]-2-(2,3-epoxypropyl)phenol, Gemisch aus 4174701</p> <p>Allylchlorid s. 3-Chlorpropen</p> <p>Allylglycidether s. 1-Allyloxy-2,3-epoxypropan</p> <p>Allylglycidylether s. 1-Allyloxy-2,3-epoxypropan</p>		3									
<p>* 1-Allyloxy-2,3-epoxypropan [106-92-3], 2034424</p> <p>Allylpropyldisulfid [2179-59-1], 2185507</p> <p>* Aluminium (als Metall) [7429-90-5], 2310723</p> <p>* Aluminiumhydroxid [21645-51-2], 2444927</p> <p>* Aluminiumoxid [1344-28-1; 1302-74-5], 2156916</p> <p>* Aluminiumoxid-Rauch [1344-28-1], 2156916</p>	2 3	3	-	3	S	in Vorbereitung					
						12	2		MAK	DFG	
						s. allgemeiner Staubgrenzwert			MAK	AGS (2001)	BAT p.o.
						s. allgemeiner Staubgrenzwert			MAK	AGS (2001)	BAT
						s. allgemeiner Staubgrenzwert			MAK	AGS (2001)	BAT
						s. allgemeiner Staubgrenzwert		4	MAK	AGS (2001)	BAT

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ameisensäure [64-18-6], 2005791					9,5	5	=1=	MAK Y	DFG, EG		
Ameisensäureethylester s. Ethylformiat											
Ameisensäure- methylester s. Methylformiat											
* 4-Aminoazobenzol [60-09-3], 2004536	2				0,1			EW, 51	AGS (2002)		
2-Aminoazotoluol (o-) (4-o-Tolyazo- toluidin) [97-56-3], 2025912	2			S	s. TRGS 901 Nr. 89						
2-Aminobiphenyl s. Biphenyl-2-ylamin											
4-Aminobiphenyl s. 4-Aminodiphenyl											
1-Aminobutan [109-73-9], 2036992					15	5	4	H MAK	DFG		
2-Aminobutan s. sec-Butylamin											
1-Amino-4-chlorbenzol s. 4-Chloranilin											
1-Amino-3-chlor-6- methylbenzol s. 5-Chlor-o-toluidin											
2-Amino-4-chlortoluol s. 5-Chlor-o-toluidin											
2-Amino-5-chlortoluol s. 4-Chlor-o-toluidin											
Aminocyclohexan s. Cyclohexylamin											
4-Amino-2,3-di- methylazobenzol s. 2-Aminoazotoluol											
4-Aminodiphenyl [92-67-1], 2021771 und seine Salze	1				§ 15 a						
2-Aminoethanol [141-43-5], 2054833					5,1	2	=1=	H, Y MAK	DFG (1998)		
6-Amino-2-ethoxy- naphthalin [CAS o. Angabe]	2				§ 15 a						

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
3-Amino-9-ethylcarbazol [132-32-1], 2050577	3										
4-Amino-3-fluorphenol [399-95-1], 4022300	2				S						
1-Amino-2-methoxy- 5-methylbenzol s. p-Kresidin											
3-Amino-4-methoxy- toluol s. p-Kresidin											
1-Amino-4-methylbenzol s. p-Toluidin											
2-Amino-2-methylpropan s. 1,1-Dimethyl- ethylamin											
1-Aminonaphthalin (α) s. 1-Naphthylamin											
2-Aminonaphthalin (β) s. 2-Naphthylamin											
2-Amino-1-naphthalin- sulfonsäure [81-16-3], 2013315						6 E	4	MAK	ARW (1993)		
6-Aminonaphtholether s. 6-Amino-2- ethoxynaphthalin											
4-Amino-2-nitrophenol s. 2-Nitro-4- aminophenol											
2-Amino-4-nitrotoluol [99-55-8], 2027658 und hydrochlorid [51085-52-0], 2569608	3	-	-	-		0,5	4	H MAK	TBL (1992)		
2-Aminophenol [95-55-6], 2024311		3									
4-Aminophenol [123-30-8], 2046162		3			S						
2-Aminopropan [75-31-0], 2008609						12	5	4 MAK	DFG		
2-Aminopyridin [504-29-0], 2079884						2	0,5	MAK	AGS (2000) DFG		
5-Amino-o-toluidin s. 2,4-Tolylendiain											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
3-Amino-p-toluidin s. 2,4-Tolylendiamin											
4-Aminotoluol s. p-Toluidin											
3-Amino-1,2,4-triazol s. Amitrol											
Amitrol [61-82-5], 2005215	3					0,2 E			MAK Y	DFG	
Ammoniak [7664-41-7], 2316353						35	50	=1=	Y MAK	DFG	
Ammoniumdichromat [7789-09-5], 2321431	2 R49	2			S	s. Chrom(VI)-Verbin- dungen			H		
Ammoniumsulfamidat (Ammate) [7773-06- 0], 2318717						15 E			MAK	AGS (2000) (DFG)	
Amorphe Kieselsäuren s. Kieselsäuren, amorphe											
Amosit s. Asbest											
Amylacetat, tert- s. 1,1-Dimethylpropyl- acetat											
iso-Amylalkohol s. 3-Methylbutanol-1											
n-Amylethylketon s. 3-Octanon											
Anabolika	3	-	2	1							
Androgene	3	-	2	1							
Androgene, schwache	-	-	3	3							
* Anilin [62-53-3], 2005393	3	3	-	-		7,7	2	4	H, h +++ MAK	DFG	BAT
Salze von Anilin	3								H		
o-Anisidin s. 2-Methoxyanilin											
p-Anisidin s. 4-Methoxyanilin											
Anon s. Cyclohexanon											
Anthophyllit s. Asbest											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Antimon [7440-36-0], 2311465	3				0,5 E		4	MAK	DFG		
Antimontrioxid (Diantimontrioxid) [1309-64-4], 2151750 – Herstellung von Anti- montrioxid, Herstellung von Antimontrioxid- Masterbatches und -Pasten (Wiegen und Mischen von Antimontrioxid-Pulver) – im Übrigen					0,3 E		4	25 MAK	TBL (1988)		
Antimonverbindungen (ausgenommen Anti- monwasserstoff und Diantimontrioxid)					0,1 E		4	25 MAK	AUS-G (1997)		
Antimonwasserstoff [7803-52-3]					0,52	0,1	4	MAK	DFG		
ANTU [86-88-4], 2017063	3				0,3 E		4	MAK	DFG		
Aromatenextrakte aus Erdöldestillat s. Extrakte											
Arprocarb s. Propoxur											
Arsenik s. Arsentrioxid											
Arsenitoxid [1327-53-3], 2154814 und -pentoxid, [1303-28-2], 2151169, arsenige Säure [36465-76-6] Arsensäure und ihre Salze (Arsenate) [7778-39-4], 2319019, Salze der arsenigen Säure (Arsenite)	1 1 1 1				0,1 E		4	2, 5, 25 TRK	TBL (1988)	EKA p.o.	
Arsenwasserstoff, Arsin [7784-42-1], 2320663					0,2	0,05	4	MAK u.D.	AGS (1999)		
Arzneistoffe, krebserzeugende s. Abschnitt 1.3											
Asbest [1332-21-4] Chrysotil und Amphi- bol-Asbeste	1				aufgehoben § 15a siehe 50			50	(7/1995)		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
* Alrazin [1912:24-9], 2176178	-	-			S	2 E			MAK	DFG	
Auramin [492:80-8], 2077625 und seine Salze * Für Auramin und -hydrochlorid [2465:27-2]	3 2*	3*	-	-	-	0,08 E		4	TRK	TBL (1994)	
Auramin, Herstellung von s. Abschnitt 1.3	1										
Azinphos-methyl [86:50-0], 2016761					S	0,2 E		4	H MAK	DFG	
Aziridin s. Ethylenimin											
Azobenzol [103:33-3], 2031025	2	3	-	-	-						
Azo-Farbstoffe s. Abschnitt 1.3	1 oder 2										
Azofarbstoffe auf Benzidinbasis	2										
Azofarbstoffe auf 3,3'-Dimethoxy- benzidinbasis	2										
Azofarbstoffe auf 3,3'-Dimethyl- benzidinbasis	2										
Azoimid s. Stickstoffwasser- stoffsäure											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Bariumverbindungen lösliche						0,5 E		4	1, 25 MAK	DFG, EG	
Baumwollstaub						1,5 E			18, Y MAK	DFG	
Benomyl (ISO) [17804-35-2], 2417757		3									
Benzalchlorid s. α,α -Dichlortoluol											
Benzidin [92-87-5], 2021991 und seine Salze	1					§ 15 a			(H)		
Benzin s. Kohlenwasser- stoffdämpfe											
Benzo[e]acephen- anthrylen s. Benzo[b]fluoranthen											
Benzo[a]anthracen [56-55-3], 2002806	2										
p-Benzochinon [106-51-4], 2034052						0,45	0,1	=1=	MAK	AGS (2000) (DFG)	
Benzo[d,e,]chrysen s. Benzo[a]pyren											
Benzo[b]fluoranthen [205-99-2], 2059119	2										
Benzo[j]fluoranthen [205-82-3], 2059103	2										
Benzo[k]fluoranthen [207-08-9], 2059166	2										
Benzol [71-43-2], 2007537 – Kokereien (Dickteer- scheider, Kondensa- tion, Gassaugerhaus) – Tankfeld in der Mineralölindustrie – Reparatur und Wartung von Benzol führenden Teilen in der chemi- schen Industrie und Mineralölindustrie, Otto-Kraftstoffversor- gungsräume für Prüf- stände – im Übrigen	1	2						4	H, 33 TRK Ab dem 27.06. 2003 1 ml/m ³ siehe 97/42/ EG	TBL (1993) EG (1997) (1998)	EKA
						8	2,5				
						8	2,5				
						8	2,5				
						3,2	1*)				

*) gilt auch als stoffspezifischer Wert nach § 28 (2) GefStoffV (1995)

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungsgefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spitzenbegrenzung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Benzol-1,3-dicarbonitril [626-17-5], 2109337					5 E		MAK	AUS-N (1997)		
* 1,2-Benzoldicarbon- säure, Di-C _{6,8} - verzweigte Alkylester, C ₇ -reich [71888-89-6], 2761581	-	-	2	3	5		MAK	AUS-N (1997)		
* 1,2-Benzoldicarbon- säure, Di-C _{7,9} - verzweigte und lineare Alkylester [68515-41-3], 2710830	-	-	3	-						
* 1,2-Benzoldicarbon- säure, Di-C _{7,11} - verzweigte und lineare Alkylester [68515-42-4], 2710846	-	-	2	3						
* 1,2-Benzoldicarbon- säure, Di-C _{9,11} - verzweigte und lineare Alkylester [68515-43-5], 2710851	-	-	3	-						
α- und β-Benzol- hexachlorid s. 1,2,3,4,5,6-Hexa- chlorcyclohexan										
Benzolthiol [108-98-5], 2036353					2		MAK	AUS-N (1997)		
Benzol-1,2,4-tricarbon- säure-1,2-anhydrid s. Trimellitsäure- anhydrid										
Benzo[a]pyren [50-32-8], 2000285 – Sirangpochherstellung und -verladung Ofen- bereich von Kokereien – im Übrigen	2	2	2	2	0,005 0,002		4 6 TRK	TBL (1989)		
Benzo[e]pyren [192-97-2], 2058927	2									
Benzotrichlorid s. α,α,α-Trichlortoluol										
Benzoylchlorid [98-88-4], 2027108	-	-	-	-	2,8		MAK u.D.	AUS-U (1997)		
Benzoylperoxid s. Dibenzoylperoxid										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spitzen- be- gren- zung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
* Benzyl-n-butylphthalat [85-68-7], 2016227 Benzylchlorid s. α -Chlortoluol	-	-	2	3		3			MAK	AUSS (1997)	
* Benzyl-2,4-dibrom- butanoat [23085-60-1], 4207108 Benzylidenchlorid s. α,α -Dichlortoluol			3		S						
Benzyl violett 4 B [1694-09-3], 2169019	3										
Beryllium [7440-41-7], 2311507, und seine Verbindungen – Schleifen von Be-Metall und -Legierungen – im Übrigen	2				S			4	25 TRK	TBL	
* Berylliumoxid [1304-56-9], 2151331 BHC (ISO) s. HCH (ISO)	2					0,005 E 0,002 E s. Beryllium					
Binapacryl (ISO) [485-31-4], 2076129			2						H		
2,2'-Bioxiran s. 1,2,3,4-Diepoxy- butan											
* Biphenyl [92-52-4], 2021635 Biphenylether s. Diphenylether 3,3',4,4'-Biphenyl- tetramin s. 3,3'-Diamino- benzidin						1	0,16		MAK H	AGS (2001) DFG	
Biphenyl-2-ylamin [90-41-5], 2019909 Bis(4-aminophenyl)ether s. 4,4'-Oxydianilin Bis(p-aminophenyl)ether s. 4,4'-Oxydianilin	3										

*) Von der Einstufung ausgenommen sind Beryllium-Tonerdesilikate

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<p>* (7-(4,6-Bis(2-ammonio-propylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-4-hydroxy-3-(2-methoxyphenyl)azo)naphthalin-2-sulfonato)monoformiat [108225-03-2], 4020607</p> <p>Bis(2-chlorethylether s. 2,2'-Dichlor- diethylether</p> <p>Bis(2-chlorethyl)- methylamin s. N-Methyl-bis(2- chlorethyl)amin</p> <p>Bis(2-chlorethyl)sulfid s. 2,2'-Dichlordi- ethylsulfid</p> <p>Bis(chlormethyl)ether [542-88-1], 2088328</p>	2									
<p>* Bis(cyclopenta-1,3- dienid-bis(2,6-difluor- 3-(1H-pyrrol-1-yl)pheno- lid)titan(IV) [125051-32-3], 4120001</p> <p>4,4'-Bis(dimethylamino)- benzophenon s. Michlers Keton</p> <p>Bis[4-(dimethylamino)- phenyl]methanon s. Michlers Keton</p> <p>Bis(dimethylthio- carbamoyl)disulfid s. Thiram</p> <p>1,3-Bis(2,3 epoxy- propoxy)benzol s. Diglycidyl- resorcinether</p> <p>S-[1,2-Bis(ethoxycarbo- nyl)ethyl]-O,O-di- methylthiophosphat s. Malathion</p> <p>Bis(2-ethylhexyl)phthalat s. Di(2-ethylhexyl)- phthalat</p>	1		3		§ 15 a		H			
<p>* 4-[[Bis(4-fluorphenyl)methylsilyl]methyl]-4H- 1,2,4-triazol-1-[[Bis- (4-fluorphenyl)methyl- silyl]methyl]-1H-1,2,4- triazol, Gemisch aus 4032502</p>	3		2							

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Bis(4-fluorphenyl)(me- thyl)(1H-1,2,4-triazol- 1-ylmethyl)silan s. Flusilazol											
* 1,2-Bis(2-methoxy- ethoxyethan) [112-49-2], 2039773	-	-	2	2							
Bis(2-methoxyethyl)ether s. Diethylenglykol- dimethylether											
Bis(2-methoxyethyl)- phthalat [117-82-8], 2042126			2	3							
Bis-2-methoxy- propylether s. Dipropylenglykol- monomethylether											
Bis(pentabromphenyl)- ether [1163-19-5], 2146049	3	-	-	-							
Bisphenol A s. 4,4'-Isopropyliden- diphenol											
Bis(tributylzinn)oxid [56-35-9], 2002680						0,05	0,0021	=1=	H, Y MAK	DFG (2000)	
4,4'-Bi- <i>o</i> -toluidin s. 3,3'-Dimethyl- benzidin											
Bitumen, Dämpfe und Aerosole bei der Heißverarbeitung [8052-42-4], 2324909						10			7, 29, 30 MAK H	TBL (2000)	
Blausäure s. Cyanwasserstoff											
* Blei [7439-92-1], 2311004			1	3		0,1 E		4	MAK	DFG	BAT p.o.
Bleiacetat, basisch [1335-32-6], 2156303	3		1	3		s. Bleiverbindungen					
Bleialkyle, C _n = 1-5			1	3		s. tetraethyl s. tetramethyl			H		
Bleiazid [13424-46-9], 2365421			1	3		s. Bleiverbindungen					
Bleichromat [7758-97-6], 2318460	3		1	3		s. 12		4	12 MAK	TBL (1992)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungsgefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spitzenbegrenzung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Bleichromatmolybdat-sulfatrot [2656-85-8], 12357599	3		1 3		in Vorbereitung					
Bleidi(acetat) [301-04-2], 2061044			1 3		s. Bleiverbindungen					
Bleihexafluorsilikat [25808-74-6], 2472781			1 3		s. Bleiverbindungen					
Bleihydrogenarsenat [7784-40-9], 2320642	1		1 3		s. Arsensäuresalze					
Blei(II)methansulfonat [17570-76-2]			1 3		s. Bleiverbindungen					
Bleisulfochromatgelb [1344-37-2], 2156937	3		1 3		in Vorbereitung					
Bleitetraethyl [78-00-2], 2010754			1 3		0,05		4	H, 25 MAK	DFG (1996)	BAT
Bleitetramethyl [75-74-1], 2008970			1 3		0,05		4	H, 25 MAK	DFG (1997)	BAT
Blei-2,4,6-trinitroresorcinat [15245-44-0], 2392900			1 3		s. Bleiverbindungen					
Bleiverbindungen mit Ausnahme der namentlich genannten			1 3		0,1 E		4	25 MAK	DFG (1995)	
* Boroxid [1303-86-2], 2151258					s. Allgemeiner Staubgrenzwert				AGS (2001)	
Bortribromid [10294-33-4], 2336579					10			MAK	AUS-N (1997)	
Bortrifluorid [7637-07-2], 2315695					3	1	=1=	MAK u.D.	AGS (1997) (DFG)	
Brom [7726-95-6], 2317781					0,66	0,1	=1=	MAK	DFG, EG	
Bromchlormethan [74-97-5], 2008263					1 100	200	4	MAK	DFG	
Bromchlortrifluorethan s. 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan										
2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluorethan [151-67-7], 2057965			2 -		41	5	4	MAK	DFG	BAT

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Bromethan [74-96-4], 2008258	2 3					in Vorbereitung		H			
Bromethen [593-60-2], 2098006	2					in Vorbereitung		(H)			
Brommethan [74-83-9], 2008132	-	3	-	-		in Vorbereitung		(H)			
Bromofom s. Tribrommethan						in Vorbereitung					
Bromoxynil [1689-84-5], 2168827			3			in Vorbereitung					
Bromoxyniloctanoat s. 2,6-Dibrom-4-cyan- phenyloctanoat						in Vorbereitung					
* 1-Brompropan [106-94-5], 2034450	-	-	-	2		in Vorbereitung					
2-Brompropan [75-26-3], 2008551				1		in Vorbereitung					
* 1-Brom-3,4,5-trifluor- benzol [138526-69-9], 4184809	3					in Vorbereitung					
Bromtrifluormethan (R13B1) [75-63-8], 2008876						6 200	1 000	4	Y MAK	DFG (1993)	
Bromwasserstoff (nur als Kurzzeitwert) [10035-10-6], 2331130						6,7	2	=1=	MAK 34	EG, DFG (1998)	
Buchenholzstaub s. Abschnitt 1.3	1 R 49					s. Holzstaub					
* 1,3-Butadien [106-99-0], 2034508 - Aufarbeitung nach Polymerisation, Verladung - im Übrigen	1	2				in Vorbereitung		4	TRK	TBL	
n-Butan [106-97-8], 2034487						34	15				
iso-Butan [75-28-5], 2008572						11	5				
Butanal s. Butyraldehyd						2 400	1 000	4	MAK	DFG	
1,4-Butandiol [110-63-4], 2037865						2 400	1 000	4	MAK	DFG	
						200	50	4	MAK	ARW (1995)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
* 1-Butanol (n) [71-36-3], 2007516					310	100	=1=	MAK Y	DFG	BAT
iso-Butanol [78-83-1], 2011480					310	100	=1=	Y MAK	DFG	
tert-Butanol s. 2-Methylpropanol-2										
2-Butanol (sec.) [78-92-2], 2011585					300	100	4	MAK u.D.	AGS (1999) (DFG)	
Butanon-2 [78-93-3], 2011590			-		600	200	=1=	H, h, Y MAK	DFG (1998)	BAT
* 2-Butanonoxim [96-29-7], 2024966	3			S				H		
Butansulfon s. 1,4-Butansulfon										
1,4-Butansulfon [1633-83-6], 2166479	3									
2,4-Butansulfon [1121-03-5], 2143252	2				s. TRGS 901 Nr.84					
δ-Butansulfon s. 1,4-Butansulfon										
Butan-1-thiol [109-79-5], 2037053					1,9	0,5	=1=	MAK Y	DFG	
2-Butenal [123-73-9], 2046471 [4170-30-3], 2240300	-	3	-	-	1	0,34	4	H MAK	TBL (1995)	
1,2-Butenoxid s. 1,2-Epoxybutan										
Butoxydiethylenglykol s. Butyl diglykol										
* 1-n-Butoxy-2,3- epoxypropan [2426-08-6], 2193764	3	2 3	-	-	S	s. TRGS 901 Nr. 86		H		
1-tert-Butoxy-2,3- epoxypropan [7665-72-7], 2316400	-	3	-	-	-			H		
2-Butoxyethanol [111-76-2], 2039050					98	20	4	H, Y MAK	DFG	BAT
2-(2-Butoxyethoxy)- ethanol s. Butyl diglykol										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
2-Butoxyethylacetat [112-07-2], 2039333						130	20	4	H, Y MAK	DFG	BAT
iso-Butylacetat [110-19-0], 2037451						480	100	=1=	MAK Y, 37	DFG (2000)	
n-Butylacetat [123-86-4], 2046581			-			480	100	=1=	MAK Y, 37	DFG (2000)	
2-Butylacetat (sec.) [105-46-4], 2033001						480	100	=1=	MAK Y u.D.	AGS (2000) (DFG)	
* tert-Butylacetat [540-88-5], 2087607						96	20	=1=	MAK	DFG (2003)	
n-Butylacrylat [141-32-2], 2054807					S	11	2	=2=	MAK	AGS/DFG (1999)	
Butylalkohol (n-, sec-, tert- oder iso-) s. Butanol											
n-Butylamin s. 1-Aminobutan											
tert-Butylamin s. 1,1-Dimethylethyl- amin											
iso-Butylamin [78-81-9], 2011454						15	5	4	H MAK	DFG	
sec-Butylamin [13952-84-6], 2377327						15	5	4	H MAK	DFG	
N-Butyl-1-butanamin s. Di-n-butylamin											
n-Butylchlorformiat [592-34-7], 2097505						5,6			MAK	AUS-G (1997)	
n-Butylchlorid s. 1-Chlorbutan											
Butylidiglykol [2-(2-But- oxyethoxy)ethanol] [112-34-5], 2039616						100		=1=	Y MAK	DFG (1993)	
2-tert-Butyl-4,6- dinitrophenol s. Dinoterb											
2-sec-Butyl-4,6- dinitrophenyl-3- methylcrotonat s. Binapacryl											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1,2-Butylenoxid s. 1,2-Epoxybutan											
Butylglycidether n-Butylglycidylether s. 1-n-Butoxy-2,3- epoxypropan											
tert-Butylglycidylether s. 1-tert-Butoxy- 2,3-epoxypropan											
Butylglykol s. 2-Butoxyethanol											
Butylglykolacetat s. 2-Butoxyethylacetat											
Butylmercaptan s. Butanthiol											
2-sec-Butylphenol [89-72-5], 2019338					30			H MAK	AUS-N (1997)		
4-tert-Butylphenol (p) [98-54-4], 2026790					0,5	0,08	4	H MAK	DFG	BAT	
* 2-(4-tert-Butylphenyl)- ethanol [5406-86-0], 4100205			3								
2-sec-Butylphenyl- methylcarbamat [3766-81-2], 2231888					5			H MAK	AUS-J (1997)		
4-tert-Butyltoluol (p) [98-51-1], 2026759					60	10	=1=	MAK u.D.	AGS (1998) (DFG)		
Butyl-2-[4-[[5-(trifluor- methyl)-2-pyridyl]oxy]- phenoxy]propionat s. Fluazifop-butyl											
Butyl-(R)-2-[4-[[5-(trifluor- methyl)-2-pyridyl]oxy]- phenoxy]propionat s. Fluazifop-P-butyl											
* 5-tert-Butyl-2,4,6-trinitro- m-xylol [81-15-2], 2013294	3	-	-	-							
Butyraldehyd [123-72-8], 2046466					64	20	=1=	MAK	ARW (1993)		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungsgefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spitzenbegrenzung	Bemerkungen	Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Campher s. Kampfer										
ε-Caprolactam [105-60-2], 2033132 (Dampf und Staub)					5 E			Y MAK	DFG (1990)	
Captafol (ISO) [2425-06-1], 2193633	2			S						
Caplan (ISO) [133-06-2], 2050870	3			S	5			MAK	AUS-N (1997)	
Carbadox (INN) [6804-07-5], 2298790	2									
Carbamidsäure- ethylester s. Ethylcarbamat										
Carbanil s. Phenylisocyanat										
Carbaryl [63-25-2], 2005550	3				5 E			H MAK	DFG	
9H-Carbazol-3-amino- 9-ethyl s. 3-Amino-9- ethylcarbazol										
Carbendazim (ISO) [10605-21-7], 2342320		3			in Vorbereitung					
Carbofuran (ISO) [1563-66-2], 2163530					0,1 E			MAK	AUS-N (1997)	
4,4'-Carbonimidoyl- bis(N,N-dimethyl- anilin) und seine Salze s. Auramin										
Carbonylchlorid [75-44-5], 2008703					0,082	0,02	=1=	Y MAK	EG, DFG (1998)	
Chinomethionat [2439-01-2], 2194553			3	S				H		
Chinon s. p-Benzochinon										
Chlor [7782-50-5], 2319595					1,5	0,5	=1=	Y MAK	DFG	
2-Chloracetaldehyd [107-20-0], 2034728	3	-	-	-	3	1	=1=	MAK H	AGS (1998) (DFG)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz.	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
2-Chloracetamid [79-07-2], 2011742	-	-	-	3	S						
Chloracetamid-N- methylol s. N-Methylol- chloracetamid											
Chloraceton [78-95-5], 2011611						3,8		H MAK		AUSA (1997)	
2-Chloracetophenon [532-27-4], 2085311						0,3		MAK		AUS-N (1997)	
2-Chloracetylchlorid [79-04-9], 2011716						0,2		H, u.D. MAK		AUS-N (1997)	
Chloralkane C ₁₀₋₁₃ , Cl ₁₋₁₃ [85535-84-8], 2874765	3										
γ-Chlorallylchlorid s. 1,3-Dichlorpropen											
2-Chlorallyldiethyl- dithiocarbamat s. Sulfallat											
4-Chlor-2-aminotoluol s. 5-Chlor-otoluidin											
5-Chlor-2-aminotoluol s. 4-Chlor-otoluidin											
4-Chloranilin (p) [106-47-8], 2034010	2				S	0,2	0,04	4	H, 7, 29 TRK	TBL (1995)	
Chlorbenzol [108-90-7], 2036285						47	10	4	Y MAK	DFG (1997)	BAT
4-Chlorbenzo- trichlorid (p) [5216-25-1], 2260091	2	-	-	2		in Vorbereitung			H		
Chlorbrommethan s. Bromchlormethan											
* 2-Chlor-1,3-butadien [126-99-8], 2048180	2	-	-	-		18	5	4	H TRK	AGS (1998) (DFG)	
1-Chlorbutan [109-69-3], 2036966						95,5	25	=1=	MAK	ARW (1993)	
Chlordan [57-74-9], 2003490	3					0,5 E		4	H MAK	DFG	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Chlordecone [143-50-0], 2056013 (2-Chlor-3-diethyl- amino-1-methyl-3- oxoprop-1-enyl)- dimethylphosphat s. Phosphamidon 2-Chlor-2',6'-diethyl- N-(methoxymethyl)- acetanilid s. Alachlor	3								H		
1-Chlor-1,1-difluorethan (R 142 b) [75-68-3], 2008918 Chlordifluormethan s. Monochlor- difluormethan					4 200	1 000	4	MAK		DFG (1990)	
* 5-Chlor-1,3-dihydro-2H- indol-2-on [17630-75-0], 4122009			3	S							
Chlordimeform (ISO) [6164-98-3], 2282005	3								H		
Chlordimeform- hydrochlorid [19750-95-9], 2432691	3										
Chlordimethylether s. Monochlor- dimethylether											
Chlordioxid [1004904-4], 2331628					0,28	0,1	=1=	MAK		DFG	
1-Chlor-2,3-epoxypro- pan (Epichlorhydrin) [106-89-8], 2034398 [51594-55-9], 4242802	2			S	12	3	4	H TRK		TBL	
Chloressigsäure [79-11-8], 2011784					4	1	=1=	H MAK		ARW (1996)	
Chloressigsäureethylester s. Ethylchloracetat											
Chloressigsäure- methylester s. Methylchloracetat											
Chlorethan [75-00-3], 2008305	3				25	9	4	MAK H		TBL (1994)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
2.Chlorethanol [107-07-3], 2034597						3,3	1	4	H, Y MAK	DFG	
6-(2-Chlorethyl)-6- (methoxyethoxy)- 2,5,7,10-tetraoxa- 6-silaundecan [37894-46-5], 2537047			2								
Chlorfluormethan (R 31) [593-70-4], 2098032	2					1,4	0,5	4	TRK	TBL (1994)	
N-Chlorformyl-morpholin s. Morpholin-4- carbonylchlorid											
2.Chlor-N-hydroxy- methylacetamid s. N-Methylol- chloracetamid											
Chlorierte Biphenyle (42 % Chlor) [53469-21-9]	3		2	2		1,1	0,1	4	H MAK	DFG	
Chlorierte Biphenyle (54 % Chlor) [11097-69-1]	3		2	2		0,7	0,05	4	H MAK	DFG	
Chloriertes Camphen s. Camphechlor											
Chloriertes Diphenyloxid [55720-99-5]						0,5 E			H MAK	DFG	
Chlormethan [74-87-3], 2008174	3					100	50	4	MAK H	DFG	
Chlormethyl s. Chlormethan											
3-Chlor-6-methylanilin s. 5-Chlor-o-toluidin											
5-Chlor-2-methyl-2,3- dihydroisothiazol-3-on [26172-55-4], 2475007 und 2-Methyl-2,3-dihydro- isothiazol-3-on [2682-20-4], 2202396 Gemisch im Verhält- nis 3 : 1					S	0,05			MAK H	DFG (1992)	
Chlormethylmethylether s. Monochlor- dimethylether											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Materi- al		
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung		Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
3-Chlor-2-methylpropen [563-47-3], 2092512	3				S	in Vorbereitung					
1-Chlornaphthalin [90-13-1], 2019673						0,2			MAK u.D.	AUSS (1997)	
2-Chlornaphthalin [91-58-7], 2020799						0,2			MAK u.D.	AUSF (1997)	
1-Chlor-2-nitrobenzol [88-73-3], 2018549	3	-	-	3		in Vorbereitung			(H)		
1-Chlor-4-nitrobenzol [100-00-5], 2028096	3	3	-	-		0,5	0,075	4	H, 7, 29 MAK	TBL (1995)	
1-Chlor-1-nitropropan [600-25-9], 2099900						100	20		MAK u.D.	AGS (1995) (DFG)	
6-Chloro-N,N'-diethyl- 1,3,5-triazin-2,4- diamin s. Simazin											
Chloroform s. Trichlormethan											
2-Chloropren s. 2-Chlor-1,3- butadien											
Chlorothalonil s. Chlorthalonil											
(2RS, 3RS; 2RS, 3SR)-2- (4-Chlorphenyl)-3-cy- clopropyl-1-(1H-1,2,4- triazol-1-yl)butan-2-ol s. Cyproconazol											
3-(4-Chlorphenyl)-1,1- dimethylharnstoff s. Monuron (ISO)											
3-(4-Chlorphenyl)-1,1- dimethyluronium- trichloracetat [140-41-0]	3										
* (2RS, 3RS)-3-(2-Chlor- phenyl)-2-(4-fluor- phenyl)-[(1H-1,2,4-tri- azol-1-yl)methyl]oxiran [106325-08-0], 4068502	3		2	3							
* (3-Chlorphenyl)-(4- methoxy-3-nitro- phenyl)-methanon [66938-41-8], 4232904		3									

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
([2-Chlorphenyl]- methyl-)malononitril [2698-41-1], 2202789						0,4			H MAK	AUS-N (1997)	
Chlorpikrin s. Trichlornitromethan											
3-Chlorpropen [107-05-1], 2034576						3	1	=1=	H MAK	AGS (1998) (DFG)	
3-Chlor-1-propen s. 3-Chlorpropen											
2-Chlorpropionsäure [598-78-7], 2099523						0,44			H MAK	AUS-U (1997)	
Chlorpyrifos (ISO) [2921-88-2], 2208644						0,2			H MAK	AUS-N (1997)	
Chlorstyrol (o, m, p) [1331-28-8], 2155577						285			H MAK	AUS-F (1997)	
Chlorthalonil [1897-45-6], 2175881		3			S						
* 4-Chlor-o-toluidin [95-69-2], 2024416 und hydrochlorid [3165-93-3], 2216278	1	3	-	-		0,01			H, 51 EW	AGS (1992)	
5-Chlor-o-toluidin [95-79-4], 2024526		3									
α-Chlortoluol [100-44-7], 2028536, s. auch α-Chlortoluole	2	3	3	-		0,2		4	32 TRK	TBL (1997)	
α-Chlortoluole: Gemisch aus α-Chlortoluol [100-44-7], α,α-Dichlortoluol [98-87-3], α,α,α-Trichlortoluol [98-07-7]	1					s. TRGS 901 Nr. 83					
N-(4-Chlor-o-tolyl)-N',N'- dimethyl- formamidin s. Chlordimeform											
4-Chlor-1-Trichlormethyl- benzol s. 4-Chlorbenzo- trichlorid											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungsgefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spitzenbegrenzung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2-Chlor-1,1,2-trifluor-ethylfluormethylether [13838-16-9], 2375534					150	20	4	Y MAK	DFG (1996)		
Chlortrifluorid [7790-91-2], 2322304					0,38	0,1	=1=	MAK	AGS (2000) (DFG)		
Chlortrifluormethan (R 13) [75-72-9], 2008944					4 300	1 000	4	MAK	DFG (1990)		
Chlorvinylbenzol s. Chlorstyrol											
Chlorwasserstoff [7647-01-0], 2315957					8		=1=	Y MAK	DFG, EG (1997)		
* Chlozolinat [84332-86-5], 2827144	3										
Chrom-III-chromate („Chromic chromate“) [24613-89-6], 2463562	2			S	s. Chrom(VI)- Verbindungen						
Chromdioxidchlorid s. Chromoxychlorid											
Chromdioxychlorid s. Chromoxychlorid											
Chromgelb s. Bleichromat											
Chromoxychlorid [14977-61-8], 2390568	2 R49	2		S	s. Chrom(VI)- Verbindungen						
Chromsäure (Anhydrid) s. Chromtrioxid											
Chromsäureanhydrid s. Chromtrioxid											
Chromtrioxid [1333-82-0], 2156078	1 R49			S	s. Chrom(VI)-Verbin- dungen						
Chrom(VI)-Verbindungen (in Form von Stäuben/ Aerosolen ausgenom- men die in Wasser praktisch unlöslichen wie z.B. Bariumchro- mat) – Lichtbogenhand- schweißen mit umhüll- ten Stabelektroden – Herstellung von lös- lichen Chrom(VI)- Verbindungen – im Übrigen	2*) R49			S			4	12, 15, 26 TRK	TBL (1995)	EKA	
					0,1 E						
					0,1 E						
					0,05 E						

*) zur Einstufung und zum Grenzwert von Bleichromat: s. Bleichromat, von der Einstufung ausgenommen sind namentlich genannte (Zinkchromat, Calciumchromat, Chrom-III-chromate, Chromtrioxid, Strontiumchromat, Ammonium-, Kalium-, Natriumdichromat, Natrium-, Kaliumchromat und Chromoxychlorid siehe dort)

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungsgefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spitzenbe- grenzung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Chromylchlorid s. Chromoxychlorid											
Chrysen [218.01-9], 2059234	2	3									
C.I. Basic Red 9 [569.61-9], 2093212	2	-	-	-							
C.I. Basic Violet 3 [548.62.9], 2089536	3	-	-	-							
C.I. Direct Black 38 [1937.37-7], 2177103	2			3							
C.I. Direct Blue 6 [2602.46-2], 2200121	2			3							
C.I. Direct Blue 218 [73070.37-8], 2772724	3	-	-	-							
C.I. Direct Red 28 [573.58-0], 2093584	2			3							
C.I. Disperse Blue 1 s. 1,4,5,8-Tetraamino- anthrachinon											
C.I. Disperse Yellow 3 s. N-[4-[(Hydroxy-5- methylphenyl)azo]- phenyl]acetamid											
Cinerin I [25402.06-6], 2469480 s. Pyrethrum											
Cinerin II [121.20-0], 2044542 s. Pyrethrum											
C.I. Solvent Yellow 14 [842.07-9], 2126682	3	3	-	-	S						
Clofenotan s. DDT											
Cobalt [7440.48-4], 2311580, als Cobaltmetall, Cobalt- oxid und Cobaltsulfid – Herstellung von Cobaltpulver und Katalysatoren, Hart- metall- und Magnet- herstellung (Pulverauf- bereitung, Pressen und mechanische Bearbei- tung nicht gesinterter Werkstücke) – im Übrigen	3	-	-	-	S	0,5 E 0,1 E	4	2, 3, 25 MAK	TBL	EKA p.o.	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10
Cobaltverbindungen, bioverfügbar (in Form atembare Stäube/Aerosole)	3	-	-	-						
* Cobalacetat-Tetrahydrat [6147-53-1]	2 R49	3	-	2				2		
* Cobalcarbonat [513-79-1], 2081694	2 R49	3	-	2				2		
* Coballdichlorid [7646-79-9], 2315894	2 R49	3	-	2	S			2		
Cobaltnitrat-Hexahydrat [10026-22-9]	2 R49	3	-	2				2		
* Cobaltsulfat [10124-43-3], 2333342 - Heptahydrat [10026-24-1]	2 R49 2	3 3	- -	2 2	S			2		
Cresylglycidylether s. 1,2-Epoxy-3- (tolylxy)propan										
Cristoballit [14464-46-1], 2384554						s. Quarz				
Crotonaldehyd s. 2-Butenal										
Crufomat (ISO) [299-86-5], 2060831						5 E		H MAK	AUS-N (1997)	
Cryofluoran s. 1,2-Dichlor-1,1,2,2- tetrafluorethan										
Cumol s. Isopropylbenzol										
Cyanacrylsäure- methylester [137-05-3], 2052752						9,2	2	MAK	DFG	
Cyanamid [420-04-2], 2069923					S	2 E		H MAK	EG (1992)	
4-Cyan-2,6-diiodo- phenyloctanoat [3861-47-0], 2233754			3							
Cyanide (als CN berechnet)						5 E		4 H MAK	DFG	
Cyanogen s. Oxalsäuredinitril										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Cyanogenchlorid [506-77-4], 2080528						0,75			MAK u.D.	AUS-N (1997)	
Cyanwasserstoff [74-90-8], 2008216						11	10	4	H MAK	DFG	
Cyclohexan [110-82-7], 2038062	-	-		-		700	200	4	MAK	DFG (1998)	
Cyclohexanol [108-93-0], 2036306						210	50	4	MAK H	DFG	
Cyclohexanon [108-94-1], 2036311	-					80	20	=1=	Y, H MAK	TOX (1996)	
Cyclohexen [110-83-8], 2038078						1 000	300	4	MAK u.D.	AGS (2000) (DFG)	
Cycloheximid [66-81-9], 2006360		3		2							
Cyclohexylamin [108-91-8], 2036290						41	10	=1=	H MAK	DFG	
N-Cyclohexyl-N-methoxy- 2,5-dimethyl-3-furamid [60568-05-0], 2623020		3									
* trans-4-Cyclohexyl-L-pro- linmonohydrochlorid [90657-55-9], 4191601				3	S						
1,3-Cyclopentadien [542-92-7], 2088354						210	75		MAK	AGS (2000) (DFG)	
Cyclopentanon [120-92-3], 2044359						690			MAK	AUS-D (1997)	
1-Cyclopropyl-6,7- difluor-1,4-dihydro-4- oxochinolin-3-carbon- säure [93107-30-3], 4137607				3							
5-Cyclopropyl-1,2-oxa- zol-4-yl- α,α,α -trifluor-2- mesyl-p-tolyketon s. Isoxaflutole											
Cyproconazol [94361-06-5]				3							

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
2,4-D [94-75-7], 2023611 (einschl. Salze und Ester)					S	1 E		4	H, Y, 19 MAK	DFG (1996)	
Dalapon s. 2,2-Dichlor- propionsäure											
Daminozid [1596-84-5], 2164859	3										
DDT (1, 1, 1-Trichlor- 2,2-bis(4-chlor- phenyl)ethan) [50-29-3], 2000243	3					1 E		4	H MAK	DFG	
DDVP s. Dichlorvos											
Decaboran [17702-41-9], 2417118						0,25	0,05	= 1 =	H MAK	DFG	
Decabromphenylether s. Bis(pentabrom- phenyl)ether											
Decachlorpentacyclo- [5,2,1,0 ^{2,6} ,0 ^{3,9} , 0 ^{5,8}]decan-4-on s. Chlordecon											
Decachlortetra- cyclodecanon s. Chlordecon											
DEHP s. Di-(2-ethylhexyl)- phthalat											
Demeton [8065-48-3]						0,1	0,01	4	H, u.D. MAK	AGS (1999) (DFG)	
Demetonmethyl [8022-00-2], 2127581						4,8	0,5	4	H MAK	DFG	
Diacetonalkohol s. 4-Hydroxy-4- methylpentan-2-on											
Diallat (ISO) [2303-16-4], 2189611	3										
Diallylphthalat [131-17-9], 2050163						5			MAK u.D.	AUS-N (1997)	
2,4-Diaminoanisol [615-05-4], 2104061	2					0,5			H, 51 EW	AGS (1994)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
3,3'-Diaminobenzidin [91-95-2], 2021106, und seine Salze	3					0,03 E	0,003	4	H MAK	TBL (1994)	
1,2-Diaminobenzol s. o-Phenylendiamin											
1,3-Diaminobenzol s. m-Phenylendiamin											
1,4-Diaminobenzol s. p-Phenylendiamin											
4,4'-Diamino-3,3'- dichlordiphenyl- methan s. 4,4'-Methylen-bis- (2-chloranilin)											
4,4'-Diaminodiphenyl s. Benzidin											
4,4'-Diaminodiphenyl- ether s. 4,4'-Oxydianilin											
4,4'-Diaminodiphenyl- methan [101-77-9], 2029744	2	3			S	0,1 E		4	H TRK	TBL (1989)	
4,4'-Diaminodiphenyl- sulfid s. 4,4'-Thiodianilin											
1,2-Diaminoethan [107-15-3], 2034686					S	25	10	4	H MAK	DFG	
1,3-Diamino-4-methyl- benzol s. 2,4-Toluyldiamin											
1,5-Diaminonaphthalin s. 1,5-Naphthylen- diamin											
Diaminotoluol s. Methyl-phenylen- diamin											
2,4-Diaminotoluol s. 2,4-Toluyldiamin											
α,α' -Diamino-1,3-xylo [1477-55-0], 2160325						0,1			MAK	AUS-N (1997)	
o-Dianisidin s. 3,3'-Dimethoxy- benzidin											
Diantimontrioxid s. Antimontrioxid											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Diarsenpentaoxid s. Arsenpentoxid										
Diarsentrioxid s. Arsentrioxid										
Diazinon [333-41-5], 2063738					0,1 E		4	H, Y MAK	DFG (1997)	
Diazomethan [334-88-3], 2063827	2				0,01			51 EW	AGS (1994)	
Dibenz(a,h)anthracen [53-70-3], 2001818	2									
Dibenz[b,e](1,4)dioxin s. 2,3,7,8-Tetrachlor- dibenzo-p-dioxin										
Dibenzodioxine und -furane, chlorierte s. auch 2,3,7,8-Tetra- chlordibenzo-p-dioxin					50 pg/m ³		4	7, 14,15, 29 TRK	TBL (1993)	
Dibenzodioxine und -furane, polybromierte					50 pg/m ³			EW	AGS (1998)	
Dibenzoylperoxid [94-36-0], 2023276				S	5 E		=1=	MAK	DFG	
Dibenzylphthalat [523-31-9], 2083445					3			MAK	AUS-S (1997)	
Diboran [19287-45-7], 2429406					0,1	0,1	=1=	MAK u.D.	AGS (1997) (DFG)	
Dibortrioxid s. Boroxid										
Dibrom s. Naled										
1,2-Dibrom-3-chlor- propan [96-12-8], 2024793	2	2	-	1	0,05	0,005		51 EW	AGS (1992)	
2,6-Dibrom-4-cyan- phenyloctanoat [1689-99-2], 2168853			3					H		
Dibromdifluormethan [75-61-6], 2008855					870	100	4	MAK	DFG	
1,2-Dibromethan [106-93-4], 2034445	2				0,8	0,1	4	H TRK	TBL	
3,5-Dibrom-4-hydroxy- benzonnitril s. Bromoxynil (ISO)										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
* 2,2-Dibrom-2-nitro- ethanol [69094-18-4], 4123809	3				S						
2,3-Dibrompropan-1-ol [96-13-9], 2024809	2	-	-	3					H		
Di-n-butylamin [111-92-2], 2039218						29	5	=1=	H, 20 MAK	ARW (1993)	
2-(Di-n-butylamino)- ethanol [102-81-8], 2030571						14			H MAK	AUS-N (1997)	
Di-n-butylhydrogen- phosphat [107-66-4], 2035098						5			MAK	AUS-N (1997)	
2,6-Di-tert-butyl-p-kresol [128-37-0], 2048814						10 E			29 MAK u.D.	AUS-N (1997)	
N,N-Di-n-butylnitrosamin s. N-Nitrosodi-n-butyl- amin											
Di-n-butylphenyl- phosphat [2528-36-1], 2197727						3,5			H MAK	AUS-U (1997)	
* Di-n-butylphthalat [84-74-2], 2015574	-	-	2	3 2							
Dichloracetylen [7572-29-4]	3 2					s. TRGS 901 Nr. 30			51		
S-2,3-Dichlorallyldiiso- propylthiocarbamat s. Diallat											
3,3'-Dichlorbenzidin [91-94-1], 2021090 und seine Salze	2				S	0,03 E	0,003	4	H TRK	TBL (1994)	
* 1,2-Dichlorbenzol (o) [95-50-1], 2024259						61	10	2	H, Y MAK	DFG (2003)	
1,3-Dichlorbenzol (m) 541-73-1], 2087921						20	3,3	4	H MAK	ARW (1996)	
1,4-Dichlorbenzol (p) 106-46-7], 2034005						300	50	4	Y, H MAK	DFG (1992)	BAT
1,4-Dichlor-2-buten [764-41-0], 2121218	2					0,05	0,01	4	H TRK	TBL (1992)	
2,2'-Dichlordiethylether [111-44-4], 2038701						59	10	4	H MAK	DFG	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2,2'-Dichlordiethylsulfid [505-60-2]	1				s. TRGS 901 Nr. 59		H, 51			
Dichlordifluormethan (R 12) [75-71-8], 2008939					5 000 1 000	4	Y MAK	DFG		
2-Chlor-1-(difluor- methoxy)-1,1,2- trifluorethan s. 2-Chlor-1,1,2- trifluorethyl-difluor- methylether										
Dichlordimethylether s. Bis(chlormethyl)ether										
α,α-Dichlordimethylether s. Bis(chlormethyl)ether										
1,3-Dichlor-5,5- dimethylhydantoin [118-52-5], 2042587					0,2 E		MAK	AUS-N (1997)		
* 3,5-Dichlor-N(1,1-di- methylprop-2-ynyl)- benzamid [23950-58-5], 2459514	3									
1,1-Dichlorethan [75-34-3], 2008635					410 100	4	MAK	DFG		
1,2-Dichlorethan [107-06-2], 2034581	2				20 5	4	TRK	TBL (1993)		
1,1-Dichlorethan [75-35-4], 2008640	3				8 2	4	Y MAK	DFG		
1,2-Dichlorethan sym. [540-59-0], 2087502 (cis-[156- 59-2] und trans-[156- 60-5])					800 200	4	MAK	DFG		
Dichlorethin s. Dichloracetylen										
1,2-Dichlorethylen s. 1,2-Dichlorethen										
1,2-Dichlorethylmethyl- ether s. 1,2-Dichlormethoxy- ethan										
α,β-Dichlorethylmethyl- ether s. 1,2-Dichlormethoxy- ethan										
Dichlorfluormethan (R 21) [75-43-4], 2008698					43 10	4	MAK	DFG		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
<p>αDichlorhydrin s. 1,3-Dichlor-2- propanol</p> <p>Dichlormethan [75-09-2], 2008389</p> <p>1,2-Dichlor- methoxyethan [41683-62-9]</p> <p>Dichlormethylbenzol s. Dichlortoluol (Isomerenmischung)</p> <p>1,3-Dichlor-4-methyl- benzol s. 2,4-Dichlortoluol</p> <p>2,2'-Dichlor-N-methyl- diethylamin s. N-Methyl-bis- (2-chlorethyl)amin</p> <p>2,2'-Dichlor-4,4'- methylendiänilin s. 4,4'-Methylen-bis- (2-chloranilin)</p> <p>1,1-Dichlor-1-nitroethan [594-72-9], 2098540</p> <p>Dichlorodiphenyl- trichlorethan s. DDT</p> <p>2,4-Dichlorphenoxy- essigsäure s. 2,4-D</p> <p>3(3,4-Dichlorphenyl)- 1,1-dimethylharnstoff s. Diuron</p> <p>* 3(3,5-Dichlorphenyl)- 2,4-dioxo-N-isopropyl- imidazolidin-1- carboxamid [36734-19-7], 2531789</p> <p>3(3,4-Dichlorphenyl)- 1-methoxy-1-methyl- harnstoff s. Linuron (ISO)</p> <p>N-3,5-Dichlorphenyl-5- methyl-5-vinyl-1,3-oxa- zolidin-2,4-dion s. Vinclozolin</p> <p>2,4-Dichlorphenyl-4- nitrophenylether s. Nitrofen</p>	<p>3</p> <p>-</p> <p>3</p> <p>3</p>	<p>3</p> <p>3</p>	<p>-</p> <p>-</p>	<p>5</p>	<p>350</p> <p>60</p>	<p>100</p> <p>10</p>	<p>4</p> <p>H MAK u.D.</p>	<p>MAK</p> <p>(H)</p> <p>AGS (2000) (DFG)</p> <p>AGS (2000) (DFG)</p>	<p>BAT EKA</p>		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Material		
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung		Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
* (±)-2-(2,4-Dichlorphenyl)- 3-(1H-1,2,4-triazol-1- yl)propyl-1,1,2,2- tetrafluorethylether [112281-77-3], 4077607	3										
1,2-Dichlorpropan [78-87-5], 2011522	-	-	-	-		in Vorbereitung					
1,3-Dichlor-2-propanol [96-23-1], 2024919	2							H			
Dichlorpropen (alle Iso- meren außer 1,3- und 2,3-Dichlor-1-propen) [26952-23-8], 2481340						5		H MAK		AUS-D (1997)	
E,Z-1,3-Dichlorpropen [542-75-6], 2088265 (gilt nur für das tech- nische Gemisch)	2	3	-	-	S	0,5	0,11	4	H TRK	TBL (1996)	
2,3-Dichlorpropen [78-88-6], 2011538		3				5		H MAK		AUS-D (1997)	
2,2-Dichlorpropionsäure [75-99-0], 2009230 und ihr Natriumsalz [127-20-8], 2048285						5,9	1		MAK	DFG	
2,4'-Dichlor- α -(pyrimidin- 5-yl)benzhydrylalkohol s. Fenarimol											
1,2-Dichlor-1,1,2,2- tetrafluorethan (R 114) [76-14-2], 2009377						7 100	1 000	4	MAK	DFG	
α , α -Dichlortoluol [98-87-3], 2027092 s. auch α -Chlortoluole	3					0,1	0,015	4	MAK	TBL (1993)	
Dichlortoluol (Isomergemisch, ringsubstituiert) [29797-40-8], 2498548						30	5	4	H MAK	ARW (1995)	
2,4-Dichlortoluol [95-73-8], 2024458						30	5	4	H MAK	ARW (1995)	
2,2-Dichlor-1,1,1- trifluorethan (R 123) [306-83-2], 2061903	3	-	-	-	-						
(2,2-Dichlorvinyl)- dimethylphosphat s. Dichlorvos											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Dichlorvos [62-73-7], 2005477					S	1	0,11	4	H, Y MAK	DFG	
Dicrotophos (ISO) [141-66-2], 2054943						0,25			H MAK	AUS-N (1997)	
Dicyan s. Oxalsäuredinitril											
Dicyclohexylmethan-4,4'- diisocyanat [5124-30-1], 2258632					S	0,054			H, 29 MAK	AUS-U (1997)	
* Dicyclohexylnitrosamin [947-92-2]	-	3	-	-							
Dicyclohexylphthalat [84-61-7], 2015459						5			MAK	AUS-N (1997)	
Dicyclopentadien (3a,4,7,7a-Tetra- hydro- 4,7-methano- inden) [77-73-6], 2010529						2,7	0,5	=1=	MAK	DFG	
Dieisentrioxid s. Eisen(III)oxid											
Dieldrin (HEOD) [60-57-1], 2004845	3					0,25 E		4	H MAK	DFG	
1,2,3,4-Diepoxybutan [1464-53-5], 2159791	2	2	-	3					H		
1,3-Di(2,3-epoxy- propoxy)benzol s. Diglycidyl- resorcineäther											
Dieselmotor-Emissionen s. Abschnitt 1.3 - Nichtkohlebergbau und Bauarbeiten unter Tage - im Übrigen - Auslöseschwelle	2					0,3 A 0,1 A 0,1		4	9 TRK	TBL (1997) (1993)	
Diethanolamin [111-42-2], 2038680						15 E			20, H MAK u.D.	AUS-N (1997)	
N,N-Diethanolnitrosamin s. N-Nitrosodi- ethanolamin											
Diethylamin [109-89-7], 2037163						15	5	=1=	H, 20 MAK	DFG (1999)	
2-Diethylaminoethanol [100-37-8], 2028452						24	5	=1=	H MAK	DFG (2000)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spitzen- be- grenzung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Diethylcarbamid- saurechlorid [88-10-8], 2017985	3				1			51 EW	AGS (1994)	
O,O-Diethyl-O-(1,6- dihydro-6-oxo-1- phenylpyridazin-3-yl)- thiophosphat [119-12-0], 2042985					0,2			H MAK	AUS-I (1997)	
Diethylendioxid s. 1,4-Dioxan										
Diethylenglykol [111-46-6], 2038722					44	10	4	Y MAK	DFG (1997)	
* Diethylenglykol- dimethylether [111-96-6], 203-924-4			2	2	28	5	4	H MAK	DFG (1996)	
Diethylenglykol- monobutylether s. Butylidiglykol										
Diethylether [60-29-7], 2004672					1 200	400	4	MAK	DFG	
* Di-(2-ethylhexyl)phthalat [117-81-7], 2042110	-	-	2	2	10		4	Y MAK	DFG	
O,O-Diethyl-O-(4-nitro- phenyl)thiophosphat s. Parathion										
N,N-Diethylnitrosamin s. N-Nitrosodiethyl- amin										
Diethylphthalat [84-66-2], 2015506					3			MAK	AUS-S (1997)	
Diethylsulfat [64-67-5], 2005896	2	2			0,2	0,03	4	H TRK	TBL	
Difluordibrommethan s. Dibromdifluor- methan										
1,1-Difluoethen (R 1132a) [75-38-7], 2008677	3									
1,1-Difluoethylen s. 1,1-Difluoethen										
Difluormonochlorethan s. 1-Chlor-1,1- difluoethan										
Difluormonochlormethan s. Monochlor- difluormethan										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Diglycidylether [2238.07-5], 2188026	3					0,54	0,1	=1=	MAK	DFG	
1,3-Diglycidyoxybenzol s. Diglycidyl- resorcinether											
* Diglycidylresorcinether 1,3-Bis(2,3-epoxy- propoxy)benzol [101-90-6], 2029875	2 3	3			S				H		
Diglyme s. Diethylenglykol- dimethylether											
Diheptylphthalat (alle Isomeren)						5			MAK	AUS-N (1997)	
Di-iso-heptylphthalat s. 1,2-Benzoldicarbon- säure, Di-C _{6,8} -ver- zweigte Alkylester											
Dihydrogenselenid s. Selenwasserstoff											
* (S)-2,3-Dihydro-1H-indol- 2-carbonsäure [79815-20-6], 4108602				3	S						
1,2-Dihydro-5-nitro- acenaphthylen s. 5-Nitroacenaphthen											
1,2-Dihydroxybenzol [120-80-9], 2044275						20 E			H MAK	AUS-N (1997)	
1,3-Dihydroxybenzol [108-46-3], 2035852						45	10		MAK	EG (1992)	
1,4-Dihydroxybenzol [123-31-9], 2046178	3	3	-	-	S	2 E		=1=	MAK	AGS (1996)	
4-[4-(1,3-Dihydroxy- prop-2-yl)phenylami- no]-1,8-dihydroxy-5- nitroanthrachinon [114565-66-1], 4060571	3				S						
Diisobutylketon s. 2,6-Dimethyl- heptan-4-on											
* m-Diisocyanatoluol [26471-62-5], 2477224	3				S	0,035	0,005	4	MAK 35	AGS (2003) (DFG)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungsgefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spitzenbegrenzung	Bemerkungen	Herkunft (Jahr)		
			R _E	R _F							S
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
* 2,4-Diisocyanattoluol [584.84.9], 2095445	3				S	0,035	0,005	4	MAK 35	AGS (2003) (DFG)	
* 2,6-Diisocyanattoluol [91.08.7], 2020390	3				S	0,035	0,005	4	MAK 35	AGS (2003) (DFG)	
Diisodecylphthalat [26761-40-0], 2479771	-	-	-	-		3			MAK	AUS-S (1997)	
Di-(isooctyl)phthalat s. Di-(2-ethylhexyl)- phthalat											
* Disopentylphthalat (DIPP) [605.50.5], 2100884	-	-	2	3							
Diisopropylamin [108-18.9], 2035585						20			H, 20 MAK	AUS-N (1997)	
Di-isopropylether [108.20.3], 2035606						2 100	500		MAK	DFG	
N,N-Diisopropyl- nitrosamin s. N-Nitrosodi-i-propyl- amin											
3,3'-Dimethoxybenzidin [119.90.4], 2043554, und seine Salze	2					0,03 E	0,003	4	H TRK	TBL (1994)	
1,2-Dimethoxyethan [110.71.4], 2037949	-	-	2	3							
Dimethoxymethan [109.87.5], 2037142						3 200	1 000		MAK	DFG	
* N,N-Dimethylacetamid [127.19.5], 2048264	-	-	2	3		36	10	4	H, Y MAK	DFG, EG (1997)	BAT
Dimethylamin [124.40.3], 2046974						3,7	2	=1=	20 MAK	EG, DFG (1994)	
4,4'-Dimethylamino- benzophenonimid- Hydrochlorid s. Auramin											
α-[4-(4-Dimethylamino- {4-[ethyl(3-natriosulfo- natobenzyl)amino]- phenyl}benzyliden)- cyclohexa-2,5-dienyl- iden-(ethyl)ammonio]- toluol-3-sulfonat s. Benzyl violett 4B											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Dimethylamino- sulfochlorid Dimethylamino- sulfonylchlorid s. Dimethylsulf- moylchlorid											
N,N-Dimethylanilin [121-69-7], 2044935	3	-	-	-		25	5	4	H MAK	DFG	
2,4-Dimethylanilin s. 2,4-Xylidin											
3,3'-Dimethylbenzidin [119-93-7], 2043580 und seine Salze	2					0,03 E	0,003	4	H TRK	TBL (1994)	
1,1'-Dimethyl-4,4'- bipyridinium s. Paraquatdichlorid											
2,2-Dimethylbutan [75-83-2], 2009068						720	200	4	MAK	DFG (1992)	
2,3-Dimethylbutan [79-29-8], 2011936						720	200	4	MAK	DFG (1992)	
1,3-Dimethylbutylacetat [108-84-9], 2036217						300	50	=1=	MAK u.D.	AGS (2000) (DFG)	
Dimethylcarbamid- säurechlorid [79-44-7], 2012086	2					§ 15a					
Dimethylcarbamoyl- chlorid s. Dimethylcarbamid- säurechlorid											
3,3'-Dimethyl-4,4'- diaminodiphenyl- methan (Methylendi- otoluidin) [838-88-0], 2126588	2				S	0,05		4	H, 7, 29 TRK	TBL (1998)	
Dimethylether [115-10-6], 2040658						1 900	1 000	4	MAK	DFG	
1,1-Dimethylethylamin [75-64-9], 2008881						15	5	4	H MAK	DFG	
N,N-Dimethylethylamin s. Ethyldimethylamin											
N,N-Dimethylformamid [68-12-2], 2006792			2			30	10	4	H, h+ MAK	DFG (1993)	BAT
2,6-Dimethylheplan-4-on [108-83-8], 2036201						290	50		MAK u.D.	AGS (1998) (DFG)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Material		
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F							S
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
1,1-Dimethylhydrazin [57-14-7], 2003160	2				(S)	0,1		(H), 51 EW	AGS (1994)		
1,2-Dimethylhydrazin [540-73-8]	2				(S)			H			
Dimethylhydrogen- phosphit [868-85-9], 2127838	3					in Vorbereitung					
Dimethylhydrogen- phosphonat s. Dimethylhydrogen- phosphit											
Dimethyl-1-methyl-2- (methylcarbamoyl)- vinylphosphat s. Monocrotophos											
N,N-Dimethylnitrosamin s. N-Nitrosodi- methylamin											
Dimethylphosphit Dimethylphosphonat s. Dimethylhydrogen- phosphit											
Dimethylpropan s. tert-Pentan											
2,2-Dimethyl-1- propanol [75-84-3], 2009073						360		MAK	AUS-D (1997)		
1,1-Dimethylpropylacetat [625-16-1]						270	50	=1=	MAK	EG, DFG (1998)	
Dimethylsulfamoylchlorid [13360-57-1], 2364124	2					0,1		4	H TRK	TBL (1992)	
Dimethylsulfat [77-78-1], 2010581 – Herstellung – Verwendung	2	3	–	–	S	0,1 0,2	0,02 0,04	4	H TRK	TBL	EKA
Dimethylsulfoxid [67-68-5], 2006643						160			H, u.D. MAK	AUS-C (1997)	
2,6-Dimethyl-4-tridecyl- morpholin s. Tridemorph											
Dinatrium-5-[(4'-(2,6-di- hydroxy-3-(2-hydroxy- 5-sulfophenyl)azo)pheno- nyl)azo](1,1'-biphenyl)- 4-yl)azo]sallylato- (4')cuprat(2) [16071-86-6], 2402211	2										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Dinickeltrioxid [1314-06-3], 2152178	1 R49				S	s. Nickel					
Dinitolmid [148-01-6], 2057064						5 E			MAK	AUS-N (1997)	
Dinitrobenzol (alle Isomeren) [25154-54-5], 2466736						s. TRGS 901 Nr. 87			H		
4,6-Dinitro-o-kresol (DNOC) [534-52-1], 2086011		3			S	0,2 E		4	H MAK u.D.	AGS (1997)	
Dinitro-o-cresol (alle Isomeren außer 4,6-Dinitro-o-cresol)						0,2 E			H MAK	AUS-D (1997)	
Dinitronaphthaline (alle Isomeren) [27478-34-8], 2484844	3										
Dinitrotoluole (techn. Gemisch) [25321-14-6], 2468361	2	3	-	3		in Vorbereitung			H		
* 2,3-Dinitrotoluol [602-01-7], 2100135	2	3		3					H		
2,4-Dinitrotoluol [121-14-2], 2044500	2	3		3		in Vorbereitung			H		
* 2,5-Dinitrotoluol [619-15-8], 2105814	2	3		3					H		
2,6-Dinitrotoluol [606-20-2], 2101060	2	3		3		0,05 0,007		4	H TRK	TBL (1992)	
* 3,4-Dinitrotoluol [610-39-9], 2102221	2	3		3		1,5			H TRK	AUS-D (1997)	
* 3,5-Dinitrotoluol [618-85-9], 2105662	2	3		3					H		
Dinonylphthalat (alle Isomeren außer Diisononylphthalat)						5			MAK	AUS-N (1997)	
Dinoseb: 6-(1-Methyl- propyl)-2,4-dinitro- phenol [88-85-7], 2018617			2	3					H		
Salze und Ester des Dinoseb			2	3					H		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Dinoterb [1420-07-1], 2158138			2						H		
Salze und Ester des Dinoterbs			2						H		
Di-sec-octylphthalat s. Di-(2-ethyl- hexyl)phthalat											
Diocylphthalat (alle Iso- meren außer Di-n-octyl- phthalat und Di-[2- ethylhexyl]phthalat)					5				MAK	AUS-N (1997)	
Di-n-octylzinn- verbindungen					s. Zinnverbindun- gen, org.						
Dioxan s. 1,4-Dioxan											
* 1,4-Dioxan [123-91-1], 2046618	3				73	20	=2=	H, MAK		AGS/DFG (2001)	
Dioxathion (ISO) [78-34-2], 2011077					0,2			H MAK		AUS-N (1997)	
Dioxine s. Dibenzodioxine											
* Di-n-pentylphthalat [131-18-0], 2050179	-	-	2	2							
Diphenyl s. Biphenyl											
Diphenylamin [122-39-4], 2045394					5 E			H MAK		AUS-D (1997)	
Diphenylether (Dampf) [101-84-8], 2029812					7,1	1			MAK	DFG	
Diphenylether/Biphenyl- mischung (Dampf)					7,1	1			MAK	DFG	
Diphenylether, Octabromderivat s. Octabromdi- phenylether											
1,3-Diphenylguanidin [102-06-7], 2030021			3								
* Diphenylmethan- 4,4'-diisocyanat [101-68-8], 2029660	3 ¹⁾	-	-	-	S	0,05	0,005	=1=	29 MAK	DFG (1993)	BAT

