

Anlage zum Beitrag „Untersuchung von Gebäuden, deren Nutzer einen Zusammenhang von gesundheitlichen Beschwerden mit Innenraumluftverunreinigungen vermuten - Handreichungen zur Messstrategie,, - G. Volland, T. Gabrio, G. A.Wiesmüller - Gefahrstoffe-RdL (2014) Nr. 3/14, S. 69-74

Im vorliegenden Anhang wird ohne Gewähr auf Vollständigkeit ein Überblick über existierende Bewertungs- bzw. Beurteilungskriterien und technische Regelwerke zur Beurteilung und Bewertung der Qualität von Innenraumluft gegeben. Der vorliegende Anhang ist als eine erste Orientierung zu verstehen, er ersetzt nicht das notwendige Studium der entsprechenden Originaldokumente. Er ersetzt auch nicht die erforderliche Fachkenntnis des Anwenders dieses Leitfadens. Der Anhang gliedert sich in folgende 4 Teile

Teil 1

Innenraumluft Beurteilungskriterien/Richtwerte

Richtlinien für die Beurteilung der Belastung der Innenraumluft mit leicht flüchtigen (VVOC), flüchtigen (VOC) und schwer flüchtigen organischen Verbindungen, anorganischen Verbindungen, sowie Asbest und Feinstaub PM_{2,5}

Teil 2

Feuchte und Schimmelpilzschäden

Feuchte-/Schimmelpilzschäden sind gemäß Umweltbundesamt dem „Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ (2002), „Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen ("Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden")“ (2005) bzw. Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchteschäden in Fußböden, 08. Juli 2013 zu behandeln.

Teil 3

Normen/Standards/technisches Regelwerk

Bestehende technische Regeln zur Probennahme, Messung und Bestimmung von Innenraumluftverunreinigungen (Stand: Herbst 2013)

Teil 4

Human-Biomonitoring (HBM)

Von der Kommission Human-Biomonitoring abgeleitete bzw. ermittelte HBM-Werte und Referenzwerte

Teil 1

Richtlinien für die Beurteilung der Belastung der Innenraumluft mit leicht flüchtigen (VVOC), flüchtigen (VOC) und schwer flüchtigen organischen Verbindungen, anorganischen Verbindungen, sowie Asbest und Feinstaub PM_{2,5}

Bewertungskriterien für die Innenraumluft besitzen eine unterschiedliche rechtliche Verbindlichkeit und wurden für verschiedene Rechtsräume wie z.B. Umweltrecht (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG), Baurecht (Landesrecht), Gesundheits- und Verbraucherschutz (Handreichung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden bzw. die entsprechenden Leitfäden des Umweltbundesamtes für den Bereich Schimmelpilze) erstellt. Neben den Nationalen Beurteilungswerten für die Innenraumluft gibt es auch internationale Empfehlungen und nationale Beurteilungswerte anderer Länder.

Rechtlich verbindliche Richt- bzw. Grenzwerte existieren für folgende Verbindungen in der Innenraumluft

1. Im **Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG** ist ein toxikologisch begründeter Grenzwert für **Trichlorethen** von 100 µg/m³ abgeleitet.
2. Technische Regeln der ehemaligen Projektgruppe „Schadstoffe“ der Fachkommission Baunormung der Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder (**ARGEBAU**), sofern sie im Geltungsbereich der Bundesländer durch Verordnung in Kraft gesetzt wurden
 - 2a) **„Richtlinie für die Bewertung und Sanierung Pentachlorphenol (PCP)-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCP-Richtlinie)“**
Eingreifwert: 1 µg PCP/m³ Innenraumluft
 - 2b) **„Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCB-Richtlinie)“**
Eingreifwert: 3000 ng PCB/m³, Vorsorgewert: 300 ng PCB/m³ (Σ LAGA)
Ergänzung/Aktualisierung für dioxinähnliche PCB (non-ortho- und monortho-Kongeneren) durch die AG KIRL/AOLG im Jahr 2007; Gefahrenwert: 5 pg TE/m³
 - 2c) **„Richtlinie für die Bewertung und Sanierung schwach gebundener Asbestprodukte in Gebäuden (Asbest-Richtlinie)“**

