

12.3 Beurteilung von chemischen Einwirkungen

H. Kleine, Sankt Augustin

H.-D. Neumann, Düsseldorf

K. Pohl, Mainz

N. von Hahn, Sankt Augustin

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

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 nach Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [1] sind Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) in der TRGS 900 [2] festgelegt. Diese AGW 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 Innenraumarbeitsplätze, die nicht in den Geltungsbereich der Gefahrstoffverordnung fallen, sind keine Arbeitsplatzgrenzwerte festgesetzt.

Stattdessen sind hier die allgemeinen Angaben zur Lüftung nach Anhang 3.6 der Arbeitsstättenverordnung [3] zu befolgen. Demnach muss in Arbeitsräumen ausreichend gesundheitlich zuträglich Atemluft vorhanden sein. Diese Forderung gilt nach der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 Lüftung [4] dann als erfüllt, wenn die Luftqualität im Wesentlichen der Außenluftqualität entspricht.

Die für den Außenluftbereich festgelegten Immissionswerte oder andere Beurteilungswerte sind für den Innenraumbereich jedoch 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 daher zur Beurteilung der Exposition an Innenraumarbeitsplätzen 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 praktisch alle für Innenräume aufgestellten Werte lediglich den Charakter einer Empfehlung. Die wichtigsten für die Innenraumluft herangezogenen Beurteilungswerte werden im Folgenden vorgestellt. In der aktuellen Grenzwertliste des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) [5] finden sich darüber hinaus die wichtigsten Beurteilungswerte für die Außenluft. Zur Beurteilung einzelner Stoffe und Stoffgruppen sei auch auf Abschnitt 12.4 verwiesen.

12 Chemische Einwirkungen

12.3.1 Richtwerte des Umweltbundesamtes für die Innenraumluft

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

„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 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 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. Ihre Anwendung ist dadurch eingeschränkt, dass es derzeit nur für eine sehr begrenzte Anzahl von Einzelstoffen Richtwerte gibt (siehe Tabelle 26).

12.3.2 WHO-Leitlinien (Air Quality Guidelines)

Im Jahre 2009 veröffentlichte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) erstmals Leitlinien für die Innenraumluftqualität zum Schutz der öffentlichen Gesundheit vor Gesundheitsrisiken durch Feuchtigkeit und damit verbundenem Wachstum von Mikroorganismen [7]. Diese Leitlinien wurden im Jahre 2010 durch weitere Leitlinien für einige häufig in der Innenraumluft vorkommende Chemikalien ergänzt (siehe Tabelle 27 auf Seite 141) [8].

Tabelle 26:
Übersicht über die bis Mai 2013 aufgestellten Richtwerte für die Innenraumluft [6]

Verbindung	Richtwert II ¹⁾ in mg/m ³	Richtwert I ¹⁾ in mg/m ³	Jahr der Festlegung
2-Furaldehyd	0,1	0,01	2011
Aldehyde, C ₄ bis C ₁₁ (gesättigt, azyklisch, aliphatisch)	2	0,1	2009
Alkylbenzole, C ₉ bis C ₁₅	1	0,1	2012
Benzaldehyd	0,2	0,02	2010
Benzylalkohol	4	0,4	2010
C ₉ bis C ₁₄ -Alkane/Isoalkane (aromatenarm)	2	0,2	2005
Dichlormethan	2 (24 h)	0,2	1997
Diethylenglykolbutylether (DEGBE)	1	0,4	2013
Diethylenglykoldimethylether (DEGDME)	0,3	0,03	2013
Diethylenglykolmethylether (DEGME)	6	2	2013
Diethylenglykolmonoethylether (DEGMEE)	2	0,7	2013
Diisocyanate	Siehe Erläuterungen ²⁾		2000
Dipropylenglykolmethylether (DPGME)	7	2	2013
Ethylbenzol	2	0,2	2012
Ethylenglykolbutylether (EGBE)	1	0,1	2013
Ethylenglykolbutyletheracetat (EGBEA)	2	0,2	2013
Ethylenglykolhexylether (EGHE)	1	0,1	2013
Ethylenglykolmonoethylether (EGEE)	1	0,1	2013
Ethylenglykolmonoethyletheracetat (EGEEA)	2	0,2	2013
Ethylenglykolmonomethylether (EGME)	0,2	0,02	2013
Ethylhexanol	1	0,1	2013
Kohlenmonoxid	60 (½ h) 15 (8 h)	6 (½ h) 1,5 (8 h)	1997
Kresole	0,05	0,005	2012
Methylisobutylketon	1	0,1	2013
Monozyklische Monoterpene (Leitsubstanz d-Limonen)	10	1	2010
Naphthalin	0,020	0,002	2004
Pentachlorphenol (PCP)	0,001	0,0001	1997
Phenol	0,2	0,02	2011