¹⁾ in Form atembarer Aerosole, A-Fraktion. Gilt auch für techn. (polymeres) MDI [9016-87-9].

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Diphosphorperoxoxid s. Phosphorperoxid											
Diphosphorpentasulfid [1314-80-3], 2152424					1 E		=1=	MAK	DFG, EG		
DIPP s. Diisopentylphthalat											
Dipropylenglykol- monomethylether [34590-94-8], 2521042 (Isomerengemisch)					310	50	=1=	MAK	DFG, EG (1997)		
Di-n-propylether [111-43-3], 2038696					1050			MAK	AUS-F (1997)		
N,N-Di-n-propyl- nitrosamin s. N-Nitrosodi-n- propylamin											
Diquatdibromid (ISO) [85-00-7], 2015794				S	0,5 E			MAK	AUS-N (1997)		
Direct Blue 218 s. C.I. Direct Blue 218											
Dischwefeldecafluorid s. Schwefelpenta- fluorid											
Dischwefeldichlorid [10025-67-9], 2330362					5,6	1	=1=	MAK u.D.	AGS (2000) (DFG)		
Distickstoffmonoxid [10024-97-2], 2330320					180	100	4	MAK	DFG (1994)		
Disul [149-26-8], 2052595					5 E			MAK	AUS-N (1997)		
Disulfiram [97-77-8], 2026078				S	2 E		4	20 MAK	DFG		
Disulfoton (ISO) [298-04-4], 2060543					0,1			H MAK	AUS-N (1997)		
Ditantalpentoxid [1314-61-0], 2152382					5 E			MAK	AUS-D (1997)		
* Diuron (ISO) [330-54-1], 2063544	3	-			5 E			MAK	AUS-D (1997)		
Divanadiumpentaoxid s. Vanadiumpentoxid											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Divinylbenzol (alle Isomeren) [1321-74-0], 2153255 DNOC s. 4,6-Dinitro-o-kresol Dodecachlorpentacyclo- [5,2,1,0 ^{2,6} ,0 ^{3,9} , 0 ^{5,8}]decan s. Mirex DOP s. Di-(2-ethylhexyl)- phthalat					50			MAK u.D.	AUS-D (1997)		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Echtgranat-GBC-base s. 2-Aminoazololuol											
* Edifenphos [17109-49-8], 2411781		-		S				H			
Eichenholzstaub s. Abschnitt 1.3	1 R 49				s. Holzstaub						
Eisendimethyldithio- carbamat s. Ferbam											
* Eisen(II)-oxid [1345-25-1], 2157218					s. Allgemeiner Staubgrenzwert				AGS (2001)		
* Eisen(III)-oxid [1309-37-1], 2151682					s. Allgemeiner Staubgrenzwert				AGS (2001)		
Eisenpentacarbonyl [13463-40-6], 2366708					0,81	0,1	4	MAK	DFG		
Endosulfan (ISO) [115-29-7], 2040794					0,1 E			H MAK	AUS-N (1997)		
Endrin [72-20-8], 2007757					0,1 E		4	H, Y MAK	DFG		
Enfluran s. 2-Chlor-1,1,2- trifluorethylfluor- methylether											
Epichlorhydrin s. 1-Chlor-2,3- epoxypropan											
EPN, O-Ethyl-O- (4-nitrophenyl)phenyl- thiophosphonat [2104-64-5], 2182768					0,5 E		4	H MAK	DFG		
1,2-Epoxy-3-allyloxy- propan s. 1-Allyloxy-2,3- epoxypropan											
1,2-Epoxybutan [106-88-7], 2034382	2 3				in Vorbereitung			H			
1,2-Epoxy-4-(epoxy- ethyl)cyclohexan s. 1-Epoxyethyl-3,4- epoxycyclohexan											
(Epoxyethyl)benzol s. Styroloxid											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spitzen- be- grenzung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1(Epoxyethyl) 3,4-epoxycyclohexan [106-87-6]. 2034377	2					in Vorbereitung			H		
2,3-Epoxy-1,4,5,6,7,8,8-heptachlor-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindan s. Heptachlorepoxyd											
1,2-Epoxy-3-isopropoxypropan s. iso-Propylglycidylether											
1,2-Epoxy-3-phenoxypropan s. Phenyglycidylether											
* 1,2-Epoxypropan (Propylenoxid) [75-56-9]. 2008792	2	2				6	2,5	4	H TRK	TBL (1988)	
2,3-Epoxy-1-propanol s. Glycidol											
2,3-Epoxypropyl- <i>o</i> -tolyether s. 1,2-Epoxy-3-(tolyoxy)propan											
2,3-Epoxypropyl-trimethylammoniumchlorid s. Glycidyltrimethylammoniumchlorid											
1,2-Epoxy-3-(tolyoxy)propan (alle Isomeren) [26447-14-3]. 2477114	3	3		S		70			MAK	AUS-D (1997)	
Erlonit [12510-42-8]	1										
Essigsäure [64-19-7], 2005807						25	10	=1=	MAK	DFG, EG	
Essigsäureamylester s. Penylacetat											
Essigsäureanhydrid [108-24-7]. 2035648						21	5	=1=	MAK	DFG	
Essigsäurebutylester s. Butylacetat											
Essigsäureethylester s. Ethylacetat											
Essigsäure-sec-hexylester s. 1,3-Dimethylbutylacetat											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Essigsäuremethylester s. Methylacetat											
Essigsäurepropylester s. Propylacetat, Isopropylacetat											
Essigsäurevinylester s. Vinylacetat											
Estrogene	3	-	3	1							
Estrogene, schwache	-	-	3	3							
Etacelasil s. 6-(2-Chlorethyl)-6- (2-methoxyethoxy)- 2,5,7,10-tetraoxa- 6-silaundecan											
Ethanal s. Acetaldehyd											
Ethandial s. Glyoxal											
1,2-Ethandiol s. Ethylenglykol											
Ethanol [64-17-5], 2005786						1 900	1 000	4	MAK Y	DFG	
Ethanolamin s. 2-Aminoethanol											
Ethanthiol [75-08-1], 2008373						1,3	0,5	=1=	MAK	DFG	
Ethen [74-85-1], 2008153	-	3	-	-						EKA	
Ether s. Diethylether											
Ethion (ISO) [563-12-2], 2092423						0,4			H MAK	AUS-N (1997)	
2-Ethoxy-6-amino- naphthalin s. 6-Amino-2-ethoxy- naphthalin											
* 4-Ethoxy-2-benzimid- azol-anilid [120187;29-3], 4076005		3									
2-Ethoxyethanol [110-80-5], 2038041			2	2		19	5	4	H, h+++ MAK	DFG (1996)	BAT
2-Ethoxyethylacetat [111-15-9], 2038392			2	2		27	5	4	H, h+++ MAK	DFG (1996)	BAT

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Materi- al		
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
5-Ethoxy-3-trichlormethyl- 1,2,4-thiadiazol [2593-15-9], 2199918	3						H				
Ethylacetat [141-78-6], 2055004						1 500	400	=1=	MAK Y	DFG	
Ethylacrylat [140-88-5], 2054388					S	21	5	=1=	H MAK	DFG	
Ethylalkohol s. Ethanol											
Ethylamin [75-04-7], 2008347						9,4	5	=1=	MAK	DFG, EG (1999)	
Ethylbenzol [100-41-4], 2028494						440	100	=1=	H MAK	DFG	BAT
Ethylbromid s. Bromethan											
Ethylcarbamat (Urethan) [51-79-6], 2001231		2					s. TRGS 901 Nr. 85		51		
Ethylchloracetat [105-39-5], 2032940						S	5	1	=1=	H MAK	ARW (1996)
Ethylchlorformiat [541-41-3], 2087785							4,4			MAK	AUS-G (1997)
Ethylchlorid s. Chlorethan											
Ethyl(RS)-3-(3,5-dichlor- phenyl)-5-methyl-2,4- dioxooxazolidin-5- carboxylat 2. Chlozoline											
* Ethyl-N,N-dimethylamin [598-56-1], 2099408							20		=1=	MAK (20)	AGS (2002)
Ethyl-S,S-diphenyl- dithiophosphat s. Edifenphos											
Ethylen s. Ethen											
Ethylenbromid s. 1,2-Dibromethan											
Ethylenchlorhydrin s. 2-Chlorethanol											
Ethylenchlorid s. 1,2-Dichlorethan											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Ethylendiamin s. 1,2-Diaminoethan											
Ethylendibromid s. 1,2-Dibromethan											
Ethylenglykol (Ethandiol) [107-21-1], 2034733						26	10	=1=	H, Y MAK	DFG (1992)	
Ethylenglykoldinitrat (Glykoldinitrat) [628-96-6], 2110630						0,32	0,05	4	H, 21 MAK	DFG	BAT
Ethylenglykolmono- butylether s. 2-Butoxyethanol											
Ethylenglykolmono- butyletheracetat s. 2-Butoxyethylacetat											
Ethylenglykolmono- ethylether s. 2-Ethoxyethanol											
Ethylenglykolmono- ethyletheracetat s. 2-Ethoxyethylacetat											
Ethylenglykolmono- methylether s. 2-Methoxyethanol											
Ethylenglykolmono- methyletheracetat s. 2-Methoxyethyl- acetat											
Ethylenimin [151-56-4], 2057939	2	2				0,9	0,5	4	H TRK	TBL	
Ethylenoxid [75-21-8], 2008499	2	2				2	1	4	H TRK	TBL	EKA
Ethylenthioharnstoff [96-45-7], 2025069	3	-	2								
Ethylether s. Diethylether											
Ethylformiat [109-94-4], 2037210						310	100	=1=	MAK Y, H	DFG	
Ethylglykol s. 2-Ethoxyethanol											
Ethylglykolacetat s. 2-Ethoxyethylacetat											
2-Ethylhexansäure [149-57-5], 2057436			3								

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungsgefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spitzenbe- grenzung	Bemerkungen	Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2-Ethylhexylacrylat [103-11-7], 2030807				S	82	10	=1=	MAK	ARW (1993)	
2-Ethylhexyl[[[3,5-bis-(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxyphenyl]-methyl]thio]acetat [80387-97-9], 2794528			2	S						
2-Ethylhexylchlorformiat [24468-13-1], 2462789					7,9			MAK	AUS-G (1997)	
Ethylidenchlorid s. 1,1-Dichlorethan										
5-Ethyliden-8,9,10-trinorborn-2-en [16219-75-3], 2403477					25			MAK	AUS-N (1997)	
Ethylmercaptan s. Ethanthiol										
Ethylmethacrylat [97-63-2], 2025975				S	250			MAK	AUS-S (1997)	
Ethylmethylketon s. 2-Butanon										
Ethylmethylketoxim s. 2-Butanonoxim										
* 4-Ethyl-4-methylmorpholiniumbromid [65756-41-4], 4182101		3								
* 1-Ethyl-1-methylpyrrolidiniumbromid [69227-51-6], 4182005		3								
O-Ethyl-O-(4-methylthiophenyl)-S-propyl-dithiophosphat s. Sulprofos										
4-Ethylmorpholin [100-74-3], 2028850					23			H, u.D. MAK	AUS-N (1997)	
O-Ethyl-O-(4-nitrophenyl)phenylthiophosphonat s. EPN										
N-Ethyl-N-nitrosoanilin s. N-Nitrosoethylphenylamin										
N-Ethyl-N-nitrosoethanamin s. N-Nitrosodiethylamin										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Ethyl-n-pentylketon s. 3-Octanon											
Ethylsilicat s. Tetraethylsilicat											
Ethylurethan s. Ethylcarbamat											
Etridiazol s. 5-Ethoxy-3-tri- chloromethyl-1,2,4- thiadiazol											
Extrakte (Erdöl), leichte naphthenhaltige Destillat- Lösungsmittel [64742-03-6], 2651021	2										
Extrakte (Erdöl), leichte paraffinhaltige Destillat- Lösungsmittel [64742-05-8], 2651042	2										
Extrakte (Erdöl), leichtes Vakuum-Gasöl- Lösungsmittel [91995-78-7], 2953417	2										
Extrakte (Erdöl), schwere naphthenhaltige Destil- lat-Lösungsmittel [64742-11-6], 2651110	2										
Extrakte (Erdöl), schwere paraffinhaltige Destil- lat-Lösungsmittel [64742-04-7], 2651037	2										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Faserstäube, anorgani- sche, krebserzeugend Kat. 1, 2 u. 3 (außer Asbest) s. auch Abschnitt 1.3 – Hochtemperatur- Glasfasern – Bestimmte Bereiche des Umgangs mit Keramikfasern, Spe- zialglasfasern, poly- kristallinen kerami- schen Fasern (statio- näre Altanlagen für Keramik- und Spe- zialglasfasern; Ver- wendung von Kera- mikfasern und poly- kristallinen kerami- schen Fasern bei: Endbearbeitung, Ein- bau/Zustellung, Zusammenbau, Mischen/Formen; Tätigkeit Verpacken bei der Herstellung von Keramikfasern und polykristallinen keramischen Fasern) zeitbefristet bis: wird überarbeitet – im Übrigen					500 000 F/m ³ 500 000 F/m ³		4 TRK 13, 15	AGS (1999)		
Fenamiphos (ISO) [22224-92-6], 2448481					0,1 E		H MAK	AUS-N (1997)		
* Fenarimol [60168-88-9], 2620957			3	3						
Fenchlorphos (ISO) [299-84-3], 2060826					5 E		H, 29 MAK	AUS-D (1997)		
Fenitrothion (ISO) [122-14-5], 2045242					1		MAK	AUS-J (1997)		
Fensulfotothion (ISO) [115-90-2], 2041143					0,1		H MAK	AUS-N (1997)		
Fenthion [55-38-9], 2002319		3			0,2 E	4	H MAK	DFG		
* Fenilnacetat [900-95-8], 2129840	3		3		s. Zinnverb., organische		H			
* Fentinhydroxid [76-87-9], 2009906	3		3		s. Zinnverb., organische		H			
Ferbam [14484-64-1], 2384842					15 E		MAK u.D.	AGS (1999)		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Ferrocen [102-54-5], 2030393						5 E			MAK	AUS-N (1997)	
Ferrovandium [12604-58-9]						aufgehoben s. Vanadium				(1997)	
* Fluazifop-butyl [69806-50-4], 2741256			2								
* Fluazifop-P-butyl [79241-46-6]			3								
* Flumioxazin [103361-09-7]			2								
Flur [7782-41-4], 2319548						0,16	0,1	=1=	MAK	DFG	
N-(7-Fluor-3,4-dihydro-3- oxo-4-prop-2-ynyl-2H- 1,4-benzoxazin-6- yl)cyclohex-1-en-1,2- dicarboxamid s. Flumioxazin											
* 1-(4-Fluor-5-hydroxy- methyl-tetrahydrofuran- 2-yl)-1H-pyrimidin- 2,4-dion [41107-56-6], 4153608			3								
Fluoride (als Fluor berechnet)						2,5 E		4	MAK	DFG	BAT
Fluoride und Fluor- wasserstoff beim gleichzeitigen Vor- kommen beider Stoffe						2,5		=1=	MAK	DFG	BAT
Fluortrichlormethan s. Trichlorfluormethan											
Fluorwasserstoff [7664-39-3], 2316348						2,5	3	=1=	H MAK	DFG (1999)	BAT
Fluroxen [406-90-6], 2069771						10			MAK	AUS-D (1997)	
* Flusilazol [85509-19-9]		3	2								
Folpet s. N-(Trichlormethyl- thio)phthalimid											
Fonofos (ISO) [944-22-9], 2134080						0,1			H MAK	AUS-N (1997)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend R _E R _F		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Formaldehyd [50-00-0], 2000018	3				S	0,62	0,5	=1=	H, Y MAK	DFG	
* Formamid [75-12-7], 2008420			2			18			H MAK	AUS-N (1997)	
2-Furaldehyd s. 2-Furylmethanal											
* Furan [110-00-9], 2037273	2	3	-	-							
Furfural, Furfurol s. 2-Furylmethanal											
Furfurylalkohol [98-00-0], 2026261						41	10		H MAK	DFG (1993)	
Furmecydox s. N-Cyclohexyl-N- methoxy-2,5-dimethyl- 3-furamid											
2-Furylmethanal [98-01-1], 2026277	3	-	-	-	S	20	5		H MAK	AGS (1994) (DFG)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Germaniumtetrahydrid [7782-65-2], 2319616						0,6			MAK	AUS-N (1997)	
Gestagene	3	-	2	1							
Gestagene, schwache	-	-	3	3							
Getreidemehlstaub s. Mehlstaub											
Glucocorticoide	-	-	1	3							
Glutaral s. Glutaraldehyd											
Glutaraldehyd [111-30-8], 2038565					S	0,42	0,1	=1=	Y MAK	DFG (1996)	
Glutardialdehyd s. Glutaraldehyd											
Glycerin- α, γ -di- chlorhydrin s. 1,3-Dichlor-2- propanol											
Glycerintrinitrat [55-63-0], 2002408						0,47	0,05	4	H, 21 MAK	DFG	BAT
Glycidol (2,3-Epoxy- 1-propanol) [556-52-5], 2091283 [57044-25-4], 4046604	2	3	-	2		150	50	=1=	H TRK	AGS (2000) (DFG)	
* Glycidyltrimethyl- ammoniumchlorid [3033-77-0], 2212210	2	3	-	-	(S)	in Vorbereitung			(H)		
Glykol s. Ethylenglykol											
Glykoldinitrat s. Ethylenglykoldinitrat											
Glyoxal [107-22-2], 2034749		3			S						
* Graphit [7782-42-5; 7440-44-0], 2319553						s. Allgemeiner Staubgrenzwert				AGS (2001)	
Grolan HD s. N-Methylol- chloracetamid											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Hafnium [7440-58-6], 2311664					0,5 E		4	MAK u.D.	AGS (1999) (DFG)		
Hafniumverbindungen					0,5 E			25, MAK	AUS-F (1997)		
Halothan s. 2-Brom-2-chlor- 1,1,1-trifluorethan											
HCH (ISO) [608-73-1], 2101689	3				0,5 E			H, 22 MAK	DFG		
HDI s. Hexamethylen- 1,6-diisocyanat											
Hempa s. Hexamethyl- phosphorsäuretriamid											
HEOD s. Dieldrin											
Heptachlor [76-44-8], 2009623	3				0,5 E		4	H MAK	DFG		
Heptachlorepoxid [1024-57-3], 2138310	3										
1,4,5,6,7,8,8-Hepta- chlor-3a,4,7,7a- tetrahydro-4,7- methanoinden s. Heptachlor (ISO)											
Heplan (alle Isomeren)					2 100	500	4	MAK	DFG		
2-Heplanon [110-43-0], 2037671					238		4	H MAK	EG (1997)		
* Heplan-3-on [106-35-4], 2033881					47	10	2	MAK	DFG (2003)		
4-Heplanon [123-19-3], 2046089					238			MAK u.D.	AUS-N (1997)		
Hexachlorbenzol [118-74-1], 2042739	2				in Vorbereitung			h			
1,1,2,3,4,4-Hexachlor- 1,3-butadien [87-68-3], 2017655	3				0,1			H, 51 EW	AGS (1994)		
1,2,3,4,5,6-Hexachlor- cyclohexan (techn. Gemisch aus α -HCH [319-84-6], 2062708, und β -HCH [319-85-7], 2062713)	3				0,5 E			H, 22 MAK	DFG		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
γ-1,2,3,4,5,6-Hexachlorcyclohexan s. Lindan											
Hexachlorethan [67-72-1], 2006664						9,8	1		MAK	DFG	
Hexachlornaphthalin (alle Isomeren) [1335-87-1], 2156413						0,2 E			H MAK u.D.	AUS-N (1997)	
Hexafluoracetone [684-16-2], 2116763						0,7			H MAK	AUS-N (1997)	
* Hexahydrocyclopenta[c]- pyrrol-1(1H)-ammonium-N-ethoxycarbo- nyl-N-(p-tolylsulfonyl)- azanid 4183501		3			S						
(2R, 6aS, 12aS)- 1,2,6,6a,12,12a- Hexahydro-2-isopropo- nyl-8,9-dimethoxy- chromeno[3,4-b]furo- [2,3-h]chromen-6-on s. Rotenon											
Hexamethylendiamin [124-09-4], 2046796						2,3 E			H MAK	AUS-U (1997)	
Hexamethylen-1,6- diisocyanat [822-06-0], 2124858					S	0,035	0,005	=1=	MAK	DFG (1998)	
Hexamethylphosphor- säuretriamid [680-31-9], 2116538	2	2				§ 15a					
n-Hexan [110-54-3], 2037776			3			180	50	4	Y MAK	DFG	BAT
2-Hexanon [591-78-6], 2097311			3			21	5	4	MAK H	DFG	BAT
Hexon s. 4-Methylpentan- 2-on											
sec-Hexylacetat s. 1,3-Dimethyl- butylacetat											
Hexylenglykol s. 2-Methyl-2,4- pentandiol											
Holzäther s. Dimethylether											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Material	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungsgefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spitzenbegrenzung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Holzstaub	3*)			S	2 E		4	4, 15 TRK	TBL (1992)	
Hydrazin [302-01-2], 2061149 und seine Salze	2			S	0,13	0,1	4	H TRK	TBL	EKA
Hydrazinbis(3-carboxy-4-hydroxybenzolsulfonat) 4050301	2			S						
* (4-Hydrazinophenyl)-N-methylmethansulfonamidhydrochlorid [81880-96-8], 4060901		3		S						
Hydrazintri-nitromethan 4148509	2			S						
Hydrazobenzol [122-66-7], 2045635	2									
Hydrochinon s. 1,4-Dihydroxybenzol										
Hydrogenazid s. Stickstoffwasserstoffsäure										
Hydrogenbromid s. Bromwasserstoff										
Hydrogenchlorid s. Chlorwasserstoff										
Hydrogencyanid s. Cyanwasserstoff										
Hydrogensulfid s. Schwefelwasserstoff										
4-Hydroxy-3,5-diiodbenzonnitril s. loxynil (ISO)										
* 2-(2-Hydroxy-3,5-dinitroanilino)ethanol [99610-72-7], 4125209			3							
N-(2-Hydroxyethyl)-3-methyl-2-chinoxalin-carboxamid-1,4-dioxid s. Olaquinox										

*) Eichen- und Buchenholzstaub, s. dort

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
* 6-Hydroxy-1-(3-isopropoxypropyl)-4-methyl-2-oxo-5-[4-(phenylazo)-phenylazo]-1,2-dihydro-3-pyridincarbonitril [85136-74-9], 4003403	2										
* N-[3-Hydroxy-2-(2-methyl-acryloylamino-methoxy)-propoxymethyl]-2-methyl-acrylamid; N-[2,3-Bis(2-methyl-acryloylamino-methoxy)-propoxymethyl]-2-methyl-acrylamid; Methacrylamid; 2-Methyl-N-(2-methyl-acryloylamino-methoxy-methyl)-acrylamid; N-(2,3-Dihydroxy-propoxymethyl)-2-methyl-acrylamid, Gemisch aus 4127908	2	3									
N-Hydroxymethyl-chloracetamid s. N-Methylol-chloracetamid											
4-Hydroxy-4-methyl-pentan-2-on [123-42-2], 2046267						240	50		MAK H	DFG	
* N-[4-[(2-Hydroxy-5-methylphenyl)azo]-phenyl]-acetamid, C.I. Disperse yellow 3 [2832-40-8], 2206008	3				S						
4-Hydroxy-3-nitroanilin s. 2-Nitro-4-amino-phenol											
4-Hydroxy-3-(3-oxo-1-phenyl)butylcumarin s. Warfarin											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Isobutylmethacrylat s. 2-Methylpropyl- methacrylat											
3-Isocyanatmethyl-3,5,5- trimethylcyclohexyl- isocyanat [4098-71-9], 2238616					S	0,092	0,01	=1=	MAK	DFG	
Isocyanatobenzol s. Phenylisocyanat											
2-((Isocyanatosulfonyl- methyl)benzoesäure- methylester [83056-32-0], 4109009		3			S						
Isocyanursäuretris-(2,3- epoxypropyl)ester s. Triglycidyliso- cyanurat											
Isofluran [26675-46-7], 2478977						80			MAK u.D.	AUS-S (1997)	
Isooctan-1-ol [26952-21-6], 2481335						270			H MAK	AUS-N (1997)	
Isopentan [78-78-4], 2011428						3 000	1 000	4	MAK	DFG	
Isopentylacetat s. 3-Methylbutylacetat											
Isophoron s. 3,5,5-Trimethyl-2- cyclohexen-1-on											
Isophorondiisocyanat s. 3-Isocyanatmethyl- 3,5,5-trimethylcyclo- hexylisocyanat											
* Isopren [78-79-5], 2011433	2	3	-	-							
Isopropenylbenzol [98-83-9], 2027050						490	100	=1=	MAK	DFG (2000)	
2-Isopropoxyethanol [109-59-1], 2036856						22	5	4	H, Y MAK	DFG (1992)	
2-Isopropoxyphenyl-N- methylcarbamat s. Propoxur											
* Isopropylacetat [108-21-4], 2035611						420	100	=1=	MAK Y, 37	DFG (2001)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Isopropylalkohol s. 2-Propanol											
Isopropylamin s. 2-Aminopropan											
N-Isopropylanilin [768-52-5], 2121967					10			H MAK	AUS-N (1997)		
* Isopropylbenzol [98-82-8], 2027045					250	50	2	H, Y MAK	DFG (1998)	BAT	
Isopropylbromid s. 2-Bromopropan											
Isopropylchlorformiat [108-23-6], 2035632					5			MAK	AUS-G (1997)		
Isopropylether s. Diisopropylether											
Isopropylglycidether s. Iso-Propyl- glycidylether											
Isopropylglykol s. Isopropoxyethanol											
* 4,4'-Isopropyliden- diphenol [80-05-7], 2012458			-	3	S	5 E	=1=	Y MAK	DFG (1998)		
Isopropylöl Rückstand bei der Isopropylalkohol- Herstellung s. § 15 GefStoffV											
Isopropylnitrat [1712-64-7], 2169836					45			MAK	AUSS (1997)		
3-(4-Isopropylphenyl)- 1,1-dimethylarnstoff s. Isoproturon											
Isoproturon [34123-59-6], 2518354	3					in Vorbereitung					
Isovaleraldehyd s. 3-Methylbutanal											
* Isoxalutole [141112-29-0]			3								

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Jod s. Iod											
Jodmethan s. Iodmethan											
Jasmolin I [4466-14-2]						s. Pyrethrum					
Jasmolin II [1172-63-0]						s. Pyrethrum					

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Kaliumbromat [7758-01-2], 2318298	2									
Kaliumchromat [7789-00-6], 2321405	2 R49	2		S	s. Chrom(VI)- Verbindungen					
Kaliumdichromat [7778-50-9], 2319066	2 R49	2		S	s. Chrom(VI)- Verbindungen		H			
Kampfer [76-22-2], 2009450					13	2		MAK	DFG	
Kathon® s. 5-Chlor-2-methyl- 2,3-dihydroisothiazol- 3-on/2-Methyl-2,3-di- hydroisothiazol-3-on										
Kepone s. Chlordecon										
Keramische Mineral- fasern, Fasern für spe- zielle Anwendungen [(künstlich hergestellte ungerichtete glasige (Silikat)-Fasern mit einem Anteil an Alkali- und Erdalkalimetall- oxiden (Na ₂ O+K ₂ O+ CaO+MgO+BaO) von weniger oder gleich 18 Gewichts- prozent]	2				s. Faserstäube, anorganische			TRK		
Keten [463-51-4], 2073369					0,9	0,5	= 1 =	MAK u.D.	AGS (1999)	
Kieselglas [60676-86-0], 2623738					0,3 A			MAK Y	DFG (1990)	
Kieselgur, gebrannt, und Kieselrauch [68855-54-9], 2724890					0,3 A			MAK 8, Y	DFG (1990)	
Kieselgur, ungebrannt [61790-53-2]					4 E			MAK 8,Y	DFG (1990)	
Kieselgut [7699-41-4], 2317163					0,3 A			MAK Y	DFG (1990)	
Kieselsäuren, amorphe [7631-86-9], 2315454					4 E			MAK 16, Y	DFG (1990)	
Kobalt s. Cobalt										
Kohlendioxid [124-38-9], 2046969					9 100	5 000	4	MAK	DFG, EG	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Kohlenmonoxid [630-08-0], 2111283			1			35	30	2	MAK	DFG	BAT
Kohlenoxid s. Kohlenmonoxid											
Kohlenstoffdisulfid [75-15-0], 2008436			3	3		30	10	4	H MAK	DFG	BAT
Kohlenstofftetrabromid [558-13-4], 2091896						1,4			MAK	AUS-N (1997)	
Kohlenstofftetrachlorid s. Tetrachlormethan											
Kohlenwasserstoffe, C26-55, aromatenreich [97722-04-8], 3077537	2										
* Kohlenwasserstoff- gemische, additiv-frei (in der Regel Verwen- dung als Lösemittel) – Gruppe 1 aromatenfreie oder entaromatisierte Koh- lenwasserstoffgemi- sche mit einem Gehalt an: Aromaten < 1 % n-Hexan < 5 % Cyclo-/ Isohexane <25 % – Gruppe 2 aromatenarme Kohlen- wasserstoffgemische mit einem Gehalt an: Aromaten 1-25 % n-Hexan < 5 % Cyclo-/ Isohexane < 25 % – Gruppe 3 aromatenreiche Kohlenwasserstoff- gemische mit einem Gehalt an: Aromaten >25 % – Gruppe 4 Kohlenwasserstoff- gemische mit einem Gehalt an: n-Hexan ≥ 5 % – Gruppe 5 Iso-/cyclohexan- reiche Kohlenwasser- stoffgemische mit einem Gehalt an: Aromaten < 1 % n-Hexan < 5 % Cyclo-/ Isohexane ≥ 25 %						1000	200	4	31 MAK	AGS (1997)	
						350	70	4		AGS (2003)	
						100	20	4		AGS (2003)	
						200	50	4			
						600	170	4			

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<p>* Kohlenwasserstoffgemische soweit nicht in dieser Liste gesondert erwähnt (s. Anhang 3)</p> <p>Gruppe A: Dieser Grenzwert wird, sofern kein Einspruch bis zum 31.08.05 erhoben wird, am 28.02.06 auf den Wert 100 mg/m³ abgesenkt.</p> <p>Gruppe B: Dieser Grenzwert wird, sofern kein Einspruch bis zum 31.08.05 erhoben wird, am 28.02.06 auf den Wert 25 mg/m³ abgesenkt.</p> <p>Gruppe C: Da es sich in dieser Gruppe in der Regel um Anwendungen in geschlossenen Systemen handelt, entfällt ein Grenzwert. Sollte eine betriebsbedingte Exposition (z.B. bei Reparaturarbeiten) nicht vermeidbar sein, sind entsprechende schutzmaßnahmen anzuwenden (siehe TRGS 901-72, Teil 4).</p> <p>Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren – Gruppe 1 Ottokraftstoffe (nach DIN EN 228)</p> <p>p-Kresidin [120-71-8], 2044191</p> <p>Kresol [1319-77-3], 2152932 (alle Isomeren)</p> <p>* Kresoxim-methyl [143390-89-0]</p> <p>Kresylglycidylether s. 1,2-Epoxy-3- (tolyl oxy)propan</p> <p>Kristallviolett s. C.I. Basic Violet 3</p> <p>Krokydolith s. Asbest</p>					200		4	MAK 31	AGS (2003)	
					40					
					250		4	15, 31 MAK	AGS (2000)	
	2				0,5		4	H, 7, 29 TRK	TBL (1994)	
					22	5	=1=	H MAK	EG (1992)	
		3								

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Kühlschmierstoffe (was- sermischbare und nicht wassermischbare mit einem Flammpunkt > 100 °C)						10			7, 29 MAK	TBL (1996)	
Künstliche Mineralfasern s. Faserstäube, krebserzeugend											
Kupfer [7440-50-8], 2311596						1 E		4	MAK	DFG	
Kupfer-Rauch [7440-50-8]						0,1 A		4	MAK	DFG	
Kupferverbindungen						1 E		4	25 MAK	DFG (1997)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend R _E R _F	S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Lachgas s. Distickstoffmonoxid * Lindan [58.89.9], 2004012 Linuron (ISO) [330.55.2], 2063565 Lithiumhydrid [7580.67.8], 2314843 Lost s. 2,2'-Dichlor- diethylsulfid	3 3	-			0,5 E in Vorbereitung 0,025		4 H MAK MAK u.D.	DFG EG (1992)	BAT	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
* Magnesiumoxid [1309-48-4], 2151719						s. Allgemeiner Staubgrenzwert				AGS (2001)	
* Magnesiumoxid-Rauch [1309-48-4]						s. Allgemeiner Staubgrenzwert				AGS (2001)	
Malathion [121-75-5], 2044977						15 E			MAK	DFG	
Maleinsäureanhydrid [108-31-6], 2035716					S	0,41	0,1	=1=	Y MAK	DFG (1992)	
Mangan und seine anorganischen Verbindungen [7439-96-5], 2311051						0,5 E		4	Y, 25 MAK	DFG (1996)	
Mangan-II,IV-oxid s. Trimangantetroxid											
Mangantetroxid s. Trimangantetroxid											
MDI s. Diphenylmethan- 4,4'-diisocyanat											
Mecrilat s. Cyanacrylsäure- methylester											
Mehlstaub (in Backbetrieben) [68525-86-0], 2711991					S	4 E			MAK	TBL (1996)	
Mequinol [150-76-5], 2057698					S	5			MAK	AUS-N (1997)	
* Mesitylen [108-67-8], 2036044						100	20	2	MAK Y	EG (2002) DFG (2003)	
Mesityloxid s. 4-Methylpent- 3-en-2-on											
Methacrylsäure- methylester s. Methylmethacrylat											
2-Methylchlorid s. 3-Chlor-2- methylpropen											
* Methanol [67-56-1], 2006596						270	200	4	H, Y MAK	DFG, EG	BAT
Methanthiol [74-93-1], 2008221						1	0,5	=1=	MAK	DFG	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F						
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10
Methomyl s. 1-Methylthio- ethylidenaminmethyl- carbamat										
2-Methoxyanilin [90-04-0], 2019631	2	3	-	-		0,5	0,1	4	H TRK	AGS (1994)
3-Methoxyanilin [536-90-3], 2086514						0,5			H MAK	AUS-D (1997)
4-Methoxyanilin [104-94-9], 2032542						0,51	0,1	4	H MAK	AGS (2001) (DFG)
2-(Methoxycarbonyl- hydrazonomethyl)- chinoxalin-1,4-dioxid s. Carbadox										
Methoxychlor (DMDT) [72-43-5], 2007799						15 E		4	MAK	DFG
* Methoxyessigsäure [625-45-6], 2108946			2	2						
2-Methoxyethanol [109-86-4], 2037137			2	2		16	5	4	H MAK	DFG
2-(2-Methoxyethoxy)- ethanol [111-77-3], 2039066			3							
2-Methoxyethylacetat [110-49-6], 2037729			2	2		25	5	4	H MAK	DFG
Methoxyfluran [76-38-0], 2009560						14			MAK	AUS-D (1997)
2-Methoxy-5-methyl- anilin s. p-Kresidin										
(2-Methoxymethyl- ethoxy)propanol s. Dipropylenglykol- monomethylether										
2-Methoxy-1-methyl- ethylacetat [108-65-6], 2036039						270	50	=1=	Y MAK	DFG (1992) EG
1-Methoxy-2-nitrobenzol s. 2-Nitroanisol										
4-Methoxyphenol s. Mequinol										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
1-Methoxy-2-propanol [107-98-2], 2035391						370	100	=1=	Y MAK	DFG	
2-Methoxy-1-propanol [1589-47-5], 2164555	-	-	2	-		75	20	4	MAK H	DFG	
1-Methoxypropyl- acetat-2 s. 2-Methoxy-1-methyl- ethylacetat			2			110	20	4	MAK H	DFG	
2-Methoxypropyl- acetat-1 [70657-70-4], 2747242			2			110	20	4	MAK H	DFG	
6-Methoxy-m-toluidin s. p-Kresidin											
N-Methylacetamid [79-16-3], 2011826	-	-	2	-							
Methylacetat [79-20-9], 2011852						610	200	4	Y, MAK	DFG (1999)	
Methylacetylen [74-99-7], 2008284						1 700	1 000	4	MAK u.D.	AGS (2000) (DFG)	
Methylacrylamido- glykolat (mit ≥ 0,1% Acrylamid) [77402-05-2], 4032303	2	2			S	s. Acrylamid					
Methylacrylamido- methoxyacetat (mit ≥ 0,1 % Acrylamid) [77402-03-0], 4018907	2	2				s. Acrylamid					
Methylacrylat [96-33-3], 2025006					S	18	5	=1=	MAK H	DFG	
Methyläther s. Dimethylether											
Methylal s. Dimethoxymethan											
Methylalkohol s. Methanol											
2-Methyl-allylchlorid s. 3-Chlor-2- methylpropen											
Methylamin [74-89-5], 2008200						13	10	=1=	MAK	DFG	
1-Methyl-2-amino-5- chlorbenzol s. 4-Chlor-o-toluidin											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1-Methyl-2-amino-4-nitrobenzol s. 2-Amino-4-nitro- toluol											
Methylamylalkohol s. 4-Methylpentan-2-ol											
4-Methylanilin s. p-Toluidin											
N-Methylanilin [100-61-8], 2028709					2,2	0,5	4	H, 20 MAK	DFG		
2-Methylaziridin s. Propylenimin											
(Methyl-ONN-azoxy)- methyl-acetat [592-62-1], 2097657	2		2								
Methylbenzimidazol- 2-ylcarbamat s. Carbendazim (ISO)											
Methylbenzol s. Toluol											
N-Methyl-bis(2-chlor- ethyl)amin [51-75-2], 2001205	1	2		(S)	s. TRGS 901 Nr. 82			H, 51			
Methylbromid s. Brommethan											
Methyl-1,3-butadien s. Isopren											
Methylbutan s. Isopentan											
3-Methylbutanal [590-86-3], 2096915					39	10	=1=	MAK	ARW (1993)		
2-Methylbutanol-1 [137-32-6], 2052899					360			MAK	AUS-D (1997)		
3-Methylbutanol-1 [123-51-3], 2046335					370	100	4	Y MAK	DFG		
2-Methylbutanol-2 [75-85-4], 2009089					360			MAK	AUS-D (1997)		
3-Methylbutanol-2 [598-75-4], 2099502					360			MAK	AUS-D (1997)		
3-Methylbutan-2-on [563-80-4], 2092643					705			MAK	AUS-N (1997)		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
* 2-Methylbut-3-en-2-ol [115-18-4], 2040684						2	0,6	2	MAK	ARW (2001)	
* 2-Methylbut-3-in-2-ol [115-19-5], 2040705						3	0,9	2	MAK	ARW (2001)	
1-Methylbutylacetat [626-38-0], 2109468						270	50	=1=	MAK	EG, DFG (1998)	
2-Methylbutylacetat [624-41-9], 2108438						270	50	=1=	Y MAK	EG, DFG (1998)	
3-Methylbutylacetat [123-92-2], 2046623						270	50	=1=	MAK	EG, DFG (1998)	
Methyl-1-(butyl- carbamoyl)benzimid- azol-2-ylcarbamat s. Benomyl (ISO)											
Methylbutylketon s. 2-Hexanon											
Methyl-3-(chinoxalin- 2-ylmethyl)- carbazat-1,4-dioxid s. Carbadox											
Methylchloracetat [96-34-4], 2025011						4,5	1	=1=	H MAK	DFG (1996)	
2-Methyl-4-chloranilin s. 4-Chlor-o-toluidin											
Methylchlorid s. Chlormethan											
Methylchloroform s. 1,1,1-Trichlorethan											
Methyl-2-cyanacrylat s. Cyanacrylsäure- methylester											
Methylcyclohexan [108-87-2], 2036243						2 000	500	4	MAK	DFG	
Methylcyclohexanol (alle Isomeren) [25639-42-3], 2471526						235	50	4	MAK u.D.	AGS (1998) (DFG)	
2-Methylcyclohexanon [583-60-8], 2095136						230	50	4	H MAK	DFG	
Methyldichlorbenzol s. Dichlortoluol (Isomerengemisch)											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1-Methyl-2,4-dichlorbenzol s. 2,4-Dichloroluol										
Methyl-2-((((4,6-dimethyl-2-pyrimidinyl)-amino]carbonyl)-amino)sulfonyl)-benzoat [74222-97-2], 2777806					5		MAK	AUS-U (1997)		
6-Methyl-1,3-dithio- lo(4,5-b)chinoxalin- 2-on s. Chinomethionat										
4,4'-Methylenbis- (2-chloranilin) [101-14-4], 2029189 und seine Salze (2,2'-Dichlor-4,4'- methylenanilin)	2				0,02		4	H, 7, 29 TRK	TBL (1990)	
4,4'-Methylenbis- (N,N-dimethylanilin) [101-61-1], 2029592	2				0,1 E		4	TRK	TBL (1996)	
4,4'-Methylenbis- (N,N-dimethyl)- benzamin s. 4,4'-Methylen-bis- (N,N-dimethylanilin)										
4,4'-Methylenbis(2- ethylanilin) [19900-65-3], 2434201	3	-	-	-						
Methylenchlorid s. Dichlormethan										
4,4'-Methylenanilin s. 4,4'-Diamino- diphenylmethan										
4,4'-Methylen-dicyclo- hexyldiisocyanat s. Dicyclohexyl- methan- 4,4'- diisocyanat										
4,4'-Methylen-diphenyl- diisocyanat s. Diphenylmethan- 4,4'-diisocyanat										
4,4'-Methylen-di-o- toluidin s. 3,3'-Dimethyl- 4,4'-diaminodiphenyl- methan										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spitzen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Methylethylketon s. Butanon 2											
N,N-Methylethyl- nitrosamin s. N-Nitrosomethyl-ethyl- amin											
* N-Methylformamid [123-39-7], 2046246			2								
Methylformiat [107-31-3], 2034817					120	50	=1=	H, Y, 37 MAK	DFG (1998)		
Methylglykol s. 2-Methoxyethanol											
Methylglykolacetat s. 2-Methoxyethyl- acetat											
* 5-Methyl-3-heptanon [541-85-5], 2087937					53	10	2	MAK	DFG, EG (2003)		
* 5-Methyl-2-hexanon [110-12-3], 2037378					95	20	2	MAK	EG (2003)		
Methyljodid s. Iodmethan											
Methylisobutylcarbinol s. 4-Methylpentan-2-ol											
Methylisobutylketon s. 4-Methylpentan- 2-on											
Methylisocyanat [624-83-9], 2108663					0,024	0,01	=1=	H MAK	DFG		
Methyljodid s. Iodmethan											
Methylmercaptan s. Methanthiol											
Methylmethacrylat [80-62-6], 2012971				S	210	50	=1=	Y MAK	DFG		
Methyl (E)-2-methoxy- imino-2-(o-tolyl)oxy- methylphenylacetat s. Kresoxim-methyl											
2-Methyl-4-[[2-methyl- phenyl]azo]benzamin s. 2-Aminoazotoluol											
4-Methylmorpholin [109.02.4], 2036400					20			H MAK	AUSS (1997)		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
N-Methyl-1-naphthyl- carbamat s. Carbaryl											
2-Methyl-5-nitro- benzamin s. 2-Amino-4-nitro- toluol											
1-Methyl-3-nitro- 1-nitrosoguanidin [70-25-7], 2007301	2					§ 15a					
N-Methyl-N-nitrosoanilin s. N-Nitrosomethyl- phenylamin											
N-Methyl-N-nitroso- ethamin s. N-Nitroso- methylethylamin											
N-Methyl-N-nitroso- methanamin s. N-Nitroso- dimethylamin											
N-Methylchlor- acelamid [2832-19-1], 2205989	-	3	-	-	S						
Methyloxiran s. 1,2-Epoxypropan											
2-Methyl-4-oxo-3-(penta- 2,4-dienyl)cyclopent-2- enyl-[1R-[1 α S*(Z)], 3 β]chrysanthemat s. Pyrethrin I											
2-Methyl-4-oxo-3-(penta- 2,4-dienyl)cyclopent- 2-enyl-[1R[1 α S*(Z)]- (3 β)]-3-(3-methoxy-2- methyl-3-oxoprop-1- enyl)-2,2-dimethylcyclo- propancarboxylat s. Pyrethrin II											
2-Methylpentan [107-83-5], 2035234						720	200	4	MAK	DFG (1992)	
3-Methylpentan [96-14-0], 2024814						720	200	4	MAK	DFG (1992)	
* 2-Methyl-2,4-pentandiol [107-41-5], 2034890						49	10	=1=	MAK	DFG (2002)	
4-Methylpentan-2-ol [108-11-2], 2035517						110	25	4	H MAK	DFG	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
4-Methylpentan-2-on [108-10-1], 2035501					S	83	20	=1=	H, Y MAK	DFG (1998)	BAT
2-Methyl-2-penten-4-on s. 4-Methylpent- 3-en-2-on											
4-Methyl-pent-3-en-2-on [141-79-7], 2055025						100	25		H MAK	DFG	
Methylphenylen-diamin [25376-45-8], 2469103	2				S	siehe unten			H		
4-Methyl-m-phenylen- diamin s. 2,4-Toluylendiamin											
2-Methyl-m-phenylen- diamin [823-40-5], 2125139		3			S	in Vorbereitung			H		
2-Methyl-m-phenylen- diisocyanat s. 2,6-Diisocyanat- toluol											
4-Methyl-m-phenylen- diisocyanat s. 2,4-Diisocyanat- toluol											
2-Methylpropan s. iso-Butan											
2-Methylpropan-1-ol s. iso-Butanol											
* 2-Methyl-2-propanol [75-65-0], 2008897						62	20	4	MAK	DFG (2001)	
6-(1-Methylpropyl)- 2,4-dinitrophenol s. Dinoseb											
1-Methylpropylen- glykol-2 s. 1-Methoxy-2- propanol											
Methylpropylketon s. Pentan-2-on											
2-Methylpropyl- methacrylat [97-86-9], 2026130					S	300			MAK	AUSS (1997)	
N-Methyl-2-pyrrolidon (Dampf) [872-50-4], 2128281						80	19	4	H, Y MAK	DFG (1996)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Material	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungsgefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spitzenbegrenzung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Methylquecksilber [22967-92-6]					0,01 E		4 H MAK	AGS (1998) (DFG)	BAT	
Methylstyrol (alle Isomeren) [25013-15-4], 2465622					490	100	=1= MAK	DFG		
α-Methylstyrol s. Isopropenylbenzol										
N-Methyl-2,4,6-N- tetranitroanilin [479-45-8], 2075319	-	-	-	-	1,5 E		H MAK	AGS (1997) (DFG)		
1-Methylthioethyliden- aminmethylcarbamat [16752-77-5], 2408150					2,5 E		H MAK	AUS-N (1997)		
Metribuzin (ISO) [21087-64-9], 2442097					5		MAK	AUS-N (1997)		
Mevinphos [7786-34-7], 2320951					0,093	0,01	H MAK	DFG		
Michlers Keton [90-94-8], 2020275	2	3	-	-						
Mineralfasern s. Abschnitt 1.3					s. Faserstäube, anorganische					
Mineralwolle [künstlich hergestellte ungerich- tete glasige(Silikat)- Fasern mit einem Anteil an Alkali- und Erd- alkalimetalloxiden (Na ₂ O+K ₂ O+CaO+ MgO+BaO) von über 18 Gewichtsprozent s. Abschnitt 1.3	3				s. Faserstäube, anorganische					
Mirex [2385-85-5], 2191966	3		3	3			H			
* Molybdän [7439-98-7], 2311072					s. Allgemeiner Staubgrenzwert			AGS (2001)		
Molybdänverbindun- gen, lösliche					5 E		4 1, 25 MAK	DFG		
* Molybdänverbindungen unlösliche					s. Allgemeiner Staubgrenzwert			AGS (2001)		
Monochlordifluor- methan (R 22) [75-45-6], 2008719					3 600		4 Y, 23 MAK	EG (1997)		