Zu 2c - Sonderfall Asbestrichtlinie

Für Gebäude mit schwach gebundenen Asbestprodukten wird die Dringlichkeit der Sanierung nicht über den Gehalt an Fasern in der Raumluft abgeleitet. Relevant ist der Fragenkatalog dieser Richtlinie, der eine Reihe gebäude- bzw. nutzungsspezifischer Aspekte abfragt und über ein Punktesystem zu einer Beurteilung der Sanierungsnotwendigkeit führt. Dabei werden unter anderem Art der Asbestverwendung, Asbestart, Struktur der Oberfläche des Asbestprodukts, Oberflächenzustand des Asbestprodukts, Beeinträchtigung des Asbestprodukts von außen, Raumnutzung, Lage des Produkts erfasst und bewertet. Messungen der Konzentration an Asbestfasern erfolgen erst zur Bewertung des Sanierungserfolgs. Für die Bestimmung der Asbestfaserkonzentration (Faserlängen $L \geq 5 \mu\text{m}$, Faserdurchmesser $D < 3 \mu\text{m}$ und einem Verhältnis von Faserlänge zu Faserdurchmesser $L:D > 3:1$) stehen eine Reihe von Normen (z.B. DIN EN ISO 16000 – 7 Innenraumluftverunreinigungen – Teil 7: Probennahmestrategie zur Bestimmung luftgetragener Asbestfaserkonzentrationen) zur Verfügung, die in diesem Fall zwingend zu beachten sind.

3. Von der **Ad-Hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumhygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der obersten Landesgesundheitsämter (AG KIRL/AOLG)** wurden toxikologisch begründete Richtwerte und nicht toxikologisch begründete Leitwerte herausgegeben

Das im Folgenden behandelte Bewertungskonzept ist auf Grund der möglichen Variabilität der Konzentrationen an Innenraumluftinhaltsstoffen kein Konzept von Grenzwerten, sondern ein Richtwertkonzept. Jeder Messwert in diesem Zusammenhang ist auf die besondere Situation in diesem Innenraum zum Messzeitpunkt zu bewerten bzw. zu gewichten. Grundlage der Richt- bzw. Leitwerte ist die Gefahrenabwehr nach dem allgemeinen Polizeirecht. Gefahr ist eine Sachlage, die bei ungehindertem, objektiv zu erwartenden Geschehensablauf in absehbarer Zeit mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu einem Schaden für ein geschütztes Rechtsgut führt. Dabei handelt es sich um ein zweistufiges Bewertungskonzept.

Richtwert II (RW II - Eingreifwert) ist ein wirkungsbezogener Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle [NOAEL = No Observed Adverse Effect Level (Konzentration bis zu der noch keine gesundheitlichen Schädigungen beobachtet wurden; adverse = nachteilig) oder vom LOAEL = Lowest Observed Adverse Effect Level (Konzentration ab der erste gesundheitlich schädigende Wirkungen gefunden wurden)] eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt. Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen beziehungsweise 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.

Bei Konzentrationen in der Raumluft oberhalb des Richtwerts II sind unter der Voraussetzung einer kontinuierlichen und ganztägigen Nutzung des Innenraums sowie unter Berücksichtigung empfindlichen Personen (u.a. Kinder) gesundheitliche Wirkungen nicht mehr mit hinreichender Wahrscheinlichkeit auszuschließen (Gefahrschwelle).

Neben diesen Richtwert II ist ein **Richtwert I (RW I - Vorsorgerichtwert)** definiert, der die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft angibt, der bei einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigem Erkenntnisstand auch dann keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten ist, wenn ein Mensch diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist. Im Regelfall liegt der Richtwert I um den Faktor 10 unter dem Richtwert II.

Konzentration im Bereich zwischen Richtwert I und II (Vorsorgebereich)

Liegt die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft zwischen den Richtwerten I und II, so sollte aus Gründen der Vorsorge eine Prüfung möglicher Maßnahmen zur Absenkung der entsprechenden Raumluftkonzentration erfolgen. In der Regel kann beispielsweise durch ein geeignetes Lüftungsmanagement bereits eine deutliche Reduzierung der entsprechenden Konzentration erreicht werden. In Abhängigkeit von der konkreten Situation und unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit kann auch geprüft werden, ob durch geeignete und verhältnismäßige bauliche Maßnahmen eine Verbesserung der Qualität der Innenraumluft erreicht werden kann. Es bleibt darauf hinzuweisen, dass Vorsorgemaßnahmen wünschenswert, jedoch in der Regel nicht justiziabel sind, relevant ist die Beurteilung der Verhältnismäßigkeit.

Sanierungsziele

Werden Sanierungsmaßnahmen ergriffen, so sind diese so auszuführen, dass nach Abschluss der Sanierung der Richtwert I als Sanierungsziel erreicht bzw. unterschritten wird.