12 Chemische Einwirkungen

Verbindung	Richtwert II ¹⁾ in mg/m ³	Richtwert I ¹⁾ in mg/m ³	Jahr der Festlegung
2-Propylenglykol-1-ethylether (2PG1EE)	3	0,3	2013
2-Propylenglykol-1-methylether (2PG1ME)	10	1	2013
2-Propylenglykol-1-tertbutylether (2PG1tBE)	3	0,3	2013
Quecksilber (als metallischer Dampf)	0,00035	0,000035	1999
Stickstoffdioxid (NO ₂)	0,35 (30 Min-Wert) 0,06 (7 Tage-Wert)	–	1998
Styrol	0,3	0,030	1998
Terpene, bicyclisch (Leitsubstanz α-Pinen)	2	0,2	2003
Toluol	3	0,3	1996
Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	0,05	0,005	2002
Zyklische Dimethylsiloxane D3-D6 (Summenrichtwert)	4	0,4	2011

¹⁾ Üblicherweise handelt es sich um Langzeitwerte. Davon abweichende Mittelungszeiträume sind in Klammern angegeben, z. B. 24 Stunden (h).

²⁾ Die Festlegung eines Richtwertes II für Diisocyanate (DI) erachtete die Arbeitsgruppe nicht als sinnvoll (s. Erläuterung in der Veröffentlichung): Die anfänglich höhere Konzentration in der Raumluft bei der Verarbeitung von Diisocyanate-haltigen Lacken und Klebern (Konzentration im Bereich des MAK-Wertes) sinkt rasch ab und nach Beendigung des Aushärtvorgangs ist nicht mit einer Dauerbelastung zu rechnen. Generell sollte beim Verarbeiten DI-haltiger Produkte gut gelüftet werden.

Tabelle 27:
Zusammenfassung der WHO-Leitlinien für ausgewählte Schadstoffe in der Innenraumluft [9]

Stoff	Leitlinien
Benzol	<ul style="list-style-type: none"> • Es kann kein unbedenklicher Wert für die Exposition vorgeschlagen werden. • Das Unit-Risk¹⁾ für Leukämie beträgt $6 \cdot 10^{-6}$ pro $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft. • Die Benzolkonzentrationen in der Luft, die mit einem zusätzlichen Lebenszeit-Risiko²⁾ von 1/10 000, 1/100 000 und 1/1 000 000 verbunden sind, betragen jeweils 17, 1,7 und 0,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
Formaldehyd	0,1 mg/m^3 (30-minütiger Durchschnitt)
Kohlenmonoxid	<ul style="list-style-type: none"> • 15 Minuten: 100 mg/m^3 • 1 Stunde: 35 mg/m^3 • 8 Stunden: 10 mg/m^3 • 24 Stunden: 7 mg/m^3
Naphthalin	0,01 mg/m^3 (Jahresdurchschnitt)
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	<ul style="list-style-type: none"> • Es kann kein Schwellenwert festgelegt werden und jede Innenraumexposition wird als gesundheitsrelevant erachtet. • Das Unit-Risk für Lungenkrebs durch PAK-Gemische wird auf $8,7 \cdot 10^{-5}$ pro ng/m^3 Benzo[a]pyren (B[a]P) geschätzt. • Die entsprechenden Konzentrationen, die bei lebenslanger B[a]P-Exposition zu einem erhöhten Lebenszeit-Risiko für Krebs von 1/10 000, 1/100 000 und 1/1 000 000 führen, betragen jeweils etwa 1,2, 0,12 und 0,012 ng/m^3.
Radon	<ul style="list-style-type: none"> • Das zusätzliche Lebenszeit-Risiko für den Tod durch radoninduzierten Lungenkrebs (bis zum Alter von 75 Jahren) wird für lebenslange Nichtraucher auf $0,6 \cdot 10^{-5}$ pro Bq/m^3 und für Raucher (15 bis 24 Zigaretten am Tag) auf $15 \cdot 10^{-5}$ Bq/m^3 geschätzt; bei ehemaligen Rauchern liegt das Risiko dazwischen und hängt von der Zeit ab, die seit dem Aufhören vergangen ist. • Die Radonkonzentrationen, die mit einem zusätzlichen Lebenszeit-Risiko von 1/100 und 1/1 000 einhergehen, betragen bei Rauchern jeweils 67 bzw. 6,7 Bq/m^3 und bei lebenslangen Nichtrauchern 1 670 bzw. 167 Bq/m^3.
Stickstoffdioxid	<ul style="list-style-type: none"> • 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ein-Stunden-Durchschnitt) • 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jahresdurchschnitt)
Trichlorethen	<ul style="list-style-type: none"> • Geschätztes Unit-Risk von $4,3 \cdot 10^{-7}$ pro $\mu\text{g}/\text{m}^3$. • Die Konzentrationen an Trichlorethen in der Luft, die mit einem erhöhten Lebenszeit-Risiko von 1/10 000, 1/100 000 und 1/1 000 000 einhergehen, betragen jeweils 230, 23 und 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
Tetrachlorethen	0,25 mg/m^3 (Jahresdurchschnitt)