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Monochlordimethylether (Chlormethylmethylether) [107-30-2], 2034801 Monochloressigsäure s. Chloressigsäure Monochloressigsäure- ethylester s. Ethylchloracetat Monochloressigsäure- methylester s. Methylchloracetat Monochlormono- fluormethan s. Chlorfluormethan Monochlortrifluormethan s. Chlortrifluormethan Monocrotophos (ISO) [6923-22-4], 2300427 Mono-n-octylzinn- verbindungen Monuron (ISO) [150-68-5], 2057661 Monuron-TCA s. 3-(4-Chlorphenyl)- 1,1-dimethyluronium- trichloracetat * Morpholin [110-91-8], 2038151 Morpholinylcarbamoyl- chlorid s. Morpholin-4- carbonylchlorid Morpholin-4-carbonyl- chlorid [15159-40-7], 2392130 Musk Xylene s. 5-tert-Butyl-2,4,6- trinitro-m-xylol Myclobutanil [88671-89-0]	1					§ 15a		H			
		3				0,25 E		H MAK	AUS-N (1997)		
	3					s. Zinnverbindungen, org.					
		3				36	10	=1=	H, 20 MAK	DFG (2002)	
	3	2									
				3							

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Naled [300-76-5], 2060983						3 E		4	H MAK	DFG	
Naphthalin [91-20-3], 2020495	3	-	-	-	-	50	10		MAK H	EG (1992)	
1-Naphthylamin (α) [134-32-7], 2051387						1 E	0,17	4	H, 29 MAK	ARW (1994)	
2-Naphthylamin (β) [91-59-8], 2020804 und seine Salze	1					§ 15a			H		
2-Naphthylamino-1- sulfonsäure s. 2-Amino-1- naphthalinsulfonsäure											
N-2-Naphthylanilin s. N-Phenyl-2- naphthylamin											
1,5-Naphthylendiamin [2243-62-1], 2188178	3					in Vorbereitung					
1,5-Naphthylen- diisocyanat [3173-72-6], 2216414					S	0,087	0,01	=1=	29 MAK	DFG	
1-Naphthylmethyl- carbamat s. Carbaryl											
1-Naphthylthioharnstoff s. ANTU											
Natriumazid [26628-22-8], 2478521						0,2			MAK	DFG	
Natrium-2,2-dichlor- propionat s. Dichlorpropion- säure, Natriumsalz											
* Natriumchromat [7775-11-3], 2318895	2 R49	2	-	-	S	s. Chrom(VI)- Verbindungen			H		
Natriumdichromat [10588-01-9], 2341903	2 R49	2			S	s. Chrom(VI)- Verbindungen			H		
* Natriumdiethyldithio- carbamat [148-18-5], 2057105						2E		4	37 MAK	DFG (2001)	
Natriumfluoracetat [62-74-8], 2005482						0,05 E		4	H MAK	DFG	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Natriumhydroxid [1310-73-2], 2151855						2 E		=1 =	MAK Y u.D.	AGS (1998) (DFG)	
Natriumpyrithion [3811-73-2, 15922-78-8], 2400628, 2232965						1		4	H, Y MAK	DFG (1996)	
NDI s. 1,5-Naphthylen- diisocyanat											
Nickel*) als Nickelmetall [7440-02-0], 2311114	3				S	0,5 E		4	2, 3, 25 MAK	TBL	EKA p.o.
Nickelsulfid [16812-54-7], 2408412	1 R49				S	0,5 E		4	2, 3, 25 TRK	TBL	EKA
Nickelmonoxid [1313-99-1], 2152157	1 R49				S	0,5 E		4	2, 3, 25 TRK	TBL	EKA
Nickelcarbonat [3333-67-3], 2220682	3				S	0,5 E		4	2, 3, 25 MAK	TBL	EKA
und sulfidische Erze					S	0,5 E		4	2, 3, 25 TRK	TBL	EKA
Nickelacetat [373-02-4], 2067617	1	-							2		
Nickelchlorid [7718-54-9], 2317430	1	-							2		
Nickeldihydroxid [12054-48-7], 2350085	3				S				2		
Nickeldioxid [12035-36-8], 2348238	1 R49				S				2		
Nickelsalze, löslich	1	-									
Nickelsulfat [7786-81-4], 2321049	3 1	-			S				2		
Nickelcarbonyl s. Nickeltriacarbonyl											
Nickelmatte, Rösen oder elektrolytische Raffination s. Abschnitt 1.3	1										
Nickeltriacarbonyl [13463-39-3], 2366692	3		2			0,15	0,02		H, 51 EW	AGS (1995)	

*) siehe auch Dinickeltrioxid und Trinickeldisulfid

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spitzen- be- grenzung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Nickelverbindungen in Form alembarer Tröpfchen					0,05 E		4	2, 15, 25 TRK	TBL		
Nikotin [54-11-5], 2001933					0,47	0,07	4	H MAK	DFG, EG		
Niob und seine unlöslichen Verbindungen [7440-03-1], 2311135					5 E			25 MAK	AUS-D (1997)		
Niobverbindungen, lösliche [7440-03-1], 2311135					0,5 E			1, 25 MAK	AUS-D (1997)		
2,2',2"-Nitrilotriethanol- amin s. Triethanolamin											
5-Nitroacenaphthen [602-87-9], 2100250	2										
2-Nitro-4-aminophenol [119-34-6], 2043161	3										
4-Nitro-2-aminotoluol s. 2-Amino-4- nitrotoluol											
4-Nitroanilin [100-01-6], 2028101					6	1		H, Y MAK	AGS (1999)		
* 2-Nitroanisol [91-23-6], 2020521	2				0,1			51, EW	AGS (2002)		
Nitrobenzol [98-95-3], 2027160	3		3		5	1	4	H MAK	EG	BAT	
4-Nitrobiphenyl [92-93-3], 2022047	2				§ 15a						
o-Nitrochlorbenzol s. 1-Chlor-2- nitrobenzol											
p-Nitrochlorbenzol s. 1-Chlor-4- nitrobenzol											
2-Nitro-1,4-diamino- benzol s. 2-Nitro-p-phenylen- diamin											
Nitroethan [79-24-3], 2011889					310	100		MAK	DFG		
Nitrofen (ISO) [1836-75-5], 2174060	2		2		in Vorbereitung						

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Nitroglycerin s. Glycerintrinitrat											
Nitroglykol s. Ethylenglykoldinitrat											
Nitromethan [75-52-5], 2008766						250	100		MAK H	AGS (2000) (DFG)	
1-Nitronaphthalin [86-57-7], 2016845	-	-	-	-							
2-Nitronaphthalin [581-89-5], 2094745	2					0,25	0,035	4	TRK	TBL	
2-Nitro-p-phenylen- diamin [5307-14-2], 2261645	3				S						
1-Nitropropan [108-03-2], 2035449						92	25	=1=	H, 17 MAK	DFG (2000)	
2-Nitropropan [79-46-9], 2012091	2					18	5	4	TRK	TBL	
Nitropyrene (Mono-, Di-, Tri-, Tetra- (Isomere) [5522-43-0], 2268682	3										
N-Nitrosamin- verbindungen						§ 15a s. TRGS 552			51		
N-Nitroso-bis(2-hydroxy- ethyl)amin s. N-Nitroso- diethanolamin											
Nitrosodi-n-butylamin [924-16-3], 2131011	2					s.u.	§ 15a	s.u.	TRK	TBL	
N-Nitrosodiethanolamin [1116-54-7], 2142374	2					s.u.	§ 15a	s.u.	TRK	TBL	
N-Nitrosodiethylamin [55-18-5], 2002261	2					s.u.	§ 15a	s.u.	TRK	TBL	
N-Nitrosodimethylamin [62-75-9], 2005498	2					s.u.	§ 15a	s.u.	TRK	TBL	
N-Nitrosodi-i-propylamin [601-77-4]	2					s.u.	§ 15a	s.u.	TRK	TBL	
N-Nitrosodi-n-propylamin [621-64-7], 2106980	2					s.u.	§ 15a	s.u.	TRK	TBL	

s.u. = siehe unter N-Nitrosopyrrolidin

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
5-Nitro-o-toluidin s. 2-Amino-4-nitro- toluol											
* 2-Nitrotoluol [88-72-2], 2018533	2	2	-	3		0,5		4	H, 32 TRK	TBL (1997)	
3-Nitrotoluol [99-08-1], 2027286						28	5	4	H MAK	DFG	
4-Nitrotoluol [99-99-0], 2028080						28	5	4	H MAK	DFG	
* Nonylphenol [25154-52-3], 2466720	-	-	3	3							
* 4-Nonylphenol, verzweigt [84852-15-3], 2843255	-	-	3	3							
Norfluran s. 1,1,1,2-Tetra- fluorethan											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
* Octabromdiphenylether [32536-52-0], 2510879	-	-	2	3							
Octachlornaphthalin [2234-13-1], 2187787						0,1 E			H MAK u.D.	AUS-N (1997)	
1,2,4,5,6,7,8,8- Octachlor-3a,4,7,7a- tetrahydro-4,7- methanoindan s. Chlordan (ISO)											
* Octamethylcyclotetra- siloxan [556-67-2], 2091367	-	-	-	3							
Octan (alle Isomeren)						2 400	500	4	MAK	DFG	
Octan-3-on [106-68-3], 2034230						130			MAK	AUS-U (1997)	
2-Octyl-2H-isothiazol- 3-on [26530-20-1], 2477617					S	0,05 E		=1=	H, Y MAK	DFG (2000)	
Olaquinox [23696-28-8], 2458327	3	2	-	3	S						
* Orthophosphorsäure [7664-38-2], 2316332						1		2	MAK	EG (2002)	
Osmiumtetroxid [20816-12-0], 2440587						0,0021	0,0002	=1=	H MAK	DFG	
Oxalonitril s. Oxalsäuredinitril											
Oxalsäure [144-62-7], 2056343						1 E			H MAK	EG (1992)	
Oxalsäuredinitril [460-19-5], 2073065						22	10	4	H MAK	DFG	
Oxiran s. Ethenoxid											
4,4'-Oxy-bis-benzolamin s. 4,4'-Oxydianilin											
2,2'-(Oxybis(methylen))- bisoxiran s. Diglycidylether											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
* 4,4'-Oxydianilin [101-80-4], 2029770	2	2	-	3		0,1			H, 51 EW	AGS (1995)	
2,2'-Oxydiethanol s. Diethylenglykol											
Ozon [10028-15-6], 2330692	3	-	-	-		0,2	0,1	=1=	MAK	AGS (1997) (DFG)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Paraffine, chlorierte s. Chloralkane										
Paraquat [4685-14-7], 2251417					0,1 E		=1=	H MAK	TOX (1997)	
Paraquatdichlorid [1910-42-5], 2176157					0,1 E		=1=	H MAK	DFG	
Paraquatdimethylsulfat [2074-50-2], 2181963					0,1 E			H MAK	AUS-D (1997)	
Parathion [56-38-2], 2002717					0,1 E			H, h ++ MAK	DFG	BAT
Parathion-methyl (ISO) [298-00-0], 2060501					0,2			H MAK	AUS-N (1997)	
* Passivrauchen am Arbeitsplatz s. Abschnitt 1.3	1	3	1	-						
PCP s. Pentachlorphenol										
Pentaboran [19624-22-7], 2431944					0,013	0,005	=1=	MAK	DFG	
Pentacarbonylisen s. Eisenpentacarbonyl										
Pentachlorethan [76-01-7], 2009251	3				42	5	4	MAK	DFG	
Pentachlornaphthalin [1321-64-8], 2153208					0,5 E		4	H MAK u.D.	AGS (1997) (DFG)	
Pentachlorphenol [87-86-5], 2017786 – Salze von – Alkalisalze von	3 2 2 2 3	3	2	-	0,001			H, 51 EW	AGS (1995)	EKA p.o.
n-Pentan [109-66-0], 2036924					3 000	1 000	4	MAK	DFG	
iso-Pentan s. Isopentan										
tert-Pentan (Dimethylpropan) [463-82-1], 2073437					3 000	1 000	4	MAK	DFG	
1,5-Pentandial s. Glutaraldehyd										
1-Pentanol [71-41-0], 2007521					360			MAK	AUS-D (1997)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
2-Pentanol [6032-29-7], 2279076						360			MAK	AUS-D (1997)	
3-Pentanol [584-02-1], 2095267						360			MAK	AUS-D (1997)	
Pentan-2-on [107-87-9], 2035281						710	200	4	MAK u.D.	AGS (2000) (DFG)	
Pentan-3-on [96-22-0], 2024903						700			MAK u.D.	AUS-N (1997)	
1-Pentylacetat [628-63-7], 2110473						270	50	=1=	Y MAK	EG, DFG (1998)	
3-Pentylacetat [620-11-1]						270	50	=1=	MAK	EG, DFG (1998)	
Perchlorbutadien s. 1,1,2,3,4,4-Hexa- chlor-1,3-butadien											
Perchlorethylen s. Tetrachlorethen											
Peressigsäure s. Peroxyessigsäure											
Perhydro-1,3,5- trinitro-1,3,5-triazin [121-82-4], 2045001						1,5			MAK	AUS-N (1997)	
Peroxyessigsäure [79-21-0]	-	-	-	-					H		
PHC s. Propoxur											
* Phenol [108-95-2], 2036327	-	3	-	-		19	5	=1=	H, h ++ MAK	AGS (1998) (DFG)	BAT
* 2-Phenoxyethanol [122-99-6], 2045897						110	20	1	H, Y MAK	DFG (2001)	
1-Phenylazo-2-naphthol s. C.I. Solvent Yellow 14											
Phenylbenzol s. Biphenyl											
m-Phenylbis- (methylamin) s. α, α' -Diamino- 1,3-xyliol											
* m-Phenylendiamin [108-45-2], 2035847	-	3	-	-	S	0,05			H, 51 EW	AGS (2002)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
m-Phenylendiamin- dihydrochlorid [541-69-5], 2087900	-	3	-	-	S				H		
o-Phenylendiamin [95-54-5], 2024306	3	3	-	-	S	0,1		4	H, 7, 29, 32, MAK	TBL (1997)	
o-Phenylendiamin- dihydrochlorid [615-28-1], 2104187	3	3	-	-	S				H		
p-Phenylendiamin [106-50-3], 2034047	-	-	-	-	S	0,1 E		4	H MAK	DFG	
* (R)-α-Phenylethylammo- nium(-)(1R, 2S)-(1,2- epoxypropyl)phospho- natmonohydrat [25383-07-7], 4185708					3						
Phenylglycidether s. Phenylglycidylether											
* Phenylglycidylether (1,2-Epoxy-3- phenoxypropan) [122- 60-1], 2045572	2	3			S	1			H, 51 EW	AGS (1994)	
* Phenylhydrazin [100-63-0], 2028735	2	3	-	-	S	22	5		H TRK	AGS (1995)	
* Phenylhydrazinhydro- chlorid [27140-08-5], 2482590	2	3			S				H		
* Phenylhydrazinium- chlorid [59-88-1], 2004447	2	3	-	-	S				H		
* Phenylhydraziniumsulfat, 2:1 [52033-74-6], 2576222	2	3			S				H		
Phenylisocyanat [103-71-9], 2031376						0,05	0,01	=1=	MAK	ARW (1994)	
N-Phenyl-2-naphthylamin [135-88-6], 2052239	3				S	s. TRGS 901 Nr. 88			H		
4-Phenyl-nitrobenzol s. 4-Nitrobiphenyl											
Phenylloxiran s. Styroloxid											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spitzen- be- gren- zung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
* Phenylphosphin [638-21-1], 2113254						0,05	0,01		MAK	TOX (2003) ARW	
2-Phenylpropen s. Isopropenylbenzol											
Phorat (ISO) [298-02-2], 2060522						0,05			H MAK	AUS-N (1997)	
Phosdrin s. Mevinphos											
Phosgen s. Carbonylchlorid											
Phosphamidon [13171-21-6], 2361165		3							H		
Phosphin s. Phosphorwasserstoff											
Phosphor (gelb, weiß) s. Tetraphosphor											
Phosphoroxidchlorid [10025-87-3], 2330467						1,3	0,2	4	MAK	DFG	
Phosphorpentachlorid [10026-13-8], 2330603						1 E		=1=	MAK	DFG, EG	
Phosphorpentasulfid s. Diphosphor- pentasulfid											
Phosphorpentoxid [1314-56-3], 2152361						1 E		=1=	MAK Y	DFG, EG	
Phosphorsäure s. Orthophosphorsäure											
Phosphorsäure- trimethylester s. Trimethylphosphat											
Phosphortrichlorid [7719-12-2], 2317493						2,8	0,5	=1=	MAK	DFG	
Phosphorwasserstoff [7803-51-2], 2322608						0,14	0,1	=1=	MAK	DFG	
Phosphoryltrichlorid s. Phosphoroxid- chlorid											
Phthalsäureanhydrid [85-44-9], 2016075					S	1 E		=1=	MAK	AGS (1993) (DFG)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortplan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Pikrinsäure s. 2,4,6-Trinitrophenol										
Pindon [83-26-1], 2014628					0,1 E		MAK	AUS-N (1997)		
* Piperazin [110-85-0], 2038083				S	0,1		3 MAK	EG (2002)		
Platin (Metall) [7440-06-4], 2311161					1 E		MAK	EG (1992)		
Platinverbindungen (als Pt [7440-06-4] berechnet)				S	0,002 E		25 MAK u.D.	AGS (1995) (DFG)		
PMDI s. Diphenylmethan- 4,4'-diisocyanat										
Polychlorierte Biphenyle s. Chlorierte Biphenyle										
Polyethylenglykole (PEG) mittlere Molmasse 200 - 400					1 000 E		4 MAK Y	DFG (1997)		
Polyethylenglykol 600 (PEG 600)					1000 E		4 Y MAK	DFG (1999)		
* Polyvinylchlorid [9002-86-2]					s. Allgemeiner Staubgrenzwert			AGS (2001)		
Polycyclische aromati- sche Kohlenwasser- stoffe s. Abschnitt 1.3										
Portlandzement (Staub) [68475-76-3], 2706599					5 E		MAK	DFG (1994)		
Propan [74-98-6], 2008279					1 800	1 000	4 MAK	DFG		
Propan-1,2-diyldinitrat s. Propylenglykol- dinitrat										
2-Propanol [67-63-0], 2006617					500	200	4 MAK Y	DFG (1999)		BAT
2-Propanol, Herstellung von Starke-Säure- Verfahren	1									
3-Propanolid s. β -Propiolacton										
1,3-Propan-sulton [1120-71-4], 2143179	2				§ 15a		H			

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Propazin [139.40.2], 2053599	3										
* Propargylalkohol (Prop-2-in-ol) [107-19-7], 2034712						4,7	2	2	H MAK	DFG (2001)	
2-Propenal s. Acrylaldehyd											
2-Propen-1-ol (Allylalkohol) [107-18-6], 2034707		-	-	-	-	4,8		4	H MAK	EG (1997)	
Propensäure-n-butylester s. n-Butylacrylat											
iso-Propenylbenzol s. Isopropenylbenzol											
Propin s. Methylacetylen											
Prop-2-in-2-ol s. Propargylalkohol											
β-Propiolacton (1,3- (3-Propanolid) [57-57-8], 2003401		2									
Propionsäure [79-09-4], 2011763							31		=1=	MAK	DFG, EG (1997)
Propoxur [114-26-1], 2040438						2 E			MAK	DFG	
2-Propoxyethanol s. 2-(Propyloxy)ethanol											
2-Propoxyethylacetat s. 2-(Propyloxy)- ethylacetat											
* Propylacetat [109.60-4], 2036861						420	100	=1=	MAK 37	DFG (2001)	
iso-Propylacetat s. Isopropylacetat											
iso-Propylalkohol s. 2-Propanol											
Propylalyldisulfid s. Allylpropylidisulfid											
iso-Propylamin s. 2-Aminopropan											
iso-Propylbenzol s. Isopropylbenzol											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2-Propylbromid s. 2-Brompropan											
Propylendichlorid s. 1,2-Dichlorpropan											
Propylenglykoldinitrat [6423-43-4], 2291800					0,34	0,05		H, 21 MAK		DFG	
Propylenglykol-2- methylether s. 2-Methoxy- 1-propanol											
Propylenglykol-2- methylether-1-acetat s. 2-Methoxy- propylacetat-1											
Propylenglykol-1- monomethylether s. 1-Methoxy- 2-propanol											
Propylenglykol-1-mono- methylether-2-acetat s. 2-Methoxy-1-methyl- ethylacetat											
Propylenimin (2-Methylaziridin) [75-55-8], 2008787	2				0,05			H, 51 EW		AGS (1992)	
1,2-Propylenoxid s. 1,2-Epoxypropan											
Propylenthioharnstoff [2122-19-2]			3								
iso-Propylether s. Di-isopropylether											
iso-Propylglycidylether [4016-14-2], 2336729	-	3	-	-		in Vorbereitung		H			
n-Propylglykol s. 2-(Propoxy)ethanol											
n-Propylglykolacetat s. 2-(Propoxy)ethyl- acetat											
n-Propylnitrat [627-13-4], 2109850					110	25		MAK		DFG	
2-(Propoxy)ethanol [2807-30-9], 2205486					86	20	=1=	H, Y MAK		DFG (1998)	
2-(Propoxy)ethylacetat [20706-25-6]					120	20	=1=	H, Y MAK		DFG (1998)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
PVC s. Polyvinylchlorid											
Pyrethrin I [121.21-1], 2044558						5 E			H MAK	DFG (1964)	
Pyrethrin II [121.29-9], 2044626						5 E			H MAK	DFG (1964)	
Pyrethrum [8003.34-7], 2323198						5 E		4	MAK	DFG (1964), EG	
Pyridin [110.86-1], 2038099						16	5	4	H MAK	DFG, EG	
Pyridin-2-thiol-1-oxid, Natriumsalz s. Natriumpyrithion											
2-Pyridylamin s. 2-Aminopyridin											
3-Pyridyl-N- methyl- pyrrolidin s. Nikotin											
Pyrogallol [87-66-1], 2017629		3							H		
Pyrolyseprodukte aus org. Material s. Abschnitt 1.3	1 oder 2										

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Quarz [14808-60-7], 2388784					0,15 A			24, Y MAK	AGS (1999)	
Quarzhaltiger Feinstaub					aufgehoben				(1994)	
* Quecksilber [7439-97-6], 2311067					0,1	0,01	4	MAK	DFG	BAT p.o.
* Quecksilberverbindun- gen, anorganische					0,1 E		4	25, H MAK	DFG (1997)	BAT
Quecksilberverbindun- gen, organische (s. aber Methyl- quecksilber)				S *)	0,01 E		4	H, 25 MAK	AGS (1998) (DFG)	BAT p.o.

*) siehe TRGS 907

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Resorcin s. 1,3-Dihydroxy- benzol Resorcin-bis(2,3-epoxy- propyl)ether s. Diglycidyl- resorcinether Resorcinoldiglycidylether s. Diglycidylresorcin- ether Ronnel s. Fenchlorphos Rolenon [83-79-4], 2015019						5 E			MAK H	AGS (2000) (DFG)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortplan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Salpetersäure [7697-37-2], 2317142					5,2	2	=1=	MAK	DFG	
Salzsäure s. Chlorwasserstoff										
Schwefelchlorür s. Dischwefeldichlorid										
* Schwefeldioxid [7446-09-5], 2311952 siehe auch TRGS 901 – Betriebe der Zellstoff- produktion nach dem Bisulfidverfahren (Kocherei, Wasch- straße und Chemika- liennrückgewinnung)*, chemische und pharma- zeutische Industrie, Anlagen zur NE- Metallgewinnung, Überprüfung zum 28.02.06 (*) bis zum 28.02.06 gilt für die Betriebe der Zellstoffindustrie der alle Luftgrenzwert von 5 mg/m ³ (2 ml/m ³) – im Übrigen					2,5	1	1	MAK 35	AGS (2003)	
* Schwefelhexafluorid [2551-62-4], 2198542					6 100	1 000	4	MAK	DFG	
Schwefelkohlenstoff s. Kohlendisulfid										
Schwefel-Lost s. 2,2'-Dichlor- diethylsulfid										
Schwefelpentafluorid [5714-22-7], 2272044					0,26	0,025	=1=	MAK	DFG	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
<p>* Schwefelsäure [7664-93-9], 2316395 und Schwefeltrioxid [7446-11-9], 2311973 (gemessen als Schwefelsäure) siehe auch TRGS 901</p> <ul style="list-style-type: none"> - Batterieherstellung, Metallgewinnung, Gießereien und Bei- zen in der Metallver- arbeitung (mit Beiz- becken ab einer Länge ≥ 12 m und einer Breite ≥ 1,2 m, die pro- zessbedingt nicht ab- gedeckt werden kön- nen), zeitbefristet bis 28.02.06: - Herstellung von Schwe- felsäure, Verwendung von Schwefelsäure für chemische Syn- thesen, Viskoseher- stellung, Galvanische Industrie: Überprü- fung zum 28.02.06 - im Übrigen 						0,5 E		1	MAK 35	AGS (2003)	
						0,2 E				AGS (2003)	
						0,1 E			Y	DFG (2003)	
Schwefelwasserstoff [7783-06-4], 2319773						14	10	=1=	MAK	DFG	
Selen [7782-49-2], 2319574						0,1 E			MAK	AUS-G (1997)	
Selenverbindungen						0,1 E		4	25 MAK	DFG	
Selenwasserstoff [7783-07-5], 2319789						0,2	0,05	4	MAK	DFG	
Senfgas s. 2,2'-Dichlor- diethylsulfid											
Silber [7440-22-4], 2311313						0,1 E		4	MAK	EG, DFG (1998)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial				
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)			
			R _E	R _F										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Silbersalze	3				0,01 E		4	25 MAK	EG (1992) DFG (1998)					
* Siliciumcarbid (faserfrei) [409.21.2], 2069918					s. Allgemeiner Staubgrenzwert							AGS (2001)		
Simazin [122.34.9], 2045352														
Stickstoffdioxid [10102.44-0], 2332726									9,5		5	=1=	MAK	DFG
Stickstoff-Lost s. N-Methyl-bis- (2-chlorethyl)amin														
Stickstoffmonoxid [10102.43.9], 2332710									30		25		MAK u.D.	EG (1992)
Stickstoffwasserstoff- säure [7782.79.8], 2319658									0,18		0,1	=1=	MAK	DFG
Strontiumchromat [7789.06.2], 2321426					2								s. Chrom(VI)- Verbindungen	
Strychnin [57.24.9], 2003197									0,15 E			4	H, u.D. MAK	AGS (1999)
Styrol [100.42.5], 2028515									86		20	4	Y, h MAK	DFG (1987)
Styroloxid [96.09.3], 2024767	2							H						
Sulfallat (ISO) [95.06.7], 2023889	2													
Sulfotep [3689.24.5], 2229952					0,1	0,0075	4	H, Y MAK	DFG (2000)					
Sulfuryldifluorid [2699.79.8], 2202815					21			MAK	AUS-N (1997)					
Sulprofos (ISO) [35400.43.2], 2525450					1			MAK	AUS-N (1997)					

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
2,4,5-T s. 2,4,5-Trichlor- phenoxyessigsäure											
Talk (asbestfaserfrei) [14807-96-6], 2388779						2 A			MAK Y	DFG	
* Tantal [7440-25-7], 2311355						s. Allgemeiner Staubgrenzwert				AGS (2001)	
TCDD s. 2,3,7,8-Tetrachlor- dibenzo-p-dioxin											
TDI s. Diisocyanatoluol (2,4- und 2,6-)											
TEDP s. Sulfotep											
Tellur [13494-80-9], 2368134, und seine Verbindungen (als Te berechnet)						0,1 E		4	MAK 25	DFG	
TEPP [107-49-3], 2034953						0,06	0,005	4	H MAK	DFG	
Terpentinol [8006-64-2], 2323507					S	560	100	=1=	H MAK	AGS (2000) (DFG)	
Terphenyl (alle Isomeren) [26140-60-3], 2474773						5 E			MAK	AUS-N (1997)	
1,4,5,8-Tetraamino- anthrachinon [2475-45-8], 2196037	2	-	-	-	S						
1,1,2,2-Tetrabromethan [79-27-6], 2011915						14	1	4	MAK	AGS (2001) (DFG)	
* 5,6,12,13-Tetrachlor- antra(2,1,9 def: 6,5,10-d'e'f)diso- chinolin-1,3,8,10(2H, 9H)tetron [115662-06-1], 4051001					3						
2,4,5,6-Tetrachlor- benzo-1,3-dinitril s. Chlorthalonil											
2,3,7,8-Tetrachlor- dibenzo-p-dioxin [1746-01-6], 2171227	2					s. Dibenzodioxine					

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
			R _E	R _F						
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10
1,1,1,2-Tetrachlor-2,2-difluorethan (R 112a) [76-11-9], 2009340						8 500 1 000	4	MAK	DFG	
1,1,2,2-Tetrachlor-1,2-difluorethan (R 112) [76-12-0], 2009356						1 700 200	4	MAK	DFG (1990)	
1,1,2,2-Tetrachlorethan [79-34-5], 2011978	3	3	-	-		7 1		H MAK	DFG	
* Tetrachlorethen [127-18-4], 2048259	3	-	3	-		345 50	4	MAK H	AGS (1997)	BAT EKA
Tetrachlorethylen s. Tetrachlorethen										
Tetrachlorisophthal- säuredinitril s. Chlorthalonil										
Tetrachlorkohlenstoff s. Tetrachlormethan										
Tetrachlormethan [56-23-5], 2002628	3					64 10	4	H MAK	DFG	BAT
Tetrachlornaphthalin (alle Isomeren) [1335-88-2], 2156429						2 E		H MAK u.D.	AUS-N (1997)	
2,3,4,6-Tetrachlor- phenol [58-90-2], 2004028						0,5 E		H MAK	AUS-S (1997)	
α,α,α,4-Tetrachlortoluol s. 4-Chlorbenzotri- chlorid										
Tetraethylblei s. Bleitetraethyl										
Tetraethyldiphosphat s. TEPP										
O,O,O,O-Tetraethyl- dithiodiphosphat (TEDP) s. Sulfotep										
Tetraethylsilicat [78-10-4], 2010838						170 20	=1=	MAK	DFG (1990)	
1,1,1,2-Tetrafluorethan [811-97-2], 2123770						4200 1000	4	Y MAK	DFG (1998)	
* N,N,N',N'-Tetraglycidyl- 4,4'-diamino-3,3'- diethyldiphenylmethan [130728-76-6], 4100603		3			S					

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Tetrahydrofuran [109.99.9], 2037268						150	50	=2=	H, Y MAK	AGS/DFG (1999)	BAT
* (±)-Tetrahydrofurfuryl-(R)- 2-[4-(6-chlorchinoxalin- 2-yloxy)phenoxy]- propanoat [119738-06-6], 4142004		3	2	3							
3a, 4, 7, 7a-Tetrahydro- 4,7-methanoinden s. Dicyclopentadien											
1,2,3,6-Tetrahydro-N- (1,1,2,2-tetrachlor- ethylthio)phthalimid s. Captafol (ISO)											
* Tetrakis(hydroxymethyl)- phosphoniumchlorid; Reaktionsprodukt mit Harnstoff und destillier- tem hydriertem C16- 18-Talgalkylamin [166242-53-1], 4227208		3			S						
* N,N,N',N'-Tetramethyl- acridin-3,6-yldiamin- hydrochlorid und N,N,N',N'-Tetrame- thylacridin-3,6-diamin- monohydrochlorid [65-61-2], 2006140 [10127-02-3], 2333536 Verbindung mit ZnCl ₂	-	3	-	-							
* 2,2'-(3,5',5,5'-Tetra- methyl(1,1'-biphenyl)- 4,4'-diyl)bis(oxy- methylen)bisoxiran [85954-11-6], 4139007		3									
Tetramethylblei s. Bleitetramethyl											
Tetramethyldiamino- benzophenon s. Michlers Keton											
Tetramethyldiamino- diphenylacetimin- Hydrochlorid s. Auramin											
N,N,N',N'-Tetramethyl- 4,4'-diaminodiphenyl- methan N,N,N',N'-Tetra- methyl-4,4'-methylene- dianilin s. 4,4'-Methylen-bis- (N,N-dimethylanilin)											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
* Tetramethylorthosilicat [681-84-5], 2116564					1	0,16	=1=	MAK	TOX (2003) ARW		
Tetramethylsuccinonitril [3333-52-6]					2,8	0,5	4	H MAK	AGS (2001) (DFG)		
Tetramethylthiuram- disulfid s. Thiram											
3,3',4,4'-Tetramino- biphenyl s. 3,3'-Diamino- benzidin											
Tetranatriumpyro- phosphat [7722-88-5], 2317671					5 E			MAK	AUSD (1997)		
Tetranitromethan [509-14-8], 2080947	2				§ 15a						
Tetraphosphor [7723-14-0], 2317687					0,1 E		=1=	MAK	DFG		
Tetryl s. N-Methyl-2,4,6,N- tetranitroanilin											
TGIC s. Triglycidyliso- cyanurat											
Thalliumverbindungen, löslich (als TI [7440- 28-0] berechnet)					0,1 E		4	1, 25 MAK	AGS (2000) (DFG)		
Thioacetamid [62-55-5], 2005414	2										
Thiocarbamid s. Thioharnstoff											
4,4'-Thiodianilin [139-65-1], 2053709	2				0,1			H, 51 EW	AGS (1994)		
p,p'-Thiodianilin s. 4,4'-Thiodianilin											
Thioglykolsäure [68-11-1], 2006774					4			H MAK	AUS-N (1997)		
Thioharnstoff [62-56-6], 2005435	3	-	3	-	in Vorbereitung						
Thiophanatmethyl [23564-05-8], 2457407		3								S	
2-Thiourea s. Thioharnstoff											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Thiram [137-26-8], 2052862		3			S	5 E		4	20 MAK	DFG	
THU s. Thioharnstoff											
* Titandioxid [13463-67-7], 2366755						s. Allgemeiner Staubgrenzwert				AGS (2001)	
TNT s. 2,4,6-Trinitrotoluol											
Tobiassäure s. 2-Amino-1- naphthalinsulfonsäure											
o-Tolidin s. 3,3'-Dimethyl- benzidin											
o-Toluidin [95-53-4], 2024290	2					0,5		4	H TRK	TBL (1992)	
Salze von o-Toluidin						0,5 E		4	H TRK	TBL (1997)	
m-Toluidin [108-44-1], 2035831						9			H MAK	AUS-N (1997)	
p-Toluidin [106-49-0], 2034031	3	-	-	-	S	1	0,2	4	H, 7, 29 MAK	TBL (1995)	
* p-Toluidiniumchlorid [540-23-8], 2087408	3				S				H		
* p-Toluidinsulfat [540-25-0], 2087413	3				S				H		
* Toluol [108-88-3], 2036259	-	-	3	-		190	50	4	H, Y, h MAK	DFG (1994)	BAT
2,4-Toluyldiamin [95-80-7], 2024531	2				S	0,1		4	H TRK	TBL (1992)	EKA
2,4-Toluyldiaminsulfat [65321-67-7], 2656978	2				S				H		
2,4-Toluyldiisocyanat s. 2,4-Diisocyanat- toluol											
2,6-Toluyldiisocyanat s. 2,6-Diisocyanat- toluol											
4-o-Tolylazo-o-toluidin s. 2-Aminoazotoluol											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
m-Tolidendiisocyanat s. m-Diisocyanatoluol											
[(Tolyoxy)methyl]oxiran s. 1,2-Epoxy-3- (tolyoxy)propan											
Toxaphen s. Camphechlor											
Tremolit s. Asbest											
1,2,4-Triazol [288.88-0], 2060229			3								
1H-1,2,4-Triazol-3-yl- amin s. Amitrol											
Tribleibis(orthosphat) [7446-27-7], 2312055			1	3		s. Bleiver- bindungen					
Tribrommethan [75-25-2], 2008546	3										
Tri-n-butylphosphat [126-73-8], 2048002					2,5			MAK Y, H	AUS-N (1997)		
Tri-n-butylzinn- verbindungen*) 2117044					0,05	0,0021	=1=	H, Y MAK	DFG (2000)		
Tributylzinnbenzoat*) [4342-36-3], 2243998					0,05	0,0021	=1=	H, Y MAK	DFG (2000)		
Tributylzinnchlorid*) [1461-22-9], 2150587					0,05	0,0021	=1=	H, Y MAK	DFG (2000)		
Tributylzinnfluorid*) [1983-10-4], 2178479					0,05	0,0021	=1=	H, Y MAK	DFG (2000)		
Tributylzinninoleat*) [24124-25-2], 2460247					0,05	0,0021	=1=	H, Y MAK	DFG (2000)		
Tributylzinnmethacrylat*) [2155-70-6], 2184524					0,05	0,0021	=1=	H, Y MAK	DFG (2000)		
Tributylzinnnaphthenat*) [85409-17-2], 2870839					0,05	0,0021	=1=	H, Y MAK	DFG (2000)		

*) [als TBTO, Bis(tributylzinn)oxid]

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Tricarbonyl(eta-cyclopentadienyl)mangan [12079-65-1], 2351424						0,1			25, H MAK	AUS-N (1997)	
Tricarbonyl(methylcyclopentadienyl)mangan [12108-13-3], 2351665						0,2			25, H MAK	AUS-N (1997)	
Trichlorbenzol (alle Isomeren außer 1,2,4))						38	5	4	H MAK	DFG	
* 1,2,4-Trichlorbenzol [120-82-1], 2044280	-	-	-	-		3,8	0,5	4	MAK	TOX (2003) ARW	
1,1,1-Trichlor-2,2-bis- (4-chlorphenyl)ethan s. DDT											
2,3,4-Trichlor-1-buten [2431-50-7], 2193979	2 3					0,035	0,005	4	TRK	TBL (1992)	
1,1,1-Trichlorethan [71-55-6], 2007563						1 100	200	4	H, Y, h MAK	DFG	BAT
1,1,2-Trichlorethan [79-00-5], 2011669	3	-	-	-		55	10	4	H MAK	DFG	
* Trichlorethen [79-01-6], 2011674	2	3				270	50	4	Y TRK	AGS (1996)	BAT EKA
Trichlorethylen s. Trichlorethen											
Trichlorfluormethan (R 11) [75-69-4], 2008923						5 700	1 000	4	Y MAK	DFG	
* Trichlormethan [67-66-3], 2006638	3 2	3	3	-		50	10	4	H, h TRK	DFG	
Trichlormethansulfenyl- chlorid [594-42-3], 2098404						0,8			MAK u.D.	AUS-N (1997)	
1-Trichlormethylbenzol s. α,α,α -Trichlorotoluol											
N-(Trichlormethylthio)- phthalimid; Folpet [133-07-3], 2050886	3				S						
Trichlornaphthalin [1321-65-9], 2153213						5 E			H MAK u.D.	DFG	
Trichlornitromethan [76-06-2], 2009309						0,68	0,1	=1=	MAK	DFG	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2-Trichloromethylsulfanyl- 3a,4,7,7a-tetrahydro- isoindole-1,3-dione s. Caplan										
Trichlorphenol und seine Salze (alle Isomeren außer 2,4,5- und 2,4,6-Tri- chlorphenol) [25167- 82-2], 2466940					0,5 E		MAK	AUS-S (1997)		
2,4,5-Trichlorphenol [95:95-4], 2024678					0,5 E		MAK u.D.	AUS-S (1997)		
2,4,6-Trichlorphenol [88-06-2], 2017959	3									
2,4,5-Trichlorphenoxy- essigsäure (2,4,5-T) [93-76-5], 2022733					10 E	4	H, Y MAK	DFG		
1,2,3-Trichlorpropan [96-18-4], 2024861	2	3	-	2	§ 15a		H			
α,α,α -Trichlor-4-chlor- toluol s. 4-Chlorbenzo- trichlorid										
α,α,α -Trichlortoluol [98-07-7], 2026345 s. auch α -Chlortoluole	2				0,1	0,012	4	TRK	TBL (1996)	
1,1,2-Trichlor-1,2,2- trifluoethan (R 113) [76-13-1], 2009361					3 900	500	4	MAK	DFG	
Tridemorph [24602-86-6], 2463473			2							
Tridymit s. Quarz										
Triethanolamin [102-71-6], 2030498					5 E		MAK	AUS-S (1997)		
* Triethylamin [121-44-8], 2044694					4,2	1	=1=	H, 20, MAK	DFG (2001)	
Trifluorbrommethan s. Bromtrifluormethan										
Trifluoriodmethan [2314-97-8], 2190145		3	-							
Triglycidylisocyanurat [2451-62-9], 2195143	-	2	-	3	S				in Vorbereitung	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Materi- al	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zun- g	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
1,2,3-Trihydroxybenzol s. Pyrogallol											
Trikresylphosphat, ooo- [78-30-8], 2011035						0,1			H MAK	AUS-N (1997)	
Trimangantetroxid [1317-35-7], 2152665						aufgehoben s. Mangan					
Trimellitsäureanhydrid (Rauch) [552-30-7], 2090080					S	0,04 A		=1=	MAK	DFG	
2,4,5-Trimethylanilin [137-17-7], 2052820 -hydrochlorid [21436-97-5]	2	-	-	-		1			H, 51 EW	AGS (1994)	
* 1,2,3-Trimethylbenzol [526-73-8], 2083948						100	20	2	MAK Y	EG (2002) DFG (2003)	
* 1,2,4-Trimethylbenzol [95-63-6], 2024369						100	20	2	MAK Y	EG (2002) DFG (2003)	
3,5,5-Trimethyl-2- cyclohexen-1-on [78-59-1], 2011260	3	-	-	-		11	2	=1=	MAK H, Y	DFG (1997)	
2,2,4- bzw. 2,4,4- Trimethylhexa-1,6- diyl-diisocyanat s. 2,2,4- bzw. 2,4,4- Trimethylhexa- methylen-1,6-diiso- cyanat											
2,2,4-Trimethylhexa- methylen-1,6-diiso- cyanat [16938-22-0], 2410018					S	0,04			29 MAK	AUS-D (1997)	
2,4,4-Trimethylhexa- methylen-1,6- diisocyanat [15646-96-5], 2397144					S	0,04			29 MAK	AUS-D (1997)	
Trimethylphosphat [512-56-1], 2081448	3	2							H		
Trimethylphosphit [121-45-9], 2044715						2,6			MAK H u. D.	AUS-D (1997)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert				Werte im biologi- schen Material	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend R _E R _F		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- - zung .		Bemer- kungen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
* Trinitrium-[4-(8-acetyl- amino-3,6-disulfonato- 2-naphthylazo)-4''-(6- benzoylamino-3-sulfo- nato-2-naphthylazo)- biphenyl-1,3',3'',1'''. tetraolato-O,O', O'',O''']kupfer(II) 4135903	2									
Trinitriumbis(7-acet- amido-2)-(4-nitro-2- oxidophenylazo)- (3-sulfonato-1-naphtho- lato)chromat(1-) 4008108		3								
Trinkeldisulfid [12035-72-2], 2348296	1 R49			S	s. Nickel					
2,4,7-Trinitrofluoren-9-on [129-79-3], 2049650	3				1			51 EW	AGS (1994)	
2,4,6-Trinitrophenol [88-89-1], 2018659					0,1 E		=1=	H MAK	EG	
2,4,6-Trinitrophenyl- methylnitramin s. N-Methyl-2,4,6- N-tetranitroanilin										
2,4,6-Trinitrotoluol (und Isomeren in technischen Gemischen) [118-96-7], 2042896	3				0,1	0,011	4	H MAK	DFG	
* 1,3,5-Trioxan [110-88-3], 2038125	-	-	3	-						
Triphenylamin [603-34-9], 2100355					5 E			MAK	AUS-D (1997)	
Triphenylphosphat [115-86-6], 2041122					3 E			MAK u.D.	AUS-N (1997)	
Triphenylzinnacetat s. Fentlinacetat										
Triphenylzinnhydroxid s. Fentlinhydroxid										
Tris(2-chlorethyl)- phosphat [115-96-8], 2041185	2 3	-	-	2						

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend R _E R _F	S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- - zung g	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Tris(2,3-epoxy- propyl)-1,3,5- triazin-2,4,6-trion s. Triglycidyliso- cyanurat * 1,3,5-Tris-[(2S und 2R)- 2,3-epoxypropyl]- 1,3,5-triazin-2,4,6- (1H, 3H, 5H)-trion [59653-74-6], 4234000 Tri-o-tolylphosphat s. Trikresylphosphat Trizinat s. Blei-2,4,6-trinitro- resorcinat		2		S						

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend R _E R _F		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- - zun- g	Bemer- kungen	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Uranverbindungen*) (als U [7440-61-1], 2311706, berechnet) Urethan s. Ethylcarbamat					0,25 E		4	MAK 25	AGGS (2002) (DFG)	

*) Bei Uran sind wegen der natürlichen Radioaktivität die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung in der jeweils gültigen Fassung zu beachten.

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- - zun- g	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	
Valeraldehyd [110-62-3], 2037844						175			MAK	AUS-N (1997)	
* Valinamid [20108-78-5], 4028407			3		S						
Vanadium [7440-62-2], 2311711						0,5 E			MAK	AUS-N (1997)	
Vanadiumcarbid [12070-10-9], 2351225						0,5 E			25 MAK	AUS-N (1997)	
Vanadiumpentoxid [1314-62-1], 2152398		3	3			0,05 A		4	MAK	DFG	BAT
* Vinclozolin [50471-44-8], 2565996	3		2	2	S						
Vinylacetat [108-05-4], 2035454	3					36	10	=1=	MAK	DFG	
Vinylbutyrolactam s. N-Vinyl-2-pyrrolidon											
9-Vinylcarbazol [1484-13-5], 2160550	-	3	-	-	S				H		
Vinylchlorid [75-01-4], 2008310 - bestehende Anlagen VC- und PVC- Herstellung - im Übrigen	1					8	3		4 TRK	TBL	EKA
* 4-Vinylcyclohexen [100-40-3], 2028489	3	-	-	3							
4-Vinyl-1,2-cyclo- hexendiepid s. 1-Epoxyethyl-3,4- epoxycyclohexan											
Vinylidenchlorid s. 1,1-Dichlorethen											
Vinylidenfluorid s. 1,1-Difluorethen											
N-Vinyl-2-pyrrolidon [88-12-0], 2018004	3	-	-	-		0,5	0,1	4	H MAK	TBL (1995)	
Vinyllolual s. Methylstyrol											

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Warfarin [81-81-2], 2013776			1			0,5 E		4	MAK	DFG	
Wasserstoffperoxid [7722-84-1], 2317650	-	-	-	-		1,4	1	=1=	MAK	DFG	
Wolfram und seine unlöslichen Verbindungen [7440-33-7], 2311439						5 E			25 MAK	AUS-D (1997)	
Wolframverbindungen, lösliche						1 E			1, 25 MAK	AUS-D (1997)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial	
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen		Herkunft (Jahr)
			R _E	R _F							
1	2	3	4		5	6		7	8	9	10
Xylidin [1300-73-8] (alle Isomeren außer 2,6- und 2,4-Xylidin)						25	5		H MAK	AGS (1998)	
2,4-Xylidin (2,4-Dimethylanilin) [95-68-1], 2024400	3					25	5		H MAK	AGS (1998)	
2,6-Xylidin [87-62-7], 2017587	3	-	-	-		25	5		H MAK	AGS (1996)	
Xylol (alle Isomeren) [1330-20-7], 2155357						440	100	4	H MAK	DFG	BAT

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial
	krebs- erz. K	erb- gut- ver- änd. M	fortpflan- zungs- gefährdend R _E R _F	S	mg/m ³	ml/m ³	Spit- zen- be- gren- zung	Bemer- kungen	Herkunft (Jahr)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Yttrium [7440-65-5], 2311748					5 E		4	MAK u. D.	AGS (1998) (DFG)	

Stoffidentität CAS-Nr. EG-Nr.	Einstufung/Bewertung				Luftgrenzwert					Werte im biologi- schen Mate- rial				
	krebserz. K	erbgutveränd. M	fortpflanzungs- gefährdend		S	mg/m ³	ml/m ³	Spitzen- be- gren- zung	Bemerkungen		Herkunft (Jahr)			
			R _E	R _F										
1	2	3	4		5	6	7	8	9	10				
Zink-bis(N,N-dimethyl- dithiocarbamat) s. Ziram	1				S	s. Chrom(VI)- Verbindungen		TRK		EKA				
Zinkchromate ein- schließlich Zink- kaliumchromat														
Zinkoxid-Rauch [1314-13-2], 2152225											5 A	4	MAK	DFG
Zinn [7440-31-5], 2311418											2 E		MAK u.D.	AUS-N (1997)
Zinnverbindungen, anorganische (als Sn [7440-31-5] berechnet)											2 E	4	25 MAK	DFG, EG
Zinnverbindungen, organische (als Sn [7440-31-5] berechnet)											0,1 E	4	25, H MAK	DFG
Ziram [137-30-4], 2052883											3			
* Zirkoniummetall [7440-67-7], 2311769 zirkoniumhaltige Legie- rungen und wasserunlösliche Zirko- niumverbindungen – Mahl-, Klassier- und Granulierbereich in der Feuerfestindustrie, Überprüfung zum 28.02.06 – im Übrigen	2,5 E			AGS (2003)										
										DFG (2003)				

Anhang 1:

Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte

Abkürzungen:

Untersuchungsmaterial:

B = Vollblut

E = Erythrozyten

U = Urin

P/S = Plasma/Serum

* = Änderung gegenüber 2000

Probenahmezeitpunkt:

a) keine Beschränkung

b) Expositionsende bzw. Schichtende

c) bei Langzeitexposition: nach mehreren vorangegangenen Schichten

d) vor nachfolgender Schicht

e) nach Expositionsende: ... Stunden

Arbeitsstoff	Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs-material	Probenahme-zeitpunkt
Aceton [67-64-1]	Aceton	80 mg/l	U	b
Acetylcholinesterase-Hemmer	Acetylcholinesterase	Reduktion der Aktivität auf 70 % des Bezugswertes	E	b, c
Aluminium [7429-90-5]	Aluminium	200 µg/l	U	b
Anilin [62-53-3]	Anilin (ungebunden)	1 mg/l	U	b, c
	Anilin (aus Hämoglobin-Konjugat freigesetzt)	100 µg/l	B	b, c
* Blei [7439-92-1]	Blei	400 µg/l ²⁾ 300 µg/l (Frauen < 45 J.)	B	a
Bleitetraethyl [78-00-2]	Diethylblei	25 µg/l, als Pb berechnet	U	b
	Gesamtblei (gilt auch für Gemische mit Bleitetramethyl)	50 µg/l	U	b
Bleitetramethyl [75-74-1]	s. Bleitetraethyl			
* 1-Butanol [71-36-3]	1-Butanol	2 mg/g Kreatinin	U	d
	1-Butanol	10 mg/g Kreatinin	U	b

Anhang 1: Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte

Arbeitsstoff	Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Proben- nahme- zeitpunkt
2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluoethan (Halothan) [151-67-7]	Trifluoressigsäure	2,5 mg/l	B	b, c
2-Butanon (Methylethylketon) [78-93-3]	2-Butanon	5 mg/l	U	b
2-Butoxyethanol [111-76-2]	Butoxyessigsäure	100 mg/l	U	c
2-Butoxyethylacetat [112-07-2]	Butoxyessigsäure	100 mg/l	U	c
p-tert-Butylphenol (PTBP) [98-54-4]	PTBP	2 mg/l	U	b
* Chlorbenzol [108-90-7]	Gesamt-4-Chlor-katechol	35 mg/g Kreatinin	U	d
	Gesamt-4-Chlor-katechol	175 mg/g Kreatinin	U	b
1,4-Dichlorbenzol [100-46-7]	Gesamt-2,5-Dichlorphenol	150 mg/g Kreatinin	U	b
		30 mg/g Kreatinin	U	d
Dichlormethan [75-09-2]	CO-Hb	5 %	B	b
	Dichlormethan	1 mg/l	B	b
* N,N-Dimethylacetamid [127-19-5]	N-Methylacetamid	30 mg/g Kreatinin	U	c, b
N,N-Dimethylformamid [68-12-2]	N-Methylformamid	15 mg/l	U	b
Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat ¹⁾ [101-68-8]	4,4'-Diaminodiphenylmethan	10 µg/g Kreatinin	U	b
2-Ethoxyethanol [110-85-5]	Ethoxyessigsäure	50 mg/l	U	c, b
2-Ethoxyethylacetat [111-15-9]	Ethoxyessigsäure	50 mg/l	U	c, b

Arbeitsstoff	Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs-material	Proben-nahme-zeitpunkt
Ethylbenzol [100-41-4]	Ethylbenzol	1 mg/l (1,5)	B	b
	Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure	800 mg/g Kreatinin (2000)	U	b
Ethylenglykoldinitrat [628-96-6]	Ethylenglykoldinitrat	0,3 µg/l	B	b
Fluorwasserstoff [7664-39-3] und anorga- nische Fluorverbindungen (Fluoride)	Fluorid	7,0 mg/g Kreatinin	U	b
		4,0 mg/g Kreatinin	U	d
Glycerintrinitrat [55-63-0]	1,2-Glycerindinitrat	0,5 µg/l	P/S	b
	1,3-Glycerindinitrat	0,5 µg/l	P/S	b
n-Hexan [110-54-3]	2,5-Hexandion plus 4,5-Dihydroxy-2-hexanon	5 mg/l	U	b
2-Hexanon (Methylbutylketon) [591-78-6]	2,5-Hexandion plus 4,5-Dihydroxy-2-hexanon	5 mg/l	U	b
Kohlendisulfid (Schwefelkohlenstoff) [75-15-0]	2-Thio-thiazolidin-4- carboxylsäure (TTCA)	8 mg/l (4)	U	b
Kohlenmonoxid [630-08-0]	CO-Hb	5 %	B	b
* Lindan (γ-1,2,3,4,5,6-Hexa- chlorcyclohexan) [58-89-9]	Lindan	25 µg/l	P/S	b
Methanol [67-56-1]	Methanol	30 mg/l	U	c, b
4-Methylpentan-2-on (Methylisobutylketon) [108-10-1]	4-Methylpentan-2-on	3,5 mg/l	U	b
Nitrobenzol [98-95-3]	Anilin (aus Hämoglobin- Konjugat freigesetzt)	100 µg/l	B	c

Anhang 1: Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte

Arbeitsstoff	Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs- material	Proben- nahme- zeitpunkt
Parathion [56-38-2]	p-Nitrophenol plus Acetylcholinesterase	500 µg/l Reduktion der Aktivität auf 70 % des Bezugswertes	U E	c c
Phenol [108-95-2]	Phenol	300 mg/l	U	b
2-Propanol [67-63-0]	Aceton	50 mg/l	B	b
	Aceton	50 mg/l	U	b
* iso-Propylbenzol [98-82-8]	2-Phenyl-2-propanol	50 mg/g Kreatinin	U	b
	iso-Propylbenzol	2 mg/l	B	b
* Quecksilber [7439-97-6], metallisches, und anorganische Quecksilber- verbindungen	Quecksilber	25 µg/l	B	a
	Quecksilber	100 µg/l	U	a
Quecksilber, organische Quecksilberverbindungen	Quecksilber	100 µg/l	B	a
Styrol [100-42-5]	Mandelsäure plus Phenylglyoxylsäure	600 mg/g Kreatinin	U	c, b
Tetrachlorethen (Perchlorethylen) [127-18-4]	Tetrachlorethen	1 mg/l	B	d
Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff) [56-23-5]	Tetrachlormethan	70 µg/l	B	b, c
Tetrahydrofuran [109-99-9]	Tetrahydrofuran	8 mg/l	U	b
Toluol [108-88-3]	Toluol	1 mg/l	B	b
	o-Kresol	3,0 mg/l	U	c, b
1,1,1-Trichlorethan (Methylchloroform) [71-55-6]	1,1,1-Trichlorethan	550 µg/l	B	c, d

Arbeitsstoff	Parameter	BAT-Wert	Untersuchungs-material	Proben-nahme-zeitpunkt
Trichlorethen (Trichlor-ethylen) [79-01-6]	Trichlorethanol	5 mg/l	B	b, c
	Trichloressigsäure	100 mg/l	U	b, c
Vanadumpentoxid [1314-62-1]	Vanadium	70 µg/g Kreatinin	U	c, b
Xylol (alle Isomeren) [1330-20-7]	Xylol	1,5 mg/l	B	b
	Methylhippur-(Tolur-)säure	2 g/l	U	b

¹⁾ BAT-Werte reflektieren die Gesamtkörperbelastung eines inhalativ, dermal usw. aufgenommenen Arbeitsstoffes. Bei beruflicher Exposition gegen MDI erfasst der Parameter 4,4'-Diaminodiphenylmethan (MDA) im Harn alle Komponenten eines komplexen MDI-Gemisches, da sowohl Monomere als auch Oligomere des MDI unabhängig vom Aufnahmeweg zu monomerem MDA abgebaut werden.