Übersicht festgelegte Richtwerte der AG KIRL/AOLG

Bis heute sind folgende Richtwerte festgelegt worden (die ausführlichen Begründungen sind im Anschluss an die Tabelle aufgelistet;

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/kommission-innenraumlufthygiene/empfehlungen-richtwerte-der-kommission>):

Verbindung	Richtwert II ¹⁾ (mg/m ³)	Richtwert I ¹⁾ (mg/m ³)	Jahr der Festlegung
2-Ethylhexanol	1	0,1	2013
Ethylenglykolmonomethylether (EGME, CAS-Nr. 109-86-4)	0,2	0,02	2013
Diethylenglykolmethylether (DEGME, CAS-Nr. 111-77-3)	6	2	2013
Diethylenglykoldimethylether (DEGDME, CAS-Nr. 111-96-6)	0,3	0,03	2013
Ethylenglykolmonoethylether (EGEE, CAS-Nr. 110-80-5)	1	0,1	2013
Ethylenglykolmonoethylether-acetat (EGEEA, CAS-Nr. 111-15-9)	2	0,2	2013
Diethylenglykolmonoethylether (DEGEE, CAS-Nr. 111-90-0)	2	0,7	2013
Ethylenglykolbutylether (EGBE, CAS-Nr. 111-76-2)	1	0,1	2013
Ethylenglykolbutyletheracetat (EGBEA, CAS-Nr. 112-07-2)	2	0,2	2013
Diethylenglykolbutylether (DEGBE, CAS-Nr. 112-34-5)	1	0,4	2013
Ethylenglykolhexylether (EGHE, CAS-Nr. 112-25-4)	1	0,1	2013
2-Propylenglykol-1-methylether (2PG1ME, CAS-Nr. 107-98-2)	10	1	2013
Dipropylenglykol-1-methylether (D2PGME, CAS-Nr. 34590-94-8; 13429-07-7; 20324-32-7; 13588-28-8; 55956-21-3)	7	2	2013
2-Propylenglykol-1-ethylether (2PG1EE, CAS-Nr. 1569-02-4)	3	0,3	2013
2-Propylenglykol-1-tertbutylether (2PG1tBE, CAS- Nr. 57018-52-7)	3	0,3	2013
Methylisobutylketon	1	0,1	2013
Ethylbenzol	2	0,2	2012
Alkylbenzole, C ₉ -C ₁₅	1	0,1	2012
Kresole	0,05	0,005	2012
Phenol	0,2	0,02	2011
2-Furaldehyd	0,1	0,01	2011
Zyklische Dimethylsiloxane D ₃ -D ₆ (Summenrichtwert)	4	0,4	2011
Benzaldehyd	0,2	0,02	2010
Benzylalkohol	4	0,4	2010
Monozyklische Monoterpene (<i>Leitsubstanz d-Limonen</i>)	10	1	2010
Aldehyde, C ₄ bis C ₁₁ (gesättigt, azyklisch, aliphatisch)	2	0,1	2009
C ₉ – C ₁₄ -Alkane / Isoalkane (aromatenarm)	2	0,2	2005
Naphthalin	0,020	0,002	2004
Terpene, bicyclisch (<i>Leitsubstanz α-Pinen</i>)	2	0,2	2003

Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	0,05	0,005	2002
Diisocyanate	Die Festlegung eines RW II und RW I für Diisocyanate (DI) erachtete die Arbeitsgruppe nicht als sinnvoll		2000
Quecksilber (als metallischer Dampf)	0,00035	0,000035	1999
Styrol	0,3	0,030	1998
Stickstoffdioxid (NO ₂)	0,35 (30 Min.-Wert) 0,06 (7 Tage-Wert)	-	1998
Dichlormethan	2 (24 h)	0,2	1997
Kohlenmonoxid	60 (½ h) 15 (8 h)	6 (½ h) 1,5 (8 h) ¹⁾	1997
Pentachlorphenol (PCP)	0,001	0,0001	1997
Toluol	3	0,3	1996

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

4. Von der **Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG** veröffentlichte Empfehlungen zu **Leitwerten**:

Leitwerte für die Innenraumluft

Unter einem Leitwert versteht die Ad-hoc-Arbeitsgruppe einen hygienisch begründeten Beurteilungswert eines Stoffes oder einer Stoffgruppe. 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. Leitwerte wurden bisher festgelegt für Kohlendioxid in der Innenraumluft, für die Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (Total Volatile Organic Compounds - TVOC) und für Feinstaub (Particulate Matter - PM_{2,5}).