¹⁾ Unit-Risk: Risiko, bei einer lebenslangen Exposition gegenüber einer Konzentration von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an Krebs zu erkranken

²⁾ Lebenszeit-Risiko: Wahrscheinlichkeit, im Laufe der durchschnittlichen Länge eines Lebens an z. B. Krebs zu erkranken.

12 Chemische Einwirkungen

12.3.3 Ableitung von Referenzwerten für Einzelstoffe

Für Stoffe, für die es bislang keine Richtwerte gibt, können statistisch abgeleitete Referenzwerte 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 [10].

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 [11]. Diese Werte wurden im Jahr 2010 überprüft und anhand einer erneuten statistischen Auswertung aller bis September 2010 in der Expositionsdatenbank MEGA des IFA dokumentierten Messdaten aktualisiert [12].

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 [13; 14] 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 28 zusammengestellt. Sie gelten nur bei Anwendung des im Abschnitt 12.2.2 beschriebenen MGU-Messprogramms „Innenraummessungen“ einschließlich der zugehörigen Messstrategie.

Tabelle 28:
Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte der Unfallversicherungsträger

Verbindung	Innenraumarbeitsplatz-Referenzwert in mg/m ³
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

12 Chemische Einwirkungen

Verbindung	Innenraumarbeitsplatz-Referenzwert in mg/m ³
Terpene	
α-Pinen	0,02
Limonen	0,03
3-Karen	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 die Konzentrationen von Aldehyden und VOC in unbelasteten Klassenräumen von Schulen in Nordrhein-Westfalen erhoben [15]. Insgesamt wurden 421 Räume in 119 Schulen

untersucht. Das Messverfahren und die Analytik sind vergleichbar mit dem MGU-Messprogramm „Innenraummessungen“. Aus den Messdaten wurden in Analogie zum Verfahren der Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerte Klassenraum-Referenzwerte abgeleitet [16]. Diese sind in Tabelle 29 zusammengestellt.

Tabelle 29:
Kassenraum-Referenzwerte der Unfallversicherungsträger [16]

Verbindung	Klassenraum-Referenzwert in 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-Karen	0,01

12 Chemische Einwirkungen

Verbindung	Klassenraum-Referenzwert in mg/m ³
Aldehyde	
Formaldehyd	0,06
Acetaldehyd	0,05
Hexanal	0,02
Siloxane	
Hexamethylcyclotrisiloxan (D3)	0,03
Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)	0,02
Decamethylcyclopentasiloxan (D5)	0,02