Demgegenüber berücksichtigt der MAK-Wert für MDI nur den monomeren MDI-Anteil.

Der von der Senatskommission der DFG zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe erarbeitete BAT-Wert ist auf der Basis einer Korrelation vom MAK-Wert für MDI abgeleitet. Diese Korrelation ergibt sich aus mehreren arbeitsmedizinischen Studien am Menschen.

In solchen Expositionszeiten, bei denen eine überwiegend inhalative Aufnahme von MDI erfolgt und das Verhältnis zwischen Monomeren und Oligo- bzw. Polymeren etwa demjenigen entspricht, das der Ableitung des MAK-Wertes zugrunde lag, entspricht der BAT-Wert dem MAK-Wert. Falls eine ungewöhnliche Verteilung zwischen monomeren und polymeren Anteilen im Sinne einer übermäßigen Vermehrung der Polymere oder falls eine verstärkte dermale Aufnahme vorliegt, führt dies zu einer Erhöhung des Parameters im biologischen Material. Insofern befindet man sich bei Einhaltung des BAT-Wertes in diesen Fällen „auf der sicheren Seite“.

Eine Einhaltung des BAT-Wertes bietet somit im Vergleich zum MAK-Wert einen zusätzlichen Schutz bei ungewöhnlich hoher Exposition gegen Oligo- bzw. Polymeren des MDI und bei verstärkter dermaler Exposition.

²⁾ Für diese Bereiche

1. Herstellen von Bleiakumulatoren (Starter- und Industriebatterien)
 2. Thermisches Gewinnen von Blei, Zink und Kupfer und Raffinieren von Blei
 3. Herstellen und Reparatur von verbleiten Behältern und Rohren (Homogenverbleien)
- ist als Übergangsregelung die folgende Blutbleikonzentration einzuhalten:
- bis 31.12.2002: 700 µg Pb/l Blut
- bis 31.12.2005: 550 µg Pb/l Blut

Anhang 2:

Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA)

Nachstehend sind krebserzeugende Arbeitsstoffe aufgeführt, für die Korrelationen (Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe, EKA)

begründet werden können. Weitere EKA-Werte können der MAK- und BAT-Werte-Liste 2002 (s. Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Acrylnitril [107-13-1]

Luftkonzentration bestimmt als Acrylnitril		Erythrozyten*) N-Cyanethylvalin µg/l Blut
ml/m ³	mg/m ³	
0,14	0,3	16
0,23	0,5	35
0,45	1	60
3	7	420

*) Probennahmezeitpunkt: keine Beschränkung

Alkalichromate-(VI)

Luftkonzentration berechnet als CrO ₃ mg/m ³	Probennahmezeitpunkt bei Langzeitexposition: nach mehreren voran- gegangenen Schichten Erythrozyten*) Chrom µg/l Vollblut	Probennahmezeitpunkt: Expositionsende bzw. Schichtende Harn***) Chrom (µg/l)
0,03	9	12
0,05	17	20
0,08	25	30
0,10	35	40

*) gilt nicht für Schweißrauch-Exposition

**) gilt auch für Schweißrauch-Exposition

Anhang 2:

Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA)

Arsentrioxid [1327-53-3]

Luftkonzentration berechnet als Arsen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Probennahmezeitpunkt: Expositionsende bzw. Schichtende Harn ¹⁾ Arsen ($\mu\text{g}/\text{l}$)
10	50
50	90
100	130

1) Durch direkte Hydrierung bestimmte flüchtige Arsenverbindungen

Benzol [71-43-2]

Luftkonzentration bestimmt als Benzol		Probennahmezeitpunkt: Expositionsende bzw. Schichtende		
ml/m^3	mg/m^3	Vollblut Benzol ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Harn	
			S-Phenyl- mercaptursäure (mg/g Kreatinin)	trans, trans- Muconsäure (mg/l)
0,3	1,0	0,9	0,010	—
0,6	2,0	2,4	0,025	1,6
0,9	3,0	4,4	0,040	—
1,0	3,3	5,0	0,045	2,0
2,0	6,5	14,0	0,090	3,0
4,0	13,0	38,0	0,180	5,0
6,0	19,5	—	0,270	7,0

Cobalt [7440-48-4]

Luftkonzentration bestimmt als Cobalt $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Probenahmezeitpunkt: keine Beschränkung	
	Vollblut Cobalt ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Harn Cobalt ($\mu\text{g}/\text{l}$)
50	2,5	30
100	5	60
500	25	300

Dichlormethan [75-09-2]

Luftkonzentration bestimmt als Dichlormethan		Vollblut Dichlormethan (mg/l)
(ml/m^3)	(mg/m^3)	
10	35	0,1
20	70	0,2
50	175	0,5
100	350	1

Probenahmezeitpunkt: während der Exposition, mind. 2 Stunden nach Expositionsbeginn

Anhang 2:

Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA)

Dimethylsulfat [77-78-1]

Luftkonzentration bestimmt als Dimethylsulfat		Erythrozyten N-Methylvalin ($\mu\text{g/l}$ Blut)
(ml/m^3)	(mg/m^3)	
0,002	0,01	10
0,006	0,03	13
0,01	0,05	17
0,04	0,20	40

Probenahmezeitpunkt: keine Beschränkung

Ethylen [74-85-1]

Luftkonzentration bestimmt als Ethylen (ml/m^3)	Erythrozyten Hydroxyethylvalin ($\mu\text{g/l}$ Blut)
25	45
50	90
100	180

Probenahmezeitpunkt: keine Beschränkung

Hydrazin [302-01-2]

Luftkonzentration bestimmt als Hydrazin		Probennahmezeitpunkt: Expositions- bzw. Schichtende	
ml/m ³	mg/m ³	Harn µg Hydrazin/g Kreatinin	Plasma Hydrazin (µg/l)
0,01	0,013	35	27
0,02	0,026	70	55
0,05	0,065	200	160
0,08	0,104	300	270
0,10	0,130	380	340

Nickel [7440-02-0] (Nickelmetall, -oxid, -carbonat, -sulfid, sulfidische Erze)

Luftkonzentration bestimmt als Nickel µg/m ³	Probennahmezeitpunkt: nach mehreren vorangegangenen Schichten Harn Nickel (µg/l)
100	15
300	30
500	45

Anhang 2:

Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA)

Pentachlorphenol (PCP)

Luftkonzentration bestimmt als Pentachlorphenol mg/m ³	Probenahmezeitpunkt: keine Beschränkung	
	Harn Pentachlorphenol µg/l	Serum/Plasma Pentachlorphenol µg/l
0,001	6*)	17*)
0,05	300	1 000
0,10	600	1 700

*) extrapolierte Werte

Tetrachlorethen [127-18-4]

Luftkonzentration bestimmt als Tetrachlorethen		Vollblut Tetrachlorethen (mg/l)
(ml/m ³)	(mg/m ³)	
10	69	0,2
20	138	0,4
30	206	0,6
50	344	1,0

Probenahmezeitpunkt: 16 Stunden nach Schichtende

2,4-Toluyldiamin [95-80-7]

Luftkonzentration bestimmt als 2,4-Toluyldiamin (mg/m ³)	Harn Gesamt-2,4-Toluyldiamin (µg/g Kreatinin)
0,0025	6
0,01	13
0,017	20
0,035	37
0,100*)	100*)

Probenahmezeitpunkt: Expositionsende bzw. Schichtende

*) extrapolierte Werte

Trichlorethen [79-01-6]

Luftkonzentration bestimmt als Trichlorethen		Harn Trichloressigsäure (mg/l)
(ml/m ³)	(mg/m ³)	
10	55	20
20	109	40
30	164	60
50	273	100

Probenahmezeitpunkt: Schichtende

Anhang 2:

Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe (EKA)

Vinylchlorid [75-01-4]

Luftkonzentration bestimmt als Vinylchlorid		Probennahmezeitpunkt: nach mehreren voran- gegangenen Schichten
		Harn Thiodiglykolsäure (mg/24 h)
ml/m ³	mg/m ³	
1	2,6	1,8
2	5,2	2,4
4	10,0	4,5
8	21,0	8,2
16	41,0	10,6

Anhang 3:

Gruppeneinteilung nach TRGS 901 Teil II Nr. 72 Teil 4 für komplexe, kohlenwasserstoffhaltige Gemische

Erläuterungen zu den einzelnen Positionen werden im Begründungspapier zum Grenzwert gegeben (TRGS 901 Nr. 72 Teil 4).

Folgende Kohlenwasserstoffprodukte fallen unter die Gruppen A bis C:

Gruppe A

Nichtwassermischbare, additivierte Kohlenwasserstoffprodukte, die aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften und/oder ihrer Anwendung verfahrensbedingt erhöhte Emissionen erwarten lassen

13.1	Formtrennmittel im Bausektor (Betonfertigteile, Ortbeton) – Nichtwassermischbare Trennmittel – Sprühverfahren
13.2	Formtrennmittel beim Druckgießen im Metallbereich – Nichtwassermischbare Trennmittel – Sprühverfahren
15.1	Nichtwassermischbare lösemittelhaltige Korrosionsschutzflüssigkeiten – im Übrigen
15.2	Nichtwassermischbare lösemittelfreie Korrosionsschutzflüssigkeiten – Verfahren mit Aerosolbildung
16	Kühlschmierstoffe Flammpunkt < 100 °C
17	Dielektrika – im Übrigen
18.1	Nichtwassermischbare Reiniger
18.3	Kaltreiniger selbstspaltend
22	Herstellung von komplexen, kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen – offene Anlagen, Verarbeitungstemperatur > 60 °C

Anhang 3:
 Gruppeneinteilung nach TRGS 901 Teil II Nr. 72 Teil 4
 für komplexe, kohlenwasserstoffhaltige Gemische

Gruppe B

Nichtwassermischbare Kohlenwasserstoffprodukte, die aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften und ihrer Anwendung verfahrensbedingt keine erhöhten Emissionen (vgl. Gruppe A) erwarten lassen.

Wassergemischte Kohlenwasserstoffprodukte, die aufgrund ihrer Anwendung erhöhte Emissionen (vgl. Gruppe C) erwarten lassen.

4.1	Spindelöle
4.2	Spezialmaschinenöle
10.1	Mineralölweichmacher in Polymeren
11	Druckfarben
13.1	Formtrennmittel im Bausektor (Betonfertigteile, Ortbeton) – Nichtwassermischbare Trennmittel – im Übrigen – Wassergemischte Trennmittel – Sprühverfahren
13.2	Formtrennmittel beim Druckgießen im Metallbereich – Nichtwassermischbare Trennmittel – im Übrigen – Wassergemischte Trennmittel – Sprühverfahren
15. 2	Nichtwassermischbare lösemittelfreie Korrosionsschutzflüssigkeiten – im Übrigen
15.3	Wassermischbare Korrosionsschutzflüssigkeiten – Verfahren mit Aerosolbildung
20	Härteöle – in offenen Anlagen
21.1	Nichtwassermischbare Umformhilfsstoffe
21.2	Wassermischbare und wassergemischte Umformhilfsstoffe
22	Herstellung von komplexen, kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen – offene Anlagen, Verarbeitungstemperatur 30 °C bis 60 °C – abgedeckte Anlagen, Verarbeitungstemperatur > 60 °C

Gruppe C

Nichtwassermischbare, additivierte Kohlenwasserstoffprodukte, die z.B. in geschlossenen Systemen verwendet werden und daher keine Emissionen erwarten lassen.

Wassergemischte, additivierte Kohlenwasserstoffprodukte, deren Anwendung und Zusammensetzung verfahrensbedingt keine erhöhten Emissionen erwarten lassen.

1	Getriebeöle
2	Hydraulikflüssigkeiten
3.1	Luftverdichteröle
3.2	Gasverdichteröle
	Kältemaschinenöle
4.3	Maschinenöle
4.4	Zylinderöle
	Druckluftgeräteöle
5	Kettensägeöle
6	Gleitbahnöle
7	Turbinenöle
8	Isolieröle
9	Wärmeträgeröle
10.2	Fluxöle in Bitumenmischungen
10.3	Lebensmitteltechnische Schmierstoffe
12	Absorptionsöle

Anhang 3:
Gruppeneinteilung nach TRGS 901 Teil II Nr. 72 Teil 4
für komplexe, kohlenwasserstoffhaltige Gemische

Gruppe C (Fortsetzung)

13.1	Formtrennmittel im Bausektor (Betonfertigteile, Ortbeton) – Wassergemischte Trennmittel – im Übrigen
13.2	Formtrennmittel beim Druckgießen im Metallbereich – Wassergemischte Trennmittel – im Übrigen
14	Staubbindemittel
15.1	Nichtwassermischbare lösemittelhaltige Korrosionsschutzflüssigkeiten – geschlossene Anlagen mit Abdunststrecke
15.2	Nichtwassermischbare lösemittelfreie Korrosionsschutzflüssigkeiten – Verfahren in geschlossenen Anlagen
15.3	Wassermischbare Korrosionsschutzflüssigkeiten – im Übrigen
17	Dielektrika – in geschlossenen Anlagen
18.2	Wassergemischte Reiniger
19	Schmierfette
20	Härteöle – in geschlossenen Anlagen
22	Herstellung von komplexen, kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen – im Übrigen

1.2 Verzeichnis und Erläuterungen der Ziffern in der Spalte „Bemerkungen“

(1) Die einheitliche Anwendung dieses Luftgrenzwertes in Verbindung mit den zusätzlichen Angaben zur Löslichkeit kann durch eine pragmatische Vorgehensweise gewährleistet werden. Die analytische Behandlung luftgetragener metallhaltiger Stäube ist beschrieben in:

Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Band 1: Luftanalysen, der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe.

VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 9. Lieferung: 1994, spezielle Vorbemerkungen, Kap. 4, S. 17 - 38, oder BIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld

(2) Mit den derzeitigen analytischen Methoden zur Arbeitsbereichsüberwachung wird meist der Gehalt der Elemente Arsen bzw. Nickel bzw. Cobalt im Stoff ermittelt. Aus toxikologischer Sicht notwendige Unterscheidungen nach der Verbindungsart sind analytisch ohne besonderen Aufwand häufig nicht möglich. Wegen dieser Schwierigkeit bei der Identifizierung bestimmter Verbindungen dieser Elemente wird empfohlen, diese Luftgrenzwerte generell für das jeweilige Element und seine Verbindungen als Anhalt für die zu treffenden Schutzmaßnahmen zu-

grunde zu legen, auch wenn analytisch nicht sicher feststeht, ob krebserzeugende Verbindungen dieser Elemente im Arbeitsbereich vorliegen.

(3) Es wird empfohlen, bei der mechanischen Bearbeitung von Legierungen von Cobalt oder Nickel (Cobalt oder Nickel \leq 80 Gew.-%) jeweils 0,5 mg/m³ an Cobalt oder Nickel in der Luft am Arbeitsplatz einzuhalten.

(4) siehe TRGS 553 „Holzstaub“

Anlagen und Arbeitsplätze, für die begründet zu vermuten ist, dass der Stand der Technik keine Einhaltung des Luftgrenzwertes zulässt, werden in einer besonderen Liste verzeichnet. Diese Liste wird von der Holz-Berufsgenossenschaft aufgestellt und begründet, vom Ausschuss für Gefahrstoffe verabschiedet und vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung veröffentlicht. Sie kann beim Vorliegen neuerer Erkenntnisse ergänzt werden. Für die in der Liste aufgeführten Anlagen und Arbeitsplätze gilt ein TRK-Wert von 5 mg/m³ (TRGS 553).

(5) Es wird empfohlen, den Luftgrenzwert auch für Arsen und alle hier nicht genannten Verbindungen (ausgenommen Arsenwasserstoff) als Anhalt für die zutreffenden Schutzmaßnahmen zugrunde zu legen.

(6) Der Wert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kann in Kokereien an Arbeitsplätzen im Bereich des Oberofens (Einfeger, Steigrohrreiniger, Türmann) sowie bei der Strangpechherstellung und -verladung derzeit z.T. technisch nicht eingehalten werden. Hier sind deshalb zusätzliche organisatorische und hygienische Maßnahmen sowie persönliche Schutzausrüstung erforderlich. Erläuterungen hierzu siehe TRGS 551 „Pyrolyseprodukte aus organischem Material“.

(7) Erfasst nach der Definition für die einatembare Fraktion

(8) Kieselguren können, je nach Herkunft, Anteile von Quarz enthalten. Das Brennen bzw. Calcinieren von Kieselguren führt zu steigenden Cristobalitanteilen. Aktivierte Kieselgur kann bis zu 60 Massen-% Cristobalit enthalten. Bei der Beurteilung der Exposition gegenüber (gebrannten) Kieselguren sind sowohl der amorphe Anteil (Grenzwert für Kieselgur bzw. gebrannte Kieselgur) als auch die Summe der Anteile an Cristobalit und Quarz zu ermitteln und als Gemisch gemäß TRGS 403 zu bewerten.

(9) siehe TRGS 554 „Diesel motoremissionen“. Ermittelt durch coulometrische Bestimmung des elementaren Kohlenstoffs im Feinstaub (Verfahren 2 nach BGI 505-44, vormals ZH 1/120.44)

Aufgrund der Quersensitivitäten des anerkannten Verfahrens im Bereich des

Kohlebergbaus können gegenwärtig die DME-Konzentrationen nicht durch Messungen ermittelt werden. Die Ermittlung der Einhaltung des Luftgrenzwertes im Kohlebergbau erfolgt über ein Berechnungsverfahren gemäß Anhang V der TRGS 554.

Weitere Ausnahmebereiche, in denen Quersensitivitäten zu erwarten sind (z.B. produktionsbedingter elementarer Kohlenstoff), sind u.a. die Herstellung und Verarbeitung von Graphit- und Kohlenstoffprodukten (Herstellung von Elektroden, Schmiermitteln, Bremsbelägen), die Rußherstellung und -verarbeitung (z.B. Farben- und Gummiindustrie), die Karbidherstellung und die Herstellung und Verarbeitung von Zellulose bzw. Papier und Pappen sowie Gießereien. Wenn möglich sollte im Sinne einer differenzierten Betrachtung der Expositionssituation in diesen Bereichen die Hallengrundlast bestimmt werden, um die tatsächliche Belastung durch Dieselmotoremissionen ermitteln zu können. Unabhängig davon sollten die in TRGS 554 empfohlenen technischen Maßnahmen zur Reduzierung von Dieselmotoremissionen durchgeführt werden.

(10) unbesetzt

(11) siehe TRGS 552 „Nitrosamine“

(12) Bei gleichzeitigem Vorliegen anderer Bleiverbindungen als Bleichromat und zur

Anwendung des Luftgrenzwertes für Bleichromat siehe TRGS 901 Teil II lfd. Nr. 3

Bei Vorliegen von Bleichromat sind die Grenzwerte für Blei und Chrom(VI)-Verbindungen (berechnet als CrO_3) einzuhalten.

(13) Die Maßnahmenfolge gemäß § 19 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) ist zu beachten. Für krebserzeugende Faserstäube der Kategorie 3 (Verdacht auf krebserzeugende Wirkung) gelten die Umgangsvorschriften des Fünften Abschnittes der GefStoffV. Dagegen gelten für krebserzeugende Faserstäube der Kategorien 1 oder 2 die zusätzlichen strengeren Umgangsvorschriften des Sechsten Abschnittes der GefStoffV. Für künstliche Mineralfasern gilt darüber hinaus der Anhang V Nr. 7 der GefStoffV.

In Konkretisierung der GefStoffV wurden spezielle Schutzmaßnahmen in der TRGS 521 „Faserstäube“ festgelegt. Neben den allgemeinen Umgangsvorschriften für alle Faserstäube (K 1, K 2, K 3) wurden zusätzliche Regelungen für krebserzeugende Faserstäube (K 1, K 2) getroffen. Für spezielle Fasern und ausgewählte Arbeitsbereiche sowie Tätigkeiten wird auf die BG/BIA-Empfehlungen (siehe BIA-Arbeitsmappe) verwiesen.

Der Luftgrenzwert gilt für krebserzeugende Fasern der Kategorien K1, K2 oder K3. Er

gilt nicht für Asbest, Erionit und für solche Arbeitsverfahren, bei denen aufgrund der ausgeübten Tätigkeit auch nach derzeitigem Stand der Technik erfahrungsgemäß mit extrem hohen Faserkonzentrationen gerechnet werden muss. Letzteres betrifft beispielsweise Faserspritzverfahren zur Isolierung und das Entfernen von thermisch belasteten Isolierungen. Zum Schutz des Menschen vor möglichen Gesundheitsgefahren sind für diese Arbeitsverfahren wirksame und geeignete Schutzmaßnahmen – auch in Form von persönlichen Schutzmaßnahmen – zu treffen.

Auf Baustellen gilt der Luftgrenzwert von $250\,000\text{ F/m}^3$ als eingehalten, wenn die Gesamtfaserzahl lichtmikroskopisch nachgewiesen unter $500\,000\text{ F/m}^3$ liegt. Zur Indexberechnung nach TRGS 402 und 403 ist in diesen Fällen das halbierte Messergebnis heranzuziehen.

Die analytische Bestimmung erfolgt nach der Methode BGI 505-31, vormals ZH 1/120.31. In Zweifelsfällen kann zur Quantifizierung und Identifikation das rasterelektronenmikroskopische Verfahren nach BGI 505-46, vormals ZH 1/120.46, eingesetzt werden, bzw. es sind ergänzend die Vorgaben in der BIA-Arbeitsmappe für organische Fasern und Produktfasern einzuhalten.

Bezüglich Asbest wird auf die TRGS 519 verwiesen.

Chemische Einwirkungen

(14) Die Stoffgruppe kann partikel- und dampfförmig auftreten. Der TRK-Wert gilt nicht für Sanierungs- und Abbrucharbeiten sowie unfallartige Ereignisse.

(15) Einer oder mehrere der durch diesen Eintrag erfassten Stoffe sind nach TRGS 905 als krebserzeugend Kategorie 1 oder 2 nach Anhang VI der Richtlinie 67/548/EWG anzusehen. Für diese Stoffe gelten die Vorschriften des Sechsten Abschnittes der GefStoffV.

(16) Kolloidale amorphe Kieselsäure [7631-86-9] einschließlich pyrogener Kieselsäure und im Nassverfahren hergestellter Kieselsäure (Fällungskieselsäure, Kieselgel)

(17) Technische Produkte maßgeblich mit 2-Nitropropan verunreinigt, s. dort

(18) Gilt nur für Rohbaumwolle

(19) Gefahr der Hautresorption für Amin-Formulierung und Ester, nicht jedoch für die Säure

(20) Die Reaktion mit nitrosierenden Agenzien kann zur Bildung von kanzerogenen N-Nitrosaminverbindungen führen.

(21) Nur für Arbeitsplätze ohne Hautkontakt

(22) $0,5 = (\text{Konz. } \alpha\text{-HCH} \text{ dividiert durch } 5) + \text{Konz. } \beta\text{-HCH}$

(23) Die Bewertung bezieht sich nur auf den reinen Stoff: Verunreinigung mit Chlorfluormethan [593-70-4] ändert die Risikobewertung grundlegend.

(24) Quarz (einschließlich Cristobalit und Tridymit) ist beim Menschen als Silikose erzeugender Stoff bekannt. Hierfür wird ein Luftgrenzwert von $0,15 \text{ mg/m}^3$ (alveolengängige Fraktion) angegeben. Neben diesem Luftgrenzwert ist generell der Allgemeine Staubgrenzwert einzuhalten.

Die Wirkung von Quarzstaub (einschließlich Cristobalit, Tridymit) ist ein Langzeiteffekt und hängt maßgeblich von der Staubdosis ab, die durch die über einen längeren Zeitraum einwirkende mittlere Staubkonzentration (alveolengängige Fraktion) bestimmt wird. Deshalb gilt für Quarzstaub bei Feststellung und Dokumentation der individuellen Staubexposition ein Zeitraum von zwei Jahren.

(25) Der Grenzwert bezieht sich auf den Metallgehalt als analytische Berechnungsbasis.

(26) Berechnet als CrO_3 im Gesamtstaub

(27) Die Luftgrenzwerte gelten für die Summe der Konzentrationen der in der TRGS 900 genannten N-Nitrosamine (hier mit s.u. zusammengefasst).

(28) unbesetzt

(29) Summe aus Dampf und Aerosolen

(30) Der Luftgrenzwert für Gussasphaltarbeiten wird vorläufig ausgesetzt. Im Herbst 2002 wird der UA V des AGS erneut über diesen Luftgrenzwert beraten. Neue Messergebnisse zu Gussasphaltarbeiten sind der Geschäftsstelle des AGS bis zum 30. Juni 2002 mitzuteilen. Bei den Fertigerfahrern bzw. Kolonnenführern im Straßenbau werden aufgrund von witterungsbedingten starken Schwankungen im Einzelfall Konzentrationen bis zu 12 mg/m^3 (Stand der Technik) erreicht. Den Aufsichtsbehörden wird empfohlen, in diesen Fällen Messergebnisse beim Fertigerfahrer bzw. Kolonnenführer bis zu 12 mg/m^3 zu tolerieren.

(31) Zum Geltungsbereich und zur Anwendung der Luftgrenzwerte siehe Begründung in TRGS 901, Teil II

(32) Verbindliche Angaben zum Tragen von Atemschutz befinden sich im Begründungspapier.

(33) Aufgrund der Richtlinie 97/42/EG vom 27. Juli 1997 wird der Luftgrenzwert von 8 mg/m^3 ($2,5 \text{ ml/m}^3$) für die genannten Ausnahmereiche spätestens am 27. Juni 2003 auf $3,2 \text{ mg/m}^3$ (1 ml/m^3) abgesenkt.

(34) Der Luftgrenzwert konnte bisher nur als Kurzzeitwert aufgestellt, ein Schichtmittelwert bisher noch nicht abgeleitet werden.

(35) Hinsichtlich der Spitzenbegrenzung gilt folgende Regelung: Kurzzeitwertdauer max. 15 Minuten als Mittelwert, Häufigkeit pro Schicht 4, Zeitabstand mindestens 1 Stunde

(36) unbesetzt

(37) Der Grenzwert schützt vor systemischer Wirkung, die Reizschwelle muss überprüft werden.

(38) bis (49) unbesetzt

(50) Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten einschließlich Messstrategie s. TRGS 519

Hinsichtlich der zu treffenden Maßnahmen gelten folgende Asbestfaserkonzentrationen:

$15\,000 \text{ F/m}^3$
für Arbeiten mit geringer Exposition

$150\,000 \text{ F/m}^3$
für Arbeiten geringen Umfangs
(max. 2 Arbeitnehmer, max. 4 Stunden)

$> 150\,000 \text{ F/m}^3$
für umfangreiche Arbeiten
(alle Schutzmaßnahmen nach GefStoffV)

Aufhebung der Schutzmaßnahmen (Freigabe) bei einer Konzentration von $< 500 \text{ F/m}^3$, obere Poisson-Schranke $< 1000 \text{ F/m}^3$ (Messung nach VDI 3492 Bl. 2). Bei geprüften Verfahren mit geringer Exposition gemäß BGI 664 (vormals ZH 1/511) sind keine Freigabemessungen erforderlich.

(51) Beim Umgang mit diesem Stoff ist eine Arbeitsbereichsanalyse zu erarbeiten, wobei der genannte Konzentrationswert – kein Grenzwert im Sinne der Gefahrstoffverordnung – als Anhalt für die Durchführung gemäß TRGS 402 heranzuziehen ist. Über die Ergebnisse ist der AGS

(bei: Bundesanstalt für Arbeitsschutz,
Postfach 17 02 02, 44061 Dortmund)

umgehend zu informieren. Zur Ableitung und Anwendung dieses Wertes siehe Anhang zur TRGS 901.

1.3 Besondere Stoffgruppen

Folgende Stoffe, Zubereitungen und Verfahren sind nach der GefStoffV als krebserzeugend einzustufen:

(1) Buchenholzstaub oder Eichenholzstaub. Die Vorschriften der §§ 36 bis 38 GefStoffV gelten jedoch nur dann, wenn in einem

Betrieb, Betriebsteil oder Arbeitsbereich, bezogen auf den gesamten jährlichen Holzeinsatz, in erheblichem Umfang Buchen- oder Eichenholz be- oder verarbeitet wird.

(2) Azofarbstoffe mit einer krebserzeugenden Aminkomponente. Zubereitungen von Azofarbstoffen mit krebserzeugender Aminkomponente sind nach § 35 Absatz 3 GefStoffV entsprechend ihrem Gehalt an potenziell durch reduktive Azospaltung freisetzbarem krebserzeugendem Amin und dem Gehalt des Azofarbstoffes in der Zubereitung als krebserzeugend einzustufen.

(3) Pyrolyseprodukte aus organischem Material. Es ist zulässig, als Bezugssubstanz für Pyrolyseprodukte mit krebserzeugenden polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen den Stoff Benzo[a]pyren zu wählen.

(4) Dieselmotoremissionen

(5) Die Herstellung von Auramin

(6) Arbeiten, bei denen Arbeitnehmer Staub, Rauch oder Nebel beim Rösten oder bei der elektrolytischen Raffination von Nickelmatte¹⁾ ausgesetzt sind.

¹⁾ Nickelstein, hergestellt durch Sulfidierung von Ferronickel mit Schwefel

Stoffgruppen, die in der TRGS 905, Abschnitt 2, als krebserzeugend aufgeführt sind

■ Anorganische Faserstäube (außer Asbest)^{1), 2)}

(1) Dieser Abschnitt gilt für Fasern mit einer Länge > 5 µm, einem Durchmesser < 3 µm und einem Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis von > 3:1 (WHO-Fasern). Er gilt für Fasern aus Glas, Stein, Schlacke oder Keramik und die anderen in diesem Abschnitt genannten Fasern (ausgenommen Asbest).

(2) Die Bewertung der glasigen Fasern erfolgt nach den Kategorien für krebserzeugende Stoffe in Anhang I Nr. 1.4.2.1 GefStoffV und auf der Grundlage des Kanzerogenitätsindex K_f , der sich für die jeweils zu bewertende Faser aus der Differenz zwischen der Summe der Massengehalte (in v.H.) der Oxide von Natrium, Kalium, Bor, Calcium, Magnesium, Barium und dem doppelten Massengehalt von Aluminiumoxid ergibt.

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

¹⁾ Zur Einstufung von Asbest und Erionit s. dort

²⁾ Zur Ermittlung des K_f -Wertes s. BIA-Arbeitsmappe 7488

a) Glasige WHO-Fasern mit einem Kanzerogenitätsindex $K_f \leq 30$ werden in die Kategorie 2 eingestuft.

b) Glasige WHO-Fasern mit einem Kanzerogenitätsindex $K_f > 30$ und < 40 werden in die Kategorie 3 eingestuft.

c) Für glasige WHO-Fasern erfolgt keine Einstufung als krebserzeugend, wenn deren Kanzerogenitätsindex $K_f \geq 40$ beträgt.

(3) Die Einstufung der glasigen WHO-Fasern kann auch durch einen Kanzerogenitätsversuch mit intraperitonealer Applikation, vorzugsweise mit Fasern in einer arbeitsplatztypischen Größenverteilung, vorgenommen werden. Dies empfiehlt sich insbesondere für WHO-Fasern mit einem K_f -Index ≥ 25 und < 40 .

□ Wird für glasige WHO-Fasern mit einem Kanzerogenitätsindex $K_f \leq 30$ in einem Kanzerogenitätsversuch mit intraperitonealer Applikation mit einer Dosis von $1 \cdot 10^9$ WHO-Fasern, vorzugsweise mit Fasern in einer arbeitsplatztypischen Größenverteilung, eine krebserzeugende Wirkung beobachtet, erfolgt eine Einstufung in Kategorie 2.

Dagegen erfolgt eine Einstufung in Kategorie 3, wenn in diesem Kanzerogenitätsversuch keine krebserzeugende Wirkung beobachtet wurde.

- Wird für glasige WHO-Fasern mit einem Kanzerogenitätsindex $K_1 > 30$ und < 40 in einem Kanzerogenitätsversuch mit intraperitonealer Applikation mit einer Dosis von $1 \cdot 10^9$ WHO-Fasern, vorzugsweise mit Fasern in einer arbeitsplatztypischen Größenverteilung, eine krebserzeugende Wirkung beobachtet, erfolgt eine Einstufung in Kategorie 2.

Dagegen erfolgt eine Einstufung in Kategorie 3, wenn bei einer Dosis von $1 \cdot 10^9$ WHO-Fasern keine krebserzeugende Wirkung beobachtet wurde.

In diesem Fall empfiehlt es sich, zusätzlich einen Kanzerogenitätsversuch mit intraperitonealer Applikation mit einer Dosis von $5 \cdot 10^9$ WHO-Fasern, vorzugsweise mit Fasern in einer arbeitsplatztypischen Größenverteilung, durchzuführen. Wird bei dieser Dosis eine krebserzeugende Wirkung der Fasern nachgewiesen, wird die Einstufung in Kategorie 3 beibehalten. Dagegen erfolgt keine Einstufung der Fasern, wenn in diesem Kanzerogenitätsversuch keine krebserzeugende Wirkung beobachtet wurde.

- Wird für glasige WHO-Fasern mit einem Kanzerogenitätsindex $K_1 \geq 40$ in einem Kanzerogenitätsversuch mit intraperitonealer Applikation mit einer Dosis von $5 \cdot 10^9$ WHO-Fasern, vorzugsweise mit Fasern in einer arbeitsplatztypischen Grö-

ßenverteilung, eine krebserzeugende Wirkung beobachtet, erfolgt eine Einstufung in Kategorie 3.

Dagegen erfolgt keine Einstufung der Fasern, wenn in diesem Kanzerogenitätsversuch keine krebserzeugende Wirkung beobachtet wurde.

(4) Die Einstufung der glasigen WHO-Fasern kann auch durch Bestimmung der In-vivo-Biobeständigkeit erfolgen. Danach erfolgt eine Einstufung in die Kategorie 3 der krebserzeugenden Stoffe, wenn für glasige WHO-Fasern nach intratrachealer Instillation von $4 \cdot 0,5$ mg Fasern in einer Suspension eine Halbwertszeit von mehr als 40 Tagen ermittelt wurde. Die WHO-Fraktion der instillierten Faserprobe sollte einen mittleren geometrischen Durchmesser von $0,6 \mu\text{m}$ oder mehr aufweisen. Faserproben mit kleinerem Durchmesser können geprüft werden, falls dies mit dem geringeren Durchmesser des Ausgangsmaterials begründet werden kann. Die Halbwertszeit sollte mit der nichtlinearen exponentiellen Regression gemäß ECB/TM 27 rev. 7 berechnet werden. Falls nach den dort genannten Kriterien eine biphasige Eliminationskinetik zur Beschreibung der Retentionsdaten erforderlich ist, ist die Halbwertszeit der langsamen Eliminationsphase zur Bewertung heranzuziehen. Kriterien für die Einstufung in die Kategorie 2 sind noch zu erarbeiten.

(5) Folgende Typen von WHO-Fasern, für die positive Befunde aus Tierversuchen (inhalativ, intratracheal, intrapleural, intraperitoneal) vorliegen, werden in die Kategorie 2 eingestuft:

- ☐ Attapulgit (Palygorskit)
- ☐ Dawsonit
- ☐ Künstliche kristalline Keramikfasern (Whiskers oder Hochleistungskeramikfasern) aus
 - Aluminiumoxid
 - Kaliumtitanaten
 - Siliciumkarbid u.a.

(6) Alle anderen anorganischen Typen von WHO-Fasern werden in die Kategorie 3 eingestuft, wenn die vorliegenden tierexperimentellen Ergebnisse (einschließlich Daten zur Biobeständigkeit) für eine Einstufung in die Kategorie 2 nicht ausreichen. Dies betrifft derzeit folgende:

- ☐ Halloysit
- ☐ Magnesiumoxidsulfat
- ☐ Nemalith

- ☐ Sepiolith
- ☐ anorganische Faserstäube, soweit nicht erwähnt (ausgenommen Gipsfasern und Wollastonitfasern)

■ Krebs erzeugende Arzneistoffe

Von krebserzeugenden Eigenschaften der Kategorien 1 und 2 ist bei Substanzen auszugehen, denen ein genotoxischer therapeutischer Wirkungsmechanismus zugrunde liegt. Erfahrungen in der Therapie mit alkylierenden Zytostatika wie Cyclophosphamid, Ethylenimin, Chlornaphazin sowie mit arsen- und teerhaltigen Salben, die über lange Zeit angewendet worden sind, bestätigen dies insofern, als bei so behandelten Patienten Tumorneubildungen beschrieben worden sind.

■ Passivrauchen am Arbeitsplatz

Passivrauchen wurde nach den Kriterien der GefStoffV in Verbindung mit den dort in Bezug genommenen Richtlinien der EG bewertet, die Begründung ist als Bekanntmachung des AGS zugänglich unter www.baua.de/prax/. Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer am Arbeitsplatz werden durch das Arbeitsschutzgesetz und die Arbeitsstättenverordnung geregelt.

2 Gefahrstoffe in Innenräumen und in der Außenluft

2.1 Einführung und Erläuterungen

Zur Beurteilung der Exposition an Arbeitsplätzen in der Innen- und in der Außenluft, für die weder ein Umgang mit Gefahrstoffen noch eine Tätigkeit im Gefahrenbereich im Sinne der Gefahrstoffverordnung gegeben ist, werden derzeit in der Bundesrepublik Deutschland Werte sehr unterschiedlicher Art und Herkunft herangezogen. Diese Werte sind – anders als die Grenzwerte für Arbeitsplätze – nicht in einer einheitlichen verbindlichen Regel zusammengefasst und haben insbesondere auch keine einheitliche rechtliche Relevanz. So besitzen beispielsweise praktisch alle für Innenräume aufgestellten Werte lediglich den Charakter einer Empfehlung. Die wichtigsten für die Innenluft und für die Außenluft herangezogenen Beurteilungswerte sind:

Beurteilungswerte für die Innenraumluftqualität

Das ehemalige Bundesgesundheitsamt (BGA, jetzt: Bundesamt für Risikobewertung, BfR) hatte für einige ausgewählte Stoffe Werte zur Beurteilung der Luftqualität für solche Innenräume zusammengestellt, in denen nicht mit Gefahrstoffen umgegangen

wird [1]. Die Werte haben unterschiedliche Herkunft und können bis auf Weiteres für die Bewertung herangezogen werden. Es sollte jedoch vermieden werden, für sie den Begriff „Maximale Raumluftkonzentration (MRK)“ zu verwenden. Einerseits ist dieser Begriff nirgends offiziell eingeführt, andererseits assoziiert seine Verwendung die Nähe zu MAK- und MIK-Werten, die einen anderen Grad der Verbindlichkeit besitzen. Die Werte haben ihre Bedeutung überwiegend für den privaten Wohnbereich, wurden jedoch auch für öffentliche Gebäude oder Büroarbeitsplätze herangezogen.

Von der „Kommission Innenraumlufthygiene des Umweltbundesamtes (UBA)“ werden „Richtwerte für die Innenraumluft“ aufgestellt, wobei unterschieden wird zwischen dem Richtwert I (RV I) und dem Richtwert II (RV II) [2]. Die Richtwerte I und II sind wirkungsbezogene, begründete Werte, die sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützen.

Der Richtwert I ist die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der im Rahmen einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Kenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Eine Überschreitung ist mit einer über das

übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden.

Der Richtwert II stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht, da diese geeignet ist, insbesondere für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen eine gesundheitliche Gefährdung darzustellen. Je nach Wirkungsweise des betrachteten Stoffes kann der Richtwert II als Kurzzeitwert (RW II K) oder als Langzeitwert (RW II L) definiert werden.

Aus Vorsorgegründen besteht auch im Konzentrationsbereich zwischen RW I und RW II Handlungsbedarf. Erstmals wurden für Toluol ein RW I von $0,3 \text{ mg/m}^3$ und ein RW II von 3 mg/m^3 vorgeschlagen [3]. Inzwischen wurden Werte für weitere Stoffe abgeleitet und bekannt gemacht (siehe Tabelle 2.2).

EG-Grenzwerte

Der Rat der Europäischen Union hat eine Richtlinie über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Partikeln und Blei in der Luft (Außenluft) erlassen [16]. Die Richtlinie ist im Mai 1999 in Kraft getreten. Sie enthält eine Reihe von Übergangsregelungen, die im Einzelnen in Form von Fußnoten zu den Grenzwerten aufgeführt sind. Die Festlegung der Grenzwerte erfolgte im Hinblick auf die Vermeidung, Verhütung oder Verrin-

gerung schädlicher Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt. In den Anhängen sind unter anderem entsprechende Anforderungen an die Durchführung der Messungen getroffen.

Die Partikelfraktion PM 10 für den Staubgrenzwert ist dabei wie folgt definiert: Im Sinne dieser Richtlinie bezeichnet der Ausdruck „PM 10“ die Partikeln, die einen gröbselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von $10 \mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 Prozent aufweist.

Die Werte für die vorgesehene Absenkung der Partikelgrenzwerte ab dem Jahr 2010 wurden in die Tabelle 2.2 nicht mit aufgenommen, da unter anderem eine zwischenzeitliche Überprüfung der Werte beabsichtigt ist.

Eine neue Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates [17] hat auch einen Zielwert für Ozon zum Schutz der menschlichen Gesundheit von $120 \mu\text{g/m}^3$ festgelegt, der ab dem Jahr 2010 verbindlich wird.

WHO-Luftqualitätsleitlinien (Air Quality Guidelines)

Das Regionalbüro Europa der Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat für eine Reihe wichtiger Gefahrstoffe Luftqualitätsleitlinien

festgelegt [4, 5], die nach der Art ihrer (wirkungsbezogenen) Ableitung sowohl für die Außen- als auch für die Innenraumluft gelten können (eine Ausnahme stellt der Wert für Quecksilber dar, der nur für den Innenbereich abgeleitet wurde). Die Ableitung stützt sich – sofern vorhanden – auf epidemiologische Erkenntnisse und berücksichtigt die toxikologischen Erkenntnisse, wobei zum Schutz empfindlicher Bevölkerungsgruppen Sicherheitsfaktoren eingebracht wurden. Für krebserzeugende Stoffe wurde kein Konzentrationswert angegeben, sondern nur das „unit risk“, das angibt, welches anteilige Krebsrisiko einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zuzuschreiben ist.

TA Luft-Werte

Die Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) benennt folgende Immissionswerte:

IW 1 = Vergleichswert für den arithmetischen Mittelwert aller Einzelwerte eines Jahres (Jahresmittelwert)

IW 2 = Vergleichswert für den 98%-Wert der Summenhäufigkeitsverteilung aller Einzelwerte (1/2-Stundenwert)

Es wird zwischen Immissionswerten zum Schutz vor Gesundheitsgefahren und solchen

zum Schutz vor erheblichen Nachteilen oder erheblichen Belästigungen unterschieden. Die Immissionswerte gelten für Außenluft im Einwirkungsbereich von genehmigungsbedürftigen Anlagen und nur in Verbindung mit den in der TA Luft festgelegten Verfahren zur Ermittlung von Immissionskenngrößen. Sie sind in der Regel auf Beurteilungsflächen von 1 km^2 bezogen.

Immissionswerte der 22. BImSchV

Die 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte) vom 11. September 2002 überführte die in Richtlinien der Kommission der Europäischen Gemeinschaften genannten Grenzwerte für Schwefeldioxid, Schwebstaub, Blei, Benzol, Kohlenmonoxid und Stickstoffdioxid in deutsches Recht. Mit einer Änderungsverordnung wurden auch die Schwellenwerte für Ozon übernommen. Messstationen zur Immissionsüberwachung sind insbesondere an Orten bzw. in Gebieten einzurichten, an denen man die höchsten Luftverunreinigungen erwartet und Personen gefährdet werden können.

Maximale Immissionskonzentrationen (MIK)

Von der „Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (KRdL)“ werden Maximale

Immissionswerte (d.h. Maximale Immissionskonzentrationen – MIK – und Maximale Immissionsraten) erarbeitet [6]. MIK-Werte (und Maximale Immissions-Raten) zielen darauf ab, eine Gesundheitsschädigung des Menschen, insbesondere auch bei Kindern, Alten und Kranken, selbst bei langfristiger Einwirkung zu vermeiden und einen Schutz vor Schädigung von Tieren, Pflanzen und Sachgütern zu gewährleisten. Sie sind rein wirkungsbezogene, wissenschaftlich begründete und aus praktischen Erfahrungen abgeleitete Werte mit medizinischer oder naturwissenschaftlicher Indikation und berücksichtigen nicht die technische Realisierbarkeit.

Wegen des Wirkungsbezuges können sie als Beurteilungsmaßstäbe sowohl für die Außen- als auch für Innenraumluft herangezogen werden.

Für Stoffe, deren karzinogene, kokarzinogene, teratogene oder mutagene Wirkungen gesichert oder wahrscheinlich sind, können, solange wissenschaftlich begründete Wirkschwellen fehlen, keine Maximalen Immissions-Werte festgesetzt werden. Es müssen deshalb alle Möglichkeiten zur Herabsetzung oder Vermeidung dieser Emissionen ausgenutzt werden [6].

