

2 Gefahrstoffe in Innenräumen

2.1 Einführung und Erläuterungen

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

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

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

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

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

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

Richtwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte

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

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

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

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

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

Leitwerte des Ausschusses für Innenraumrichtwerte

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

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

EG-Richtlinien

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

Bundesimmissionsschutzrecht

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

WHO-Leitlinien (Air Quality Guidelines)

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

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

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

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

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

Maximale Immissionskonzentrationen (MIK)

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

2.2 Tabelle der Beurteilungswerte der Gefahrstoffexposition in der Innenraumluft

Hinweise:

a) (I) = Innenluft; (A) = Außenluft

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

| Gefahrstoff | Beurteilungswert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Zeitbezug | Art des Wertes a) | Schutzobjekt | Herkunft | Bemerkungen |
|------------------|---|------------------|-------------------|--------------|--|---|
| Benzol | 5 | Jahresmittelwert | Grenzwert (A) | Mensch | 2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10] | Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt die Wahrscheinlichkeit, an Leukämie zu erkranken, bei $6 \cdot 10^{-6}$. |
| | – | – | unit risk (I) | Mensch | WHO Guidelines for Indoor Air Quality [15] | |
| Benzylalkohol | 4 000 | – | Richtwert II (I) | Mensch | Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6] | |
| | 400 | – | Richtwert I (I) | Mensch | Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6] | |
| Blei | 0,5 | Jahresmittelwert | Grenzwert (A) | Mensch | 2008/50/EG [8] 39. BImSchV [10] | Dieser Wert stellt den Gesamtgehalt an Blei in der PM_{10} -Fraktion dar. |
| | 0,5 | Jahresmittelwert | Leitwert (I, A) | Mensch | WHO Air Quality Guidelines for Europe [12] | |
| Butanal | 2 000 | – | Richtwert II (I) | Mensch | Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6] | siehe auch Aldehyde (C_6 bis C_{11} ; gesättigt, acyclisch, aliphatisch) |
| 1-Butanol | 2 000 | – | Richtwert II (I) | Mensch | Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6] | |
| | 700 | – | Richtwert I (I) | Mensch | Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6] | |
| Butanonoxim | 60 | – | Richtwert II (I) | Mensch | Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6] | |
| | 20 | – | Richtwert I (I) | Mensch | Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6] | |
| Cadmium | 0,005 | Jahresmittelwert | Zielwert (A) | Mensch | 2004/107/EG [9] 39. BImSchV [10] | Dieser Wert stellt den Gesamtgehalt an Cadmium in der PM_{10} -Fraktion dar. Der Leitwert soll eine Erhöhung des Cadmiumgehalts in Agrarböden vermeiden, da vermutet wird, dass dies auch zu einer erhöhten Aufnahme in den Körper führt. |
| | 0,005 | Jahresmittelwert | Leitwert (I, A) | Mensch | WHO Air Quality Guidelines for Europe [12] | |
| 2-Chlorpropan | 8 000 | – | Richtwert II (I) | Mensch | Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6] | |
| | 800 | – | Richtwert I (I) | Mensch | Ausschuss für Innenraumrichtwerte [6] | |
| Chrom(VI) | – | – | unit risk (I, A) | Mensch | WHO Air Quality Guidelines for Europe [12] | Bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, bei $4 \cdot 10^{-2}$. |
| 1,2-Dichlorethan | 700 | 24-h-Mittelwert | Leitwert (I, A) | Mensch | WHO Air Quality Guidelines for Europe [12] | |

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.3 Spezielle Beurteilungswerte und Indikatoren für Innenraumarbeitsplätze

2.3.1 Kohlendioxid

Die Kohlendioxidkonzentration in Innenräumen gilt als ein wesentlicher Indikator für ausreichende Luftqualität, wenn der Mensch selbst die Hauptemissionsquelle ist und andere Quellen von untergeordneter Bedeutung sind. Die CO₂-Konzentration ist in diesem Zusammenhang auch ein Maß für die Effektivität der Raumlüftung.

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

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

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

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

2.3.2 Flüchtige organische Verbindungen

Summe flüchtiger organischer Verbindungen (TVOC)

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

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

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

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

Ableitung von Referenzwerten für Einzelstoffe

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

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

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

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

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

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

Tabelle 2: Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte der Unfallversicherungsträger

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

Referenzwerte zur Beurteilung von Klassenräumen

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

Tabelle 3:
Klassenraum-Referenzwerte der Unfallversicherungsträger [28]

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

Einzelstoffbewertung basierend auf anderen Messverfahren

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

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

Tabelle 4:

Flüchtige organische Verbindungen in mg/m³ in der Innenraumluft in 555 Haushalten mit drei- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland, Bestimmungsgrenze: 0,001 mg/m³ [29]

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

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

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

2.3.3 Stäube

Zur Beurteilung möglicher Gesundheitsgefahren durch Staubbelastungen werden von der Partikelgröße abhängige Staubfraktionen herangezogen. Die im Arbeitsschutz üblicherweise verwendeten Fraktionen „einatembare Staub“ (E-Fraktion) und „lungengängiger Staub“ (Alveolarfraktion, A-Fraktion) stimmen nicht exakt überein mit den im Bereich des Umweltschutzes gebräuchlichen Fraktionen PM₁₀ (particulate matter) und PM_{2,5}. Darunter versteht man in erster Näherung die Summe aller Schwebstaubpartikeln mit einem Durchmesser von bis zu 10 µm und bis zu 2,5 µm [31].

Für Innenraumarbeitsplätze wird empfohlen, zur Beurteilung von Staubbelastungen die im Umweltschutz definierten Fraktionen PM_{2,5} und PM₁₀ heranzuziehen, da die Konzentrationen hauptsächlich durch die Außenluft bedingt sind und hierfür entsprechende Beurteilungswerte zur Verfügung stehen. So schlägt der Ausschuss für Innenraumrichtwerte (vormals Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte) vor, bei Abwesenheit von Verbrennungsprozessen (z. B. Tabakrauch) als Leitwert für Feinstaub der Fraktion PM_{2,5} den von der Weltgesundheitsorganisation als Tageswert festgelegten Wert von 25 µg/m³ heranzuziehen [32].

Für die Fraktion PM₁₀ schlägt der Ausschuss dagegen keinen Bewertungsmaßstab vor. Er begründet dies damit, dass für diese Fraktion die Konzentrationen in Innenräumen deutlich über denjenigen in der Außenluft liegen. Dies bedeutet, dass die Hauptquellen für diese Partikelfraktion im Innenraum zu suchen sind. Da die Zusammensetzung dieser Fraktion nicht näher bekannt ist, kann keine abschließende Bewertung durchgeführt werden [32].

Generell sollte darauf geachtet werden, dass die Staubkonzentration bezogen auf die PM₁₀-Fraktion nicht über dem EU-Staubgrenzwert [8] für die Luft der Troposphäre von 50 µg/m³ liegt.

2.4 Literatur

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

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