Leitwerte für Kohlendioxid in der Innenraumluft (2008):

Stufe	Konzentrationsbereich [ppm CO ₂]	Hygienische Bewertung
1	< 1000 ppm	Hygienisch unbedenklich
2	1000 – 2000 ppm	Hygienisch auffällig
3	>2000 ppm	Hygienisch inakzeptabel

Leitwerte für TVOC in der Innenraumluft (2007):

Da die Innenraumluft viele organische Verbindungen enthält und Richtwerte nur für relativ wenige Einzelverunreinigungen zur Verfügung stehen, hat die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der IRK/AOLG Maßstäbe zur Beurteilung von flüchtigen organischen Verbindungen in der Innenraumluftqualität mit Hilfe der TVOC-Werte erarbeitet. Zur Verdeutlichung der Unsicherheiten, die bei der Ableitung vorlagen, wurden nicht einzelne Zahlenwerte, sondern Konzentrationsbereiche

angegeben. Für die Bewertung von TVOC-Werten wurden 5 Stufen definiert und für die einzelnen Stufen wurden bestimmte Maßnahmen empfohlen. Orientierende Voraussetzung für die Anwendung des TVOC-Werts: Keine Einzelverbindung sollte einen Anteil von $\geq 10\%$ im VOC-Gemisch aufweisen.

Stufe	Konzentrationsbereich [mg TVOC/m ³]	Hygienische Bewertung
1	$\leq 0,3 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch unbedenklich
2	$> 0,3-1 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch noch unbedenklich, sofern keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen
3	$>1-3 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch auffällig
4	$>3-10 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch bedenklich
5	$>10 \text{ mg/m}^3$	Hygienisch inakzeptabel

Leitwerte für Feinstaub in der Innenraumluft (2008):

Konzentration [$\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$]	Hygienische Bewertung
$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Der 24-Stunden-Mittelwert gilt nur in reinen Wohninnenräumen in Abwesenheit innenraumspezifischer Staubquellen

Literatur:

- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für 2-Ethylhexanol in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsblatt 56(4):590-599 (2013)
- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für Methylisobutylketon in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsblatt 56 (2013) S. 148-158
- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft: Bewertungstext, Bundesgesundheitsblatt 56 (2013) S. 286-320
- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für Glykolether und Glykolester in der Innenraumluft: Datenblätter, Bundesgesundheitsblatt 56 (2013) S. 286-320
- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für C₉ – C₁₅-Alkylbenzole in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsblatt 55 (2012) S. 1201-1214
- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für Ethylbenzol in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsblatt 55 (2012) S. 1192-1200
- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für Kresole in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsblatt 55 (8) (2012) S. 1061-1068
- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für die

Innenraumluft: erste Fortschreibung des Basisschemas, Bundesgesundheitsbl 55(2012) S 279–290.

- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für Phenol in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsbl 54(2011) S 1262–1268.
- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Gesundheitliche Bewertung von Trichloramin in der Hallenbadluft, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 54(2011) S 997–1004.
- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für 2-Furaldehyd in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 54(2011) S 510 - 515.
- Ad-hoc Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für zyklische Dimethylsiloxane in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 54(2011) S 388 - 400.
- Ad-hoc Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der AOLG. Richtwerte für monocyclische Monoterpene (Leitsubstanz d-Limonen), Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 53 (2010) S 1206 - 1215.
- Ad-hoc Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für Benzylalkohol, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 53 (2010) S 984 - 988.
- Ad-hoc Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für Benzaldehyd, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 53 (2010) S 636 -640.
- Ad-hoc Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C4- bis C11-Aldehyde in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52 (2009) S 650 -659
- Ad-hoc Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ aus Mitgliedern der Innenraumluftthygienekommission (IRK) des Umweltbundesamtes sowie der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG). Gesundheitliche Bedeutung von Feinstaub in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 51 (2008) S 1370 -1378
- Ad-hoc Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 51 (2008) S 1358 -1369
- Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der IRK (2007) Gesundheitliche Bewertung dioxinähnlicher polychlorierter Biphenyle in der Innenraumluft, Gesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50(11): S. 1455-1465.
- Ad-hoc Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Innenraumluftthygienekommission (IRK) des Umweltbundesamtes sowie der Arbeitsgemeinschaft der Obersten Landesgesundheitsbehörden (AOLG) Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten, Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 50 (2007) S 990-1005

- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Formaldehyd – Änderung des Richtwertes für die Innenraumluft von 0,1 ppm nicht erforderlich, Bundesgesundheitsblatt 49 (11) (2006) S. 1169
- Sagunski, H. und I. Mangelsdorf: Richtwerte für die Innenraumluft: Aromatenarme Kohlenwasserstoffgemische (C₉-C₁₄), Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 48 (2005) 803-813
- Sagunski, H. und W. Heger: Richtwerte für die Innenraumluft: Naphthalin, Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 47 (2004) 705-712
- Sagunski, H. und B. Heinzow: Richtwerte für die Innenraumluft: Bicyclische Terpene (Leitsubstanz a-Pinen), Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 46 (2003) S. 346-352
- Sagunski, H. und E. Roskamp: Richtwerte für die Innenraumluft: Tris(2-chlorethyl)phosphat, Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 45 (2002) S. 300-306
- Wolf, T. und H. Stirn: Richtwerte für die Innenraumluft: Diisocyanate, Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 43 (2000) S. 505-512
- Seifert, B.: Richtwerte für die Innenraumluft: Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert), Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42 (1999) S. 270-278
- Link, B.: Richtwerte für die Innenraumluft: Quecksilber, Bundesgesundheitsblatt 42 (1999) S. 168-174
- Sagunski, H.: Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol, Bundesgesundheitsblatt 41 (1998) S. 392-421
- Englert, N.: Richtwerte für die Innenraumluft: Stickstoffdioxid, Bundesgesundheitsblatt 41 (1998) S. 9-12
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und des Ausschusses für Umwelthygiene der AGLMB. Richtwerte für die Innenraumluft: Pentachlorphenol, Bundesgesundheitsblatt 40 (1997) S. 234-236
- Witten, J., H. Sagunski und B. Wildeboer: Richtwerte für die Innenraumluft: Dichlormethan, Bundesgesundheitsblatt 40 (1997) S. 278-284
- Englert, N.: Richtwerte für die Innenraumluft: Kohlenmonoxid, Bundesgesundheitsblatt 40 (1997) S. 425-428
- Ad-hoc Arbeitsgruppe "Innenraumrichtwerte" der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Richtwerte für die Innenraumluft: Pentachlorphenol, Bundesgesundheitsblatt 40 (1997) S. 234-236
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe aus Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und des Ausschusses für Umwelthygiene der AGLMB. Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema, Bundesgesundheitsblatt 39 (1996) S. 422-425
- Sagunski, H.: Richtwerte für die Innenraumluft: Toluol, Bundesgesundheitsblatt 39 (1996) S. 416-421

Leitlinien für Innenluftqualität der WHO (2010)

Schadstoffe	Empfehlung	Bemerkungen
Benzol	Empfehlung für sichere untere Belastungsgrenze nicht möglich.	<ul style="list-style-type: none"> • häufig hohe Konzentrationen in Innenraumluft • Aufnahme über Lungen • genotoxisch • karzinogen

Kohlenmonoxid	<ul style="list-style-type: none"> • 100 mg/m³ in 15 min. • 35 mg/m³ in 1 h • 10 mg/m³ in 8 h • 7 mg/m³ in 24 h • hohe Konzentrationen häufig Ursache für tödliche Unfälle • erhöhte Konzentrationen <ul style="list-style-type: none"> ○ verursachen verringerte Beweglichkeit ○ erhöhen Risiko für ischämische Herzerkrankungen 	
Formaldehyd	empfohlene Höchstkonzentration von durchschnittlich 0,1 mg/m ³ in 30 min	<ul style="list-style-type: none"> • Quellen besonders in Innenräumen • empfohlene Höchstkonzentration <ul style="list-style-type: none"> • soll vor sensorischen Irritationen schützen • dient der Prävention vor Folgen einer Langzeitbelastung für die Lungenfunktion oder dem Risiko einer Krebserkrankung
Naphthalin	Belastungsgrenze bei 0,01 mg/m ³ im Jahresdurchschnitt	<ul style="list-style-type: none"> • begründet mit Schädigungen der Atemwege
Stickstoffdioxid	Belastungsobergrenze von 40 mg/m ³ im Jahresdurchschnitt	<ul style="list-style-type: none"> • eine Vielzahl an Atemwegserkrankungen möglich
Polyzyklische Kohlenwasserstoffe (PAK)	Empfehlung eines unteren Belastungswertes ist nicht möglich.	<ul style="list-style-type: none"> • größtes Risiko Lungenkrebs • Benzo(a)pyren eines der stärksten Karzinogene
Radon	keine sichere Untergrenze	<ul style="list-style-type: none"> • karzinogen • Gewohnheitsraucher besitzen ein vielfach höheres Lungenkrebsrisiko als Nichtraucher
Trichlorethylen	keine Grenzwertempfehlung	<ul style="list-style-type: none"> • plausibles Krebsrisiko
Tetrachlorethylen	empfohlene Höchstmenge 0,25 mg/m ³ im Jahresdurchschnitt	<ul style="list-style-type: none"> • höhere Belastung kann zu Nierenschäden und Schädigungen der Nervenleistung führen

Aufgrund der Kanzerogenität von Trichlorethylen bei Tieren, positiver epidemiologischer Studien und eines plausiblen Krebsrisikos beim Menschen empfiehlt die WHO einen Ansatz ohne Schwellenwert mit einer Risikoabschätzung statt eines sicheren Schwellenwertes, der eine gesundheitliche Unbedenklichkeit anzeigen würde.