2.2 Tabelle der Beurteilungswerte der Gefahrstoffexposition in der Außen- und Innenluft

Gefahrstoff	Beurteilungswert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bezugszeit Mittelungszeit	Herkunft	Bemerkungen
Acrylnitril	s. Text ⁴⁾		WHO	Krebsrisiko ²⁾ Lunge: $2 \cdot 10^{-5}$
Aluminiumfluorid	500	0,5 h	VDI	
	300	24 h	VDI	
	100	1 Jahr	VDI	
Ammoniak	2000	0,5 h	VDI	
	1000	24 h	VDI	
	500	1 Jahr	VDI	
Arsen	s. Text ⁴⁾		WHO	Krebsrisiko, Lunge: $1,5 \cdot 10^{-3}$
Asbest	s. Text ⁴⁾		WHO	Krebsrisiko Lunge: 10^{-6} bis 10^{-5} Krebsrisiko Bauch- und Rippenfell: 10^{-5} bis 10^{-4} ³⁾
Benzol	s. Text ⁴⁾		WHO	Krebsrisiko Blut (Leukämie): $6 \cdot 10^{-6}$
	25	1 Woche	LASI	Interventionswert ¹⁶⁾
Blei	0,5	1 Jahr	EU	Übergangsregelung ¹⁸⁾
	2	1 Jahr ²²⁾	22. BImSchV	
	3	24 Std.	VDI	
	1,5	1 Jahr	VDI	
	0,5	1 Jahr	WHO ¹⁾	
Cadmium	$5 \text{ ng}/\text{m}^3$	1 Jahr	WHO ¹⁾	

Gefahrstoff	Beurteilungswert µg/m ³	Bezugszeit Mittelungszeit	Herkunft	Bemerkungen
Cadmium und anorganische Cadmiumverbindungen (als Cd)	0,04	IW1	TA Luft	
Cadmiumverbindungen	0,05	24 Std.	VDI	
Cadmiumfluorid	1000	0,5 Std.	VDI	
	500	24 Std.	VDI	
	200	1 Jahr	VDI	
Chlor (als Cl)	100	IW1	TA Luft	
	300	IW2	TA Luft	
Chlorwasserstoff	100	IW1	TA Luft	
	200	IW2	TA Luft	
Chrom (VI)	s. Text ⁴⁾		WHO	Krebsrisiko, Lunge: $4 \cdot 10^{-2}$
1,2-Dichlorethan	700	24 Std.	WHO ¹⁾	
Dichlormethan	2 000	24 Std.	UBA	RW II
	200	24 Std.	UBA	RW I
	150 000	0,5 Std.	VDI	
	50 000	24 Std.	VDI	
	20 000	1 Jahr	VDI	
	3 000	24 Std.	WHO ¹⁾	
	450	1 Woche	WHO ¹⁾	

Chemische Einwirkungen

Gefahrstoff	Beurteilungswert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bezugszeit Mittelungszeit	Herkunft	Bemerkungen
Fluorwasserstoff	1 · 7,5 ¹²⁾	24 Std.	VDI	
	0,3 · 2,5	1 Monat	VDI	
	0,2 · 1,2	7 Monate	VDI	
Formaldehyd	0,1 ml/m ³	nicht festgelegt	BGA	
	100	30 Min.	WHO ¹⁾	Leitwert zur Geruchsbelästigung
Kohlenmonoxid	10 000	IW1	TA Luft	
	30 000	IW2	TA Luft	
	50 000	0,5 Std.	VDI	
	10 000	24 Std.	VDI	
	10 000	1 Jahr	VDI	
	100 000 ⁵⁾	15 Min.	WHO ¹⁾	
	60 000	30 Min.	WHO ¹⁾	
	30 000	1 Std.	WHO ¹⁾	
	10 000	8 Std.	WHO ¹⁾	
	6000	0,5 Std.	UBA	RW I
	1 500	8 Std.	UBA	RW I
	60000	0,5 Std.	UBA	RW II
15000	8 Std.	UBA	RW II	
Kryolith (als F berechnet)	500	0,5 Std.	VDI	
	300	24 Std.	VDI	
	100	1 Jahr	VDI	
Lindan	1	nicht festgelegt	BGA	

Gefahrstoff	Beurteilungswert µg/m ³	Bezugszeit Mittelungszeit	Herkunft	Bemerkungen
Mangan	0,15	1 Jahr	WHO ¹⁾	
Natriumfluorid (als F berechnet)	300	0,5 Std.	VDI	
	200	24 Std.	VDI	
	100	1 Jahr	VDI	
Nickel	s. Text ⁴⁾		WHO	Krebsrisiko, Lunge: 4 · 10 ⁻⁴
Ozon	120	8 Std.	EU ²⁾	Gesundheitsschutz
	110	8 Std.	22. BImSchV	Gesundheitsschutz
	180	1 Std.	22. BImSchV	Unterrichtung Bevölkerung
	360	1 Std.	22. BImSchV	Gesundheitsschutz (Auslösung des Warnsystems)
	120	0,5 Std.	VDI	
	120	8 Std.	WHO ¹⁾	
	200	1 Jahr	WHO ¹⁾	Leitwerte zum Schutz der Vegetation
	65	24 Std.	WHO ¹⁾	
	60	1 Vegetations- periode	WHO ¹⁾	
	200	1 Std.	22. BImSchV	Vegetationsschutz
	65	24 Std.	22. BImSchV	Vegetationsschutz
Pentachlorphenol	1	nicht festgelegt	UBA	RW II
	0,1	nicht festgelegt	UBA	RW I
Peroxyacetylnitrat	300	1 Std.	WHO ¹⁾	Leitwerte zum Schutz der Vegetation
	80	8 Std.	WHO ¹⁾	

Chemische Einwirkungen

Gefahrstoff	Beurteilungswert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bezugszeit Mittelungszeit	Herkunft	Bemerkungen
polychlorierte Biphenyle	> 3	nicht festgelegt	BGA	Sanierung empfohlen
	< 0,3	nicht festgelegt	BGA	unbedenklich
polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) ⁽⁶⁾	s. Text ⁴⁾		WHO	Krebsrisiko, Lunge: $9 \cdot 10^{-2}$
Quecksilber	0,35	nicht festgelegt	UBA	RW II
	0,035	nicht festgelegt	UBA	RW I
	1 ⁷⁾	1 Jahr	WHO ¹⁾	
Radon-Zerfallsprodukte ⁸⁾			WHO	Krebsrisiko, Lunge: $0,7 \cdot 10^{-4}$ bis $2,1 \cdot 10^{-4}$ ⁹⁾
Schwefeldioxid	350	1 Std.	EU	Übergangsregelung ^{19a)}
	125	24 Std.	EU	Übergangsregelung ^{19b)}
	80 ¹³⁾	1 Jahr	22. BImSchV	Schwebstaub > 150 mg/m^3
	120 ¹³⁾	1 Jahr	22. BImSchV	Schwebstaub $\leq 150 \text{ mg}/\text{m}^3$
	130 ¹³⁾	Winterperiode	22. BImSchV	Schwebstaub > 200 mg/m^3
	180 ¹³⁾	Winterperiode	22. BImSchV	Schwebstaub $\leq 200 \text{ mg}/\text{m}^3$
	250 ¹⁴⁾	1 Jahr	22. BImSchV	Schwebstaub > 350 mg/m^3
	350 ¹⁴⁾	1 Jahr	22. BImSchV	Schwebstaub $\leq 350 \text{ mg}/\text{m}^3$
	1000	0,5 Std	VDI	
	300	24 Std.	VDI	
	500	10 Min.	WHO ¹⁾	

Gefahrstoff	Beurteilungswert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bezugszeit Mittelungszeit	Herkunft	Bemerkungen
Schwefeldioxid (Fortsetzung)	125	24 Std.	WHO ¹⁾	für kombinierte Exposition SO ₂ /Staub
	50	1 Jahr	WHO ¹⁾	
	30 ¹⁰⁾	1 Jahr	WHO ¹⁾	Leitwerte zum Schutz der Vegetation
	100 ¹⁰⁾	24 Std.	WHO ¹⁾	
Schwefelkohlenstoff	100	24 Std.	WHO ¹⁾	
	20	30 Min.	WHO ¹⁾	Leitwert für Geruchsbelästigung
Schwefelsäure	200	0,5 Std.	VDI	
	100	24 Std.	VDI	
	50	1 Jahr	VDI	
Schwefelwasserstoff	150	24 Std.	WHO ¹⁾	
	7	30 Min.	WHO ¹⁾	Leitwert für Geruchsbelästigung
Staub – Partikel (PM 10) – Schwebstaub (s. auch 2.3.4)	50	24 Std.	EU	Übergangsregelung ^{20a)}
	40	1 Jahr	EU	Übergangsregelung ^{20b)}
	500	0,5 Std.	VDI	
	250	24 Std.	VDI	für Einzeltag
	150	24 Std.	VDI	für aufeinanderfolgende Tage
	75	1 Jahr	VDI	
	150	1 Jahr ²²⁾	22. BImSchV	arithmetisches Mittel aller Tagesmittelwerte
	300	1 Jahr ²²⁾	22. BImSchV	95%-Wert aller Tagesmittelwerte

Chemische Einwirkungen

Gefahrstoff	Beurteilungswert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bezugszeit Mittelungszeit	Herkunft	Bemerkungen
Stickstoffmonoxid	1000	0,5 Std.	VDI	
	500	24 Std.	VDI	
Stickstoffdioxid	350	0,5 Std.	UBA	RW II K
	60	1 Woche	UBA	RW II L
	20	1 Std.	EU	Übergangsregelung ^{17a)}
	40	1 Jahr	EU	Übergangsregelung ^{17b)}
	200	0,5 Std.	VDI	
	100	24 Std.	VDI	
	200 ²³⁾	≥ 1 Std.	22. BImSchV	98%-Wert, berechnet aus den Mittelwerten über 1 Std. oder kürzere Zeiträume
	200	1 Std.	WHO ¹⁾	
	40	1 Jahr	WHO ¹⁾	
	95 ¹¹⁾	4 Std.	WHO ¹⁾	Leitwerte zum Schutz der Vegetation
	30	1 Jahr	WHO ¹⁾	
Styrol	300	nicht festgelegt	UBA	RW II
	30	nicht festgelegt	UBA	RW I
	260	1 Woche	WHO ¹⁾	
	70	30 Min.	WHO ¹⁾	Leitwert für Geruchsbelästigung

Gefahrstoff	Beurteilungswert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bezugszeit Mittelungszeit	Herkunft	Bemerkungen
Tetrachlorethylen (Tetrachlorethen)	0,1 mg/m^3	7 Tage	VDI	
	0,25 mg/m^3	1 Jahr	WHO ¹⁾	
	8 mg/m^3	30 Min.	WHO ¹⁾	Leitwert für Geruchsbelästigung
Tetrahydrofuran	180 000	0,5 Std.	VDI	
	60 000	24 Std.	VDI	
	30 000	1 Jahr	VDI	
Toluol	3 mg/m^3	nicht festgelegt	UBA	RW II
	0,3 mg/m^3	nicht festgelegt	UBA	RW I
	0,26 mg/m^3	1 Woche	WHO ¹⁾	
	1 mg/m^3	30 Min.	WHO ¹⁾	Leitwert für Geruchsbelästigung
Trichlorethylen (Trichlorethen)	16 000	0,5 Std.	VDI	
	5000	24 Std.	VDI	
	2000	1 Jahr	VDI	
	s. Text ⁴⁾		WHO	Krebsrisiko, Lunge: $4,3 \cdot 10^{-7}$
Tris(2-chlorethyl)phosphat	0,05 mg/m^3	nicht festgelegt	UBA	RW II
	0,005 mg/m^3	nicht festgelegt	UBA	RW I
Vanadium	1	24 Std.	WHO ¹⁾	
Vinylchlorid	s. Text ⁴⁾		WHO	Krebsrisiko, Leber und andere Lokalisationen: $1 \cdot 10^{-6}$

Chemische Einwirkungen

Gefahrstoff	Beurteilungswert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bezugszeit Mittelungszeit	Herkunft	Bemerkungen
Zinkverbindungen	100	24 Std.	VDI	
	50	1 Jahr	VDI	

Anmerkungen

- 1) Die für die einzelnen Stoffe festgelegten Leitwerte sollten nur in Verbindung mit den hierzu jeweils vorliegenden wissenschaftlichen Begründungen angewendet werden.
 - 2) Krebsrisiko bei lebenslanger Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 - 3) Risiko bei lebenslanger Exposition gegenüber einer Faserkonzentration von $1000 \text{ Fasern}/\text{m}^3$ (oder $500 \text{ F}/\text{m}^3$, wenn mit optischen Methoden gemessen wurde) und bezogen auf eine Population mit einem Anteil von 30 % Rauchern
 - 4) Krebserzeugender Gefahrstoff
 - 5) Expositionen gegenüber diesen Konzentrationen sollen nicht länger andauern als die angegebenen Zeiten und sich innerhalb von acht Stunden nicht wiederholen.
 - 6) Leitsubstanz Benzo[a]pyren
 - 7) Der Leitwert bezieht sich auf Luftverunreinigungen in Innenräumen. Für die Quecksilberkonzentration in der Außenluft, die via Deposition und Eindringen in die Nahrungskette indirekt von Bedeutung sein kann, wird kein Leitwert angegeben.
 - 8) Exposition: $1 \text{ Bequerel (Bq)}/\text{m}^3 \text{ EER}$ (= equilibrium equivalent radon concentration)
 - 9) Abhilfemaßnahmen in Gebäuden werden empfohlen bei Jahresmittelwerten $> 100 \text{ Bq}/\text{m}^3$
 - 10) Unzureichender Schutz bei extremen klimatischen und topographischen Bedingungen
 - 11) In Gegenwart von Schwefeldioxid (SO_2)- und Ozon (O_3)-Konzentrationen von weniger als $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mittelwert über 1 Jahr) bzw. $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mittelwert über eine Vegetationsperiode)
 - 12) Je nach Empfindlichkeit von Pflanzen
 - 13) Median der Tagesmittelwerte
 - 14) 98%-Wert der Tagesmittelwerte
 - 15) Im Nichtwohnbereich ist bei einer Überschreitung zu sanieren.
 - 16) Die Länder haben im Sinne einer pragmatischen Abschätzung einen Interventionswert von $25 \mu\text{g Benzol}/\text{m}^3$ an Arbeitsplätzen schwangerer Frauen vorgeschlagen [LV 11, Schutz schwangerer Frauen vor Benzolexposition in Verkaufsräumen von Tankstellen und anderen Arbeitsplätzen, Juli 1997]. Wird der Interventionswert nicht eingehalten, sollten folgende Maßnahmen getroffen werden:
 - Belehrung der weiblichen Beschäftigten im gebärfähigen Alter
 - Mitteilung der Schwangerschaft durch die Schwangere an den Arbeitgeber nach § 5 Abs. 1 Mutterschutzgesetz (MuSchG)
 - bei Schwangerschaft der Beschäftigten Maßnahmen nach § 4 Abs. 5 MuSchG in Verbindung mit § 4 Abs. 1 MuSchG und § 5 Abs. 1 Nr. 3 MuSchRIV
- Die Benzolkonzentration im Arbeitsbereich wird mittels Passivsammler über eine Woche bestimmt.
- 17a) 50 % bei In-Kraft-Treten dieser Richtlinie, lineare Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0 % am 1. Januar 2010

- 17b) 50 % bei In-Kraft-Treten dieser Richtlinie, lineare Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach bis auf 0 % am 1. Januar 2010
- 18) 100 % bei In-Kraft-Treten dieser Richtlinie, Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0 % am 1. Januar 2005 oder 1. Januar 2010 in unmittelbarer Nachbarschaft bestimmter punktueller Quellen, die der Kommission mitgeteilt werden müssen
- 19a) 150 µg/m³ (43 %) bei In-Kraft-Treten dieser Richtlinie, lineare Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0 % am 1. Januar 2005
- 19b) keine
- 20a) 50 % bei In-Kraft-Treten dieser Richtlinie, lineare Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0 % am 1. Januar 2005
- 20b) 20 % bei In-Kraft-Treten dieser Richtlinie, lineare Reduzierung am 1. Januar 2001 und alle 12 Monate danach um einen gleichen jährlichen Prozentsatz bis auf 0 % am 1. Januar 2005
- 21) Zielwert für 2010; der Wert darf an höchstens 25 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden, gemittelt über drei Jahre
- 22) gültig bis 31. Dezember 2004
- 23) gültig bis 31. Dezember 2009

2.3 Spezielle Beurteilungswerte und Indikatoren

Zur Beurteilung der Güte der Raumlufqualität können neben den in 2.2 aufgeführten Beurteilungswerten auch nachstehende Größen herangezogen werden:

- flüchtige organische Verbindungen – VOC/TVOC
- Kohlendioxidkonzentration (CO_2)
- Gerüche (z.B. olf, decipol)
- Staubkonzentration

2.3.1 Flüchtige organische Verbindungen

In der Innenraumluf lässt sich eine Vielzahl flüchtiger organischer Substanzen (VOC, Volatile Organic Compounds) nachweisen; ihre Summe wird als TVOC (Total Volatile Organic Compounds) bezeichnet.

Für komplexe Substanzgemische unterschiedlicher chemischer und toxischer Eigenschaften wie die VOC/TVOC lässt sich das für die Ableitung von Innenraumluf-Richtwerten (RW I, RW II) entwickelte Basisschema nicht anwenden, da es für Einzelverbindungen konzipiert wurde. Obwohl gesicherte Dosis-Wirkungs-Beziehungen fehlen und TVOC-Konzentrationen sich nicht als alleiniges Kriterium für eine gesundheitliche Bewertung der Innenraumlufqualität eignen, lassen sich den-

noch anhand der TVOC-Konzentrationen Beeinträchtigungen durch VOC in der Innenraumluf bewerten. So ist beispielsweise eine Zunahme der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reizwirkungen und Geruchswahrnehmungen mit steigender TVOC-Konzentration festzustellen.

Mølhave unterscheidet hauptsächlich aufgrund von Reizwirkungen und Geruchswahrnehmungen folgende Bereiche für die Summe aller VOC/TVOC [7]:

- $< 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Keine Reizwirkung oder Beeinträchtigung des Wohlbefindens
- $200 \dots 3\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Reizung oder Beeinträchtigung des Wohlbefindens möglich, wenn Wechselwirkung mit anderen Expositionsparametern gegeben ist
- $3\,000 \dots 25\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Exposition führt zu einer Wirkung, Kopfschmerzen möglich, wenn Wechselwirkung mit anderen Expositionsparametern gegeben ist
- $> 25\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Kopfschmerzen, weitere neurotoxische Wirkungen außer Kopfschmerzen möglich

Nach der Kommission Innenraumlufhygiene ist ein Aufenthalt in Räumen mit TVOC-Konzentrationen

- zwischen 10 und 25 mg/m³ (10 000 bis 25 000 µg/m³) allenfalls vorübergehend täglich zumutbar [15]. Solche Werte können nach Baumaßnahmen oder in Verbindung mit Renovierungen auftreten. Sie verringern sich meist innerhalb relativ kurzer Zeit, klingen dann aber nur sehr langsam weiter ab.

Auf Dauer soll in längerfristig genutzten Räumen der TVOC-Wert

- 1 bis 3 mg/m³ (1 000 bis 3 000 µg/m³) nicht überschreiten; bei Überschreitung dieses Bereiches ist eine Einzelstoffbetrachtung angezeigt. Bei vorangegangenen Baumaßnahmen gilt dies insbesondere, wenn diese Werte nach ca. 100 bis 140 Tagen noch erreicht werden.

Als Ziel für Innenräume wird ein langzeitiges Mittel von

- 0,2 bis 0,3 mg/m³ (200 bis 300 µg/m³)

angegeben, das nach Möglichkeit sogar zu unterschreiten ist.

Mit der Angabe von Konzentrationsbereichen („hygienischer Vorsorgebereich“) wird sowohl dem begrenzten Wissen über die Wirkungen von VOC-Gemischen als auch der messtechnisch bedingten Unsicherheit Rechnung getragen.

Der in einer früheren Arbeit von *Seifert* [8] vorgeschlagene Zielwert für TVOC von 300 µg/m³ und die Werte für einzelne VOC-Gruppen sollen nicht mehr verwendet werden [15].

Scholz [14] schlägt auf der Basis der Häufigkeitsverteilungen zum Vorkommen von VOC bei Messungen in 458 „Verdachtsräumen“ die in den nachstehenden Tabellen angegebenen Werte als „Zielwerte“ und „Richtwerte“ vor. Als „Zielwerte“ wurden dabei näherungsweise die 50-Perzentilwerte und als „Richtwerte“ entweder die 90er- und 95er-Perzentilwerte oder die doppelten Medianwerte verwendet. Diese Werte sind keine Richtwerte der „Kommission Innenraumlufthygiene des Umweltbundesamtes (UBA)“. Es wird daher betont, dass alle VOC/TVOC-Werte oder -bereiche für die Bewertung nicht als strenge Ziel- oder auch Richtwerte aufzufassen und deshalb mit entsprechender Vorsicht anzuwenden sind. Die Werte können aber z.B. ein geeigneter Indikator sein für die Schadstoffemission und -konzentration oder die Effektivität der Lüftung.

2.3.2 Kohlendioxidkonzentration

Die CO₂-Konzentration in Innenräumen gilt als ein wesentlicher Indikator für eine ausreichende Luftqualität, wenn der Mensch selbst die Hauptemissionsquelle darstellt und andere Geruchsquellen von untergeordneter

Chemische Einwirkungen

Ziel- und Richtwerte für VOC in Innenräumen für Einzelverbindungen nach *Scholz* (Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Einzelverbindung	Zielwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Richtwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Benzol	5	10
Toluol	25	100
α -Pinen	5	100
Δ^3 -Caren	5	50
n-Hexanal	5	25
n-Nonanal	5	15
n-Butanol	10	25
2-Ethylhexanol	5	10
2-Butoxyethanol	5	25
2-Phenoxyethanol	5	25
4-Phenyl-1-cyclohexen	< 1	5
Summe VOC	200	1000
TVOC _{CCT}	200	1000

Ziel- und Richtwerte für VOC in Innenräumen für Substanzgruppen nach *Scholz* (Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Substanzgruppe	Zielwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Richtwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Alkane und Alkene	50	200
Aromaten	50	200
Terpene/Sesquiterpene	20	200
Chlorierte Kohlenwasserstoffe	10	50
Ester und Ketone	10	100
Aldehyde C ₅ - C ₁₀	20	50
Alkohole	20	50
Ethylenglykole/-ether	20	50
Propylenglykole/-ether	10	50
sonstige	20	50

Bedeutung sind. Die CO₂-Konzentration ist in diesem Zusammenhang auch ein Maß für die Effektivität der Raumlüftung. Als Richtwert gilt allgemein, dass eine Konzentration von

0,1 Volumen-% CO₂
(1000 ppm bzw. 1800 mg/m³)

(Bettenkofermaßstab; siehe z.B. [10]) nicht überschritten werden sollte. Während im Bundesgesundheitsblatt Nr. 3 (1993) die Einhaltung eines Wertes von 1500 ppm empfohlen wird, nennen andere Quellen

[11, 12] Werte zwischen 700 und 800 ppm, da ab dieser Konzentration schon Klagen über eine unzureichende Raumluftqualität auftreten können.

Voraussetzung ist neben der Abwesenheit weiterer innerer CO₂-Quellen, wozu auch Raucher zählen, dass die Konzentration in der Außenluft 350 bis 400 ppm nicht überschreitet. Bei höherer Außenluftkonzentration sollte diese in die Bewertung mit einbezogen werden (im Allgemeinen ist die Differenz zwischen Innen- und Außenluft entscheidend).

Zur Sicherung einer ausreichenden Innenluftqualität sollte die CO₂-Konzentration in der Regel

1000 ppm

nicht überschreiten. Die Werte von 700 bis 1500 ppm können als „Interpretationsbereich“ angesehen werden.

2.3.3 Gerüche

Gerüche sind häufig die Ursache für Klagen über eine unzureichende Raumluftqualität. Es gibt deshalb eine Reihe von Ansätzen zur Beurteilung auf der Basis von Gerüchen, wobei insbesondere das olf-decipoI-Konzept von *Fanger* [13] zu nennen ist. Obwohl dieses Konzept für die Beurteilung der Raumluftqualität als zukunftssträftig angesehen wird, erfolgen vorerst keine Angaben hierzu, da sich das Verfahren in der Praxis bisher nicht durchsetzen konnte.

2.3.4 Staub

Stäube zählen zu den relevanten Schadstoffen in Innenräumen. Von Ausnahmen abgesehen haben Stäube keine schädigende oder belästigende Wirkung, wenn die Innenraumluftkonzentration in der Größenordnung der Außenluftkonzentration liegt. Daneben

können Stäube jedoch auch Einzelstoffe mit gefährlichen Eigenschaften (z.B toxisch oder krebserzeugend) enthalten, es liegen aber nur in wenigen Fällen hierzu Beurteilungswerte vor.

Ausgehend von der Arbeitsstättenrichtlinie, die ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft in Arbeitsräumen dann als vorhanden betrachtet, wenn die Luftqualität im Wesentlichen der Außenluftqualität entspricht, bedeutet dies, dass die Staubkonzentration nicht höher als der EG-Staubgrenzwert [16] für die Luft der Troposphäre (siehe Tabelle 2.2) von

50 µg/m³ (0,05 mg/m³)

sein sollte.

Dabei ist dieser Wert für die Außenluft in der Regel auf die PM-10-Messung (siehe Abschnitt 2.1 „EG-Grenzwerte“) bezogen, die der thoraxgängigen Fraktion für die Beurteilung von Expositionen am Arbeitsplatz am Nächsten kommt. Für Arbeitsplätze in Innenräumen wird die Messung der einatembaren Staubfraktion vorgeschlagen, womit das Messergebnis auf der sicheren Seite liegen würde. Aufgrund der in der Umwelt vorzufindenden Korngrößenbereiche kann das Verhältnis von einatembarem Staub zu „PM-10-Staub“ zwischen eins und Faktor zwei und höher schwanken. Der oben genannte

Beurteilungsansatz sollte im Sinne eines Indikators, z.B. bezüglich möglicher irritativer Wirkungen, angesehen werden.

Ein Spezialfall der Stäube sind Faserstäube. Hierzu existieren zurzeit allerdings keine validierten Beurteilungswerte.

2.4 Typische Konzentrationen einiger organischer Stoffe in Innenräumen

In Innenräumen kann eine Vielzahl von unterschiedlichen Verbindungen auftreten; insbesondere bei den so genannten VOCs (volatile organic compounds) und SVOCs (semi-volatile organic compounds) ist die Bandbreite der möglichen Stoffe sehr groß. Das ehemalige Bundesgesundheitsamt hat aus diesem Grund im Jahr 1993 eine umfang-

reiche Übersichtstabelle veröffentlicht, die zeigen soll, welche Verbindungen vorkommen können und in welchem Konzentrationsbereich sie auftreten.

Die vom Bundesgesundheitsamt im Bundesgesundheitsblatt 3/93 veröffentlichten Werte sind in der folgenden Tabelle aufgeführt [1].

Zusammenfassung der bei Messungen in 479 Wohnräumen ermittelten Verteilung der Konzentration von VOC/SVOC in der Innenraumluft (Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (alle angegebenen Summenwerte sind aus der Häufigkeitsverteilung für die 479 Einzelanalysen entnommen und deshalb nicht mit den Ergebnissen der Addition der Werte der zugehörigen Einzelverbindungen identisch):

Verbindung	10	50	90	95	98	Max	GM	AM
Summe n-Alkane	27,0	49,0	135,0	193	288	498	54,0	70,0
n-Hexan	4,1	7,4	15,0	22	32	144	7,8	9,5
n-Heptan	3,1	5,1	12,0	26	45	168	6,0	8,5
n-Octan	1,7	3,1	8,7	15	32	92	4,0	5,1
n-Nonan	2,2	5,0	18,0	31	68	140	5,8	9,4
n-Decan	3,3	8,3	31,0	52	86	239	8,9	15,0
n-Undecan	2,8	6,0	22,0	28	52	115	6,8	10,0
n-Dodecan	1,7	4,0	12,0	17	28	72	4,3	6,0
n-Tridecan	1,5	4,9	9,4	22	29	79	4,7	6,4
Summe Isoalkane	13,0	24,0	54,0	80,0	110	293	26,0	32,0
Summe Isohexane	4,8	8,7	16,0	22,0	34	195	8,8	11,0
Summe Isoheptane	3,4	7,2	16,0	23,0	53,0	242,0	7,4	10,0
Summe Isooctane	1,0	3,3	11,0	19,0	30,0	125,0	3,6	5,9
Summe Isononane	0,7	3,4	9,7	18,0	32	58	3,3	5,3
Summe Cycloalkane	6,1	13,6	30,0	43,0	79	667	14,0	19,0
Methylcyclopentan	1,2	2,4	5,0	7,4	13	50	2,5	3,2
Cyclohexan	1,0	5,9	12,0	18,0	27	597	4,9	8,0
Methylcyclohexan	1,8	4,4	11,0	23,0	51	244	4,8	7,8
Summe Aromaten	61	135	289	369	541	1 770	134	166
Summe C8-Aromaten	15	29	65	101	152	439	31	39
Summe C9-Aromaten	11	24	61	92	160	926	25	35
Benzol	1,5	7,2	17,0	22,0	31,0	90	6,2	9,0
Toluol	27,0	62,0	128,0	190,0	254,0	1 710	51,0	78,0
Ethylbenzol	3,9	7,4	16,0	25,0	42,0	161	8,0	10,0
m-/p-Xylol	8,8	16,0	37,0	57,0	88,0	304	18,0	22,0
Iso-/n-Propylbenzol	0,7	3,5	9,1	13,0	18,0	89	3,2	4,6
Styrol	0,7	0,7	3,8	5,9	12,0	41	1,2	2,0
2-Ethyltoluol	1,3	2,4	6,8	12,0	18,0	103	2,8	4,0
3-/4-Ethyltoluol	2,9	5,8	16,0	24,0	40,0	229	6,4	8,9
1,2,3-Trimethylbenzol	1,0	2,4	6,3	9,0	13,0	83	2,4	3,4
1,2,4-Trimethylbenzol	3,0	6,3	18,0	27,0	44,0	312	6,8	10,0
1,3,5-Trimethylbenzol	1,2	2,3	6,8	11,0	17,0	111	2,6	4,0
Naphthalin	0,7	2,2	3,9	4,9	5,9	14	2,0	2,4
Summe chlorierte Kohlenwasserstoffe	8,7	19,0	61	119	238	1 630	22,0	42,0
1,1,1-Trichlorethan	1,9	4,7	15	26	45	264	5,0	8,0
Trichlorethen	1,1	3,6	11	20	81	1 200	3,8	11,0
Tetrachlorethen	1,8	4,5	14	27	71	807	5,0	12,0
1,4-Dichlorbenzol	0,7	2,4	11	23	59	1 260	2,5	11,0

Chemische Einwirkungen

Verbindung	10	50	90	95	98	Max	GM	AM
Summe Terpene	8,8	27,0	90,0	133,0	177,0	362	28,0	41,0
Alpha-Pinen	2,6	6,8	18,0	27,0	56,0	250	6,8	10,0
Beta-Pinen	0,7	0,7	2,7	4,3	6,4	14	1,0	1,3
Alpha-Terpinen	0,7	3,5	9,1	12,0	14,0	37	3,2	4,4
Limonen	2,2	13,0	53,0	103,0	141,0	315	12,0	25,0
Summe Carbonyle	9,2	19,0	44,0	81,0	103,0	347,0	20,0	26,0
Ethylacetat	2,9	6,2	17,0	28,0	69,0	204,0	6,6	10,0
n-Butylacetat	0,7	3,2	12,0	19,0	50,0	142,0	3,3	6,2
Isobutylacetat	0,7	1,0	3,4	5,9	10,0	33,0	1,2	1,8
Methylethylketon	0,7	4,6	11,0	13,0	15,0	25,0	3,3	5,1
4-Methyl-2-pentanon	0,7	0,7	1,3	2,5	3,4	7,5	0,8	0,9
Hexanal	0,7	0,7	3,0	4,3	6,7	11,0	1,1	1,5
Summe Alkohole	2,8	4,7	11,0	14,0	17,0	56	5,2	6,1
n-Butanol	0,7	0,7	2,7	4,1	7,1	19	1,0	1,3
Isobutanol	0,7	1,2	5,4	7,1	10,0	33	1,5	2,3
Isoamylalkohol	0,7	0,7	1,5	2,3	4,5	12	0,9	1,0
2-Ethylhexanol	0,7	0,7	2,6	4,0	6,7	10	1,1	1,4
Summe aller VOC	172	329	705	928	1 320	2 660	336	401

1. Spalte (»10«): 10. Perzentil der Verteilung
(10 % aller Fälle liegen unterhalb des angegebenen Wertes, 90 % darüber)
2. Spalte (»50«): 50. Perzentil (Median) der Verteilung
3. Spalte (»90«): 90. Perzentil der Verteilung
4. Spalte (»95«): 95. Perzentil der Verteilung
5. Spalte (»98«): 98. Perzentil der Verteilung
6. Spalte (»Max.«): In der Stichprobe gemessener Maximalwert
7. Spalte (»GM«): Geometrischer Mittelwert der Verteilung
8. Spalte (»AM«): Arithmetischer Mittelwert der Verteilung

Es wird darauf verwiesen, dass das VOC-Spektrum sich seit Veröffentlichung der Werte so verändert hat, dass diese Werte zur Beurteilung nur noch bedingt herangezogen werden können [15].

Neuere Untersuchungen der Gesellschaft für Umweltchemie mbH (GfU) in „Verdachtsräumen“ [14] stellen zwar keinen repräsentativen Querschnitt der VOC-Belastung in üblichen Innenräumen dar, zeigen jedoch,

dass die summarischen VOC-Belastungen in vergleichbarer Größenordnung liegen wie die Werte vom Umweltbundesamt.

Bei tendenziell erhöhtem 95%-Wert wird einerseits ein Rückgang für bestimmte Substanzgruppen und andererseits eine Zunahme einiger schwerflüchtiger Substanzen sichtbar. Die Ergebnisse der GfU-Messungen sind in der nachstehenden Tabelle angegeben.

Substanz	50 % µg/m ³	95 % µg/m ³
Aromaten	61,0	326,0
Benzol	3,6	11,5
Toluol	21,0	156,0
Ethylbenzol	3,4	19,3
m-+p-Xylol	9,0	53,0
o-Xylol	3,0	17,0
Styrol	<	13,0
2-Ethyltoluol	<	7,3
3-Ethyltoluol	2,3	18,0
4-Ethyltoluol	0,8	9,3
1,3,5-Trimethylbenzol	1,1	9,9

Chemische Einwirkungen

Substanz	50 % µg/m ³	95 % µg/m ³
Aromaten (Fortsetzung)	61,0	326,0
1,2,4-Trimethylbenzol	3,9	30,0
1,2,3-Trimethylbenzol	<	6,5
n-Propylbenzol	<	6,8
iso-Propylbenzol	<	3,5
p-Cymol	<	6,7
n-Butylbenzol	<	2,6
Durol	<	2,0
Phenol	<	4,6
Alkane, Alicyclen	33,0	260,0
Methylcyclopentan	<	6,0
Cyclohexan	2,7	21,0
Methylcyclohexan	1,4	18,9
n-Hexan	<	11,2
n-Heptan	2,5	20,0
n-Octan	1,3	8,9
n-Nonan	1,2	22,0
n-Decan	2,8	39,0
n-Undecan	3,0	38,0
n-Dodecan	2,3	22,0
n-Tridecan	1,6	13,0
n-Tetradecan	1,9	9,4
n-Pentadecan	1,2	5,6

Substanz	50 % µg/m ³	95 % µg/m ³
Alkane, Alicyclen	33,0	260,0
n-Hexadecan	<	3,8
2,2,4,4,6-PMH	<	7,8
2,2,4,4,6,8,8-HMN	<	22,0
Alkene	1	18,0
trimeres	<	17,0
Terpene	24,0	264,0
α-Pinen	6,0	118,0
β-Pinen	1,2	18,5
Camphen	<	4,7
Δ ³ -Caren	1,7	50,0
Eucalyptol	<	9,3
Limonen	7,5	95,0
Campher	<	2,5
Sesquiterpene	<	9,0
Longifolen	<	7,4
CKW	<	22,0
PER (Tetrachlorethen)	<	4,7
Trichlorethen	<	2,2
1,1,1-Trichlorethan	<	9,9
Ester	4,2	155
Ethylacetat	<	55
n-Butylacetat	<	57,0

Chemische Einwirkungen

Substanz	50 % µg/m ³	95 % µg/m ³
Ester (Fortsetzung)	4,2	155
iso-Butylacetat	<	3,9
Texanol-1	<	2,6
Texanol-3	<	3,3
TXIB	<	4,0
EGMBA	<	1,9
DEGMBA	<	21,0
1,2-PGMMA	<	12,6
Ketone	<	33,0
Methylethylketon	<	7,1
MIBK	<	10,8
2-Hexanon	<	0,7
2-Heptanon	<	3,2
Aldehyde	20,0	163,0
n-Pentanal	<	33,3
n-Hexanal	3,1	64,4
n-Heptanal	<	6,9
n-Octanal	<	13,4
n-Nonanal	4,3	24,0
n-Decanal	<	9,6
Alkohole	19,0	94,0
Isobutanol	2,6	34,0
1-Butanol	13,7	66,0
2-Ethylhexanol	2,6	11,8
EGMB	<	110,0

Substanz	50 % µg/m ³	95 % µg/m ³
Ethylenglykole/-ether	14,0	400,0
DEGMM	<	48,0
DEGMB	<	35,0
EGMP	<	193,0
Propylenglykole/-ether	<	49,0
1,2-PGMM	<	21,0
1,2-PG	<	26,0
1,2-PGMB	<	6,4
1,2-PGMP	<	0,5
sonstige	<	33,0
D3	<	8,3
D4	<	22,0
D5	<	13,7
Summe VOC	219	1545,0
TVOC	210	1490,0

PMH = Pentamethylheptan
 HMN = Heptamethylnonan
 TXIB = 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol-diisobutyrat
 MIBK = Methylisobutylketon
 D3 = Hexamethyltricyclosiloxan
 D4 = Octamethyltetracyclosiloxan
 D5 = Decamethylpentacyclosiloxan
 4-PCH = 4-Phenyl-1-cyclohexen
 4-VCH = 4-Vinylcyclohexen
 EGMB = 2-Butoxyethanol
 EGMP = 2-Phenoxyethanol
 EGMEA = Methylglykolacetat, EGMEA = Ethylglykolacetat

Chemische Einwirkungen

In der so genannten „ProKlimA“-Studie [18] werden neben den TVOC's auch weitere relevante Schadstoffkonzentrationen in Innenräumen ausgewiesen, die aufgrund des Stu-

diendesigns zur Bewertung der Luftqualität mit herangezogen werden können. Die nachstehende Tabelle zeigt einige ausgewählte Werte.

Substanz	Einheit	Mittelwert	Standardabweichung
TVOC	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	380	367
Formaldehyd	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	9,2	9,4
Kohlendioxid	ppm	639	273
Kohlenmonoxid	ppm	0,87	0,75
Ozon	ppb	8,6	11,6

2.5 Literatur

[1] Bekanntmachung des Bundesgesundheitsamtes: Bewertung der Luftqualität in Innenräumen. Bundesgesundheitsblatt 3 (1993), 117 - 118

[2] Richtwerte für die Innenraumluft: Basischema. Bundesgesundheitsblatt 11 (1996), 422 - 426

[3] *Sagunski, H.*: Richtwerte für die Innenraumluft: Toluol. Bundesgesundheitsblatt 11 (1996), 416 - 421

[4] World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen: Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition, 1999

[5] *Lahmann, E.*: Luftqualitätsleitlinien der Weltgesundheitsorganisation. Bundesgesundheitsblatt 31 (1988), 403 - 404

[6] Verein Deutscher Ingenieure: Maximale Immissions-Werte. VDI-Richtlinie 2310 und einzelne Blätter dieser Richtlinienreihe, Beuth Verlag, Berlin

[7] *Mølhøve, L.*: Volatile Organic Compounds, Indoor Air Quality and Health. Indoor air 1, 357 - 376 (1991)

[8] *Seifert, B.*: Regulating indoor air. Indoor Air (1990). Vol. 5, S. 35 - 49

[9] *Wolkoff, P.*: Indoor Air. Supplement No 2/95, Munksgaard: 1995

[10] *Witthauer u.a.* (1993): Raumluftqualität. Karlsruhe: Verlag C.F. Müller 1993

[11] *Phoon, W.O., et al.*: Building-Related Health Problems: A System of Study Method. Indoor Environ 1995, Vol. 4, S. 204 - 226

[12] OSHA (1994): 29 CFR Part 1915, 1926, 1928: Indoor Air Quality Department of Labor; Occupational Safety and Health Administration. Federal Register, Vol 99, No 65

[13] *Fanger et al.*: Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings. Office for Publications of the EC, Luxembourg: 1992

[14] *Scholz, H.*: Vorkommen ausgewählter VOC in Innenräumen und deren Bewertung. In: Gebäudestandard 2000: Energie und Raumluftqualität. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V., Springe-Eldagsen: 1998

[15] *Seifert, B.*: Richtwerte für die Innenraumluft. Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert). Bundesgesundheitsbl. – Gesundheitsforsch. – Gesundheitsschutz (1999), Nr. 42, S. 270-278, Springer Verlag

[16] Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L163, S. 41

Chemische Einwirkungen

[17] Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 67 vom 9. März 2002 S. 14-30

[18] ProKlima-Forschungsinstitut „Positive und negative Auswirkungen raumluftechnischer Anlagen auf Gesundheit, Befindlichkeit und Leistungsfähigkeit“, Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart (in Vorbereitung)

1 Einführung und Erläuterungen

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

Die EG-Richtlinie 90/679/EWG des Rates vom 26. November 1990 über den „Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit“ [1] wurde in Verbindung mit dem Arbeitsschutzgesetz national in Form einer Verordnung umgesetzt. Diese Biostoffverordnung (BioStoffV) vom 27. Januar 1999 trat am 1. April 1999 in Kraft. Der Arbeitgeber ist gemäß dieser Verordnung verpflichtet, für jede berufliche Tätigkeit, bei der eine Exposition gegenüber biologischen Agenzien erfolgen kann, eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen, um die Risiken für die Arbeitnehmer abzuschätzen und ggf. Schutzmaßnahmen festlegen zu können.

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

1. Biologische Arbeitsstoffe der Gruppe 1 sind solche, bei denen es unwahrscheinlich ist, dass sie beim Menschen eine Krankheit hervorrufen.

2. Biologische Arbeitsstoffe der Gruppe 2 sind solche, die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine Gefahr für Arbeitnehmer darstellen könnten; eine Verbreitung des Agens in der Bevölkerung ist unwahrscheinlich; eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich.
3. Biologische Arbeitsstoffe der Gruppe 3 sind solche, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für Arbeitnehmer darstellen können, die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung kann bestehen, doch ist normalerweise eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung möglich.
4. Biologische Arbeitsstoffe der Gruppe 4 sind solche, die eine schwere Krankheit beim Menschen hervorrufen und eine ernste Gefahr für Arbeitnehmer darstellen; die Gefahr einer Verbreitung in der Bevölkerung ist unter Umständen groß; normalerweise ist eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung nicht möglich.

Eine erste Liste mit Einstufungsvorschlägen von biologischen Arbeitsstoffen in die Gefährdungsgruppen 2, 3 und 4 wurde vom Rat der EG herausgegeben [2] und in weiteren Richtlinien dem aktuellen Stand angepasst [3, 4, 5]. Für die Einstufung biologischer Arbeitsstoffe in die Risikogruppen 2 bis 4 gilt

Biologische Einwirkungen

nach § 4 der BioStoffV der Anhang III der Richtlinie 90/679/EWG [1] in Verbindung mit Anhang I der Änderungsrichtlinie 93/88/EG [2] und ihren Anpassungsrichtlinien [3, 4, 5]. Für die Zuordnung von biologischen Arbeitsstoffen zu Risikogruppen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung stehen weiterhin folgende Quellen zur Verfügung:

1. die Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 460 „Einstufung von Pilzen in Risikogruppen“ [6] und TRBA 462 „Einstufung von Viren in Risikogruppen“ [7, 8]
2. die Merkblätter „Sichere Biotechnologie“ der BG Chemie [9]
3. die Einstufungsliste der Zentralen Kommission für die Biologische Sicherheit (ZKBS) [10]

Grenzwerte für biologische Agenzien in der Luft am Arbeitsplatz liegen zurzeit nicht vor, weder auf europäischer noch auf nationaler Ebene.

Für Rohbaumwollstaub und Holzstaub, die ebenfalls biologischen Ursprungs sind, existieren dagegen über das Regelwerk für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz (TRGS 900 — Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz) — technisch bzw. toxikologisch begründete Grenzwerte als Technische Richtkonzentra-

tion (TRK) bzw. Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK). Daneben liegen toxikologisch begründete MAK für einige chemische Verbindungen vor, die auch von Bakterien und Pilzen in größeren Mengen freigesetzt werden können wie z.B. Schwefelwasserstoff (H_2S), Ammoniak (NH_3), Kohlendioxid (CO_2) oder Acrolein.

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

Dem Schutz des Verbrauchers dienen Grenzwerte für den Keimgehalt von Trinkwasser, Badewasser und Lebensmitteln. All diesen Grenzwerten ist gemeinsam, dass sie ursächlich nicht für den Arbeitsschutz konzipiert wurden und höchstens indirekt für diesen Bereich bedeutsam sind.

Für die Beurteilung mikrobieller Arbeitsplatzbelastungen lassen sich folgende Parameter heranziehen:

- a) Gesamtzahl der anzüchtbaren und auszählbaren Bioaerosole (z.B. Schimmelpilze allgemein, ohne Artendifferenzierung)

- b) spezifische anzüchtbare oder auszählbare Bioaerosole im Sinne von Leitkeimen wie z.B. *Aspergillus fumigatus* in Kompostieranlagen
- c) spezifische infektiöse Bioaerosole (z.B. *Legionella pneumophila*, *Mycobacterium tuberculosis*)
- d) Zellwandbestandteile und Bestandteile von biologischen Partikeln (z.B. Endotoxine, β 1 \rightarrow 3 Glucane u.a. Allergene)

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

Bei speziellen Fragestellungen (z.B. Auslösung bestimmter Infektionskrankheiten, Vor-

liegen von Allergien gegen bestimmte Schimmelpilzarten) empfiehlt sich weiterhin die gezielte Untersuchung einzelner Organismenarten bzw. die Bestimmung der Artenspektren der jeweils vorhandenen Mikroorganismen.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) hat im Rahmen der Umsetzung der EU-Richtlinie 90/679/EWG einen Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS) eingerichtet. Eine der Hauptaufgaben des Arbeitskreises (AK) „Arbeitsplatzbewertung“ im Unterausschuss (UA) 1 „Grundsatz- und Anwendungsfragen“ des ABAS bestand in der Erarbeitung standardisierter Messverfahren für biologische Agenzien am Arbeitsplatz sowie in der Festlegung der zugehörigen Messstrategie. Ziel dieser Vorgehensweise war es, eine einheitliche Beurteilung von Arbeitsbereichen hinsichtlich der mikrobiellen Belastung sicherzustellen. Solchermaßen gewonnene, vergleichbare Daten sollten später beispielsweise zur Ableitung von Technischen Kontrollwerten für bestimmte Arbeitsbereiche herangezogen werden können.

Bisher wurden Verfahren zur Schimmelpilz-, Bakterien- und Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz erarbeitet. Diese Messverfahren wurden in der BIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“ veröffentlicht bzw. zur Erprobung ausgeschrieben [11].

Zur Validierung des Verfahrens zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz wurden unter Federführung des BIA zwei Ringversuche mit realen Proben sowie mit in einem Staubkanal unter definierten Bedingungen beaufschlagten Probenträgern durchgeführt [12, 13]. Sowohl die Messstrategie-Basisregel als auch das Messverfahren zur Schimmelpilzbestimmung wurden vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung im Bundesarbeitsblatt als Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe veröffentlicht [14, 15]. Der Arbeitskreis „Arbeitsplatzbewertung“ berät das BMWA weiterhin in Fragen zur Stellungnahme zu in anderen europäischen Ländern bestehenden Richtwerten für Bioaerosole (z.B. Endotoxin-Richtwert in den Niederlanden) und zur Ableitung von Technischen Kontrollwerten.

2 Kontrollwertkonzept

Dieses Kapitel beschreibt das Kontrollwertkonzept für biologische Arbeitsstoffe, das im AK „Arbeitsplatzbewertung“ im UA 1 des ABAS erarbeitet und mit Beschluss des ABAS vom September 2000 in die Neufassung der TRBA 405 übernommen wurde.

Nach §§ 5, 6 und 7 der Biostoffverordnung (BioStoffV) [16] ist der Arbeitgeber verpflichtet, bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen anhand von Informationen zu Art, Ausmaß und Dauer der Exposition von Arbeit-

nehmern gegenüber diesen Agenzien eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Auf der Grundlage dieser Beurteilung soll anschließend die Zuordnung der Tätigkeiten zu einer bestimmten Schutzstufe bzw. die Festlegung von Schutzmaßnahmen erfolgen. Eine Verpflichtung zur Durchführung von Messungen biologischer Agenzien ist damit laut BioStoffV nicht verbunden. Lediglich in Einzelfällen wie z.B. bei der Einführung neuer Arbeitsverfahren oder wenn eine mögliche Kontamination eines Arbeitsplatzes untersucht werden soll, kann es erforderlich sein, die mikrobielle Belastung der Luft am Arbeitsplatz zu bestimmen.

Technischer Kontrollwert (TKW)

Ein Technischer Kontrollwert legt die Konzentration biologischer Arbeitsstoffe in der Luft für einen Arbeitsbereich, ggf. auch für ein bestimmtes Verfahren oder einen bestimmten Anlagentyp fest, die grundsätzlich nach dem Stand der Technik erreicht werden kann. Solch ein Wert dient der Beurteilung von Schutzmaßnahmen und wird vom ABAS festgelegt. Er kann als Summenwert oder bezogen auf Mikroorganismengruppen definiert werden. Ein TKW ist an die jeweils dafür festgelegte Messstrategie gebunden.

Für die Festlegung der Höhe der TKW sind maßgebend:

- ❑ der derzeitige Stand der technischen Maßnahmen; bei unterschiedlichen Verfahren können auch unterschiedliche TKW bzgl. der gleichen biologischen Parameter festgelegt werden
- ❑ die Berücksichtigung vorliegender arbeitsmedizinischer, toxikologischer und epidemiologischer Erfahrungen

Technische Kontrollwerte liefern keine Aussagen zu Korrelationen zwischen Expositionen und damit verbundenen möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Beschäftigten. Da für die durch den TKW erfassten biologischen Arbeitsstoffe in der Regel keine Wirkungsschwelle ermittelt werden kann und auch bei Einhaltung der TKW eine Beeinträchtigung der Gesundheit nicht auszuschließen ist, sind fortgesetzte Verbesserungen der Arbeitsverfahren und der technischen Schutzmaßnahmen notwendig. Es gilt das Minimierungsgebot nach § 10 Abs. 6 BioStoffV. TKW werden vom ABAS fortlaufend an den Stand der technischen Entwicklung der analytischen Möglichkeiten sowie der Überprüfung nach dem Stand der Wirkungsforschung angepasst.

Messstrategie/Messverfahren

Für biologische Arbeitsstoffe an Arbeitsplätzen gibt es verschiedene Quellen.

Im Rahmen der Ermittlungen zu biologischen Arbeitsstoffen können zahlreiche Informationen zur potenziellen Quelle, zur Art des emittierten biologischen Agens sowie den daraus folgenden Charakteristika und zu den Umgebungsbedingungen (z.B. Temperatur, Feuchte) anfallen.

Grundsätzlich obliegt es dem Unternehmer, eine Gefährdungsbeurteilung gemäß den Vorgaben des Arbeitsschutzgesetzes durchzuführen. Hierbei soll z.B. durch die TRBA 400 – Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung – Hilfestellung geleistet werden [17].

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

Besteht aus einem der im zweiten Abschnitt des Kapitels „Kontrollwertkonzept“ genannten Gründe ein Messbedarf, so ist grundsätzlich auf die für die Messung von Mikroorganismen in der Luft ausgelegte Messstrategie TRBA 405 „Anwendung von Messverfahren

für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe“ zurückzugreifen [14]. Bei der Messplanung sind dabei in Konkretisierung ggf. vorhandener spezifischer Schutzkonzepte Messparameter, Messverfahren, Messorte, Messdauer sowie die Anzahl der zu beaufschlagenden Probenträger festzulegen. Bei der Messung der mikrobiellen Belastung in der Luft in Arbeitsbereichen ist auf die vom ABAS erarbeiteten, einschlägig empfohlenen und als TRBA veröffentlichten Messverfahren zurückzugreifen, vorbehaltlich den ggf. in spezifischen Papieren gemachten Konkretisierungen derselben. Erkenntnisse und Ergebnisse aus der Validierung der Messverfahren und damit verbundene aktuelle Verfahrensanpassungen sollten dabei berücksichtigt werden [z.B. 12, 13, 18]. In den Beschreibungen der von den örtlichen Gegebenheiten unabhängigen Messverfahren werden dem Benutzer Hinweise zur Durchführung, z.B. auch bzgl. der maximalen Messdauer, gegeben.

Zusätzlich zu den Luftmessungen können bei mikrobiologischen Ermittlungen an Arbeitsplätzen je nach Sachverhalt noch weitere Untersuchungen sinnvoll sein wie z.B. die Bestimmung des Keimgehaltes von Flüssigkeiten, von Materialproben oder von Oberflächen.

Im Einzelfall können zur Beurteilung möglicher mikrobieller Belastungen von Arbeitsplätzen neben einer Messung mit mikrobiologischen Verfahren ergänzend auch

andere aussagekräftige Methoden zum Einsatz kommen (z.B. unspezifische Aerosol-Messverfahren, Tracergas-Messungen).

Schwankungsbreite von Messergebnissen

Der Gehalt an biologischen Arbeitsstoffen in der Luft in Arbeitsbereichen kann, je nach Arbeitsplatz oder Anlagentyp, erheblich schwanken. Solche Schwankungen können z.B. durch die klimatischen, Lüftungs- und Verarbeitungstechnischen Verhältnisse oder das verarbeitete Material, aber auch durch die Zusammensetzung der jeweils vorhandenen Mikroorganismenpopulation selbst, bedingt sein. An ein und demselben Arbeitsplatz können deshalb an verschiedenen Messtagen unterschiedliche Konzentrationen an biologischen Arbeitsstoffen festgestellt werden. In der Literatur sind geometrische Standardabweichungen von in identischen Arbeitsbereichen gemessenen Konzentrationen im Bereich von 1,6 bis 4 dokumentiert worden [19]. Auch zwischen den Ergebnissen aus stationären Messungen, die auf den gesamten Arbeitsbereich bezogen sind, und solchen, die aus personengetragenen Messungen stammen, können grundsätzlich Unterschiede bestehen [20].

Durch den Messparameter selbst (lebendes Material, Mischpopulationen oder Stoffgruppen, Abhängigkeit von Beeinflussung durch Umweltfaktoren wie Substratangebot,

pH-Wert, Temperatur, Feuchtigkeit) sind Variabilitäten bei der Bestimmung biologischer Arbeitsstoffe vorgegeben. Aus diesem Grund wurde versucht, die entsprechenden Messverfahren weitestgehend zu standardisieren, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Mithilfe von Ringversuchen wurden die Leistungskenn-
daten solcher standardisierten, mikrobiologischen Messverfahren ermittelt bzw. überprüft [12, 13, 19, 21].

Glossar

Biologische Arbeitsstoffe

Mikroorganismen, einschließlich genetisch veränderter Mikroorganismen, Zellkulturen und Humanendoparasiten, die Infektionen, Allergien und toxische Wirkungen auslösen können. Mikroorganismen sind dabei alle zellularen oder nichtzellularen mikrobiologischen Einheiten, die zur Vermehrung oder zur Weitergabe von genetischem Material fähig sind.

Biologische luftgetragene Kontaminanten

- Bioaerosole
- flüchtige von Organismen freigesetzte Verbindungen, z.B. Aceton, Aldehyde,

Alkohole, Amine, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Schwefeldioxid

- biologische Produkte, z.B. Enzyme, Mykotoxine

Bioaerosole

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

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

Außenluftbelastung

Unter der Außenluftbelastung wird im Zusammenhang mit Arbeitsplatzuntersuchungen die am Tage der betrieblichen Messung vorliegende Konzentration an biologischen Arbeitsstoffen (Schimmelpilze, Bakterien, Endotoxine u. a.) in der Außenluft [Angabe pro m³ Luft] verstanden, die auf dem Betriebsgelände oder in unmittelbarer Nachbarschaft gemessen wurde.

Biologische Einwirkungen

Die Messung der Außenluftbelastung dient als Referenz zur Beurteilung der am Probenahmetag ermittelten Konzentration an biologischen Arbeitsstoffen in der Arbeitsplatzatmosphäre. Die Höhe dieser Außenluftbelastung wird durch

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

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

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

Messung, personenbezogen

Personenbezogene Messungen zur Expositionsermittlung werden im Atembereich der Beschäftigten personenge tragen oder ortsfest (stationär) durchgeführt. Personenge tragenen Messungen sind z.B. bei Beschäftigten mit ortsveränderlichem Arbeitsplatz der Vorzug zu geben. Ist eine personenge tragene Mes-

sung aus technischen Gründen nicht möglich oder wegen eines räumlich eng begrenzten (ortsfesten) Einsatzes der Beschäftigten bzw. wegen der Gleichförmigkeit der Konzentrationsverhältnisse im Arbeitsbereich nicht erforderlich, können auch ortsfeste Messungen zur Expositionsermittlung erfolgen. Dabei ist auf die Entnahme der Luftprobe in Atemhöhe (z.B. 150 bis 165 cm bei stehender, 110 cm bei sitzender Tätigkeit) und in unmittelbarer Nähe der Beschäftigten zu achten.

Messung, ortsbezogen

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

MVOC's

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

3 Grenzwerte

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

Im Arbeitskreis (AK) „Arbeitsplatzbewertung“ des Unterausschusses (UA) 1, Grundsatz- und Anwendungsfragen, des Ausschusses für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS) wurde neben standardisierten Messverfahren für biologische Arbeitsstoffe auch das Konzept eines sog. „technischen Kontrollwertes“ (TKW) erarbeitet, das in die aktuelle Fassung der TRBA 405 aufgenommen wurde [14].

Im Oktober 1997 hat der Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) Hinweise für die Festlegung von Arbeitsschutzmaßnahmen in biologischen Abfallbehandlungsanlagen herausgegeben [22]. Demzufolge ist an ständigen Arbeitsplätzen ausreichend gesundheitlich zuträgliche Atemluft am Arbeitsplatz sicherzustellen. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen, insbesondere der Lüftungstechnik, wird ein Orientierungswertebereich bzgl. der Schimmelpilzbelastung der Luft am Arbeitsplatz genannt. Danach sind bei einer Konzentration von $< 5000 \text{ KBE/m}^3$ Luft keine weiteren Maßnahmen notwendig. Bei 5000 bis 50000 KBE/m^3 Luft sind weitergehende hygienische Maßnahmen erforderlich. Bei Werten von $> 50000 \text{ KBE/m}^3$ Luft schließlich sind die organisatorischen und technischen Schutzmaßnahmen zu optimieren. Diese Werte verfügen nicht über den selben rechtlichen Status wie die vom BMWA nach Beratung im ABAS veröffentlichten Regeln und Bekanntmachungen.

Für Anlagen, in denen gebrauchte Verkaufsverpackungen, Sperrmüll, Papier, Pappe, Glas, Bauschutt- und Baumischabfälle behandelt werden, wurden 1998 „Leitlinien des Arbeitsschutzes in Abfallbehandlungsanlagen“ veröffentlicht [23], die einen adäquaten Wertebereich vorsehen.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Vorgaben des BMWA nach Empfehlung des ABAS diese Orientierungswerte ersetzen werden.

Auf der Grundlage von Untersuchungen zur mikrobiellen Luftbelastung in 32 Wertstoffsortieranlagen [22] wurde in der Vergangenheit ein Schutzkonzept für Abfallsortieranlagen erarbeitet, das als gleichnamige TRBA im Juni 1999 im Bundesarbeitsblatt veröffentlicht wurde [25]. Im Zusammenhang mit der Veröffentlichung der TRBA „Biologische Abfallbehandlungsanlagen: Schutzmaßnahmen“ wurde durch den Arbeitskreis „Abfallwirtschaft“ im UA 2 „Schutzmaßnahmen“ des ABAS erstmalig ein Technischer Kontrollwert für solche Anlagen formuliert. Dieser TKW wurde auf $5 \cdot 10^4$ koloniebildende Einheiten (KBE) pro m^3 Atemluft als Summenwert für mesophile Schimmelpilze festgelegt. Er gilt ausschließlich für die Kontrolle von Schutzmaßnahmen in Sortierkabinen, Kabinen und Steuerständen und ist bis August 2003 zur Erprobung ausgeschrieben.

Zur Beurteilung der Endotoxinkonzentrationen wurde bisher ein weitgehend wissenschaftlich abgeleiteter Richtwert von etwa 50 Endotoxin-Einheiten (engl. Endotoxin units, EU) pro m^3 Luft als 8-Stunden-Mittelwert vorgeschlagen, der mithilfe eines standardisierten Messverfahrens ermittelt wurde [27, 28].

Zahlreiche Messungen in der Praxis zeigten, dass die Endotoxin-Konzentrationen in vielen Arbeitsbereichen wesentlich höher liegen, ohne dass entsprechende Erkrankungen auftreten. Dieses Ergebnis könnte nicht zuletzt auch durch große Schwankungsbreiten bei der Probenahme und der Durchführung der Analysenmethode bedingt sein. Im AK „Arbeitsplatzbewertung“ im UA 1, Grundsatz- und Anwendungsfragen des ABAS, wird deshalb derzeit unter Einbindung nationaler Experten eine Stellungnahme zur Einschätzung im Hinblick auf die praktische Umsetzbarkeit dieses Richtwertes erarbeitet.

Für den hygienisch einwandfreien Betrieb von Luftbefeuchtungseinrichtungen fordert die Berufsgenossenschaft Druck und Papierverarbeitung in ihrem Geltungsbereich die Einhaltung der Richtwerte $1000 \text{ KBE}/\text{m}^3$

Atemluft am Arbeitsplatz und $1000 \text{ KBE}/\text{ml}$ im Befeuchterwasser. Werden diese Werte übertroffen, sind Wartungs-, Reinigungs- bzw. Sanierungsarbeiten der Anlagen angezeigt [29].