Referenzwerte anderer Institutionen

Neben den Unfallversicherungsträgern gibt es weitere Institutionen, die Referenzwerte zur Beurteilung der Innenraumluft erarbeitet haben [17 bis 19]. Diese Untersuchungen wurden in verschiedenartigen Innenräumen einschließlich Wohnräumen vorgenommen und liegen z. T. Jahrzehnte zurück. Unabhängig von der Frage der Übertragbarkeit dieser Daten auf Büroarbeitsplätze ist zu beachten, dass sich während dieser Zeit erhebliche Änderungen in der Ausstattung und Nutzung

von Innenräumen ergeben haben, die auch Auswirkungen auf die Luftbelastung haben; man denke nur an neue Materialien zur Innenausstattung oder an veränderte Reinigungsmethoden. Erschwerend kommt hinzu, dass auch die bei diesen Studien eingesetzten Messverfahren und -strategien nicht einheitlich sind. Die Vergleichbarkeit als wesentliche Voraussetzung für die Anwendung von Referenzwerten ist damit für diese Werte nur eingeschränkt erfüllt. Sie können deshalb nur unter Vorbehalt für Innenraum-arbeitsplätze herangezogen werden.

12.3.4 Literatur

- [1] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010. BGBl. (2010) Nr. 59, S. 1643-1692; zul. geänd. BGBl. (2013), S. 944
- [2] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). BArbBl. (2006) Nr. 1, S. 41-55; zul. geänd. GMBL. (2013) Nr. 17, S. 363-364
- [3] Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV) vom 12. August 2004. BGBl. (2004), S. 2179-2189; zul. geänd. BGBl. (2010), S. 960-967
- [4] Technische Regeln für Arbeitsstätten: Lüftung (ASR A3.6). GMBL. (2012) Nr. 6, S. 92-97
- [5] *Pflaumbaum, W., et al*: Grenzwerteliste 2013 – Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz. IFA-Report 1/2013. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2013
- [6] Gesundheit und Umwelthygiene. Richtwerte für die Innenraumluft. Hrsg.: Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau 2013.
www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm
- [7] WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Hrsg.: World Health Organization (WHO), Kopenhagen 2009
- [8] WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Hrsg.: World Health Organization (WHO), Kopenhagen 2010
- [9] WHO Leitlinien für Innenraumluftqualität: ausgewählte Schadstoffe – Zusammenfassung. Hrsg.: World Health Organization (WHO), Kopenhagen 2011
- [10] Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten – Handreichung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz 50 (2007) Nr. 7, S. 990-1005
- [11] *Schlechter, N.; Pohl, K.; Barig, A.; Kupka, S.; Gabriel, S.; Van Gelder, R.; Lichtenstein, N.; Hennig, M.*: Beurteilung der Raumluftqualität an Büroarbeitsplätzen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 64 (2004) Nr. 3, S. 95-99
- [12] *von Hahn, N.; Van Gelder, R.; Breuer, D.; Hahn, J. U.; Gabriel, S.; Kleine, H.*: Ableitung von Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerten. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 71 (2011) Nr. 7/8, S. 314-322
- [13] *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, Berlin 1989 – Losebl.-Ausg.
www.ifa-arbeitsmappedigital.de/8936

12 Chemische Einwirkungen

- [14] *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 1989 – Losebl.-Ausg.
www.ifa-arbeitsmappedigital.de/6045
- [15] *Neumann, H. D.:* Luftqualität und Lüftung in Schulen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 71 (2011) Nr. 11/12
- [16] *Neumann, H. D.; Buxtrup, M.; von Hahn, N.; Koppisch, D.; Breuer, D.; Hahn, J.-U.:* Vorschlag zur Ableitung von Innenraumarbeitsplatz-Referenzwerten in Schulen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 72 (2012) Nr. 7/8, S 291-297
- [17] Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06 – Innenraumluft – Flüchtige organische Verbindungen in der Innenraumluft in Haushalten mit Kindern in Deutschland. Hrsg.: Umweltbundsamt (UBA), Berlin 2010
- [18] AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft. Stand 10.2008. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springe-Eldagesen 2008
<http://www.agoef.de/agoef/oewerte/orientierungswerte.html>
- [19] *Schleibinger, H.; Hott, U.; Marchl, D.; Plieninger, P.; Braun, P.; Rüden, H.:* Ziel- und Richtwerte zur Bewertung der VOC-Konzentrationen in der Innenraumluft – ein Diskussionsbeitrag. Umweltmed. Forsch. Prax. 7 (2002) Nr. 3, S. 139-147