Literatur:

- **World Health Organization 2010** - WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, The WHO European Centre for Environment and Health, Bonn Office, WHO Regional Office for Europe coordinated the development of these WHO guidelines.

Statistische, nicht gesundheitlich bewertete Angaben zu Konzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen in der Innenraumluft

Außer den toxikologisch abgeleiteten Beurteilungswerten gibt es auch statistisch ermittelte Referenzwerte, die einen Hinweis darauf geben können, ob in dem untersuchten Raum eine Quelle für eine bestimmte Verbindung vorliegt. Diese Werte ermöglichen aufgrund ihrer statistischen Ermittlung keine gesundheitliche Interpretation. Angaben über das Vorkommen flüchtiger organischer Verbindungen in der Innenraumluft in Deutschland sind zu finden in:

Hofmann H.; Plieninger P. Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluft Publikationen WaBoLu-Hefte 05/08 des Umweltbundesamtes September 2008

(<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3637.pdf>).

AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft (Aktualisierte Fassung vom 28. November 2013) (<http://agoef.de/agoef/oewerte/orientierungswerte.html>)

AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute e.V. Fassung 05.10.2013: Umwelt, Gebäude & Gesundheit – Schadstoffe, Gerüche und schadstoffarmes Bauen – Ergebnisse des 10. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 24. Und 25. Oktober 2013 in Nürnberg, AGÖF – Sprin-Eldagsen 2013, S. 7-36

Teil 2

Feuchte und Schimmelpilzschäden

Feuchte- /Schimmelpilzschäden sind gemäß **Umweltbundesamt** dem „**Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen**“, 2002 , „**Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen ("Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden")**“, 2005 bzw. **Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchteschäden in Fußböden. 08. Juli 2013** wie folgt zu beurteilen.

Bewertung von Materialien mit Schimmelpilzbewuchs

	Kategorie 1*	Kategorie 2*	Kategorie 3*
Schadensausmaß (sichtbare und nicht sichtbare Materialschäden)	keine bzw. sehr geringe Biomasse (z.B. geringe Oberflächenschäden < 20 cm ²)	mittlere Biomasse oder –flächliche Ausdehnung < 0,5 m ² , tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	große Biomasse; große flächige Ausdehnung > 0,5 m ² , auch tiefere Schichten können betroffen sein

Wichtige Anmerkungen siehe im Text

Für die Einstufung in die nächst höhere Bewertungsstufe reicht die Überschreitung einer Forderung.

Beispiel: ein Befall mit geringer Oberfläche ist nach Kategorie 2 oder 3 einzuordnen, wenn zusätzlich auch tiefere Materialschichten betroffen sind. Kategorie 1: Normalzustand bzw. geringfügiger Schaden. In der Regel keine Maßnahmen erforderlich.

Kategorie 2: Geringer bis mittlerer baulicher oder nutzungsbedingter Schaden. Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden werden und die Ursache sollte mittelfristig ermittelt und saniert werden.

Kategorie 3: Großer baulicher oder nutzungsbedingter Schaden. Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden werden und die Ursache des Schadens ist kurzfristig zu ermitteln und zu beseitigen. Die Betroffenen sind auf geeignete Art und Weise über den Sachstand zu informieren, eine umweltmedizinische Betreuung sollte erfolgen. Nach abgeschlossener Sanierung sollte der Sanierungserfolg durch geeignete mikrobiologische Nachweisverfahren überprüft werden („Freimessung“) zum Nachweis, dass keine erhöhten Schimmelpilzkonzentrationen vorliegen.

Bewertungshilfe für kultivierbare Pilze in der Luft (KBE/m³).