Für das Vorkommen von biologischen Arbeitsstoffen in der Luft in Innenräumen, insbesondere in Büroräumen werden in der Literatur Werte in der Größenordnung von 1000 Keimen pro m^3 Luft bzw. $0,1 \mu\text{g}$ Endotoxin (entspricht 1000 Endotoxin-Einheiten [EU]) pro m^3 Luft vorgeschlagen (Zusammenfassung siehe [30]). Andere Autoren bewerten bereits ein Vorkommen von 100 Kolonie-bildenden Einheiten pro m^3 Luft mehr in der Innenraumluft als in der Außenluft als Belastung des Innenraums mit Schimmelpilzen [31]. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich betont werden, dass es sich bei allen genannten Werten um reine Erfahrungsrichtwerte der jeweiligen Autoren handelt. Dies gilt auch für Werte, die in einem Leitfaden des LGA Stuttgart zur Beurteilung des Vorkommens von „Schimmelpilzen in Innenräumen (Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement)“ genannt werden, der viele wertvolle Hinweise zur genannten Thematik enthält [32].

Exemplarische Liste an verschiedenen Arbeitsplätzen vorkommender biologischer Agenzien mit den von ihnen ausgelösten Erkrankungen

EAA = Exogen-allergische Alveolitis,

ODTS = Organic Dust Toxic Syndrome

Tätigkeiten/Arbeitsbereiche	Mögliche Erkrankungen	Mögliche Erreger
Landwirtschaft (z.B. Getreide-, Milchproduzenten, Tierzüchter)	Allergien Farmerlunge (EAA) ODTS Zoonosen, z. B. Leptospirose Brucellose Q-Fieber Listeriose Hautmykosen Hautinfektion (Lymphadenitis)	Schimmelpilze Aktinomyzeten <i>Erwinia herbicola</i> u.a. <i>Leptospira interrogans</i> <i>Brucella spec.</i> <i>Coxiella burnetii</i> <i>Listeria monocytogenes</i> Dermatophyten (<i>Trichophyton spp.</i>) Melkernknotenvirus, Orfvirus
Veterinäre, Tierpfleger, Fleischverarbeitung, Zooarbeiter	Zoonotische Infektionen (siehe „Landwirtschaft“)	Bakterien, Pilze, Viren
Fischerei, Aquarienhandlungen	kutane Mycobacteriosen Leptospirose	<i>Mycobacterium marinum</i> <i>Leptospira interrogans</i>
Vogelzucht	Vogelhalterlunge (EAA) Lungenkrebs Ornithose Kryptokokkose	mikrobiell belasteter Kot mikrobiell belasteter Kot <i>Chlamydia psittaci</i> <i>Cryptococcus neoformans</i>
Gärtnerei, Pilzzucht	Tetanus Zoonosen (s.o.) Pilzsporen-Alveolitis (EAA) Pilzarbeiterlunge	<i>Clostridium tetani</i> Bakterien Austernseitlinge Aktinomyzeten im Kompost
Forstwirtschaft	Frühsommer-Meningo-enzephalitis Borreliose Tollwut Sporotrichosenmykose	FSME-Virus <i>Borrelia burgdorferi</i> Rabiesvirus <i>Sporothrix schenckii</i>

Biologische Einwirkungen

Tätigkeiten/Arbeitsbereiche	Mögliche Erkrankungen	Mögliche Erreger
Lederindustrie, Pelzindustrie	Zoonosen, z.B. Milzbrand Erysipeloid Hautmykosen	<i>Bacillus anthracis</i> <i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> <i>Trichophyton mentagrophytes</i>
Textilindustrie, Baumwoll-, Flachs-, Hanfspinnerei	Byssinose	Endotoxine, gramnegative Bakterien, <i>Erwinia herbicola</i>
Müllverarbeitung, Müllsortierung, Kompostieranlagen, Deponien	Allergien EAA ODTS Infektionen, z.B. Gastroenteritis Aspergillose, Aspergillom	Schimmelpilze, Aktinomyzeten, gramnegative Bakterien Enteroviren, Enterobakterien <i>Aspergillus fumigatus</i>
Großhandel, Lagerei, Brauerei, Getreidesilos (z.B. Malz, Nüsse, Kräuter)	EAA, z.B. Obstbauerlunge Malzarbeiterlunge Bagassose ODTS	<i>Penicillium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>Mucor mucedo</i> <i>Thermoactinomyces sacchari</i> Endotoxine, gramnegative Bakterien
Sägewerke, Holzverarbeitung, Papierwerke	Holzarbeiterlunge (EAA) ODTS	Schimmelpilze (<i>Alternaria</i> , <i>Aspergillus</i>), gramnegative Bakterien Endotoxine
Archive, Museen, Büchereien	ODTS Allergien	Endotoxine Schimmelpilze (<i>Penicillium</i> u.a.) gramnegative Bakterien
Druckereien luftbefeuchtete Räume (RLT-Anlagen, Luftbefeuchter)	ODTS, z.B. Befeuchterfieber Pontiacfieber Befeuchterlunge (EAA) Asthma bronchiale Legionärskrankheit Sick Building Syndrom	Endotoxine (gramnegative Bakterien) Endotoxine (<i>Legionella pneumophila</i>) gramnegative Bakterien Schimmelpilze, Aktinomyzeten <i>Legionella pneumophila</i> gramnegative Bakterien, Schimmelpilze

Tätigkeiten/ Arbeitsbereiche	Mögliche Erkrankungen	Mögliche Erreger
Metallver- und -bearbeitung (Kühlschmierstoffeinsatz)	Wundinfektion Lungeninfektion Asthma bronchiale Befeuchterlunge (EAA) Kontaktdermatitis	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , Staphylococcus <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> Schimmelpilze, Bakterien
Schwimmbäder, Saunen, Whirl-Pools	Whirlpool-Dermatitis Otitis media Legionellose Hautmykosen Schwimmbad-Konjunktivitis Augen-, Lungeninfektion Gastroenteritis	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Legionella pneumophila</i> Dermatophyten <i>Chlamydia trachomatis</i> Adenoviren, Reoviren Norwalk-, Rotaviren
Wäschereien	Hautmykosen Allergien	Dermatophyten Schimmelpilze
Bergwerke	Hautmykosen Leptospirose	<i>Trichophyton spp.</i> <i>Leptospira interrogans</i>
Kläranlagen, Kanalarbeiten	Hepatitis A Salmonellose Enterovirose Leptospirose	HAV-Virus <i>Salmonella enteritidis</i> Echo-, Rotavirus <i>Leptospira interrogans</i>
Biotechnologie, Lebensmittelindustrie	Allergien Hautirritationen ODTS	biotechnologische Produkte, Schimmelpilze Proteasen v. <i>Bacillus subtilis</i> Endotoxine
Bäckereien	Bäckerasthma	u.a. Pilze, Bakterien, Amylasen
Gesundheitswesen, Kranken- häuser, Diagnose-Laboratorien, Rettungsdienste, Polizei	verschiedene Infektionen, z.B. Hepatitis B Tuberkulose Keuchhusten Aids	HBV-Virus <i>Mycobacterium tuberculosis</i> <i>Bordetella pertussis</i> HIV-Virus

4 Literatur

[1] (ABl. EG Nr. L 374, S. 1), 7. Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16, Abs. 1 der Richtlinie 89/391

[2] Richtlinie 93/88/EWG des Rates vom 12. Oktober 1993 (ABl. EG Nr. L 268, S. 71)

[3] Richtlinie der Kommission 95/30/EG vom 30. Juni 1995 (ABl. EG Nr. L 155, S. 41)

[4] Richtlinie der Kommission 97/59/EG vom 7. Oktober 1997 (ABl. Nr. L 282, S. 33)

[5] EG-Richtlinie der Kommission 97/65/EG vom 26. November 1997 (ABl. EG Nr. L 335, S. 17)

[6] Technische Regel für biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Pilzen in Risikogruppen (TRBA 460). BArbBl (1998) Nr. 12, S. 39-41

[7] Technische Regel für biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Viren in Risikogruppen (TRBA 462). BArbBl. (1998) Nr. 12, S. 41-43

[8] Techn. Regel für biolog. Arbeitsstoffe: Einstufung von Parasiten in Risikogruppen

(TRBA 464). BArbBl. (2002) Nr. 4, 134-139

[9] Merkblatt B 004 der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie: Sichere Biotechnologie, Eingruppierung biologischer Agenzien: Viren. BGI 631, 9/96

Merkblatt B 005 der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie: Sichere Biotechnologie, Eingruppierung biologischer Agenzien: Parasiten. BGI 632, 8/91

Merkblatt B 006 der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie: Sichere Biotechnologie, Eingruppierung biologischer Agenzien: Bakterien. BGI 633, 2/97

Merkblatt B 007 der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie: Sichere Biotechnologie, Eingruppierung biologischer Agenzien: Pilze. BGI 634, 1/98

Merkblatt B 008 der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie: Sichere Biotechnologie, Eingruppierung biologischer Agenzien: Gentechnisch veränderte Organismen. BGI 635, 4/93

[10] Liste risikobewerteter Spender- und Empfängerorganismen für gentechnische Arbeiten. Bundesgesundhbl. 40, 12 (1997) – Sonderbeilage

[11] BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen, Loseblattsammlung, Erich Schmidt Verlag; 9400: Biologische Arbeitsstoffe; 9411: Anwendung von Messverfahren für

luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe; 9410: Probenahme von Bioaerosolen am Arbeitsplatz; 9417: Benutzerhinweise für die Auswahl von Messverfahren für biologische Arbeitsstoffe; 9420: Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz; 9427: Bestimmung der Konzentration Biologischer Arbeitsstoffe in der Luft am Arbeitsplatz (Erster Ringversuch „Schimmelpilze“); 9430: Verfahren zur Bestimmung der Bakterienkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Probenahme mit Abscheidung auf einem Membranfilter und Bestimmung durch Kultivierung); 9450: Verfahren zur Bestimmung der Endotoxinkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz

[12] BIA-Arbeitsmappe. Messung von Gefahrstoffen, Loseblattsammlung. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld. 9427 Bestimmung der Konzentration biologischer Arbeitsstoffe am Arbeitsplatz – Erster Ringversuch „Schimmelpilze“ (18. Lfg. IV/97)

[13] *Averdiek, B.; Deininger, C.; Engelhart, S.; Missel, T.; Philipp, W.; Riege, F.; Schicht, B.; R. Simon*: Bestimmung der Konzentration Biologischer Arbeitsstoffe in der Luft am Arbeitsplatz — Erster Ringversuch Schimmelpilze. Gefahrstoffe — Reinh. Luft 57, S. 129 - 136 (1997)

[14] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Anwendung von Messverfahren für luftgetragene biologische Arbeitsstoffe (TRBA 405), Neufassung BArbBl. (2001) Nr. 5, S. 58-61

[15] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz (TRBA 430). Neufassung BArbBl. (2001) Nr. 8, S. 79-83

[16] Verordnung zur Umsetzung von EG-Richtlinien über den Schutz der Beschäftigten gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit vom 21. Januar 1999. Bundesgesetzblatt (1999) Teil I Nr. 4 zu Bonn am 29. Januar 1999

[17] Techn. Regel für biolog. Arbeitsstoffe: Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (TRBA 400). BArbBl. (2001) Nr. 8, S. 89-99

[18] Mikroorganismen in der Arbeitsplatzatmosphäre – Aktinomycceten. KAN-Bericht 13, 2., erweiterte Auflage (1999), Verein zur Förderung der Arbeitssicherheit in Europa

[19] EN 13098: Workplace atmosphere – guidelines for measurement of airborne micro-organisms and endotoxin. Brüssel, September 2000

[20] *Esmen, N.A.; T.A. Hall*: Theoretical investigation of the interrelationship between stationary and personal sampling in exposure estimation. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15 (2000), 1, 114-119

[21] *Chun, D.T.W.; Chew, V.; Bartlett, K.; Gordon, T.; Jacobs, R.R.; Larsson, B.-M.; Larsson, L.; Lewis, D.M.; Liesivuori, J.; Michel, O.; Milton, D.K.; Rylander, R.; Thorne, P.S.; White, E.M.; Brown, M.E.*: Preliminary report on the results of the second phase of a round-robin endotoxin-assay study using cotton dust. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 15 (2000), 1, 152-257

[22] Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI): Leitlinien für den Arbeitsschutz in biologischen Abfallbehandlungsanlagen. Wiesbaden, Oktober 1997

[23] Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI): Leitlinien des Arbeitsschutzes in Abfallbehandlungsanlagen. Wiesbaden, 1998

[24] *Deining, C.*: Untersuchungen zur mikrobiellen Luftbelastung in 32 Wertstoffsortieranlagen. *Gefahrstoffe – Reinh. Luft* 58, S. 113 - 123 (1998)

[25] Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe: Abfallsortieranlagen: Schutz-

maßnahmen (TRBA 210). *BArbBl.* (1999) Nr. 6, S. 77-80

[26] Technische Regel für biolog. Arbeitsstoffe: Biolog. Abfallbehandlungsanlagen: Schutzmaßnahmen. (TRBA 211). *BArbBl.* (2001) Nr. 8, S. 83-89

[27] *Linsel, G.; Kummer, B.*: Endotoxine in der Luft am Arbeitsplatz. *Gefahrstoffe – Reinh. Luft* 58, S. 281 - 287 (1998)

[28] Endotoxins. Health-based recommended occupational exposure limit. Report of the Dutch expert committee on occupational standards, a committee of the Health Council of the Netherlands. *Gezondheidsraad* 1998/03 WGD

[29] BG Druck und Papierverarbeitung: Broschüre Luftbefeuchtung. Best-Nr. 21, Wiesbaden, 4/93

Exemplarische Liste an verschiedenen Arbeitsplätzen vorkommender biologischer Agenzien mit den von ihnen ausgelösten Erkrankungen
EAA = Exogen-allergische Alveolitis,
ODTS = Organic Dust Toxic Syndrome

[30] *Deining, C.*: Gefährdungen durch biologische Agenzien am Arbeitsplatz. *BIA-Handbuch*, 21. Lfg. X/93. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Erich Schmidt Verlag

[31] *Senkpiel, K.; H. Ohgke*: Beurteilung der „Schimmelpilz“-Sporenkonzentration in der Innenraumluft und ihre gesundheitlichen Auswirkungen. *gi 113* (1992), S. 42 - 45

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

Physikalische Einwirkungen

1 Lärm

1.1 Einführung und Erläuterungen

1.1.1 Gehörgefährdung

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

L_{Ard} in dB

Tagesbeurteilungspegel nach BGV „Lärm“ (BGV B3, vormals VBG 121), kann orts- und personenbezogen ermittelt werden, stimmt mit $L_{Aeq,8h}$, dem Beurteilungspegel ohne Impulzsuslag nach DIN 45 645 Teil 2 mit der Beurteilungszeit 8 h überein:

L_{Arw} in dB

Wochenbeurteilungspegel nach BGV „Lärm“ (BGV B3, vormals VBG 121), kann orts- und personenbezogen ermittelt werden, wird anstelle des L_{Ard} gebildet bei täglich stark unterschiedlicher Lärmbelastung und/oder bei Expositionsdauern, die von fünf Tagen pro Woche abweichen:

$L_{Aeq,8h}$ in dB

Beurteilungspegel mit *Impulzsuslag* K_I nach DIN 45 645 Teil 2 mit der Beurteilungszeit 8h,

$$L_{Aeq,8h} = L_{Aeq,8h} + K_I$$

L_{peak} in dB

Spitzenwert des unbewerteten Schalldruckpegels nach BGV „Lärm“ (BGV B3), kann orts- und personenbezogen ermittelt werden

L_{Terz} in dB

Terzband-Schalldruckpegel als Grenzwert für Ultraschall

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

1.1.2 Extraaurale Lärmwirkungen

Extraaurale Lärmwirkungen sind diejenigen, die zu erhöhten psychischen oder physischen Beanspruchungen führen können mit Ausnahme der Gehörgefährdung. Als Beispiele seien lärmbedingte Herz-Kreislauffeffekte und Konzentrationsstörungen durch Umgebungsgeräusche genannt. Extraaurale Lärmwirkungen werden bisher nicht als Berufskrank-

heit anerkannt. Als Kennwert wird generell der Beurteilungspegel mit Impuls- und Tonzuschlag $L_T = L_{Aeq,8h} + K_I + K_T$ nach DIN 45 645 Teil 2 verwendet.

1.1.3 Unfallgefahren

Unfallgefahren durch Umgebungsgeräusche und beim Tragen von Gehörschutz können durch akustische Verdeckung von Sprache,

Warnsignalen oder informationshaltigen Arbeitsgeräuschen entstehen. Kennwerte für die Beeinträchtigung der Sprachkommunikation durch Lärm sind nach DIN 33 410 der *Sprachinterferenzpegel* L_{SIL} oder der *A-bewertete Mittelungspegel* L_{Aeq} für den *Kommunikationszeitraum*. Kennwerte für die Signalerkennung sind der Signal-Störabstand in dB für Terz- oder Oktavbänder nach DIN EN 457.

1.2 Grenzwerte

1.2.1 Gehörgefährdung

Grenzwerte	Maßnahmen/Erläuterungen	Bestimmung
I) L_{Ard} bzw. L_{Arw} ≥ 85 dB(A) oder $L_{peak} \geq 140$ dB	<input type="checkbox"/> Lärmbedingte Gehörschäden sind möglich. <input type="checkbox"/> Ermittlung von Lärmbereichen und Feststellung der Exponierten <input type="checkbox"/> Technische Lärminderung <input type="checkbox"/> Unterweisung der Beschäftigten <input type="checkbox"/> Bereitstellen geeigneter Gehörschützer <input type="checkbox"/> Verbot gefährdender zusätzlicher Schallquellen <input type="checkbox"/> Veranlassung von Gehörvorsorgeuntersuchung <input type="checkbox"/> Kein Einsatz von Jugendlichen. Gilt nicht für Jugendliche über 16 Jahre, soweit die Tätigkeit zum Erreichen des Ausbildungszieles erforderlich ist	BGV B3 ¹⁾ , § 7 BGV B3, §§ 3 - 5 BGV B3, § 9 BGV B3, § 10 BGV B3, § 11 BGV A4 ArbSchG § 22
II) L_{Ard} bzw. L_{Arw} ≥ 90 dB(A) oder $L_{peak} \geq 140$ dB oder $L_{Aeq,8h} \geq 90$ dB(A) und $L_{Aeq,8h} \geq 85$ dB(A) ²⁾	<input type="checkbox"/> Maßnahmen wie unter I), außerdem <input type="checkbox"/> Kennzeichnung von Lärmbereichen <input type="checkbox"/> Lärmierungsprogramm <input type="checkbox"/> Benutzungspflicht für Gehörschützer	BGV B3, § 7 BGV B3, § 6 BGV B3, § 10 BGV B3, § 7 (2)
III) L_{Terz} (20 kHz) < 110 dB	<input type="checkbox"/> Bleibende Gehörschäden durch Ultraschall sind nicht wahrscheinlich, wenn dieser Richtwert eingehalten wird. Für höhere Frequenzen werden auch höhere Grenzwerte diskutiert	VDI 2058.2

¹⁾ BGV „Lärm“

²⁾ für Arbeitsmittel nach Anlage 2, BGV B3

1.2.2 Extraaurale Lärmwirkungen

Grenzwerte	Maßnahmen/Erläuterungen	Bestimmung
$L_r > 55 \text{ dB(A)}$	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Geräusche stören und führen zu vegetativen Reaktionen und Leistungsbeeinträchtigungen. ❑ Grenzwert gilt für überwiegend geistige Tätigkeiten, bei denen eine hohe Komplexität mit entsprechenden Schwierigkeiten, schöpferisches Denken, Entscheidungsfindung, Problemlösungen und einwandfreie Sprachverständlichkeit gefordert wird, z.B. Teilnahme an Besprechungen, Lehrtätigkeit in Unterrichtsräumen, wissenschaftliches Arbeiten, Untersuchungen, Behandeln und Operieren durch Ärzte, Durchführen technisch-wissenschaftlicher Berechnungen, Tätigkeit in Funkräumen und Notrufzentralen. 	Arbeitsstättenverordnung, § 15 VDI 2058.3
$L_r > 70 \text{ dB(A)}$	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Geräusche stören und führen zu vegetativen Reaktionen und Leistungsbeeinträchtigungen. ❑ Grenzwert gilt für einfache oder überwiegend mechanisierte Bürotätigkeiten und vergleichbare Tätigkeiten: z.B. Textverarbeitung, Steuerungsanlagen in geschlossenen Messwarten, Verkäufen, schwierige Feinmontagen. 	Arbeitsstättenverordnung, § 15 VDI 2058.3
$L_r \geq 80 \text{ dB(A)}$	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Kein Einsatz von Schwangeren 	Mutterschutzgesetz, § 4, Übereinkommen der Staatlichen Gewerbeärzte

1.2.3 Unfallgefahren

Kein Grenzwert festgelegt: Wird durch Hörprobe (nötigenfalls beim Tragen von Gehörschützern) nach DIN EN 457 festgestellt, dass im Lärm Gefahrensignale nicht wahrgenommen werden können, muss nach § 12 BGV „Lärm“ mit Maßnahmen der technischen Lärminderung oder, falls dies nicht möglich ist, durch Verbesserung der Signalgeber die Wahrnehmbarkeit für alle Beschäftigten sichergestellt werden.

1.3 Literatur

BG-Vorschrift „Lärm“ (BGV B3, vormals VBG 121). Erste Fassung vom Dezember 1974, Neufassung vom Januar 1990. Köln: Carl Heymanns Verlag

DIN 45 645 Teil 2: Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen – Geräuschimmissionen am Arbeitsplatz. Ausgabe Juli 1997, Beuth Verlag, Berlin

DIN 33 410: Sprachverständigung in Arbeitsstätten unter Einwirkung von Störgeräuschen; Begriffe, Zusammenhänge. Dezember 1981

DIN EN 457: Sicherheit von Maschinen; Akustische Gefahrensignale; Allgemeine Anforderungen, Gestaltung, Prüfung. April 1992

VDI 2058 Blatt 2: Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung. Juni 1988

VDI 2058 Blatt 3: Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten. Februar 1999

Arbeitsstättenverordnung, 20. März 1975, BGBl. I, S. 729, in der Fassung vom 2. Januar 1982, BGBl. I, S. 1

Mutterschutzgesetz (MuSchG) in der Fassung vom 18. April 1968, BGBl. I, S. 315. Letzte Änderung v. 3. Juli 1992, BGBl. I, S. 1191

2 Vibration

2.1 Einführung und Erläuterungen

Die Gefährdung der Gesundheit durch Vibrationsbelastung ist von der Einleitungsstelle in den menschlichen Körper, der Größe der Vibrationseinwirkung und einer sich über Jahre hinweg fortsetzenden täglichen Wiederholung der Vibrationseinwirkung abhängig. Hinsichtlich der Einleitungsstelle der Vibration in den menschlichen Körper werden unterschieden:

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

Die Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung enthält in der Gruppe der durch physikalische Einwirkungen verursachten Berufskrankheiten insgesamt drei Positionen:

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

Die Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkung (Vibrationen) wurde als 16. Einzelrichtlinie zur Rahmenrichtlinie 89/391/EWG über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit veröffentlicht. Sie enthält für Hand-Arm-Vibra-

tionen und Ganzkörper-Vibrationen Expositionsgrenzwerte und Auslösewerte.

Für Hand-Arm-Vibrationen ist der tägliche Expositionsgrenzwert, normiert auf einen Zeitraum von 8 Stunden, auf $A(8) = 5 \text{ m/s}^2$ festgesetzt, der gleichermaßen normierte tägliche Auslösewert auf $A(8) = 2,5 \text{ m/s}^2$.

Für Ganzkörper-Vibrationen ist der tägliche Expositionsgrenzwert, normiert auf einen Bezugszeitraum von 8 Stunden auf $A(8) = 1,15 \text{ m/s}^2$ oder nach Wahl des Mitgliedsstaats auf einen Vibrationsdosiswert (VDV) von $21 \text{ m/s}^{1,75}$, der tägliche Auslösewert auf $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ oder nach Wahl des Mitgliedsstaats auf einen Vibrationsdosiswert (VDV) von $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$ festgelegt.

Die Exposition der Arbeitnehmer darf den Expositionsgrenzwert nicht überschreiten.

Wird bei der Gefährdungsanalyse festgestellt, dass Auslösewerte überschritten werden, ist ein Programm mit technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen zur Minimierung der Expositionen gegenüber Vibrationen sowie der damit verbundenen Risiken auszuarbeiten und durchzuführen. Zu berücksichtigen sind mit dem Ziel, die Schwingungsbelastung zu verringern, alternative Arbeitsverfahren, die Auswahl geeigneter ergonomischer Arbeitsmittel, die Bereitstellung von Zusatzausrüstungen wie schwingungsdämpfenden Sitzen und geeigneten

Gerätehandgriffen, angemessene Wartungsprogramme, Gestaltung und Auslegung der Arbeitsstätten und Arbeitsplätze, angemessene Information und Schulung der Arbeitnehmer, Begrenzung der Dauer und Intensität der Exposition, zweckmäßige Arbeitspläne und ausreichende Ruhezeiten, Bereitstellung von Kleidung für gefährdete Arbeitnehmer zum Schutz vor Kälte und Nässe.

Die EU-Richtlinie verweist zur Bestimmung des Tagesexpositionswertes $A(8)$ (Tages-Schwingungsbelastung) im Anhang auf die Norm ISO 5349-1: 2001 für Hand-Arm-Vibration, zur Bestimmung der Tagesexposition $A(8)$ für Ganzkörper-Vibration auf die Norm ISO 2631-1: 1997. Beide Normen sind in der Neufassung der VDI-Richtlinie 2057 (Teil 1: Ganzkörper-Schwingungen, Teil 2: Hand-Arm-Schwingungen) berücksichtigt worden. In dieser Neufassung wurde der Begriff der Bewerteten Schwingstärke (K-Wert) zugunsten der international üblichen Bezeichnung „frequenzbewertete Beschleunigung“ aufgegeben. Beide Größen sind über Faktoren ineinander umrechenbar. Die Faktoren betragen:

□ Hand-Arm-Vibrationen
(für alle drei Messrichtungen):

$$KH = 6,3 \frac{a_{hw}}{\text{m/s}^2}$$

KH = Bewertete Schwingstärke

a_{hw} = frequenzbewertete Beschleunigung

Physikalische Einwirkungen

- Ganzkörper-Vibrationen (getrennt für die Messrichtungen x, y und z)

$$KX = 28 \frac{a_{wx}}{m/s^2}$$

$$KY = 28 \frac{a_{wy}}{m/s^2}$$

$$KZ = 20 \frac{a_{wz}}{m/s^2}$$

KX, KY, KZ = Bewertete Schwingstärke
 a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} = frequenzbewertete Beschleunigung in den einzelnen Messrichtungen

Die Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung ist für Hand-Arm Schwingungen und Ganzkörper-Schwingungen unterschiedlich.

Hand-Arm Schwingungen

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

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Sofern nur Werte in der dominierenden Schwingungsrichtung zur Verfügung stehen (z.B. bei früheren Messwerten), kann der

Schwingungsgesamtwert a_{hv} entsprechend der VDI 2057-2: 2002 mit den Korrekturfaktoren nach folgender Gleichung abgeschätzt werden:

$$a_{hv} = c \cdot a_{hw}$$

Die Tages-Schwingungsbelastung (Tagesdosis, $a_{hv(8)} = A(8)$) wird aus dem Schwingungsgesamtwert a_{hv} und der täglichen Einwirkungsdauer wie folgt gebildet:

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

mit T_0 Bezugseinwirkungsdauer (8h)
 T_e tägliche Einwirkungsdauer
 a_{hv} Schwingungsgesamtwert für die tägliche Einwirkungsdauer T_e .

Setzt sich die Schwingungsbelastung während eines Tages aus mehreren Belastungsabschnitten mit den Einwirkungsdauern T_i (unterschiedliche Geräte bzw. Arbeitsgänge) und den zugehörigen Schwingungsgesamtwerten a_{hvi} zusammen, so berechnet sich $a_{hv(8)}$ wie folgt:

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

T_0 Bezugseinwirkungsdauer (8h)
 T_i Einwirkungsdauer des i-ten Belastungsabschnittes, z.B. des jeweiligen Gerätes bzw. Arbeitsganges
 a_{hvi} Schwingungsgesamtwert der i-ten Tätigkeit, z.B. des jeweiligen Gerätes bzw. Arbeitsganges

Tabelle 1:
Korrekturfaktoren (Quelle: VDI 2057-2: 2002)

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

Ganzkörper-Schwingungen

Um für eine Messrichtung einen Richtwert zur Beurteilung heranziehen zu können, wurde die Tages-Schwingungsbelastung (in der EU-Richtlinie mit Tagesexposition(swert) bezeichnet) $A(8)$ eingeführt. $A(8)$ ist der Höchstwert der Belastung für die drei Messrichtungen x , y und z , gewonnen aus der jeweiligen Beurteilungsbeschleunigung $a_{w(8)}$ unter Berücksichtigung eines richtungsabhängigen Faktors:

$$A(8) = \max[A_x(8), A_y(8), A_z(8)]$$

Für die Bildung der Beurteilungsbeschleunigung a_{w0} nach VDI 2057-1: 2002 gilt bei der Beurteilungsdauer von $T_0 = 8h$:

$$a_{w0} = a_{w(8)} = a_{we} \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_0}}$$

mit

T_e tägliche Einwirkungsdauer

T_0 Beurteilungsdauer 8h

a_{we} energieäquivalenter Mittelwert (Effektivwert) der frequenzbewerteten Beschleunigung während der Einwirkungsdauer T_e

Setzt sich die Schwingungsbelastung während eines Tages aus n Belastungsabschnitten mit den Einwirkungsauern T_i (unterschiedliche Geräte bzw. Arbeitsgänge) und den zugehörigen frequenzbewerteten Beschleunigungen a_{wi} zusammen, so berechnet sich $a_{w(8)}$ wie folgt:

$$a_{w(8)} = \sqrt{\frac{1}{8h} \cdot \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 \cdot T_i}$$

mit

T_i Einwirkungsdauer des i -ten Belastungsabschnittes, z.B. des jeweiligen Gerätes bzw. Arbeitsganges

a_{wi} energieäquivalenter Mittelwert (Effektivwert) der frequenzbewerteten Beschleunigung während der Einwirkungsdauer T_i

Nach VDI 2057-1: 2002 ist für das Beurteilungskriterium Gesundheit bei der Berechnung der Beurteilungsbeschleunigung für die einzelnen Messrichtungen der richtungsabhängige Faktor 1 in der Messrichtung z , der richtungsabhängige Faktor 1,4 in den Messrichtungen x und y zu berücksichtigen. Damit sind die Tagesexpositionswerte $A(8)$ in den einzelnen Messrichtungen nach EU-Richtlinie zahlengleich mit den Beurteilungsbeschleunigungen $a_{w(8)}$ in den jeweiligen Messrichtungen nach VDI 2057-1: 2002.

Beurteilung von Hand-Arm-Schwingungen – Richtwertkurve für die Prävention –

Bei Belastungen, gekennzeichnet durch Wertepaare von a_{hv} und T , die oberhalb dieser Richtwertkurve von $a_{hv(8)} = 2,5 \text{ m/s}^2$, ($A(8) = a_{hv(8)}$) liegen (Abbildung 1), werden Präventionsmaßnahmen empfohlen.

Beurteilung von Ganzkörper-Schwingungen – Richtwertkurve für die Prävention –

Gegenüber der bisherigen Richtwertkurve in VDI 2057-3: 1987 wurde für Ganzkörper-Schwingungen entsprechend ISO 2631-1: 1997 in der Neufassung VDI 2057-1: 2002 ein Bereich möglicher Gesundheitsgefährdung definiert (Abbildung 2).

Oberhalb der Richtwertkurve 1 mit $a_{wz(8)} = 0,45 \text{ m/s}^2$ kann von einer möglichen Gefährdung, bei Belastungen oberhalb der Richtwertkurve 2 mit $a_{wz(8)} = 0,8 \text{ m/s}^2$ von einer deutlichen Gefährdung ausgegangen werden. Der letztgenannte Wert liegt unterhalb des Expositionsgrenzwertes für Ganzkörper-Schwingungen der EU-Richtlinie 2002/44/EG. Er entspricht dem Einwirkungsgrenzwert der Bergverordnung zum gesundheitlichen Schutz der Beschäftigten, bei dessen Überschreitung der Unternehmer technische, arbeitsorganisatorische sowie arbeitsmedizinische Vorsorgemaßnahmen treffen muss.

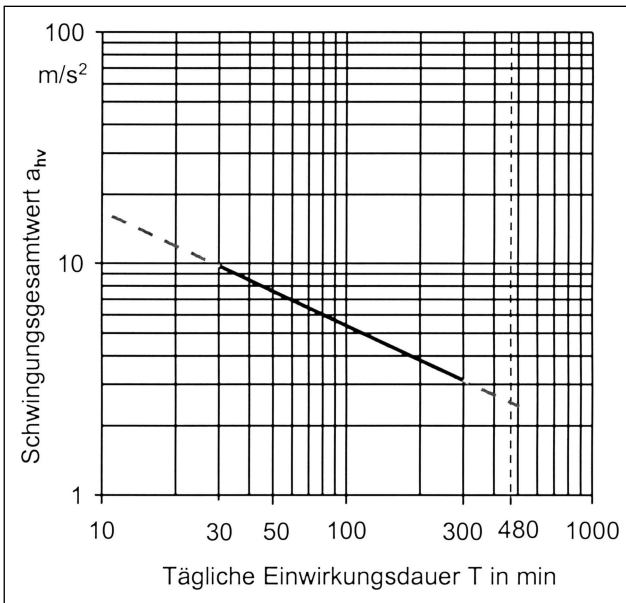


Abbildung 1:
Richtwertkurve als Grundlage
für die Prävention in Abhängigkeit
vom Schwingungsgesamtwert
und der täglichen
Einwirkungsdauer
(Quelle: VDI 2057-2: 2002)

Auszug aus der Bergverordnung, die ausschließlich für Unternehmen, die dem Bergrecht unterliegen, gilt:

§ 12: Vibrationen

(1) Der Unternehmer darf Personen mit Tätigkeiten, bei denen eine Gesundheitsgefährdung durch Vibrationen zu besorgen ist, nur beschäftigen, wenn er auf Grund von Messungen die Beurteilungs-Schwingstärke nach Anlage 11 ermittelt (entspricht VDI 2057). Für die Messungen gilt § 11 Absatz 4 ent-

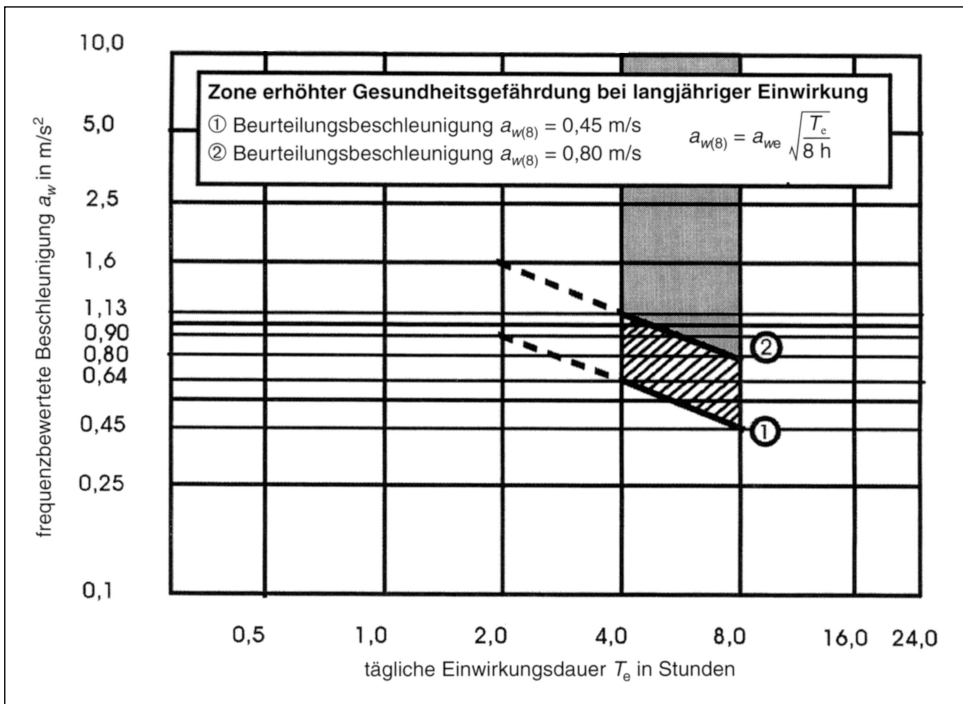
sprechend (Messpersonal, Messverfahren, Geräte, Dokumentation).

(2) Unbeschadet seiner Verpflichtung, die Vibrationsgefährdung durch technische und organisatorische Maßnahmen so gering wie möglich zu halten, hat der Unternehmer den beschäftigten Personen, bei denen die Beurteilungs-Schwingstärke den Wert 16,2 erreicht oder überschreitet, geeignete persönliche Vibrationsschutzmittel zur Verfügung zu stellen. Diese haben die Beschäftigten zu verwenden.

Die Festlegung des Beurteilungs-Schwingstärke-Grenzwertes $K_r = 16,2$ gilt sowohl für Hand-Arm-Vibrationen als auch für Ganzkörper-Vibrationen.“

Die Diskrepanz zwischen dem nationalen Expositionsgrenzwert und dem der EU-Richtlinie muss bei deren nationaler Umsetzung berücksichtigt werden.

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



Für die Vibrationseinwirkung in Gebäuden (Neuanlagen) gibt das bisherige Blatt 4.1 der VDI 2057: 1987 Anhaltswerte für die Arbeitsplatzgestaltung abhängig von unterschiedlichen Anforderungen. Die vorgeschlagenen Werte sollen unter Nutzung der früher genannten Umrechnungsfaktoren weiter bestehen bleiben. Die Tabelle 2 gibt diese umgerechneten Werte wieder.

Der Maximalwert pro Vorgang für die Einwirkungsorte a) bis c) sollte den Anhaltswert für A(8) nicht um mehr als den Faktor 3 überschreiten.

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

Tabelle 2:
Anhaltswerte für die Arbeitsplatzgestaltung

Einwirkungsorte	a_{we}	A(8)
	mm/s ²	
	Einwirkungsdauer	acht Stunden
a) Erholungsräume, Ruheräume, Sanitärräume (evtl. auch Aufenthaltsräume)	0,02	0,01
b) Arbeitsplätze mit überwiegend geistiger Tätigkeit oder Präzisionsarbeiten (z.B. Büroarbeitsplätze)		0,015
c) Arbeitsbereiche mit erhöhter Aufmerksamkeit in Werkstätten		0,04
d) Arbeitsbereiche mit einfachen oder überwiegend mechanischen Tätigkeiten		0,08
e) Sonstige Arbeitsbereiche		0,15

Literatur

Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juli 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit. ABl. EG Nr. L 183, S. 1

Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen) (16. Einzelrichtlinie im Sinne des § 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG). ABl. EG Nr. L 177, S. 13

VDI 2057: 2002 Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen. Teil 1: Ganzkörper-Schwingungen; Teil 2: Hand-Arm-Schwingungen

VDI 2057: 1987 Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Beuth Verlag, Berlin. Blatt 1: Grundlagen, Gliederung, Begriffe (Mai 1987); Blatt 2: Bewertung (Mai 1987); Blatt 3: Beurteilung (Mai 1987); Blatt 4.1: Messung und Beurteilung von Arbeitsplätzen in Gebäuden (Mai 1987); Blatt 4.2: Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Land-

fahrzeugen (Mai 1987); Blatt 4.3: Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge (Mai 1987)

ISO 2631-1: 1997 Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole body vibration – Part 1: General requirements

DIN EN ISO 5349-1 Mechanische Schwingungen – Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (ISO 5349-1: 2001); Deutsche Fassung EN ISO 5349-1: 2001

DIN EN ISO 5349-2 Mechanische Schwingungen – Messung und Bewertung der Einwirkung von Schwingungen auf das Hand-Arm-System des Menschen – Teil 2: Praxisgerechte Anleitung zur Messung am Arbeitsplatz (ISO 5349-2: 2001); Deutsche Fassung EN ISO 5349-2: 2001

Bergverordnung zum gesundheitlichen Schutz der Beschäftigten (Gesundheitsschutz-Bergverordnung – GesBergV) vom 31. Juli 1991, BGBl. I, S. 1751

Berufskrankheiten-Verordnung (BeKV) vom 18. Dezember 1992, BGBl. I, S. 2343

Merkblatt für die ärztliche Untersuchung
zu Nr. 2110 Anlage 1 Berufskrank-
heiten-Verordnung (BeKV) vom 18. Dezem-
ber 1992, Bundesarbeitsblatt 3/1993,
S. 55

Dupuis, H.; Hartung, E.; Konietzko, J.:
Arbeitstechnische Voraussetzungen
für die Berufskrankheit Nr. 2103. Arbeits-
med. Sozial-med. Umweltmed. 33 (1998)
11, S. 490-496

3 Thermische Belastungen

3.1 Klimatische Belastungen

3.1.1 Erläuterungen

Klimatische Belastungen (Klimaempfinden) des menschlichen Körpers werden hauptsächlich durch die Arbeitsschwere (Arbeitsenergieumsatz), die Bekleidung sowie durch die Klimafaktoren Umgebungstemperatur, relative Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Wärmestrahlung u.a. beeinflusst. Hohe Umgebungstemperaturen, hohe Luftfeuchten, intensive Wärmestrahlung usw. oder verschiedene gleichzeitig einwirkende Belastungsfaktoren stören das Klimaempfinden. Sie können das unter idealen Klimabedingungen vorhandene Gleichgewicht zwischen Wärmezufuhr und Wärmeabgabe des menschlichen Körpers stören. Gerät der Wärmehaushalt des Menschen aus dem Gleichgewicht, so führt dies zu einer erhöhten Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems. Als Folge dieser erhöhten Beanspruchung können kurzzeitige Störungen (z.B. Kreislaufstörungen, Unwohlsein) oder bei länger andauernder Belastung Erkrankungen auftreten. Bei extremen Klimabedingungen können die Belastungen sogar zum Kreislaufversagen und, sofern nicht unverzüglich eingegriffen wird, zum Tode führen.

Der menschliche Körper kann sich je nach Arbeitsenergieumsatz in gewissen Grenzen

wechselnden Zuständen des Umgebungs-klimas anpassen. Innerhalb dieser Grenzen gibt es einen sog. „Behaglichkeitsbereich“, in dem er sich am wohlsten fühlt. Dieser Bereich lässt sich allerdings nicht streng begrenzen, da eine ganze Reihe von Einflussfaktoren zu berücksichtigen sind. Neben den Klimaparametern wird die Behaglichkeit auch von Faktoren beeinflusst wie z.B. Umschließungsflächentemperatur (Wärmeaustausch über Strahlung), Kleidung, Geschlecht, Alter, Jahreszeit, Beleuchtung, Gerüche, Stresssituationen, Nahrungsaufnahme und physisches sowie psychisches Wohlbefinden.

Zur Bewertung der klimatischen Belastung an Arbeitsplätzen stehen neben den Klimaparametern insbesondere die Faktoren Arbeitsschwere, Kleidung und Aufenthaltsdauer im Vordergrund.

3.1.2 Klimabereiche, Grenzbetrachtungen

Nach DIN 33 403 Teil 1 werden für Arbeitsplätze vier Klimabereiche unterschieden:

- Kältebereich
- Behaglichkeitsbereich
- Erträglichkeitsbereich
- Unerträglichkeitsbereich

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

Im Erträglichkeitsbereich liegen Belastungssituationen und/oder klimatische Verhältnisse vor, die zu erhöhten Schweißabgaben und Beanspruchungen des Herz-Kreislauf-Systems führen und bei längeren Einwirkungen zu Störungen des Klimaempfindens führen. Der Erträglichkeitsbereich beschreibt somit Belastungssituationen, die nicht unmittelbar zu gesundheitlichen Schäden führen, jedoch die Leistungsfähigkeit des Menschen herabsetzen. Durch entsprechende Arbeitspausen, regelmäßigen Ausgleich des Flüssigkeitsverlustes (ggf. verbunden mit der Zuführung von Mineralstoffen), Wahl angemessener Kleidung usw. kann die körperliche Belastung gemindert bzw. die Leistungsfähigkeit erhalten und es können in der Regel gesundheitliche Probleme ausgeschlossen werden.

Tätigkeiten in Kältebereichen oder in Unerträglichkeitsbereichen sind auf das absolute Mindestmaß zu begrenzen. Personen, die sich in diesen Bereichen aufhalten, müssen einer arbeitsmedizinischen Vorsorgeunter-

suchung nach BGI 504-21 (früher ZH 1/600.21) bzw. BGI 504-30 (früher ZH 1/600.30) unterzogen werden. In bestimmten Fällen sind bei Arbeiten unter hohen Temperaturen bzw. Hitzebelastungen oder in bestimmten Regionen Tropentauglichkeitsuntersuchungen erforderlich.

3.1.3 Beurteilungsgrundlagen

Für die Beurteilung des Klimas bzw. zur Ermittlung der Belastungsgrößen sind folgende Richtlinien von Bedeutung:

- ❑ DIN 1946 Teil 2 (1994:01):
Raumlufttechnik – Gesundheitstechnische Anforderungen
- ❑ DIN EN ISO 7726 (2002:04):
Umgebungs-klima – Instrumente zur Messung physikalischer Größen
- ❑ DIN EN ISO 7730 (1995:09):
Gemäßigtes Umgebungs-klima – Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen der thermischen Behaglichkeit
- ❑ DIN EN ISO 27243 (1993:12):
Warmes Umgebungs-klima – Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index (wet bulb globe temperature)

- ❑ DIN EN 12515 (1997:11): Warmes Umgebungsklima – Analytische Bestimmung und Beurteilung der Wärmebelastung durch Berechnung der erforderlichen Schweißrate
- ❑ DIN 33403: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Grundlagen der Klimaermittlung; Teil 2 (2000:08): Einfluss des Klimas auf den Wärmehaushalt des Menschen; Teil 3 (2001:04): Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimagesamtenmaße; Teil 5 (1997:01): Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen
- ❑ VDI 2083 Blatt 5 (1996:02): Reinraumtechnik – Thermische Behaglichkeit
- ❑ BGI 504-30 (früher ZH 1/600.30): Auswahlkriterien für spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 30 „Hitzarbeiten“

3.1.4 Klimabewertung

3.1.4.1 Thermoregulation des Menschen

Die wichtigsten Organe im Inneren des Menschen sind nur in einem Temperaturbereich um 37 °C funktionsfähig. Das Thermoregulationssystem des Menschen verfügt über

Mechanismen, die für die Konstanz der Körperkerntemperatur sorgen. Beim gesunden Menschen werden diese Mechanismen durch den Stoffwechsel (Energieumsatz) und durch äußere Einflüsse (Umgebungsklima) bestimmt und können nur in engen Grenzen für eine Thermoregulation sorgen. Wichtig für die Thermoregulation sind

- ❑ der Gesamtenergieumsatz,
- ❑ die Dauer der Belastung und
- ❑ die Art der Bekleidung.

Gesamtenergieumsatz

Die innere Wärmeproduktion eines Menschen ist u.a. abhängig vom Stoffwechsel. Bei völliger Ruhe hat der erwachsene Mensch einen Grundumsatz von ca. 0,8 met (1 met = 58 Watt pro m² Körperoberfläche). Der Stoffwechsel wird durch jegliche Aktivitäten erhöht. Z.B. beträgt der Gesamtenergieumsatz bei Schwerarbeit an Maschinen 2,8 met oder 165 W/m², bei Schwerarbeit sind Spitzenbelastungen von > 230 W/m² (4 met) möglich.

Bekleidung

Neben dem Gesamtenergieumsatz ist die Bekleidung entscheidend für das thermische Empfinden. Dabei sind die Wärmeisolation

(Schutz gegen niedrige Temperaturen) der Kleidung und der Wärmeleitwiderstand (Wärmeabtransport zwischen Haut und Umgebung) der Kleidung bedeutend.

Der Wärmeleitwiderstand [$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$] der Kleidung wird als Relativmaß in „clo“ (clothing value; $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$) angegeben.

3.1.4.2 Behaglichkeits-/ Erträglichkeitsbereich

An Arbeitsplätzen ohne besondere Belastungen und mit leichter Tätigkeit (z.B. Büroarbeitsplätze) sind folgende Grenzbereiche für die Klimafaktoren zu berücksichtigen:

Lufttemperatur:

20 °C bis 26 °C, bei hohen Außentemperaturen (Sommer) auch darüber

relative Luftfeuchte:

30 % bis 70 %

Luftgeschwindigkeit:

kleiner 0,15 m/s, aber Luftbewegung

In Arbeitsräumen mit höheren inneren Wärmebelastungen oder bei erhöhter körperlicher Belastung (Arbeitsschwere bzw. Energieumsatz) sind weitere Ermittlungen zur Klimabewertung nach den o.g. Richtlinien erforderlich.

Für die Bewertung der Behaglichkeit wird der PMV- und der PDD-Index zugrunde gelegt (PMV = predicted mean vote; dt: Vorausgesagtes Mittleres Votum; PPD = predicted percentage of dissatisfied; dt: Vorausgesagter Anteil Unzufriedener). Diese aus empirischen Untersuchungen ermittelten Indices werden aus den Kombinationen der Klimaparameter und dem Wärmedurchgang der Kleidung ermittelt. Bei einem Wert für PMV = 0 wird das Klima in der Regel vom Menschen als thermisch neutral (behaglich) empfunden (siehe Tabelle).

PMV	+3	+2	+1	+0,5	0	-0,5	-1	-2	-3
Empfinden	heiß	warm	leicht warm		neutral		leicht kühl	kühl	kalt
PPD	90 %	75 %	25 %	10 %	5 %	10 %	25 %	75 %	90 %

Die Berechnung dieser Werte erfolgt nach DIN EN ISO 7730.

Physikalische Einwirkungen

Es gibt keinen Zustand des Raumklimas, mit dem alle Personen zufrieden sind. Der minimale PPD-Index liegt daher bei 5 % Unzufriedenheit, d.h., nur 5 % der befragten Personen waren mit der Klimasituation unzufrieden. In einem informativen Anhang der DIN EN ISO 7730 wird ein PPD-Index von 10% oder

$$-0,5 < PMV < +0,5$$

als akzeptabel empfohlen. Der PMV- und PPD-Index berücksichtigt den Einfluss des Raumklimas auf den gesamten Körper (mittleres Körperempfinden). Wenn Teile des Körpers jedoch unterschiedlichen klimatischen Belastungen ausgesetzt sind, kann ein lokales Unbehagen auftreten (z.B. kalte oder zu warme Fußböden). Die DIN EN ISO 7730 enthält Richtwerte zur Beurteilung des lokalen Unbehagens (Diskomfort).

Vertikaler Lufttemperaturgradient

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

Fußbodentemperatur

Sowohl zu warme als auch zu kalte Fußböden werden als unbehaglich empfunden.

Die Fußbodentemperatur soll zwischen 19 °C und 29 °C liegen.

Asymmetrische Wärmestrahlung

Differenzen bei den Temperaturen der Umschließungsflächen (z.B. kalte Fensterflächen, warme Decken) können zum lokalen Unbehagen führen. Die DIN EN ISO 7730 empfiehlt daher als maximale Differenz zwischen Decke und Raumtemperatur 5 °C oder zwischen kalten Fenstern und Raumtemperatur 10 °C.

Zugerscheinungen

Zug bewirkt eine unerwünschte lokale Abkühlung des Körpers durch Luftbewegung. Ein Bewertungsmaßstab für das Empfinden von Zugerscheinungen ist der sog. „Turbulenzgrad“ (siehe Abbildung 1). Je geringer der Turbulenzgrad, um so geringer ist das Zugempfinden durch die Raumluftströmung.

Luftfeuchte

Die rel. Luftfeuchte zwischen 30 % und 70 % hat in der Regel nur einen geringen Einfluss auf das Temperaturempfinden (Behaglichkeit). Die relative Luftfeuchte sollte die nachstehenden Werte in der Tabelle nicht überschreiten.

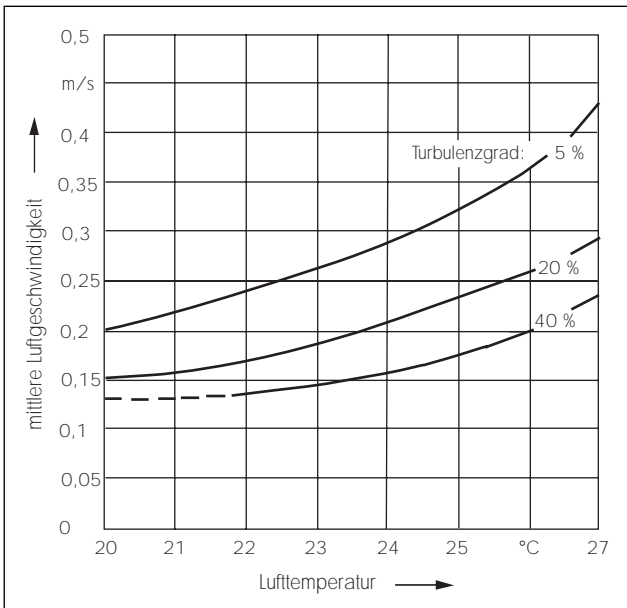


Abbildung 1:
Werte von mittleren
Luftgeschwindigkeiten als
Funktion von Temperatur
und Turbulenzgrad der Luft
im Behaglichkeitsbereich

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

Liegen die Werte für die relative Luftfeuchte darüber, wird das Klima als schwül empfunden. Die Luftfeuchte sollte in keinem Fall unter 30 % liegen. Bei hohen Sprachanteilen (z. B.

Lehrer, Call-Center-Agenten) darf die rel. Luftfeuchte 40 % nicht unterschreiten.

Operative Temperatur

Die DIN 1946 Teil 2 gibt einen Bereich (siehe Abbildung 2) für die empfohlene operative Temperatur an.

Die operative Temperatur T_o (empfundene Temperatur aus konvektiver Wärmeeinwir-

Physikalische Einwirkungen

kung und der einwirkenden Wärmestrahlung) errechnet sich aus der nachfolgenden Näherungsgleichung:

$$T_o = A \cdot T_L + (1 - A)T_r$$

T_L = örtliche Lufttemperatur °C

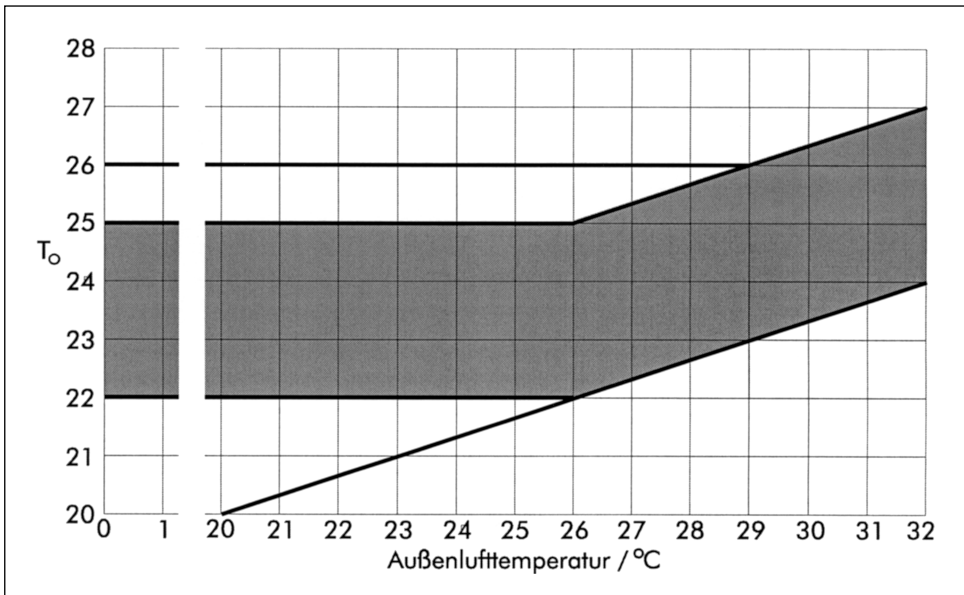
T_r = mittlere Strahlungstemperatur °C

v [m/s]	< 0,2	0,2 bis 0,6	0,6 bis 1,0
A	0,5	0,6	0,7

Die Abbildung 2 gilt unter folgenden Voraussetzungen:

- Aktivitätsstufe I und II
- leichte bis mittlere Kleidung

Abbildung 2:
Bereiche operativer Raumtemperaturen



- Raumlufgeschwindigkeit und Turbulenzgrad befinden sich im zulässigen Bereich

3.1.4.3 Hitzebelastungen

Die Hitzebelastungen durch konvektive Wärme, Wärmestrahlung oder bei konvektiver Wärme in Verbindung mit Wärmestrahlung wird nach DIN 33 403 Teil 3 bewertet.

Nach Ermittlung der Belastungsgrößen sind die Grenzbereiche für zulässige Hitzeexpositionen aus den Diagrammen der DIN 33 403 Teil 3 zu entnehmen. Überschreiten die Belastungsgrößen die jeweiligen Grenzbereiche, so sind Maßnahmen zur Minderung der Belastung erforderlich (siehe BGI 537 [früher ZH1/83] „Wärmebelastete Arbeitsplätze“).

Beschäftigte, die Hitzearbeiten durchführen, müssen laut Unfallverhütungsvorschrift

„Arbeitsmedizinische Vorsorge“ durch arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (Erstuntersuchungen vor Aufnahme der Beschäftigung und Nachuntersuchungen während der Beschäftigung) überwacht werden. Die Überwachung erfolgt nach BGV „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ und dem Grundsatz G 30 „Hitzearbeiten“ der „Berufsgenossenschaftlichen Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen“.

Die Wärmebelastung wird durch die sog. korrigierte normale Effektivtemperatur CNET als dem am weitesten verbreiteten Hilfsmaß für das menschliche Klimaempfinden oder durch die Wärmestromdichte (Wärmestrahlung) oder die Kombination beider angegeben. Die muskuläre Belastung wird in leicht, mittelschwer und schwer bis sehr schwer unterteilt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1:
Hitzeinwirkungen in Abhängigkeit von Wärmeeinwirkung und muskulärer Belastung

Muskuläre Belastung	Wärmebelastung CNET	Tätigkeiten
leicht bis ca. 900 kJ/h	kurzzeitig ab 35 °C dauernd ab 32 °C	Personen auf Kontrollgängen, Führer von Kranen aller Art, Fahrer von Flurförderzeugen, Elektriker für Steuer- und Regelanlagen, Personen bei Tätigkeiten in Schaltwarten, Brenner in der Keramischen Industrie

Tabelle 1:
(Fortsetzung)

Muskuläre Belastung	Wärmebelastung CNET	Tätigkeiten
mittelschwer ab ca. 900 kJ/h bis 1350 kJ/h	kurzzeitig ab 35 °C dauernd ab 30 °C	„Anfänger“ an Glasöfen, Betriebsschlosser, Personen beim Abbrechen von Glas mit Brecher, Eisengießer mit Hebezeugen, Vulkaniseure
schwer/sehr schwer ab 1350 kJ/h	kurzzeitig ab 30 °C dauernd ab 28 °C	Ein- und Aussetzer in Öfen der grobkeramischen Industrie, Ofen- maurer bei Heißreparaturen, Gemengeeinleger von Hand in Glashütten, Schmelzer an metal- lurgischen Öfen, Eisengießer (Handguss), Handflämmer, Schmiede

Einen Überblick über die zu untersuchenden unter Hitzeeinwirkung beschäftigten Personen gibt Tabelle 2.

3.2 Berührung heißer Oberflächen

3.2.1 Erläuterungen

Bei der Berührung einer heißen Oberfläche kann es zu einer Verbrennung der Haut kommen. Das Auftreten einer Verbrennung hängt dabei von verschiedenen Faktoren ab. Die wichtigsten davon sind:

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

Schwellenwerte der Oberflächentemperatur, ab der eine Verbrennung auftritt, wurden für verschiedene Materialien und für verschiedene Kontaktzeiten bestimmt.

3.2.2 Grenzwerte

Allgemein verbindliche Grenzwerte für Temperaturen heißer Oberflächen zum Schutz vor

Tabelle 2:
Auswahl des zu untersuchenden Personenkreises (nach Grundsatz G 30 „Hitzearbeiten“)

Arbeitsenergie- umsatz (W)	ununterbrochene Expositionszeit in Minuten			
	< 15 min	15 - 30 min	31 - 60 min	> 60 min
Gruppe 1	ständig exponierte, hitzeadaptierte Beschäftigte			
bis 100 W	—	> 36	36	34
bis 200 W	—	36	34	32
bis 300 W	—	34	32	30
> 300 W	35	32	30	
Gruppe 2	gelegentlich exponierte, nicht hitzeadaptierte Beschäftigte			
bis 100 W	—	> 36	34	
bis 200 W	—	34	32	
bis 300 W	35	32	30	
> 300 W	35	30	28	

Verbrennungen wurden bisher noch nicht festgelegt. Es gibt jedoch in einer Reihe von Produktnormen Festlegungen maximaler Oberflächentemperaturen, die vor Verbrennungen schützen sollen.

3.2.3 Empfehlungen

Der europäischen Norm DIN EN 563 können Schwellenwerte für die Verbrennung der

Haut bei der Berührung heißer Oberflächen entnommen werden. Diese Schwellenwerte sind gleichzeitig auch Empfehlungen für Oberflächentemperatur-Grenzwerte, sofern zur Vermeidung von Verbrennungen eine Begrenzung der Oberflächentemperatur notwendig ist. Die in DIN EN 563 festgelegten Werte gelten für alle heißen Oberflächen, auch wenn der Anwendungsbereich der DIN EN 563 aus formalen Gründen auf Maschinen beschränkt ist. In einer demnächst

erscheinenden weiteren Europäischen Norm wird eine Anleitung gegeben, wie mithilfe der DIN EN 563 Oberflächentemperaturgrenzwerte zum Schutz vor Verbrennungen für alle Arten von Produkten und in einem gegenüber der DIN EN 563 erweiterten Anwendungsbereich festgelegt werden können.

3.2.4 Literatur

DIN EN 563 (2000:01): Sicherheit von Maschinen – Temperaturen berührbarer Oberflächen – Ergonomische Daten zur Festlegung von Temperaturgrenzwerten für heiße Oberflächen.

DIN 33403 Teil 1 – Teil 5 Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung

BGI 504-21 (ZH 1/600.21) Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 21 für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen „Kältarbeiten“

BGI 504-30 (ZH 1/600.30) Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 30 für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen „Hitzearbeiten“

DIN 1946 Teil 2 Raumluftechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen

DIN EN ISO 7730 Gemäßigtes Umgebungsklima, Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit

DIN EN 27243 Warmes Umgebungsklima, Ermittlung der Wärmebelastung des arbeitenden Menschen mit dem WBGT-Index

DIN EN 12515 Warmes Umgebungsklima, Analytische Bestimmung und Beurteilung der Wärmebelastung durch Berechnung der erforderlichen Schweißrate

VDI 2083 Blatt 5 Reinraumtechnik, Thermische Behaglichkeit

H. Rietschel; H. Esdorn (Hrsg.): Raumklimatechnik, Band 1; Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1994

Recknagel, Sprenger, Schramek (Hrsg.): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik; R. Oldenbourg Verlag München, Wien 1999

BGI 537 (ZH 1/83) Wärmebelastete Arbeitsplätze

BGI 579 (ZH 1/174) Arbeiten unter Hitzebelastung

4 Strahlung

4.1 Ionisierende Strahlung

4.1.1 Erläuterungen

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

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

Für die berufliche Strahlenexposition durch ionisierende Strahlung sind in der Röntgenverordnung [1] und in der Strahlenschutzverordnung [2] die gleichen Expositionsgrenzwerte festgelegt. Diese Grenzwerte gelten einerseits für die Exposition durch äußere Bestrahlung und andererseits auch für die Exposition, die durch eine innere Bestrahlung bei der Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Körper entsteht. Wirkt sowohl eine

äußere Bestrahlung als auch eine innere Bestrahlung durch Aufnahme radioaktiver Stoffe ein, dann sind beide Einwirkungen zu berücksichtigen und es ist insgesamt der Dosisgrenzwert einzuhalten. Dabei ist die Dosis durch innere Bestrahlung aus der zugeführten Aktivität und den nuklidspezifischen Dosiskoeffizienten [3] zu berechnen. Die früher verwendeten Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr sind in der jetzt gültigen Strahlenschutzverordnung nicht mehr enthalten.

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

4.1.2 Grenzwerte

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

In der Röntgenverordnung (RöV) [1] und in der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [2] sind je nach der Personengruppe, die exponiert ist, unterschiedliche Grenzwerte festgelegt. An Personengruppen werden unterschieden:

- ☐ Beruflich strahlenexponierte Personen (Kategorien A und B)

Beruflich strahlenexponierte Person im Sinne der Strahlenschutzverordnung ist:

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

im Bereich der **Arbeiten** diejenige, für die die Abschätzung nach § 95 Abs. 1 ergeben hat, dass die effektive Dosis im

Kalenderjahr 6 Millisievert überschreiten kann, oder für die die Ermittlung nach § 103 Abs. 1 ergeben hat, dass die effektive Dosis im Kalenderjahr 1 Millisievert überschreiten kann.

- ☐ Einzelpersonen der Bevölkerung

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

- ☐ Besonders schutzbedürftige Personen wie Schwangere und Jugendliche

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

RöV:
§§ 31a bis 31c, 32

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

Da die in der Röntgenverordnung enthaltenen Grenzwerte die gleichen sind, die in der Strahlenschutzverordnung für Tätigkeiten

genannt sind, werden im Folgenden nur die Grenzwerte aus der Strahlenschutzverordnung wiedergegeben.

Für die Strahlenexposition bei Tätigkeiten gelten die in §§ 46 und 55 bis 59 StrlSchV enthaltenen Grenzwerte:

§ 46 Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung

(1) Für Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis durch Strahlenexpositionen aus Tätigkeiten nach § 2 Abs. 1 Nr. 1 ein Millisievert im Kalenderjahr.

(2) Unbeschadet des Absatzes 1 beträgt der Grenzwert der Organdosis für die Augenlinse 15 Millisievert im Kalenderjahr und der Grenzwert der Organdosis für die Haut 50 Millisievert im Kalenderjahr.

(3) Bei Anlagen oder Einrichtungen gilt außerhalb des Betriebsgeländes der Grenzwert für die effektive Dosis nach Absatz 1 für die Summe der Strahlenexposition aus Direktstrahlung und der Strahlenexposition aus Ableitungen. Die für die Strahlenexposition aus Direktstrahlung maßgebenden Aufenthaltszeiten richten sich nach den räumlichen Gegebenheiten der Anlage oder Einrichtung oder des Standortes; liegen keine begründeten Angaben für

die Aufenthaltszeiten vor, ist Daueraufenthalt anzunehmen.

§ 55 Schutz bei beruflicher Strahlenexposition

(1) Für beruflich strahlenexponierte Personen beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 20 Millisievert im Kalenderjahr. § 58 bleibt unberührt. Die zuständige Behörde kann im Einzelfall für ein einzelnes Jahr eine effektive Dosis von 50 Millisievert zulassen, wobei für fünf aufeinander folgende Jahre 100 Millisievert nicht überschritten werden dürfen.

(2) Der Grenzwert der Organdosis beträgt für beruflich strahlenexponierte Personen:

- 1. für die Augenlinse 150 Millisievert,*
- 2. für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 500 Millisievert,*
- 3. für die Keimdrüsen, die Gebärmutter und das Knochenmark (rot) jeweils 50 Millisievert,*
- 4. für die Schilddrüse und die Knochenoberfläche jeweils 300 Millisievert,*
- 5. für den Dickdarm, die Lunge, den Magen, die Blase, die Brust, die Leber,*

die Speiseröhre, andere Organe oder Gewebe gemäß Anlage VI Teil C Nr. 2 Fußnote 1, soweit nicht unter Nummer 3 genannt, jeweils 150 Millisievert im Kalenderjahr.

(3) Für Personen unter 18 Jahren beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 1 Millisievert im Kalenderjahr. Der Grenzwert der Organ-dosis beträgt für die Augenlinse 15 Millisievert, für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 50 Millisievert im Kalenderjahr. Abweichend von den Sätzen 1 und 2 kann die zuständige Behörde für Auszubildende und Studierende im Alter zwischen 16 und 18 Jahren einen Grenzwert von 6 Millisievert für die effektive Dosis, 45 Millisievert für die Organdosis der Augenlinse und jeweils 150 Millisievert für die Organdosis der Haut, der Hände, der Unterarme, der Füße und Knöchel im Kalenderjahr festlegen, wenn dies zur Erreichung des Ausbildungszieles notwendig ist.

(4) Bei gebärfähigen Frauen beträgt der Grenzwert für die über einen Monat kumulierte Dosis an der Gebärmutter 2 Millisievert. Für ein ungeborenes Kind, das aufgrund der Beschäftigung der Mutter einer Strahlenexposition ausgesetzt ist, beträgt der Grenzwert der Dosis aus äußerer und innerer Strahlenexposition vom Zeitpunkt der Mitteilung über die Schwangerschaft bis zu deren Ende 1 Millisievert.

§ 56 Berufslebensdosis

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

§ 57 Dosisbegrenzung bei Überschreitung

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

§ 58 Besonders zugelassene Strahlenexpositionen

(1) Unter außergewöhnlichen, im Einzelfall zu beurteilenden Umständen kann die zuständige Behörde zur Durchführung notwendiger spezifischer Arbeitsvorgänge Strahlenexpositionen abweichend von § 55 Abs. 1, 2 und 4 Satz 1 zulassen. Für diese besonders zugelassene Strahlenexposition beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 100 Millisievert, der Grenzwert der Organdosis für die Augenlinse 300 Millisievert, der Grenzwert der Organdosis für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 1 Sievert für eine Person im Berufsleben.

(2) Einer Strahlenexposition nach Absatz 1 dürfen nur Freiwillige, die beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A sind, ausgesetzt werden, ausgenommen schwangere Frauen und, wenn die Möglichkeit einer Kontamination nicht ausgeschlossen werden kann, stillende Frauen.

(3) Eine Strahlenexposition nach Absatz 1 ist im Voraus zu rechtfertigen. Die Personen nach Absatz 2 sind über das mit der Strahlenexposition verbundene Strahlenrisiko aufzuklären. Der Betriebsrat oder der Personalrat, die Fachkräfte für Arbeitssicherheit, der Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 oder die Betriebsärzte, soweit sie nicht Ärzte nach § 64 Abs. 1 Satz 1 sind, sind zu beteiligen.

(4) Die Körperdosis durch eine Strahlenexposition nach Absatz 1 ist unter Berücksichtigung der Expositionsbedingungen zu ermitteln. Sie ist in den Aufzeichnungen nach §§ 42 und 64 Abs. 3 getrennt von den übrigen Ergebnissen der Messungen und Ermittlungen der Körperdosis einzutragen. Die Strahlenexposition nach Absatz 1 ist bei der Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen nach § 56 zu berücksichtigen.

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

§ 59 Strahlenexposition bei Personengefährdung und Hilfeleistung

(1) Bei Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren für Personen ist anzustreben, dass eine effektive Dosis von mehr als 100 Millisievert nur einmal im Kalenderjahr und eine effektive Dosis von mehr als 250 Millisievert nur einmal im Leben auftritt.

(2) Die Rettungsmaßnahmen dürfen nur von Freiwilligen über 18 Jahren ausgeführt werden, die zuvor über die Gefahren dieser Maßnahmen unterrichtet worden sind.

(3) Die Körperdosis einer bei Rettungsmaßnahmen eingesetzten Person durch eine Strahlenexposition bei den Rettungsmaßnahmen ist unter Berücksichtigung der Expositionsbedingungen zu ermitteln. Die Rettungsmaßnahme und die ermittelte Körperdosis der bei der Rettungsmaßnahme eingesetzten Personen sind der zuständigen Behörde unverzüglich mitzuteilen. Die Strahlenexposition nach Satz 1 ist bei der Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen nach § 56 zu berücksichtigen. § 58 Abs. 4 Satz 2 und Abs. 5 gilt entsprechend.

Für die Strahlenexposition bei Arbeiten an Arbeitsplätzen mit natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen (terrestrischer Strahlung) gelten die in § 95 StrlSchV enthaltenen Grenzwerte:

§ 95 Natürlich vorkommende radioaktive Stoffe an Arbeitsplätzen

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

zung ist unverzüglich zu wiederholen, wenn der Arbeitsplatz so verändert wird, dass eine höhere Strahlenexposition auftreten kann. Satz 1 gilt auch für denjenigen, der in einer fremden Betriebsstätte in eigener Verantwortung Arbeiten nach Satz 1 ausübt oder unter seiner Aufsicht stehende Personen Arbeiten ausüben lässt. In diesem Fall hat der nach Satz 1 Verpflichtete ihm vorliegende Abschätzungen für den Arbeitsplatz bereitzustellen.

(2) Der nach Absatz 1 Verpflichtete hat der zuständigen Behörde innerhalb von drei Monaten nach Durchführung der Abschätzung nach Absatz 1 Anzeige gemäß Satz 2 zu erstatten, wenn die Abschätzung nach Absatz 1 ergibt, dass die effektive Dosis 6 Millisievert im Kalenderjahr überschreiten kann. Aus der Anzeige müssen die konkrete Art der Arbeit, das betreffende Arbeitsfeld oder die betreffenden Arbeitsfelder, die Anzahl der betroffenen Personen, die eine effektive Dosis von mehr als 6 Millisievert im Kalenderjahr erhalten können, die nach Absatz 10 Satz 1 vorgesehene Ermittlung und die nach § 94 vorgesehenen Maßnahmen hervorgehen. Bei Radonexpositionen kann davon ausgegangen werden, dass die effektive Dosis von 6 Millisievert im Kalenderjahr durch diese Expositionen nicht überschritten ist, wenn das Produkt aus Aktivitätskonzentration von Radon-222 am Arbeitsplatz und Aufenthaltszeit im Kalenderjahr den

Anlage XI:

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

Teil A: Arbeitsfelder mit erhöhten Radon-222-Expositionen

Arbeiten in

- untertägigen Bergwerken, Schächten und Höhlen, einschließlich Besucherbergwerken
- Radon-Heilbäder und -Heilstollen
- Anlagen der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung

Teil B: Arbeitsfelder mit erhöhten Expositionen durch Uran und Thorium und deren Zerfallsprodukte ohne Radon

- Schleifen von und Wechselstromschweißen mit thorierten Schweißelektroden
- Handhabung und Lagerung thoriertes Gasglühstrümpfe
- Verwendung von Thorium oder Uran in der natürlichen Isotopenzusammensetzung oder in abgereicherter Form einschließlich der daraus jeweils hervorgehenden Tochternuklide, sofern vorhanden, zu chemisch-analytischen oder chemisch-präparativen Zwecken
- Handhabung, insbesondere Montage, Demontage, Bearbeiten und Untersuchen von Produkten aus thorierten Legierungen
- Gewinnung, Verwendung und Verarbeitung von Pyrochlorerzen
- Verwendung und Verarbeitung von Schlacke aus der Verhüttung von Kupferschiefererzen

Wert von 2×10^6 Becquerel pro Kubikmeter mal Stunden nicht überschreitet. Bei deutlichen Abweichungen des Gleichgewichtsfaktors zwischen Radon und seinen kurzlebigen Zerfallsprodukten von dem zugrunde gelegten Wert von 0,4 kann die Behörde abweichende Werte für das Produkt aus Radon-222-Aktivitätskonzentration und Aufenthaltszeit im Kalenderjahr festlegen.

(3) Der nach Absatz 1 Satz 3 Verpflichtete hat dafür zu sorgen, dass er selbst und die unter seiner Aufsicht stehenden Personen in fremden Betriebsstätten anzeigebedürftige Arbeiten nur ausüben, wenn jede Person im

Besitz eines vollständig geführten, bei der zuständigen Behörde registrierten Strahlenspasses ist.

(4) Für Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausüben, beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 20 Millisievert im Kalenderjahr. Der Grenzwert der Organdosis beträgt für die Augenlinse 150 Millisievert, für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 500 Millisievert. Bei Radonexpositionen kann davon ausgegangen werden, dass die effektive Dosis von 20 Millisievert im Kalenderjahr durch diese Expositionen nicht überschritten ist, wenn das

Produkt aus Aktivitätskonzentration von Radon-222 am Arbeitsplatz und Aufenthaltszeit im Kalenderjahr den Wert von 6×10^6 Becquerel pro Kubikmeter mal Stunden nicht überschreitet. Absatz 2 Satz 4 gilt entsprechend.

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

(6) Wurde unter Verstoß gegen Absatz 4 Satz 1 oder 2 ein Grenzwert im Kalenderjahr überschritten, so ist eine Weiterbeschäftigung als beruflich strahlenexponierte Person nur zulässig, wenn die Expositionen in den folgenden vier Kalenderjahren unter Berücksichtigung der erfolgten Grenzwertüberschreitung so begrenzt werden, dass die Summe der Dosen das Fünffache des jeweiligen Grenzwertes nicht überschreitet. Ist die Überschreitung eines Grenzwertes so hoch, dass bei Anwendung von Satz 1 die bisherige Beschäftigung nicht fortgesetzt werden kann, kann die Behörde im Benehmen mit einem Arzt nach § 64

Abs. 1 Satz 1 Ausnahmen von Satz 1 zulassen.

(7) Für Personen unter 18 Jahren beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 6 Millisievert im Kalenderjahr. Der Grenzwert der Organdosis beträgt für die Augenlinse 50 Millisievert, für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 150 Millisievert im Kalenderjahr.

(8) Für ein ungeborenes Kind, das aufgrund der Beschäftigung seiner Mutter einer Strahlenexposition ausgesetzt ist, beträgt der Grenzwert für die Summe der Dosis aus äußerer und innerer Strahlenexposition vom Zeitpunkt der Mitteilung über die Schwangerschaft bis zu deren Ende 1 Millisievert.

(9) Sobald eine Frau, die eine anzeigepflichtige Arbeit ausübt, den nach Absatz 1 Verpflichteten darüber informiert hat, dass sie schwanger ist oder stillt, hat er ihre Arbeitsbedingungen so zu gestalten, dass eine innere berufliche Strahlenexposition ausgeschlossen ist.

(10) Für Personen, die anzeigepflichtige Arbeiten ausüben, hat der nach Absatz 1 Verpflichtete die Radon-222-Exposition und die Körperdosis auf geeignete Weise durch Messung der Ortsdosis, der Ortsdosisleistung, der Konzentration radioaktiver Stoffe oder Gase in der Luft, der Kontamination des

Arbeitsplatzes, der Personendosis, der Körperaktivität oder der Aktivität der Ausscheidung nach Maßgabe des Satzes 3 zu ermitteln. Die Radon-222-Exposition kann auch durch direkte Messung ermittelt werden. Die Ermittlungsergebnisse müssen spätestens neun Monate nach erfolgter Strahlenexposition der die anzeigebedürftige Arbeit ausführenden Person vorliegen. Für die Messungen kann die zuständige Behörde die anzuwendenden Messmethoden und Messverfahren festlegen und für Messungen Messstellen bestimmen. § 41 Abs. 8 gilt entsprechend.

(11) Der nach Absatz 1 Verpflichtete darf Personen, die anzeigebedürftige Arbeiten ausüben, eine Beschäftigung oder Weiterbeschäftigung nur erlauben, wenn sie innerhalb des jeweiligen Kalenderjahrs von einem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 untersucht worden sind und dem nach Absatz 1 Verpflichteten eine von diesem Arzt ausgestellte Bescheinigung vorliegt, nach der der Beschäftigung keine gesundheitlichen Bedenken entgegenstehen. Satz 1 gilt entsprechend für Personen, die in eigener Verantwortung in eigener oder in einer anderen Betriebsstätte Arbeiten ausüben. § 60 Abs. 3 und die §§ 61 und 62 gelten entsprechend. Die in entsprechender Anwendung des § 61 Abs. 1 Satz 1 angeforderten Unterlagen sind dem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 unverzüglich zu übergeben. Der Arzt hat die ärztliche Bescheinigung dem Verpflichteten nach Absatz 1

Satz 1, der beruflich strahlenexponierten Person und, soweit gesundheitliche Bedenken bestehen, auch der zuständigen Behörde unverzüglich zu übersenden.

(12) Bei einer Arbeit nach Absatz 1, die zu einer effektiven Dosis von weniger als 6 Millisievert im Kalenderjahr führt, kann die Pflicht nach § 94 auch dadurch erfüllt werden, dass Strahlenschutzmaßnahmen auf der Grundlage von Vorschriften des allgemeinen Arbeitsschutzes Anwendung finden. Die zuständige Behörde kann entsprechende Nachweise verlangen.

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

§ 103 Schutz des fliegenden Personals vor Expositionen durch kosmische Strahlung

(1) Wer Flugzeuge, die in der deutschen Luftfahrzeugrolle nach § 3 des Luftverkehrsgesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. März 1999 (BGBl. I S. 550) in der jeweils geltenden Fassung eingetragen sind, gewerblich oder im Rahmen eines wirtschaftlichen Unternehmens betreibt, oder wer als Unternehmer mit Sitz im Geltungsbereich dieser Verordnung Flugzeuge betreibt, die in einem anderen Land registriert sind und Per-

sonal, das in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß dem deutschen Arbeitsrecht steht, einsetzt, hat die effektive Dosis, die das fliegende Personal durch kosmische Strahlung während des Fluges einschließlich der Beförderungszeit nach § 4 Abs. 1 Satz 1 der Zweiten Durchführungsverordnung zur Betriebsordnung für Luftfahrtgerät vom 12. November 1974 (BGBl. I S. 3181), die zuletzt durch die Verordnung vom 6. Januar 1999 (BAnz. S. 497) geändert worden ist, in der jeweils geltenden Fassung erhält, nach Maßgabe des Satzes 2 zu ermitteln, soweit die effektive Dosis durch kosmische Strahlung 1 Millisievert im Kalenderjahr überschreiten kann. Die Ermittlungsergebnisse müssen spätestens sechs Monate nach dem Einsatz vorliegen. Die Sätze 1 und 2 gelten auch für Flugzeuge, die im Geschäftsbereich des Bundesministeriums der Verteidigung betrieben werden.

(2) Für das fliegende Personal beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis durch kosmische Strahlung 20 Millisievert im Kalenderjahr. Der Pflicht zur Dosisreduzierung nach § 94 kann insbesondere bei der Aufstellung der Arbeitspläne und bei der Festlegung der Flugrouten und -profile Rechnung getragen werden.

(3) Der Grenzwert für die Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen beruflich strahlenexponierter Personen beträgt 400 Millisievert. Die zuständige Behörde kann im Benehmen mit einem Arzt

nach § 64 Abs. 1 Satz 1 eine weitere berufliche Strahlenexposition zulassen, wenn diese nicht mehr als 10 Millisievert effektive Dosis im Kalenderjahr beträgt und die beruflich strahlenexponierte Person einwilligt. Die Einwilligung ist schriftlich zu erteilen.

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

(5) Für ein ungeborenes Kind, das aufgrund der Beschäftigung seiner Mutter einer Strahlenexposition ausgesetzt ist, beträgt der Grenzwert der Dosis aus äußerer Strahlenexposition vom Zeitpunkt der Mitteilung über die Schwangerschaft bis zu deren Ende 1 Millisievert.

(6) Der nach Absatz 1 Verpflichtete hat das fliegende Personal mindestens einmal im Kalenderjahr über die gesundheitlichen Aus-

wirkungen der kosmischen Strahlung und über die zum Zweck der Überwachung von Dosisgrenzwerten und der Beachtung der Strahlenschutzgrundsätze erfolgende Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten zu unterrichten; hierbei sind Frauen darüber zu unterrichten, dass eine Schwangerschaft im Hinblick auf die Risiken einer Strahlenexposition für das ungeborene Kind so früh wie möglich mitzuteilen ist. Die Unterrichtung kann Bestandteil erforderlicher Unterweisungen nach anderen Vorschriften sein. Der nach Absatz 1 Verpflichtete hat über den Inhalt und Zeitpunkt der Unterrichtung Aufzeichnungen zu führen, die von der unterrichteten Person zu unterzeichnen sind. Er hat die Aufzeichnungen fünf Jahre lang nach der Unterrichtung aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.

(7) Der nach Absatz 1 Verpflichtete hat

1. die Ergebnisse der Dosismessung nach Absatz 1 unverzüglich aufzuzeichnen,
2. die Aufzeichnungen nach Nummer 1 a) so lange aufzubewahren, bis die überwachte Person das 75. Lebensjahr vollendet hat oder vollendet hätte, mindestens jedoch 30 Jahre nach Beendigung der jeweiligen Beschäftigung,
- b) spätestens 95 Jahre nach der Geburt der betroffenen Person zu löschen,

c) auf Verlangen der überwachten Person oder der zuständigen Behörde vorzulegen oder bei einer von dieser Behörde zu bestimmenden Stelle zu hinterlegen,

d) bei einem Wechsel des Beschäftigungsverhältnisses dem neuen Arbeitgeber auf Verlangen zur Kenntnis zu geben, falls weiterhin eine Beschäftigung als beruflich strahlenexponierte Person ausgeübt wird,

3. Überschreitungen des Grenzwertes der effektiven Dosis nach Absatz 2 Satz 1 der zuständigen Behörde unter Angabe der Gründe, der betroffenen Personen und der ermittelten Dosen unverzüglich mitzuteilen,

4. den betroffenen Personen im Fall der Nummer 3 die effektive Dosis unverzüglich mitzuteilen.

(8) Der nach Absatz 1 Verpflichtete hat die ermittelte effektive Dosis und die in § 112 Abs. 1 Nr. 2 und 3 genannten Angaben dem Luftfahrt-Bundesamt oder einer vom Luftfahrt-Bundesamt bestimmten Stelle zur Weiterleitung an das Strahlenschutzregister mindestens halbjährlich zu übermitteln. Auskünfte aus dem Strahlenschutzregister werden dem nach Absatz 1 Verpflichteten erteilt, soweit es für die Wahrnehmung seiner Aufgaben erforderlich ist. § 112 Abs. 4 Satz 1 Nr. 1 und 3 und Satz 2 findet Anwendung.

(9) Der nach Absatz 1 Verpflichtete darf Personen, bei denen die Ermittlung nach Absatz 1 ergeben hat, dass eine effektive Dosis von mehr als 6 Millisievert im Kalenderjahr überschritten werden kann, eine Beschäftigung oder Weiterbeschäftigung nur erlauben, wenn sie innerhalb des jeweiligen Kalenderjahrs von einem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 untersucht worden sind und dem gemäß Absatz 1 Verpflichteten eine von diesem Arzt ausgestellte Bescheinigung vorliegt, nach der der Beschäftigung keine gesundheitlichen Bedenken entgegenstehen. Die in entsprechender Anwendung des § 61 Abs. 1 Satz 1 angeforderten Unterlagen sind dem Arzt nach § 64 Abs. 1 Satz 1 unverzüglich zu übergeben. Der Arzt hat die ärztliche Bescheinigung dem Verpflichteten nach Absatz 1 Satz 1, der beruflich strahlenexponierten Person und, soweit gesundheitliche Bedenken bestehen, auch der zuständigen Behörde unverzüglich zu übersenden. Die Untersuchung kann im Rahmen der fliegerärztlichen Untersuchung erfolgen.

4.1.3 Literatur

[1] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung – RöV) vom 8. Januar 1987 (BGBl. I S. 114), zuletzt geändert durch die „Verordnung zur Änderung der Röntgenverordnung und anderer atomrechtlicher Verordnungen“ vom 18. Juni 2002 (BGBl 2002 Teil I Nr. 36, Seiten 1869-1907)

[2] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. S. 1714), geändert aufgrund Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juni 2002 (BGBl. 2002 Teil 1, Nr. 36, S. 1869-1907)

[3] Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten; Bundesanzeiger Nr. 160 a und b vom 28. August 2001

4.2 Optische Strahlung (UV-, sichtbare, IR-Strahlung)

4.2.1 Einführung

Optische Strahlung ist ein Teil der nichtionisierenden Strahlung. Zur nichtionisierenden Strahlung werden elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen über 100 nm sowie elektrische und magnetische Felder gezählt. Eine Unterteilung ergibt sich aufgrund der Wellenlänge (λ) bzw. der Frequenz (f) in:

Optische Strahlung

- ☐ Ultraviolettstrahlung:
 $100 \text{ nm} < \lambda < 400 \text{ nm}$
- ☐ Sichtbare Strahlung:
 $400 \text{ nm} < \lambda < 780 \text{ nm}$
- ☐ Infrarotstrahlung:
 $780 \text{ nm} < \lambda < 1 \text{ mm}$

Elektromagnetische Wellen und Felder

- ☐ Radiofrequenz-Wellen und -felder:
 $300 \text{ GHz} > f > 30 \text{ kHz}$
- ☐ Niederfrequenz-Wellen und -felder:
 $30 \text{ kHz} \geq f > 0 \text{ Hz}$
- ☐ Statische Felder:
 $f = 0 \text{ Hz}$

Eine weitere Einteilung unterscheidet entsprechend der Kohärenzeigenschaft der optischen Strahlung nach:

- ☐ Laser, d.h. kohärente optische Strahlung
- ☐ nichtkohärente optische Strahlung

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

Rechtsverbindliche Grenzwerte wurden bisher in der Unfallverhütungsvorschrift BGV B2 „Laserstrahlung“, in der Unfallverhütungsvorschrift BGV B11 „Elektromagnetische Felder“ und in der 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (dort zum Schutz der Öffentlichkeit) festgelegt. Außerdem wird zurzeit eine Unfallverhütungsvorschrift BGV B9 „Optische Strahlung“ erarbeitet. Sie wird ebenfalls rechtsverbindliche Expositionsgrenzwerte enthalten. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von nationalen und internationalen Grenzwert-Empfehlungen.

4.2.2 Ultraviolette Strahlung

4.2.2.1 Erläuterungen

Ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) ist elektromagnetische Wellenstrahlung mit

Wellenlängen zwischen 100 nm und 400 nm.

Die Einwirkung von ultravioletter Strahlung auf den Menschen kann zu Schädigungen des Auges und der Haut führen. Eine kurzfristige Einwirkung sehr hoher Intensität kann im Auge Bindehaut- und Hornhautentzündung und auf der Haut das Entstehen eines Erythems (Sonnenbrand) hervorrufen. Eine langfristige, chronische UV-Einwirkung kann im Auge eine Linsentrübung verursachen sowie eine Alterung der Haut und das Entstehen von Hautkrebs bewirken.

4.2.2.2 Grenzwerte

In früheren Fassungen der Unfallverhaltensvorschrift „Gesundheitsdienst“ (BGV C8, vormals VBG 103 [1]) war ein Dosiswert von 22 mWs/cm^2 pro Arbeitsschicht für die Anwendung von Ultraviolett-Strahlen zur Desinfektion festgelegt. In der heutigen Fassung der Unfallverhaltensvorschrift ist dieser Wert nicht mehr zu finden. Daher gibt es zur Zeit für UV-Strahlenexposition keine rechtsverbindlichen Grenzwerte. Es ist jedoch geplant, Expositionswerte für UV-, sichtbare und IR-Strahlung in der Unfallverhaltensvorschrift BGV B9 „Optische Strahlung“ festzulegen. Diese Unfallverhaltensvorschrift soll für alle Arbeitsplätze, an denen optische Strahlung auf Personen einwirken kann, und für alle

inkohärenten optischen Strahlenquellen, mit Ausnahme der Allgemeinbeleuchtung, gelten. Zurzeit liegt der Fachausschussentwurf der BGV B9 „Optische Strahlung“ vom April 2002 [2] vor. Es wird angestrebt, die Endfassung der BGV B9 im Jahr 2003 zu erstellen und danach die Unfallverhaltensvorschrift zu erlassen.

4.2.2.3 Empfehlungen

Auch wenn es zurzeit in Deutschland noch keine rechtsverbindlichen Expositionswerte für UV-Strahlung gibt, existiert eine Reihe von Grenzwert-Empfehlungen, die in der Praxis zur Expositionsbeurteilung herangezogen werden können. Am bekanntesten sind die Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP), die weltweit Beachtung finden. Diese Empfehlungen wurden in der Zeitschrift „Health Physics“ veröffentlicht [3, 4], können aber auch im Internet unter www.icnirp.org heruntergeladen werden.

4.2.2.4 Literatur

[1] BG-Vorschrift „Gesundheitsdienst“ [BGV C8, vormals VBG 103]. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Carl Heymanns Verlag, Köln, Oktober 1982 / Januar 1997

[2] Unfallverhütungsvorschrift BGV B9 „Optische Strahlung“, Fachausschussentwurf April 2002, Fachausschuss „Elektrotechnik“

[3] IRPA/INIRC: Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation), Health Physics Vol. 56, No. 6, pp. 971-972, 1989; Vol. 49, No. 8, pp. 331-340, 1985

[4] International Commission for Nonionizing radiation Protection (ICNIRP): Guidelines on UV radiation exposure limits. Health Physics Vol. 71, No. 6 (December), p. 978, 1996

4.2.3 Sichtbare und Infrarot-Strahlung

4.2.3.1 Erläuterungen

Sichtbare Strahlung (Licht) ist elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 780 nm. Als Infrarot-Strahlung wird elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen zwischen 780 nm und 1 mm bezeichnet.

Beide Strahlungsarten können Schädigungen des Auges und der Haut hervorrufen. Wirkt Licht hoher Bestrahlungsstärke auf das Auge ein, so kann es zu einer Verbrennung der Netzhaut kommen. Eine langzeitige (chronische) Einwirkung von Licht auf das Auge kann

über photochemische Reaktionen zu einer Netzhautschädigung führen (sog. Blaulichtgefährdung).

Die Einwirkung sehr intensiver Infrarot-Strahlung auf das Auge kann theoretisch unmittelbar zu einer Trübung der Augenlinse führen. In der Praxis kommt dies aufgrund der Wärmeempfindung und aufgrund des Lidschlussreflexes jedoch kaum vor. Dagegen werden vereinzelt Linsentrübungen (Katarakte) durch Infrarot-Strahleneinwirkungen über lange Zeiträume (10 bis 30 Jahre) beobachtet.

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

4.2.3.2 Grenzwerte

Verbindliche Grenzwerte für die Exposition gegenüber sichtbarer und infraroter Strahlung wurden bisher nicht festgelegt. Es ist jedoch geplant, Expositionswerte für UV-, sichtbare und IR-Strahlung in der Unfallverhütungsvorschrift BGV B9 „Optische Strahlung“ festzu-

legen. Diese Unfallverhütungsvorschrift soll für alle Arbeitsplätze, an denen optische Strahlung auf Personen einwirken kann, und für alle inkohärenten optischen Strahlenquellen, mit Ausnahme der Allgemeinbehandlung, gelten. Zurzeit liegt der Fachausschussentwurf der BGV B9 „Optische Strahlung“ vom April 2002 [1] vor. Es wird angestrebt, die Endfassung der BGV B9 im Jahr 2003 zu erstellen und danach die Unfallverhütungsvorschrift zu erlassen.

4.2.3.3 Empfehlungen

Auch wenn es zurzeit in Deutschland noch keine rechtsverbindlichen Expositionswerte für sichtbare und IR-Strahlung gibt, existiert eine Reihe von Grenzwert-Empfehlungen, die in der Praxis zur Expositionsbewertung herangezogen werden können. Am bekanntesten sind die Empfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP), die weltweit Beachtung finden. Diese Empfehlungen wurden in der Zeitschrift „Health Physics“ veröffentlicht [2], können aber auch im Internet unter www.icnirp.org heruntergeladen werden. Daneben gibt es für spezielle Bereiche Emp-

fehlungen des BIA [3] und in der DIN 33 403 [4].

4.2.3.4 Literatur

[1] Unfallverhütungsvorschrift BGV B9 „Optische Strahlung“, Fachausschussentwurf April 2002, Fachausschuss „Elektrotechnik“

[2] ICNIRP: Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0,38 to 3 μm). Health Physics 73 (3), pp. 539 – 554, 1997

[3] H. Siekmann: Trübung der Augenlinse durch Wärmestrahlung. Tagungsband „Nichtionisierende Strahlung“. 21. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz. 7. bis 9. November 1988, Köln, FS-88-47-T

[4] DIN 33 403: Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung; Teil 1: Grundlagen zur Klimaermittlung, April 1984; Teil 2: Einfluss des Klimas auf den Wärmehaushalt des Menschen, August 2000; Teil 3: Beurteilung des Klimas im Warm- und Hitzebereich auf der Grundlage ausgewählter Klimasummenmaße, Entwurf April 2001

4.3 Laserstrahlung

4.3.1 Erläuterungen

Laserstrahlung ist kohärente Strahlung, die meist bei einer diskreten Wellenlänge im ultravioletten, im sichtbaren oder im infraroten Spektralbereich emittiert wird (siehe Abschnitt 4.2.1). Kohärenz heißt dabei, dass die Entstehung der Strahlung auf atomarer Ebene koordiniert abläuft und sich dadurch die Strahlungsanteile, die von einzelnen Atomen oder Molekülen ausgesendet werden, zu einer intensiven Gesamtstrahlung überlagern.

Die möglichen Schädigungen durch Laserstrahlung sind die gleichen wie sie für nicht kohärente ultraviolette, sichtbare und infrarote Strahlung beschrieben werden. Eine Schädigung insbesondere des Auges, aber auch der Haut, ist möglich. Da Laserstrahlung aufgrund der Kohärenzeigenschaft stark gebündelt werden kann, sind damit hohe Strahlungsintensitäten zu erzielen. Das Gefährdungspotenzial von Laserstrahlung ist deshalb im Allgemeinen wesentlich höher als dasjenige von nicht kohärenter optischer Strahlung.

4.3.2 Grenzwerte

Grenzwerte für die maximal zulässige Bestrahlung (MZB) des Auges und der Haut

durch Laserstrahlung sind in der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2, vormals VBG 93 [1]) festgelegt. Diese MZB-Werte basieren auf Richtwerten, die in der früheren Fassung der europäischen Norm DIN EN 60825-1 [2] vom März 1997 empfohlen wurden. Mittlerweile wurde diese Norm überarbeitet [3]. Sie enthält jetzt nicht nur eine größere Anzahl von Laserklassen (7 statt bisher 5), sondern auch teilweise veränderte Werte der maximal zulässigen Bestrahlung. Damit taucht das Problem auf, dass in der BGV B2 (geltende Rechtsvorschrift) andere Grenzwerte enthalten sind als in der Laser-Norm, die den Stand der Technik widerspiegelt und in der praktischen Umsetzung eine große Bedeutung hat. Es ist geplant, die BGV B2 „Laserstrahlung“ zu überarbeiten und ihren Inhalt an die Norm anzupassen. Da mit einer kurzfristigen Überarbeitung aber nicht zu rechnen ist, wurde vom Fachausschuss „Elektrotechnik“ begonnen, eine BG-Information BGI 832 [4] zu erarbeiten. In dieser BGI soll erläutert werden, wie Lasereinrichtungen, die nach der neuen DIN EN 60825-1 : 2001-11 vom November 2001 in den Verkehr gebracht werden, in Übereinstimmung mit der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ und deren Anhänge betrieben werden können. Die Änderungen, die sich durch die neuen Klassen ergeben, sollen hinsichtlich der auftretenden Gefährdungen erläutert und eine Zuordnung der Schutzmaßnahmen zu den neuen

Laserklassen vorgenommen werden. In der BGI 832 werden auch die neuen, der europäischen Norm entnommenen, Expositionsgrenzwerte (MZB-Werte) stehen. Der Fachausschuss „Elektrotechnik“ hat mit seiner Stellungnahme vom 7. Dezember 2001 festgelegt, dass bis zum Erscheinen einer neuen Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ die MZB-Werte der DIN EN 60825-1 : 2001-11 angewendet werden dürfen. Im Abschnitt 4.3.4 sind diese dem Entwurf der BGI 832 entnommenen MZB-Grenzwerte zusammengestellt.

4.3.3 Literatur

[1] BG-Vorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2, vormals VBG 93). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Carl Heymanns Verlag, Köln, Januar 1993, mit Durchführungsanweisung vom Oktober 1995

[2] DIN EN 60 825-1/VDE 0837 Teil 1: Sicherheit von Lasereinrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien, März 1997

[3] DIN EN 60 825-1 (VDE 0837 Teil 1): Sicherheit von Lasereinrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien, November 2001

[4] BG-Information BGI 832 „Betrieb von Lasereinrichtungen – Anwendung der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2) auf neue Laserklassen und MZB-Werte nach DIN EN 60825-1 (VDE 0837 Teil 1): 2001-11“, Fachausschuss „Elektrotechnik“, Entwurf Juli 2002

4.3.4 Maximal zulässige Bestrahlung (MZB)

Hinweis: Die im Folgenden aufgelisteten Festlegungen für die MZB-Werte wurden dem Anhang 2 des Entwurfs Juli 2002 der BGI 832 [4] entnommen. Die in diesem Kapitel enthaltene Nummerierung entspricht ebenfalls der des Anhangs 2 der BGI 832.

Der Fachausschuss „Elektrotechnik“ hat mit seiner Stellungnahme vom 7. Dezember 2001 festgelegt, dass bis zum Erscheinen einer neuen Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2) die neuen MZB-Werte der DIN EN 60825-1 (VDE 0837 Teil 1): 2001-11 angewendet werden dürfen. Bestehende Berechnungen der MZB-Werte und daraus festgelegte Laserbereiche aufgrund der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2) müssen nicht neu bestimmt werden.

Im Folgenden sind die neuen MZB-Werte und ihre Berechnung dargestellt.

A2.1 Allgemeine Bemerkungen

Die Werte für die maximal zulässige Bestrahlung (MZB) sind für die Benutzer so festgelegt, dass sie unterhalb der bekannten Gefahrenpegel liegen. Sie basieren auf den besten zur Verfügung stehenden Informationen aus experimentellen Studien. Die MZB-Werte sollten als Richtwerte bei der Kontrolle von Bestrahlungen angesehen werden; sie stellen keine präzise definierte Abgrenzung zwischen sicheren und gefährlichen Pegeln dar. In jedem Fall muss die Einwirkung der Laserstrahlung so gering wie möglich sein. Wenn ein Laserstrahlung bei mehreren sehr unterschiedlichen Wellenlängen emittiert oder wenn einer kontinuierlichen Strahlung Impulse überlagert sind, können die Berechnungen der Gefährdung kompliziert sein.

Im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 600 nm wird für Expositionsdauern über 10 s zwischen fotochemischen und thermischen Wirkungen unterschieden. Diese sind zunächst getrennt zu bewerten. Der restriktivere Wert ist hierbei zu verwenden.

Bei Bestrahlung mit mehreren Wellenlängen sollte ein additiver Effekt auf einer proportionalen Basis der spektralen Wirksamkeit entsprechend den MZB-Werten von den Tabellen 6a, 6b und 7 angenommen werden, wenn:

- a) die Impulsdauer oder Einwirkungsdauer innerhalb einer Größenordnung liegen und
- b) die Spektralbereiche in Tabelle 1 – durch die Symbole (A) für die Einwirkung auf das Auge und (H) für die Einwirkung auf die Haut dargestellt – als additiv gekennzeichnet sind. Dabei darf die Summe der Quotienten aus der jeweiligen Bestrahlung und dem zugehörigen MZB-Wert nicht größer als 1 sein.

Werden die Grenzwerte für das Auge (MZB) für Zeitbasen und Einwirkungs-dauern über 10 s bewertet, sind die additiven fotochemischen Wirkungen (400 nm bis 600 nm) und die additiven thermischen Wirkungen (400 nm bis 1400 nm) unabhängig voneinander zu untersuchen und der restriktivere Wert zu verwenden.

Wo die ausgestrahlten Wellenlängen nicht als additiv aufgezeigt sind, sind die Gefahren getrennt zu bewerten. Für Wellenlängen, bei denen die Wirkung als additiv bezeichnet ist, bei denen die Impulsdauern oder Einwirkungszeiten aber nicht von gleicher Größenordnung sind, ist extreme Vorsicht erforderlich (z.B. im Fall gleichzeitiger Einwirkung von gepulster und kontinuierlicher Strahlung).

Physikalische Einwirkungen

Tabelle 1:
Additivität der Wirkungen am Auge (A) und an der Haut (H) in verschiedenen Spektralbereichen

Spektralbereich	UV-C und UV-B 180 nm bis 315 nm	UV-A 315 nm bis 400 nm	Sichtbares und IR-A 400 nm bis 1 400 nm	IR-B und IR-C 1 400 nm bis 10 ⁶ nm
UV-C und UV-B 180 nm bis 315 nm	A H			
UV-A 315 nm bis 400 nm		A H	H	A H
Sichtbar und IR-A 400 nm bis 1 400 nm		H	A H	H
IR-B und IR-C 1 400 nm bis 10 ⁶ nm		A H	H	A H

A2.2 Laser als ausgedehnte Quellen

Die folgenden Korrekturen zu den MZB-Werten für kleine Quellen sind in den meisten Fällen auf die Beobachtung diffuser Reflexionen und von LED beschränkt; in einigen Fällen könnten sie auch für Laseranordnungen oder ausgedehnte Quellen bei Lasereinrichtungen, die gestreute Strahlung erzeugen, gelten.

Für Laserstrahlung von ausgedehnten Quellen, z. B. Beobachten von diffusen Reflexionen, im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm, werden die MZB-Werte für die thermische Netzhautgefährdung um den

Faktor C_6 vergrößert, vorausgesetzt, dass die Winkelausdehnung der Quelle (gemessen am Auge des Beobachters) größer als α_{\min} ist, wobei α_{\min} gleich 1,5 mrad ist.

A2.2.1

Tabelle 2:

Der Korrekturfaktor C_6 ergibt sich aus dieser Tabelle.

$C_6 = 1$	Für $\alpha \leq \alpha_{\min}$
$C_6 = \alpha / \alpha_{\min}$	Für $\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max}$
$C_6 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min}$	Für $\alpha > \alpha_{\max}$

A2.2.2

Tabelle 3:

Diese Tabelle enthält α_{\min} und α_{\max}

$\alpha_{\min} = 1,5 \text{ mrad}$
$\alpha_{\max} = 100 \text{ mrad}$

A2.3 Wiederholt gepulste oder modulierte Laserstrahlung

Da es nur wenige Daten über die Bestrahlung mit Mehrfachimpulsen gibt, muss bei der Abschätzung der zulässigen Bestrahlung durch wiederholt gepulste Laserstrahlung besondere Vorsicht walten. Die folgenden Verfahren sollen angewandt werden, um die auf wiederholt gepulste Laserstrahlung anzuwendenden MZB-Werte zu bestimmen.

Die MZB für eine Bestrahlung der Augen im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 10^6 nm ist durch die Benutzung der restriktivsten der Anforderungen a), b) und c) bestimmt. Die Anforderung c) gilt nur für die thermischen MZB-Werte und nicht für die fotochemischen MZB-Werte.

Die MZB für eine Bestrahlung der Augen für Wellenlängen unter 400 nm und die MZB für eine Bestrahlung der Haut sind durch die Benutzung der restriktivsten der Anforderungen a) und b) bestimmt.

a) Die Bestrahlung durch jeden Einzelimpuls einer Impulsfolge darf nicht den MZB-Wert für einen Einzelimpuls überschreiten.

b) Die mittlere Bestrahlungsstärke für eine Impulsfolge der Einwirkungsdauer T darf den MZB-Wert nach Tabelle 6a, 6b und 7 für einen Einzelimpuls der Einwirkungsdauer T nicht übersteigen.

c) Die mittlere Bestrahlung durch Impulse innerhalb einer Impulsfolge darf den MZB-Wert des Einzelimpulses multipliziert mit dem Korrekturfaktor C_5 nicht übersteigen.

Anmerkung 1:

Die Bestrahlungen in einer Impulsfolge sind über die gleiche Emissionsdauer zu mitteln, die für die Bestimmung der Anzahl N der Impulse während der Bestrahlung benutzt wird. Jede mittlere Bestrahlung durch Impulse muss mit dem reduzierten Grenzwert $MZB_{\text{Impulsfolge}}$ verglichen werden, so wie es im Folgenden angegeben ist:

$$MZB_{\text{Impulsfolge}} = MZB_{\text{Einzelimpuls}} \cdot C_5$$

Dabei ist:

$$MZB_{\text{Impulsfolge}} = \text{MZB-Wert für jeden Einzelimpuls in der Impulsfolge}$$

$$MZB_{\text{Einzelimpuls}} = \text{MZB-Wert für einen Einzelimpuls}$$

$$C_5 = N^{-1/4}, \quad N = \text{Anzahl der Impulse während der Bestrahlung}$$

In manchen Fällen kann dieser Wert unter die MZB für Dauerbetrieb fallen, die bei gleicher Spitzenleistung und gleicher Zeitbasis gültig wäre. Unter diesen Voraussetzungen darf die MZB für Dauerbetrieb verwendet werden.

Werden Impulse veränderlicher Amplitude verwendet, ist die Bewertung für Impulse jeder Amplitude getrennt auszuführen sowie für die gesamte Impulsfolge.

Die längste Einwirkungsdauer, für die die Anforderung c) angewandt werden sollte, also zur Bestimmung von N , ist im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm T_2 (siehe Tabelle 8) und 10 s für längere Wellenlängen.

Anmerkung 2:

C_5 gilt nur für Dauern der Einzelimpulse unter 0,25 s.

Anmerkung 3:

Treten während der Zeitdauer T_1 (siehe Tabelle 4) Mehrfachimpulse auf, werden sie als ein einziger Impuls gezählt, um N zu bestimmen, und die Bestrahlungen der einzelnen Impulse werden zum Vergleich mit der für T_1 geltenden MZB addiert, falls alle einzelnen Impulsdauern größer als 10^{-9} s sind.

Tabelle 4:

Zeiten T_1 unterhalb denen die Impulsgruppen aufsummiert werden

Wellenlänge	T_1 in s
$400 \text{ nm} \leq \lambda < 1050 \text{ nm}$	$18 \cdot 10^{-6}$
$1050 \text{ nm} \leq \lambda < 1400 \text{ nm}$	$50 \cdot 10^{-6}$
$1400 \text{ nm} \leq \lambda < 1500 \text{ nm}$	10^{-3}
$1500 \text{ nm} \leq \lambda < 1800 \text{ nm}$	10
$1800 \text{ nm} \leq \lambda < 2600 \text{ nm}$	10^{-3}
$2600 \text{ nm} \leq \lambda < 10^6 \text{ nm}$	10^{-7}

Anmerkung 4:

Die Bestrahlung durch jegliche Impulsgruppe (oder Impuls-Untergruppe einer Impulsfolge), die in irgendeinem Zeitintervall ausgesandt wird, sollte die MZB für diese Zeitdauer nicht überschreiten.

Anmerkung 5:

Falls die Impulsdauer oder die Impulsintervalle veränderlich sind, kann anstelle der Anforderung c) die Methode der Impuls-Gesamt-Einschalt-Dauer (IGED) verwendet werden. In diesem Fall ist die MZB durch die Länge der IGED bestimmt, die die Summe über alle Impulsdauern innerhalb der Einwirkungsdauer darstellt bzw. durch T_2 – je nachdem was kürzer ist. Impulsen mit Impuls-

dauern unter T_i werden Impulsdauern von T_i zugeordnet. Treten zwei oder mehr Impulse innerhalb von T_i auf, werden diesen Impulsgruppen Impulsdauern von T_i zugeordnet. Zum Vergleich mit der MZB für die entsprechende Zeitdauer werden alle Energien der Einzelimpulse addiert.