	Kategorie 1 Innenraumquelle unwahrscheinlich	Kategorie 2 Innenraumquelle nicht auszuschließen	Kategorie 3 Innenraumquelle wahrscheinlich
AL-Typ-Sommer	$RL \leq AL$	$RL \leq [AL \times 2]$	$RL > [AL \times 2]$
Σ RL-Typ	$RL \leq [AL + 150]$	$RL \leq [AL + 500]$	$RL > [AL + 500]$
Einzelgattung	$RL \leq [AL + 100]$	$RL \leq [AL + 300]$	$RL > [AL + 300]$
Einzelart	$RL \leq [AL + 50]$	$RL \leq [AL + 100]$	$RL > [AL + 100]$
Einzelart GS	$RL \leq [AL + 30]$	$RL \leq [AL + 50]$	$RL > [AL + 50]$

AL-Typ-Sommer = Pilze, deren Konzentration in der Raumluft durch die Außenluft stark beeinflusst wird. Es wird die Raumluftkonzentration ins Verhältnis zur Außenluftkonzentration gesetzt. Beispiele sind *Cladosporium* spp. und Hefen im Sommer. Die Bewertung dieser Pilze kann bei ungewöhnlich geringen Außenluftkonzentrationen (z.B. bei starker Hitze oder UV-Strahlung) zu Fehlinterpretationen führen. Im Winter kann diese Bewertung nicht durchgeführt werden (siehe Einzelgattung).

Σ RL-Typ = Summe der Pilze, die wenig von der Außenluft beeinflusst werden. Die Raumluftkonzentration sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration 150 KBE/m³ nicht überschreiten.

Einzelgattung = Die Raumluftkonzentration von Vertretern einer Pilzgattung, die wenig von der Außenluft beeinflusst wird (z.B. *Penicillium* spp. oder *Aspergillus* spp.; im Winter auch *Cladosporium* spp. oder Hefen, sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration 100 KBE/m³ nicht überschreiten.

Einzelart = Einzelne Pilzart, die wenig von der Außenluft beeinflusst wird. Die Raumluftkonzentration sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration 50 KBE/m³ nicht überschreiten

Einzelart GS = Einzelne Pilzart mit geringer Sporenfreisetzungsrate (z.B. *Phialophora* sp, *Stachybotrys chartarum*), die von der Außenluft wenig beeinflusst wird. Die Raumluftkonzentration sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration 30 KBE/m³ nicht überschreiten

Die in Tab. 2 angegebenen Beurteilungswerte wurden aus den Daten (Kurzfassung siehe Tab.3) eines vom Umweltbundesamt geförderten Verbundprojekts „Erhebung von Hintergrundwerten für die Bewertung von Schimmelpilzen im Innenraum“ abgeleitet. Sie beruhen auf einem

- Vergleich der Konzentration der stark von der Außenluft beeinflussten Schimmelpilzsporen (z.B. *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp., Hefen) in der Innenraumluft mit der entsprechenden Konzentration in der Außenluft.
- Vergleich der Konzentration einer Schimmelpilzgattung in der Innenraumluft, die erfahrungsgemäß nicht aus der Außenluft stammt, mit den entsprechenden Konzentrationen in der Außenluft.

- Vergleich der Konzentration einer Schimmelpilzart in der Innenraumluft, die erfahrungsgemäß nicht aus der Außenluft stammt, mit den entsprechenden Konzentrationen in der Außenluft. Die Ergebnisse der vom Umweltbundesamt geförderten Studie „Erhebung von Hintergrundwerten für die Bewertung von Schimmelpilzen im Innenraum“ kann bei der Beurteilung der allgemein zu erwartenden Hintergrundkonzentration von Schimmelpilzen hilfreich sein (Trautmann C, Gabrio T, Dill I, Weidner U.: Hintergrundkonzentrationen von Schimmelpilzen in der Luft - Erhebung von Schimmelpilzkonzentrationen in Wohnungen ohne bekannte Schimmelpilzschäden in 3 Regionen Deutschlands, Bundesgesundheitsblatt 48, 2005, 12-20).

Median, 95. Perzentil und Maximalwert kultivierbarer Schimmelpilze (KBE/m³)