Dieses Verfahren ist der Anforderung c) äquivalent, falls die mittlere Bestrahlung der Impulse mit der MZB für den Einzelimpuls multipliziert mit C_5 verglichen wird.

A2.4 Messblenden

Für alle Messungen und Berechnungen der MZB-Werte ist eine geeignete Blende zu verwenden. Diese Blende ist bestimmt durch den

maximalen Durchmesser einer kreisförmigen Fläche, über die die Bestrahlungsstärke oder Bestrahlung zu mitteln ist. Die Werte für die Messblenden sind in der Tabelle 5 angegeben.

Für die Bestrahlung durch wiederholt gepulste Laser im Wellenlängenbereich zwischen 1400 nm und 10^6 nm wird die 1-mm-Blende für die Bestimmung der Gefährdung aus einem einzelnen Impuls verwendet; dagegen wird die 3,5-mm-Blende zur Bestimmung der maximal zulässigen Bestrahlung für Bestrahlungen länger als 3 s verwendet.

Anmerkung:

Die Werte für die Bestrahlung der Augen im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm sind mit einer Messblende von

Tabelle 5:
Blendendurchmesser für die Messung der Bestrahlungsstärke und der Bestrahlung durch Laser

Wellenlängenbereich nm	Blendendurchmesser für	
	Auge mm	Haut mm
180 bis 400	1	3,5
≥ 400 bis 1 400	7	3,5
≥ 1 400 bis 10^5	1 für $t \leq 0,35$ s 1,5 $t^{3/8}$ für $0,35$ s < t < 10 s 3,5 für $t \geq 10$ s	3,5
≥ 10^5 bis 10^6	11	11

7 mm Durchmesser (Pupille) zu bestimmen. Der MZB-Wert darf nicht korrigiert werden, um kleinere Pupillendurchmesser zu berücksichtigen.

A2.5 Messbedingungen

A2.5.1 Messblende

Die Werte von Bestrahlung oder Bestrahlungsstärke, die mit den entsprechenden Werten der MZB verglichen werden sollen, sind über eine kreisförmige Blende zu mitteln, die den Messblenden von Tabelle 5 entsprechen.

Für Bestrahlung der Augen im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4000 nm ist ein minimaler Messabstand von 100 mm zu verwenden.

A2.5.2 Empfangswinkel

a) Fotochemische MZB-Werte für die Netzhaut:

Bei Messungen an Quellen, die hinsichtlich der fotochemischen Grenzwerte (400 nm bis 600 nm) bewertet werden sollen, beträgt der Grenzempfangswinkel γ_p :

für $10 \text{ s} < t \leq 100 \text{ s}$; $\gamma_p = 11 \text{ mrad}$

für $100 \text{ s} < t \leq 10^4 \text{ s}$; $\gamma_p = 1,1 \cdot t^{0,5} \text{ mrad}$

für $10^4 \text{ s} < t \leq 3 \cdot 10^4 \text{ s}$; $\gamma_p = 110 \text{ mrad}$

Ist die Winkelausdehnung α der Quelle größer als der angegebene Grenzempfangswinkel γ_p , sollte der Empfangswinkel nicht größer als die Werte sein, die für γ_p festgelegt sind. Ist die Winkelausdehnung α der Quelle kleiner als der angegebene Grenzempfangswinkel γ_p , muss der Empfangswinkel die betrachtete Quelle voll erfassen, braucht im Übrigen aber nicht genau definiert zu sein, d.h., der Empfangswinkel braucht nicht auf γ_p beschränkt zu sein.

Anmerkung :

Ist bei Messungen an einzelnen kleinen Quellen $\alpha < \gamma_p$, dann braucht nicht mit einem bestimmten, genau definierten Empfangswinkel gemessen zu werden. Um einen genau definierten Empfangswinkel zu erhalten, kann der Empfangswinkel entweder durch Abbildung der Quelle auf eine Feldblende oder durch eine Abblendung der Quelle festgelegt werden.

b) Alle anderen Grenzwerte:

Für die Messung von Strahlung, die mit anderen MZB-Werten als denen für die fotochemische Gefährdung der Netzhaut verglichen werden soll, muss der Empfangswinkel die betrachtete Quelle voll erfassen (d.h., der Empfangswinkel muss mindestens so groß sein wie die Winkelausdehnung α der Quelle). Ist jedoch im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4 000 nm $\alpha > \alpha_{\max}$, darf der Grenzempfangswinkel für

die MZB-Werte, die sich auf die thermische Gefährdung beziehen, nicht größer als α_{\max} (0,1 rad) sein. In dem Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1400 nm muss für die MZB-Werte, die sich auf die thermische Gefährdung beziehen, der Empfangswinkel für die Bewertung einer scheinbaren Quelle, die aus mehreren Punkten besteht, im Bereich $\alpha_{\min} \leq \alpha \leq \alpha_{\max}$ liegen.

A2.5.3 Messung richtungsveränderlicher Laserstrahlung

Messungen an richtungsveränderlicher Laserstrahlung haben mit einer stillstehen-

den Messblende mit 7 mm Durchmesser zu erfolgen (die entstehende zeitliche Änderung der aufgenommenen Strahlung soll als Impuls oder als Impulsfolge betrachtet werden).

A2.6 Wellenlängenbereich von 100 nm bis 180 nm

Für den Wellenlängenbereich von 100 nm bis 180 nm sind noch keine speziellen Werte für die maximal zulässige Bestrahlung festgelegt. Bis zu einer solchen Festlegung sind die MZB-Werte für die Wellenlänge 180 nm zu verwenden.

Tabelle 6 a:
Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) der Hornhaut bei direkter Bestrahlung durch Laserstrahlung abc (Einwirkungsdauer von 10^{-13} bis 10 s)

Emissionsdauer t (s) Wellenlänge λ , nm	10^{-13} bis 10^{-11}	10^{-11} bis 10^{-9}	10^{-9} bis 10^{-7}	10^{-7} bis $1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$ bis 10	
								$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
180 bis 302,5	$3 \cdot 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$							$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} (t > T_1)$
302,5 bis 315	$3 \cdot 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$							$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} (t \leq T_1)$
315 bis 400	$3 \cdot 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$							$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
400 bis 700	$1,5 \cdot 10^{-4} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \cdot 10^3 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \cdot 10^3 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$18 t^{0,75} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$18 t^{0,75} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
700 bis 1050	$1,5 \cdot 10^{-4} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \cdot 10^3 C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \cdot 10^3 C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$18 t^{0,75} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$18 t^{0,75} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
1050 bis 1400	$1,5 \cdot 10^{-3} C_6 C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2,7 \cdot 10^5 t^{0,75} C_6 C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \cdot 10^2 C_6 C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5 \cdot 10^2 C_6 C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$90 t^{0,75} C_6 C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$90 t^{0,75} C_6 C_7 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
1400 bis 1500	$10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$5600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
1500 bis 1800	$10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$5600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
1800 bis 2600	$10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$5600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
2600 bis 10^6	$10^{-11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$5600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$

- a Für Korrekturfaktoren und Einheiten siehe Tabelle 8
- b Die MZB für Einwirkungs Dauern unter 10^{-9} und für Wellenlängen unter 400 nm sowie größer als 1 400 nm wurden abgeleitet, indem die äquivalente Bestrahlungsstärke aus den MZB-Werten, die für 10^{-5} s gelten, berechnet wurde. Die MZB für Einwirkungs Dauern unter 10^{-13} s sind der äquivalenten Bestrahlungsstärke gleichzusetzen, die für die MZB bei 10^{-13} s gelten.
- c Der Winkel γ_p ist der Grenzempfangswinkel für das Messinstrument.
- d Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 600 nm gelten zweierlei Grenzwerte, und die Bestrahlung darf keinen der geltenden MZB-Werte überschreiten. Normalerweise gelten die MZB-Werte für fotochemische Netzhautgefährdung für Einwirkungs Dauern über 10 s; der MZB-Wert von $100 \cdot C_3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ für fotochemische Gefährdung ist jedoch für Wellenlängen zwischen 400 nm und 484 nm und für Größen scheinbarer Quellen zwischen 1,5 mrad und 82 mrad bei Einwirkungs Dauern über 1 s zu verwenden.

Tabelle 6 b:
Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) der Hornhaut bei direkter Bestrahlung durch Laserstrahlung^{abc} (Einwirkungsdauer von 10 s bis $3 \cdot 10^4$ s)

Wellenlänge λ , nm	Emissionsdauer t (s)	10^1 bis 10^2	10^2 bis 10^3	10^3 bis 10^4	10^4 bis $3 \cdot 10^4$
180 bis 302,5		$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			
302,5 bis 315		$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			
315 bis 400		$10^4 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$			
400 bis 700 ^d	400 bis 600 nm	fotochemische Gefährdung der Netzhaut			
		$100 C_3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ mit $\gamma_p = 11 \text{ mrad}$	$1 C_3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ mit $\gamma_p = 1,1 \cdot 10^{0,5} \text{ mrad}$	$1 C_3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ mit $\gamma_p = 110 \text{ mrad}$	
700 bis 1050	400 bis 700 nm	thermische Gefährdung der Netzhaut			
		$(I \leq I_{p,2})$ $18 \cdot 10^{0,75} C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$ $\alpha > 1,5 \text{ mrad}: 18 C_6 I_{p,2}^{-0,25} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ($I > I_2$)	$10 C_6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	
1050 bis 1400		$(I \leq I_2)$ $18 \cdot 10^{0,75} C_4 C_6 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$	$10 C_4 C_6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	
1400 bis 1500			$\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$	$10 C_4 C_6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	
1500 bis 1800			$\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}: 18 C_4 C_6 I_{p,2}^{-0,25} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ($I > I_2$)		
1800 bis 2600		$1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$			
2600 bis 10 ⁶		$1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$			

- a Für Korrekturfaktoren und Einheiten siehe Tabelle 8
b Die MZB für Einwirkungsauern unter 10^{-9} und für Wellenlängen unter 400 nm sowie größer als 1 400 nm wurden abgeleitet, indem die äquivalente Bestrahlungsstärke aus den MZB-Werten, die für 10^{-9} s gelten, berechnet wurde. Die MZB für Einwirkungsauern unter 10^{-13} s sind der äquivalenten Bestrahlungsstärke gleichzusetzen, die für die MZB bei 10^{-13} s gelten.
c Der Winkel ist gp ist der Grenzempfangswinkel für das Messinstrument.
d Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 600 nm gelten zweierlei Grenzwerte, und die Bestrahlung darf keinen der geltenden MZB-Werte überschreiten. Normalerweise gelten die MZB-Werte für fotochemische Netzhautgefährdung für Einwirkungsauern über 10 s; der MZB-Wert von $100 \cdot C_3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ für fotochemische Gefährdung ist jedoch für Wellenlängen zwischen 400 nm und 484 nm und für große scheinbare Quellen zwischen 1,5 mrad und 82 mrad

Tabelle 7:
Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) für die Einwirkung von Laserstrahlung auf die Haut^{1), 2)}

Wellenlänge λ , nm	Einwirkungsdauer t in s	$< 10^{-9}$	10^{-9} bis 10^{-7}	10^{-7} bis 10^{-3}	10^{-3} bis 10	10 bis 10^3	10^3 bis $3 \cdot 10^4$
180 bis 302,5		$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					
302,5 bis 315		$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} (t > T_1)$					
315 bis 400		$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} (t \leq T_1)$					
400 bis 700		$2 \cdot 10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$200 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1,1 \cdot 10^4 \cdot 10^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^{-4} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$
700 bis 1400		$2 \cdot 10^{11} C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$200 C_4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1,1 \cdot 10^4 C_4 \cdot 10^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$2000 C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$2000 C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	
1400 bis 1500		$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 \cdot 10^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} 3)$		
1500 bis 1800		$10^{13} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$				
1800 bis 2600		$10^{12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 \cdot 10^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			
2600 bis 10^6		$10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 \cdot 10^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			

1) Für Korrekturfaktoren und Einheiten siehe Tabelle 8.
 2) Es gibt nur wenig Erfahrung über die Wirkung bei Einwirkungsdauern unter 10^{-9} s. Die MZB-Werte für diese Einwirkungsdauern wurden abgeleitet von der Bestrahlung bei 10^{-9} s ergeben.
 3) Für bestrahlte Hautflächen größer als $0,1 \text{ m}^2$ wird der MZB-Wert auf $100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ verringert. Zwischen $0,01 \text{ m}^2$ und $0,1 \text{ m}^2$ verändert sich der MZB-Wert umgekehrt proportional zur bestrahlten Hautfläche.

Anmerkungen zu den Tabellen 6 und 7

1. Es gibt nur ein begrenztes Wissen über Effekte von Einwirkungsauern, die kleiner sind als 10^{-9} s. Die MZB-Werte für diese Einwirkungsauern sind aus den Werten abgeleitet worden, die sich für die Bestrahlungsstärke für 10^{-9} s ergeben.

2. Die speziellen Korrekturfaktoren C_1 bis C_7 und die Knickstellen T_1 bis T_2 , die in den Tabellen 6 und 7 verwendet werden, sind durch die folgenden Beziehungen definiert (siehe Tabelle 8).

In den Formeln in den Tabellen 6 und 7 muss die Wellenlänge l in nm und die Einwirkungsauer t in s eingesetzt werden.

Tabelle 8:
Definition der Parameter

Parameter	Spektralbereich [nm]
$C_1 = 5,6 \cdot 10^3 t^{0,25}$	302,5 bis 400
$T_1 = 10^{0,8(\lambda - 295)} \cdot 10^{-15} \text{s}$	302,5 bis 315
$C_2 = 10^{0,2(\lambda - 295)}$	302,5 bis 315
$T_2 = 10 \cdot 10^{[(\alpha - 1,5 \text{ mrad})/98,5]} \text{s}^*$	400 bis 1 400
$C_3 = 1,0$	400 bis 450
$C_3 = 10^{0,02(\lambda - 450)}$	450 bis 600
$C_4 = 10^{0,002(\lambda - 700)}$	700 bis 1 050
$C_4 = 5$	1050 bis 1400
$C_5 = N^{-1/4} **$	400 bis 10^6
$C_6 = 1$ für $\alpha \leq \alpha_{\min} ***$	400 bis 1 400
$C_6 = \alpha/\alpha_{\min}$ für $\alpha_{\min} < \alpha \leq \alpha_{\max} ***$	400 bis 1 400

Tabelle 8:
(Fortsetzung)

Parameter	Spektralbereich [nm]
$C_6 = \alpha_{\max} / \alpha_{\min} = 66,7$ für $\alpha > \alpha_{\max}$ **** / ***	400 bis 1 400
$C_7 = 1$	700 bis 1 150
$C_7 = 10^{0,018(\lambda - 1150)}$	1 150 bis 1 200
$C_7 = 8$	1 200 bis 1 400
<p>* $T_2 = 10$ s für $\alpha < 1,5$ mrad und $T_2 = 100$ s für $\alpha > 100$ mrad ** C_5 gilt nur für Impulsdauern unter 0,25 s *** C_6 gilt nur für gepulste Laser und für Dauerstrichlaser, mit dominierender thermischer Gefährdung (siehe Tabelle 6) **** Der Grenzempfangswinkel γ_p muss gleich α_{\max} sein $\alpha_{\min} = 1,5$ mrad $\alpha_{\max} = 100$ mrad N: ist die Zahl der Impulse während der anzuwendenden Zeitdauer</p>	

4.4 Elektromagnetische Felder

4.4.1 Erläuterungen

Der Bereich umfasst statische, niederfrequente und hochfrequente elektromagnetische Felder im Frequenzbereich zwischen 0 Hz und 300 GHz (siehe Abschnitt 4.2.1). Bei der Einwirkung solcher Felder auf Menschen ist die Wirkung je nach Frequenzbereich unterschiedlich. Während es bei niederfrequenten Feldern bis zu etwa 30 kHz zu Reizungen von Muskeln und Nervenzellen kommen kann, ist die Wirkung von Feldern oberhalb dieses Frequenzbereichs thermischer Natur. Die Einwirkung von Feldern hoher Intensität

kann hier zu lokaler Temperaturerhöhung im Körper und damit zur Schädigung von Körperteilen führen.

4.4.2 Grenzwerte

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

Grenzwerte zum Schutz vor Expositionen gegenüber elektromagnetischen Feldern an Arbeitsplätzen sind in der Unfallverhütungsvorschrift BGV B11 „Elektromagnetische Felder“ [2] festgelegt. Die UVV unterscheidet zwischen den „Basiswerten“ und den davon „abgeleiteten Werten“. Die Basiswerte sind Grenzwerte für die unmittelbare Einwirkung elektromagnetischer Felder auf den menschlichen Körper. Sie sind für die Größen Körperstromdichte, spezifische Absorption, spezifische Absorptionsrate und Leistungsflussdichte festgelegt. Da sich diese Größen im Allgemeinen nur schwer messen lassen, wurden Grenzwerte auch für die leichter zu messenden Größen elektrische und magnetische Feldstärke, magnetische Flussdichte, Leitungsflussdichte, Körperstrom und Berührungsspannung angegeben. Grenzwerte für die zuletzt genannten Größen werden als abgeleitete Werte bezeichnet. Es gilt die Regelung, dass die Basiswerte in jedem Fall einzuhalten sind. Werden die abgeleiteten Werte, die den Basiswerten zumindest gleichwertig, meist aber restriktiver sind, eingehalten, dann ist man sicher, dass auch die Basiswerte eingehalten werden. Diese Regelung hat den Vorteil, dass man in der Regel nur einfach messbare Größen bestimmen muss, wie z.B. elektrische und magnetische Feldstärken.

Die Expositionsgrenzwerte werden in der BGV B11 als „zulässige Werte“ bezeichnet. Gemeint ist damit die Obergrenze einer

Größe, die einzuhalten ist. Im Abschnitt 4.4.4 sind die zulässigen Werte nach BGV B11 zusammengestellt.

4.4.3 Literatur

[1] 26. BImSchV: Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) vom 16. Dezember 1996, BGBl. I (1996) Nr. 66, ausgegeben am 20. Dezember 1996

[2] Unfallverhütungsvorschrift BGV B11 „Elektromagnetische Felder“, Fachausschuss „Elektrotechnik“, Juni 2001

4.4.4 Zulässige Werte

Hinweis: Die im Folgenden aufgelisteten Grenzwerte wurden der Anlage 1 der Unfallverhütungsvorschrift BGV B11 „Elektromagnetische Felder“, Juni 2001 [2], entnommen. Die in diesem Kapitel enthaltene Nummerierung entspricht derjenigen der Anlage 1 der BGV B11.

Zulässige Werte für EM-Felder

Als zulässige Werte werden Basis- und abgeleitete Werte für die verschiedenen Exposi-

tionsbereiche angegeben. Diese gelten für sinusförmige periodische Vorgänge einer Frequenz. Für gepulste elektromagnetische Felder und Anwendung der Basiswerte siehe Abschnitte 3 und 4.

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

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

1 Basiswerte für unmittelbare Wirkungen

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

2 Abgeleitete Werte

Die abgeleiteten Werte sind so festgelegt, dass selbst unter Zugrundelegung der ungüns-

tigsten Expositionsbedingungen der EM-Felder die Basiswerte nicht überschritten werden. Die abgeleiteten Werte für den Expositionsbereich 1 und den Expositionsbereich 2 wurden dabei unter Berücksichtigung verschiedener Sicherheitsfaktoren aus den Basiswerten der Tabelle 1 berechnet.

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

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

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

2.1 Abgeleitete Werte im Frequenzbereich 0 Hz bis 29 kHz

2.1.1 Zulässige Werte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Bei der Festlegung der Werte für kurze Expositionszeiten werden die Sicherheitsfaktoren der abgeleiteten Werte für Expositionsbereich 1 verringert. Dies ist aufgrund der Größe der Sicherheitsfaktoren und der kontrollierten Expositionsbedingungen zulässig.

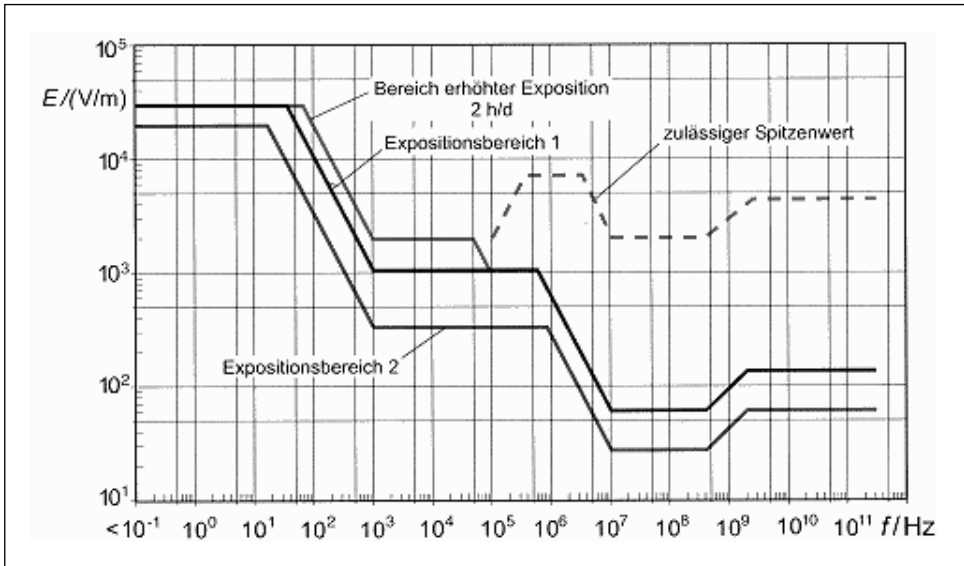
Tabelle 1:
Basiswerte für unmittelbare Wirkungen

Frequenzbereich	Effektivwert der elektrischen Stromdichte J in A/m ² ⁽¹⁾	Spezifische Absorptionsrate SAR in W/kg ⁽⁴⁾			Spezifische Absorption für Impulsfelder SA in J/kg ^{(5), (6)}	Leistungsdichte S in W/m ² ^{(7), (8)}
		Ganzkörpermittelwert	Lokale SAR ⁽⁵⁾			
			Kopf und Rumpf	Gliedmaßen		
> 0 - 1 Hz	0,040	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
1 - 4 Hz	0,040/f ⁽²⁾	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
4 - 1 000 Hz	0,010	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
1 - 100 kHz	f/100 ⁽³⁾	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
0,1 - 10 MHz	f/100 ⁽³⁾	0,4	10	20	(-)	(-)
0,01 - 10 GHz	(-)	0,4	10	20	0,01	(-)
10 - 300 GHz	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	50

⁽¹⁾ Über jedes Flächenelement von 1 cm² senkrecht zur Stromrichtung sowie über jedes Zeitintervall von 1 s zu mitteln; ⁽²⁾ f in Hz; ⁽³⁾ f in kHz; ⁽⁴⁾ Über jedes 6 Minuten-Intervall arithmetisch zu mitteln; ⁽⁵⁾ Mittelungsmasse 10 g; ⁽⁶⁾ Trägerfrequenz f > 300 MHz und Pulslänge T < 30 µs; ⁽⁷⁾ Über jedes Flächenelement von 20 cm² und jedes Zeitintervall von jeweils 68/f^{1,05}-Minuten (f in GHz) zu mitteln; ⁽⁸⁾ Die maximale örtliche Leistungsdichte gemittelt über jedes Flächenelement von 1 cm² darf 1 kW/m² nicht überschreiten; (-) bei diesen Frequenzen nicht relevant

Physikalische Einwirkungen

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



Zur Begrenzung von Sekundäreffekten darf beim elektrischen Feld ein Wert von 30 kV/m nicht überschritten werden.

Der zulässige Wert der magnetischen Flussdichte im Frequenzbereich 0 bis 1 Hz des Expositionsbereiches 1 ist aufgrund von Induktionswirkungen auf bewegte leitfähige

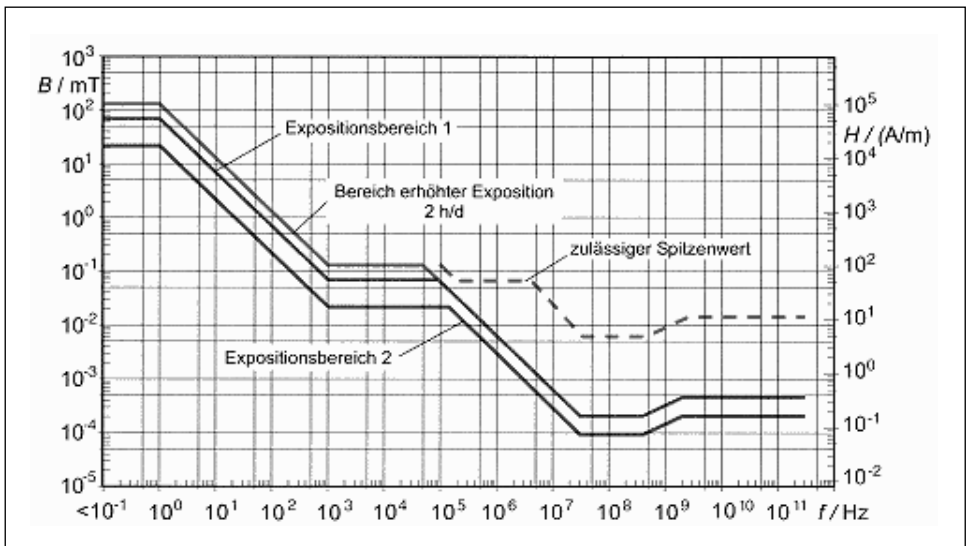
Körper im Magnetfeld festgelegt worden. Zusätzlich ist in diesem Frequenzbereich die Kraftwirkung auf ferromagnetische Teile zu berücksichtigen.

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

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

Frequenzbereich f / Hz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in kV/m	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
0 - 35,53	30	30
35,53 - 66,67	1066/f	30
66,67 - 1000	1066/f	2000/f
1000 - 29000	1,066	2

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



Physikalische Einwirkungen

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

Frequenzbereich f / Hz	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in mT ⁽¹⁾	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
0 - 1 1 - 1000 1000 - 29000	67,9 ⁽²⁾ 67,9/f 67,9 · 10 ⁻³	127,3 ⁽²⁾ 127,3/f 127,3 · 10 ⁻³
⁽¹⁾ Über Flächenelemente von 100 cm ² zu mitteln ⁽²⁾ Werte oberhalb von 67,9 mT dürfen nur unter Beachtung von § 14 angewendet werden.		

2.1.2 Zulässige Werte im Expositionsbereich 2

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

Frequenzbereich f / Hz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in kV/m	Effektivwert der magne- tischen Flussdichte in mT ⁽¹⁾
0 - 1 1 - 16,67 16,67 - 1000 1000 - 29000	20 20 333,3 / f 333,3 · 10 ⁻³	21,22 21,22 / f 21,22 / f 21,22 · 10 ⁻³
⁽¹⁾ Über Flächenelemente von 100 cm ² zu mitteln		

2.2 Übergangsbereich 29 kHz bis 91 kHz

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

2.2.1 Zulässige Werte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

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

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

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

Frequenzbereich f / kHz	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in μT ⁽¹⁾	
	Expositionsbereich 1	Bereich erhöhter Exposition 2 h/d
29 - 48,5 48,5 - 91	67,9 67,9	127,3 6 176/f

(1) Über Flächenelemente von 100 cm^2 zu mitteln

2.2.2 Zulässige Werte im Expositionsbereich 2

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

Frequenzbereich f / kHz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in V/m	Effektivwert der magnetischen Flussdichte in μT ⁽¹⁾
29 - 91	333,3	21,22

(1) Über Flächenelemente von 100 cm^2 zu mitteln

2.3 Abgeleitete Werte im Frequenzbereich 91 kHz bis 300 GHz

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

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

2.3.1 Zulässige Werte im Expositionsbereich 1 und im Bereich erhöhter Exposition

Tabelle 8:
Werte im Expositionsbereich 1 bei Expositionszeiten ≥ 6 Minuten

Frequenzbereich f / MHz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke in V/m	Effektivwert der magnetischen Feldstärke in A/m	Mittelwert der Leistungsdichte in W/m^2
0,091 · 0,576	1 066	$4,9/f$	(-)
0,576 · 10	$614/f$	$4,9/f$	(-)
10 · 30	61,4	$4,9/f$	(-)
30 · 400	61,4	0,163	10
400 · 2000	$3,07 \cdot \sqrt{f}$	$8,14 \cdot \sqrt{f} \cdot 10^{-3}$	$f/40$
2000 · 300000	137,3	0,364	50

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

Frequenzbereich f / MHz	Höchstwert von $\sum E_i^2 \cdot t_i$ in (V/m) ² · min	Höchstwert von $\sum H_i^2 \cdot t_i$ in (A/m) ² · min	Höchstwert von $\sum S_i \cdot t_i$ in (W/m ²) · min
1 - 10	$2,26 \cdot 10^6 / f^2$	$143 / f^2$	(-)
10 - 30	$22,6 \cdot 10^3$	$143 / f^2$	(-)
30 - 400	$22,6 \cdot 10^3$	0,16	60
400 - 2000	$56,5 \cdot f$	$0,4 \cdot 10^{-3} \cdot f$	$0,15 \cdot f$
2000 - 300000	$113 \cdot 10^3$	0,8	300

E_i, H_i gemessener oder berechneter Effektivwert der elektrischen bzw. magnetischen Feldstärke während des i-ten Intervalls
 S_i gemessener oder berechneter Mittelwert der Leistungsdichte während des i-ten Intervalls
 t_i Dauer des i-ten Intervalls

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

Frequenzbereich f / MHz	Spitzenwert der elektrischen Feldstärke in V/m	Spitzenwert der magnetischen Feldstärke in A/m	Spitzenwert der Leistungsdichte in W/m ²
0,091 - 0,1	2222	10/f	(-)
0,1 - 0,2	$22222 \cdot f$	10/f	(-)
0,2 - 0,3	$22222 \cdot f$	50	(-)
0,3 - 3	6667	50	(-)
3 - 10	$20000/f$	150/f	(-)
10 - 30	2000	150/f	(-)
30 - 400	2000	5	10000
400 - 2000	$100 \cdot \sqrt{f}$	$0,25 \cdot \sqrt{f}$	$25 \cdot f$
2000 - 300000	4472	11,2	50000

2.3.2 Zulässige Werte im Expositionsbereich 2

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

Frequenzbereich f / MHz	Effektivwert der elektri- schen Feldstärke in V/m	Effektivwert der magnetischen Feldstärke in A/m	Mittelwert der Leistungsdichte in W/m ²
0,091 - 0,14	333,3	16,8	(-)
0,14 - 0,826	333,3	2,35/f	(-)
0,826 - 10	275/f	2,35/f	(-)
10 - 30	27,5	2,35/f	(-)
30 - 400	27,5	0,073	2
400 - 2000	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$3,64 \cdot \sqrt{f} \cdot 10^{-3}$	f / 200
2000 - 300000	61,5	0,163	10

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

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

Tabelle 12:
Zulässige Werte für eingekoppelte hochfrequente Ströme

Expositionsbereich	Zulässiger Strom in mA
Expositionsbereich 1	100
Expositionsbereich 2	45

2.3.4 Bewertung der Exposition bei elektromagnetischen Feldern mit mehreren Frequenzen

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

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

Darin bedeuten:

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

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

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

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

2.4 Zulässige Werte für mittelbare Wirkungen

Die zulässigen Werte für Körperströme und Berührungsspannungen sind in Tabelle 13 angegeben.

3 Gepulste Felder

Für gepulste Felder, die aus einer zeitlichen Abfolge von sinus-, trapez-, dreieckförmigen

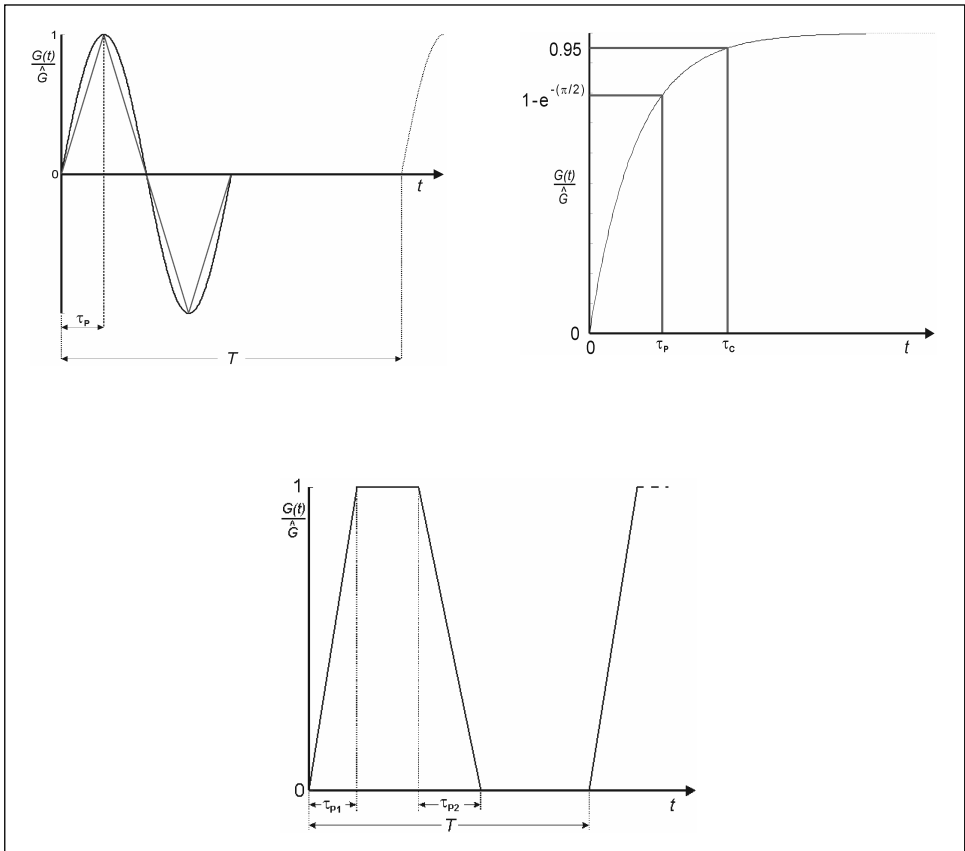
Tabelle 13:
Zulässige Körperströme und Berührungsspannungen

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

gen oder exponentiellen Einzel- oder Mehrfachpulsen und Pausen oder Gleichfeldanteilen bestehen, kann eine verein-

fachte Bewertung mit den Festlegungen der nachfolgenden Abschnitte vorgenommen werden.

3.1 Frequenzbereich 0 Hz bis 91 kHz



Diese Felder werden durch folgende zusätzliche Kenngrößen beschrieben:

G	Anstelle der Größe G sind die elektrische Feldstärke E, die magnetische Feldstärke H oder die magnetische Flussdichte B einzusetzen. G(t) kennzeichnet die Zeitfunktion, \hat{G} den Spitzenwert.
T	Zeitliche Dauer eines Impulses bzw. Impulszuges mit anschließender Pause.
T_I	Integrationszeit, wobei gilt: $T_I = \begin{cases} T & \text{für } T \leq 1 \text{ s} \\ 1 \text{ s} & \text{sonst} \end{cases}$
τ_p	Zeitdauer einer Feldänderung bei sinus-, dreieck- oder trapezförmigen Signalverläufen von Null auf den positiven oder negativen Spitzenwert bzw. vom positiven oder negativen Spitzenwert auf Null. Die Ermittlung von τ_p bei exponentiellen Signalverläufen ist gemäß obiger Abbildung vorzunehmen. Sind die einzelnen Zeitdauern τ_{pi} unterschiedlich, so sind alle diese Werte τ_{pi} für die weiteren Berechnungen heranzuziehen.
τ_{pmin}	Kleinster Wert aller Zeitdauern τ_{pi} : $\tau_{pmin} = \min(\tau_{pi})$
τ_{Ci}	Hilfsgröße zur Beschreibung exponentieller Signalverläufe. Sind die einzelnen Zeitdauern τ_{Ci} unterschiedlich, so sind alle diese Werte τ_{Ci} für die weiteren Berechnungen heranzuziehen.
τ_D	Zeitliche Summe aller Feldänderungen i im Zeitintervall T_I . Es gilt für: – sinus-, dreieck- und trapezförmige Signalverläufe: $\tau_D = \sum_i \tau_{pi}$ – exponentielle Signalverläufe: $\tau_D = \sum_i \tau_{Ci}$
f_p	Frequenz der Feldänderung, wobei gilt: $f_p = \frac{1}{4 \cdot \tau_{pmin}}$
V	Gewichtungsfaktor, wobei gilt: $V = \begin{cases} \sqrt{T_I/\tau_D} & \text{für: } \sqrt{T_I/\tau_D} \leq V_{max} \\ V_{max} & \text{sonst} \end{cases}$
V_{max}	maximaler Gewichtungsfaktor. Grundsätzlich gilt: $V_{max} = 8$

Physikalische Einwirkungen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2 Frequenzbereich 91 kHz bis 300 MHz

Bei gepulsten Feldern sind bei Anwendung der Tabelle 9 für Effektivwerte und Tabel-

le 10 für Spitzenwerte die Basiswerte der Tabelle 1 eingehalten.

4 Anwendung der Basiswerte

Bei Verzicht der Anwendung der abgeleiteten Werte für Ganzkörperexposition ist sicherzustellen, dass unter allen auftretenden Bedingungen die Basiswerte eingehalten sind. Dabei werden die Basiswerte der Tabelle 1 als zusätzliche Sicherheit mit den Faktoren der nachfolgenden Tabelle 16 multipliziert.

Im Bereich erhöhter Exposition sowie für Teilkörperexposition sind die Basiswerte nach Tabelle 1 sicher einzuhalten.

Physikalische Einwirkungen

Tabelle 16:
Reduktionsfaktoren zur Bewertung mit Basiswerten

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

Anlage 2 Zulässige Werte für Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern

Tabelle 1:
Zulässige Werte für die statische magnetische Flussdichte

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

Im Bereich von Wissenschaft und Forschung und im Einzelfall bei medizinischer Anwendung dürfen die Werte in Tabelle 2 angewendet werden, wenn der Betreiber der Anlage sicherstellt, dass

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

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

Tabelle 2:
Zulässige Werte für die statische magnetische Flussdichte unter Berücksichtigung besonderer Voraussetzungen

Exposition	Magnetische Flussdichte
Spitzenwert für Kopf und Rumpf (maximal 2 h/d) Bei Expositionen größer 2 h/d gilt Tabelle 1	4 T
Spitzenwert für Extremitäten	10 T

5 Elektrizität

5.1 Einführung und Erläuterungen

Für die Abwendung von Gefahren für Leben und Gesundheit durch gefährliche Körperströme ist die Kenntnis der Wirkung des elektrischen Stromes beim Fluss durch den menschlichen Körper notwendig.

Die Ergebnisse einschlägiger Untersuchungen sind in [1] dargestellt. Danach hängt die Wirkung des elektrischen Stromes beim Fluss durch den menschlichen Körper von der Höhe des Stromes, der Einwirkungsdauer, der Frequenz und der Schwingungsform des Vorganges ab. Gleiche physiologische Wirkungen beim Menschen, die durch einen Berührungsstromkreis hervorgerufen werden, wurden zu Bemessungsklassen zusammengefasst.

5.2 Grenzwerte

Rechtsverbindliche Grenzwerte für die Einwirkung des elektrischen Stromes wurden bisher nicht festgelegt.

5.3 Empfehlungen

National und international befassen sich verschiedene Gremien mit der entsprechenden

Normung. Für den deutschen Bereich wird auf die DIN-VDE-Bestimmungen wie z.B. [1] und [2] hingewiesen.

In [1] wird folgende Einteilung vorgenommen:

Bemessungs- klasse	Wirkung auf den Menschen
1A	Grenze der Spürbarkeit
1B	Beginn der Schmerzempfindungen
2	Loslassgrenze

Bei Strömen oder Spannungen unterhalb der Loslassgrenze wird das Zustandekommen eines Berührungsstromkreises lediglich im Fehlerfall in Kauf genommen. Oberhalb des Loslassgrenzwertes darf ein Berührungsstromkreis nicht bestehen bleiben. Geeignete Schutzmaßnahmen sind erforderlich.

Die Werte für Strom und Spannung entsprechend der Bemessungsklasse unterscheiden sich insbesondere durch die Art des Vorganges. Es wird unterschieden zwischen

- sinusförmigen Vorgängen,
- gleichförmigen Vorgängen,

- ❑ sinusförmigen Vorgängen mit Gleichanteil,
- ❑ nicht sinusförmigen Vorgängen mit Gleichanteil,
- ❑ Impulsentladungen und Kondensatorentladungen.

Für Netzwechselfspannungen mit einer Frequenz von 50 Hz und Einwirkdauer über zwei Sekunden ergeben sich folgende Strom- und Spannungswerte:

Bemessungs- klasse	Strom	Spannung
1A	0,5 mA	12 V
1B	3,5 mA	25 V
2	10 mA	50 V

Da die sehr detaillierten Regelungen und die umfangreichen Umrechnungs-Diagramme den Rahmen dieser Schrift sprengen würden, wird im Weiteren auf die einschlägigen Bestimmungen wie z.B. [1] und [2] verwiesen.

5.4 Literatur

[1] DIN VDE 0800 T1: Fernmeldetechnik, Allgemeine Begriffe, Anforderungen und Prüfungen für die Sicherheit der Anlagen und Geräte

[2] DIN VDE 0100: Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V

6 Biomechanische Belastungen

6.1 Heben und Tragen von Lasten

6.1.1 Einführung und Erläuterungen

Durch das manuelle Heben und Tragen von Lasten kann insbesondere eine *Gefährdung der Lenden- und Halswirbelsäule* entstehen. Als manuelle Handhabung von Lasten gilt jede Beförderung oder das Abstützen einer Last durch einen oder mehrere Arbeitnehmer, u.a. das Heben, Absetzen, Schieben, Ziehen, Tragen und Bewegen einer Last (zit. nach EG-Richtlinie 90/269/EWG).

Die Anlage 1 der Berufskrankheiten-Verordnung enthält in der Gruppe der durch physikalische Einwirkung verursachten Berufskrankheiten zwei Positionen:

☐ BK 2108

Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Lendenwirbelsäule durch langjähriges Heben oder Tragen schwerer Lasten oder durch langjährige Tätigkeit in extremer Rumpfbeugehaltung, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, Verschlimmerung oder das

Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können.

☐ BK 2109

Bandscheibenbedingte Erkrankungen der Halswirbelsäule durch langjähriges Tragen schwerer Lasten auf der Schulter, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können.

6.1.2 Grenzwerte

Die „Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit (Lastenhandhabungsverordnung – LasthandhabV)“ wurde am 20. Dezember 1996 in Kraft gesetzt. Damit wurde die Richtlinie 90/269/EWG in nationales Arbeitsschutzrecht umgesetzt. Darüber hinaus wird als „Hilfe für den Arbeitgeber bei der Beurteilung von Arbeitsbedingungen und deren Dokumentation“ ein zugehöriges Arbeitsblatt vom BMA empfohlen. Wegen der besonderen Bedeutung der Prävention gegen Gefahren, die das Heben und Tragen von Lasten mit sich bringt, sollen folgende Empfehlungen zur Lastbegrenzung als Nachdruck aufgenommen werden:

Das „Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2108, Anlage 1, Berufskrankheiten-Verordnung (BeKV)“ enthält folgende Definition des Begriffes „schwere Lasten“:

Tabelle 1:
Lastgewichte, deren regelmäßiges Heben und Tragen mit einem erhöhten Risiko für die Entwicklung bandscheibenbedingter Erkrankungen der Lendenwirbelsäule verbunden sind

Alter	Last in kg Frauen	Last in kg Männer
15 - 17 Jahre	10	15
18 - 39 Jahre	15	25
ab 40 Jahre	10	20

Das Merkblatt für die BK 2109 nennt ein Lastgewicht von ≥ 50 kg als Expositions-kriterium, wenn diese Last fortgesetzt (mindestens über zehn Berufsjahre) auf der Schulter getragen wurde, einhergehend mit einer statischen Belastung der zervikalen Bewegungssegmente und außergewöhnlicher Zwangshaltung der Halswirbelsäule (nach vorn und seitlich erzwungene Kopfbeugehaltung bei gleichzeitiger maximaler Anspannung der Nackenmuskulatur).

Aus wissenschaftlichen Untersuchungen existieren darüber hinaus folgende Richtwertempfehlungen.

Tabelle 2:
Zumutbare Lasten beim Heben und Tragen (nach *Hettinger*, 1981)

Lebensalter	Zumutbare Last in kg Häufigkeit des Hebens und Tragens			
	gelegentlich		häufiger	
	Frauen	Männer	Frauen	Männer
15 - 18 Jahre	15 ¹⁾	35 ¹⁾	10 ²⁾	20 ²⁾
19 - 45 Jahre	15 ¹⁾	55 ²⁾	10 ²⁾	30 ²⁾
45 Jahre	15 ¹⁾	45 ²⁾	10 ²⁾	25 ²⁾

¹⁾ Grenzwerte, die im Normalfall ohne Gesundheitsgefährdung **nicht** überschritten werden dürfen

²⁾ Werte, die aus ergonomischer Sicht empfohlen werden

gelegentlich = höchstens zweimal je Stunde und bis zu vier Schritten

häufiger = mehr als zweimal je Stunde oder Transportwege von mehr als vier Schritten

Physikalische Einwirkungen

Tabelle 3:
Zumutbare Einzellasten beim häufigen Tragen durch Jugendliche über 16 Jahre (nach *Hettinger*, 1981)

Transport	zumutbare Einzellast (kg)	
	männliche Jugendliche	weibliche Jugendliche
2 - 10 m	14	8
11 - 30 m	8	5
über 30 m	6	4

Die Angaben der Tabelle 3 wurden bereits in folgenden Arbeitsschutzregelungen berücksichtigt:

Werte für Jugendliche

Für das häufige Tragen von Lasten durch Jugendliche hat der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung bereits im Jahre 1971 zumutbare Einzellasten angegeben (Tabelle 3). Im Übrigen kann die ärztliche Bescheinigung über die Erst- bzw. Nachuntersuchung nach dem Jugendarbeitsschutzgesetz entsprechende Hinweise enthalten.

Werte für Frauen

Fahrerinnen und Beifahrerinnen von Fahrzeugen dürfen nach der „Verordnung über die Beschäftigung von Frauen auf Fahrzeugen“ nicht mit Arbeiten beschäftigt werden, bei denen

- Lasten von mehr als 10 kg Gewicht ohne mechanische Hilfsmittel gelegentlich gehoben oder getragen werden müssen,
- die körperliche Beanspruchung beim Transport von Lasten mit mechanischen Hilfsmitteln größer ist als 10 kg Gewicht. Im Zweifelsfall ist der Betriebsarzt, ein Arzt für Arbeitsmedizin oder der zuständige staatliche Gewerbearzt hinzuzuziehen.

Werdende Mütter dürfen nach dem „Mutterschutzgesetz“ unter anderem Arbeiten nicht durchführen, bei denen

- regelmäßig Lasten von mehr als 5 kg Gewicht,
- gelegentlich Lasten von mehr als 10 kg Gewicht

ohne mechanische Hilfsmittel von Hand gehoben oder befördert werden müssen.

Bei allen Richtwertangaben sei ausdrücklich auf die Bedeutung folgender Randbedingungen hingewiesen:

Tabelle 4:
Einflussfaktoren auf die Belastung des Menschen beim Handhaben von Lasten

Die Höhe der Belastung des Menschen beim Handhaben von Lasten hängt ab von Eigenschaften		
des Menschen	der Last	des Greifens
Alter	Gewicht	Greifbarkeit
Geschlecht	Form	Griffform
Gesundheitszustand	Größe	Grifflage
Leistungsfähigkeit	Lage	ein- oder beidhändiges Tragen
Trainingszustand	Hubhöhe	Verwendung von Tragemitteln
Erfahrung	Transportweg	
Körpergröße und -gewicht	Transportgeschwindigkeit	

6.1.3 Literatur

Richtlinie des Rates vom 29. Mai 1990 über die Mindestvorschriften bezüglich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der manuellen Handhabung von Lasten, die für die Arbeitnehmer insbesondere eine Gefährdung der Lendenwirbelsäule mit sich bringt. Nr. 90/269/EWG, Vierte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG. Amtsblatt

der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 156/9, S. 157 - 161, vom 21. Juni 1990

Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2108 Anlage 1 Berufskrankheiten-Verordnung (BeKV) vom 18. Dezember 1992, Bundesarbeitsblatt 3/1993, S. 50

Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zu Nr. 2109 Anlage 1 Berufskrankheiten-Verordnung (BeKV) vom 18. Dezember

1992, Bundesarbeitsblatt 3/1993,
S. 53

Hettinger, Th.: Heben und Tragen von Lasten. Gutachten über Gewichtsgrenzen für Männer, Frauen und Jugendliche. Wuppertal, Juli 1981.

Mutterschutzgesetz (MuSchG) i.d.F. vom 18. April 1968, BGBl. I, S. 3/5. Letzte Änderung v. 3. Juli 1992, BGBl. I, S. 1191

Jugend-Arbeitsschutz-Gesetz (JArbSchG) vom 12. April 1976. BGBl. I, S. 965. Änderungen v. 15. Oktober 1984, BGBl. I, S. 1277, und vom 24. April 1986, BGBl. I, S. 560

Verordnung über die Beschäftigung von Frauen auf Fahrzeugen

Leitfaden Sicherheit und Gesundheitsschutz bei manueller Handhabung von Lasten – Empfehlungen für den Praktiker. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin, Sonderschrift 9, Berlin 1994

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der manuellen Handhabung von Lasten bei der Arbeit (Lastenhandhabungsverordnung – LasthandhabV) vom 4. Dezember 1996, BGBl. I, S. 1842

Bongwald, O., Luttmann, A., Laurig, W.: Leitfaden für die Beurteilung von Hebe- und Tragetätigkeiten. Hrsg.: Hauptverband der

gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin, 1995

6.2 Quetschen von Körperteilen

6.2.1 Einführung und Erläuterungen

Eine Gefährdung von Personen durch Quetschen besteht insbesondere bei kraftbetätigten Schließmechanismen, beispielsweise bei kraftbetätigten Fenstern, Türen und Toren, bei *kraftbetätigten* Maschinenteilen wie etwa Niederhalten von Papierschnidemaschinen oder bei kraftbetriebenen Fahrsystemen wie z.B. fahrerlosen Transportfahrzeugen, die mit einem Auffahrschutz ausgestattet sein müssen. *Handbetätigte* Einrichtungen und Konstruktionsteile, die ebenfalls hohe Quetschkräfte erzeugen können, werden im Zusammenhang mit der Festlegung von Grenzwerten nicht betrachtet.

Als Kenngrößen für die Beurteilung der Gefährdung einer Person durch Quetschen werden die beiden folgenden Kräfte verwendet:

- ☐ Klemmkraft F_K
- ☐ Spitzenkraft F_S

Bei der Klemmkraft F_K handelt es sich um eine statisch wirkende Kraft, mit der eine Person

eingeklemmt und festgehalten wird. Die Spitzenkraft F_S wirkt dynamisch beim Aufprall von Schließkanten auf einen Messgeber.

Nach dem kurzzeitigen Einwirken der dynamischen Spitzenkraft F_S kann sich eine statische Klemmkraft F_K einstellen, die die eingeklemmte Person mit den Schließkanten festhält, es kann aber auch durch Umsteuerung des Antriebs eine Reversierbewegung des Schließmechanismus ausgelöst werden, sodass die gefährdete Person sofort wieder freigegeben wird. Bei impulsförmigen Kräfteinwirkungen (Impulsdauer < 5 Sekunden) kann anstelle der Klemmkraft F_K die Effektivkraft F_E als Kenngröße verwendet werden. Die Effektivkraft F_E stellt eine über den Impuls gemittelte Kraft dar.

Generell sind Reversiersteuerungen für kraftbetätigte Schließmechanismen zu bevorzugen, da sich eine eingeklemmte Person nicht nur bei der mit dem Quetschen verbundenen Druckbelastung, sondern auch beim Befreiungsversuch verletzen kann. Bei Maschinen ist jedoch häufig eine Druckbelastung für den Arbeitsablauf notwendig, sodass ein Reversieren nicht möglich ist.

Die Gefährdung einer Person durch Quetschen lässt sich ausschalten, wenn die festgelegten Grenzwerte unterschritten werden.

6.2.2 Grenzwerte

Für Türen und Tore als bauliche Einrichtungen gilt nach der Arbeitsstätten-Richtlinie ASR 11/1-5:

$$F_K \leq 150 \text{ N}$$

Der Normentwurf prEN 12453 enthält darüber hinaus Festlegungen im Hinblick auf die dynamische Spitzenkraft an kraftbetätigten Toren (Tabelle 1).

Die Einwirkdauer des dynamischen Spitzenkraftimpulses darf dabei höchstens 0,5 s betragen. Im Bereich von 0,5 bis 5,0 s darf die an den Schließkanten wirkende Kraft 150 N nicht überschreiten und muss am Ende des gesamten Kraftimpulses von 5 s Dauer auf 25 N abgebaut sein. Den genannten Grenzwerten liegt eine Federsteifigkeit des Kraftmessgebers von 500 N/mm zugrunde.

Für *Aufzugtüren* gilt nach den Technischen Regeln TRA 200:

an den Hauptschließkanten:

$$F_K \leq 150 \text{ N}, F_S \leq 150 \text{ N}$$

an den Nebenschließkanten:

$$F_S \leq 300 \text{ N}$$

Physikalische Einwirkungen

Tabelle 1:

Zulässige Spitzenkräfte für kraftbetätigte Tore nach prEN 12453 bei einer Federsteifigkeit des Kraftmessgebers von 500 N/mm

Art des Tores bzw. der Einrichtung	Zulässige Spitzenkraft F_S in N		
	zwischen Schließkanten und Gegenschließkanten		zwischen ebenen Flächen $> 0,1 \text{ m}^2$ mit keiner Seite weniger als 100 mm
	in Öffnungsweiten von 50 bis 500 mm	in Öffnungsweiten $> 500 \text{ mm}$	
horizontal bewegtes Tor	400	1 400	1 400
Tor, das sich um eine Achse senkrecht zum Fußboden dreht	400	1 400	1 400
vertikal bewegtes Tor	400	400	1 400
Tor, das sich um eine Achse parallel zum Fußboden dreht	400	400	1 400
Schranken	400	400	1 400

Für *Kraftomnibustüren* gilt nach der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO):

an den Hauptschließkanten:

$$F_E \leq 150 \text{ N}, F_S \leq 200 \text{ N}$$

an den Nebenschließkanten:

$$F_E \leq 150 \text{ N}, F_S \leq 250 \text{ N}$$

bei einer Federsteifigkeit von 10 N/mm für den Kraftmessgeber.

6.2.3 Literatur

Arbeitsstätten-Richtlinien für kraftbetätigte Türen und Tore. ASR 11/1 - 5 (September 1985), BArbBl. Nr. 9/1985, S. 81

prEN 12453: Tore – Nutzungssicherheit kraftbetätigter Tore – Anforderungen und Klassifikation. (Entwurf 1996)

Technische Regeln für Aufzüge TRA 200 – Personenaufzüge, Lastenaufzüge, Güteraufzüge. (Mai 1992), BArbBl. Nr. 5/1992

Richtlinien für fremdkraftbetätigte Fahrgasttüren in Kraftomnibussen. § 35e Abs. 3 und Abs. 5 StVZO (Straßen-

verkehrs-Zulassungs-Ordnung), Verkehrsblatt VkBBl. Nr. 11/1991, S. 498/500