Gattung/Art	Außenluft						Raumluft					
	Winter			Sommer			Winter			Sommer		
	Med.	95.Perz.	Max	Med.	95.Perz.	Max	Med.	95.Perz.	Max	Med.	95.Perz.	Max
Alternaria spp.	0	10	220	20	80	140	5	40	10	5	40	120
Cladosporium spp.	50	337	1060	980	4124	5600	20	101	135	640	1800	3220
<i>Aspergillus flavus</i>	0	0	0	0	20	40	0	5	0	0	20	60
Aspergillus fumigatus	0	65	100	10	45	100	0	40	540	5	60	100
<i>Emericella nidulans</i>	0	0	0	0	20	120	0	0	0	0	20	200
<i>Aspergillus niger</i>	0	0	0	10	40	60	0	20	0	0	40	180
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0	0	0	0	20	10	0	0	95	0	20	60
Aspergillus versicolor	0	0	70	0	20	20	0	43	380	0	40	160
andere <i>Aspergillus</i> sp.	8	20	40	0	20	20	5	25	35	0	20	80
Summe Aspergillen	10	81	130	35	106	260	18	131	660	25	250	280
<i>Eurotium amstelodamii</i>	0	2	110	0	0	60	0	0	0	0	20	140
<i>Eurotium</i> spp.	10	30	60	0	21	40	5	20	40	5	40	100
Summe <i>Eurotium</i>	10	41	125	10	31	120	5	20	40	5	40	140
<i>Pen. brevicompactum</i>	0	80	3000	0	41	120	0	40	3000	0	40	260
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0	2	355	0	20	60	0	63	430	0	20	60
<i>Penicillium expansum</i>	0	0	1140	0	20	40	0	20	190	0	20	80
<i>Penicillium glabrum</i>	0	0	0	0	0	20	0	3	65	0	0	40
<i>Penicillium olsonii</i>	0	0	55	0	42	80	0	40	60	0	80	906
andere <i>Penicillium</i> sp.	15	50	60	20	82	400	20	210	460	20	80	840
Summe Penicillien	20	217	3000	50	160	420	50	354	3200	60	225	906
Hefen	5	115	280	23	2000	2000	10	1150	130	40	2000	2000
<i>Mucor</i> spp.	0	5	10	0	20	20	0	6	5	0	20	20
<i>Rhizopus</i> spp.	0	5	50	0	20	20	0	10	20	0	20	20
andere Zygomyceten	0	5	20	0	0	0	0	0	5	0	0	20
Summe	0	10	50	5	25	40	0	20	20	0	30	45

Zygomyceten												
<i>Botrytis</i>	5	20	40	0	20	20	0	5	15	0	10	20
<i>Chaetomium</i> spp.	0	0	5	0	0	0	0	5	5	0	0	0
<i>Fusarium</i> spp.	5	40	300	80	200	500	5	71	20	40	160	240
<i>Paecilomyces</i> spp.,	0	0	5	0	10	40	0	5	45	0	5	20
sterile Myzelien	5	80	300	0	20	20	0	11	60	0	20	40
<i>Trichoderma</i> spp.	0	0	20	0	20	20	0	5	5	0	0	20
<i>Stachybotrys chartarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
<i>Wallemia sebi</i>	5	45	1140	0	11	60	0	15	780	0	40	200
andere Spezies	8	26	440	0	20	60	5	20	240	0	25	200
Summe anderer Spezies	45	260	1440	100	206	505	20	91	880	60	260	400
Summe Clad. Alter. <i>Botrytis</i> , Hef. <i>Fusarium</i> , sterile Myzelien	90	445	1200	1520	4576	5780	80	1994	180	560	3320	3880
Summe untypische Außenluft-Spezies	80	488	3040	130	249	440	100	508	3200	130	401	980

Bewertungshilfe Gesamtsproren in der Luft (Sporen/m³)

	Kategorie 1 Innenraumquelle unwahrscheinlich	Kategorie 2 Innenraumquelle nicht auszuschließen	Kategorie 3 Innenraumquelle wahrscheinlich
AL-Typ	$RL \leq [AL \times 1,2]$	$RL \leq [AL \times 2]$	$RL > [AL \times 2]$
Σ Typ Asp./Pen	$RL \leq [AL + 300]$	$RL \leq [AL + 800]$	$RL > [AL + 800]$
<i>Stachybotrys</i>	$RL \leq AL$	$RL \leq [AL + 10]$	$RL > [AL + 10]$
<i>Chaetomium</i>	$RL \leq AL$	$RL \leq [AL + 20]$	$RL > [AL + 20]$
Σ diverser Pilze	$RL \leq [AL + 400]$	$RL \leq [AL + 800]$	$RL > [AL + 800]$
Myzelbruchstücke	$RL \leq [AL + 150]$	$RL \leq [AL + 300]$	$RL > [AL + 300]$

AL-Typ = Pilze, deren Konzentration in der Raumluft durch die Außenluft stark beeinflusst werden (in den Sommermonaten z.B. Ascosporen, Basidiosporen, *Cladosporium* und Hefen). Es wird die Raumluftkonzentration ins Verhältnis zur Außenluftkonzentration gesetzt. Das Verhältnis 1:2 sollte nicht überschritten werden.

Σ Typ Asp./Pen = Summe der Sporen vom Typ *Aspergillus/Penicillium* (kleine runde Sporen). Die Raumluftkonzentration sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration 300 Sporen/m³ nicht überschreiten.

Stachybotrys = Sporen vom Typ *Stachybotrys*. Die Raumluftkonzentration sollte nicht über der Außenluftkonzentration liegen.

Chaetomium = Sporen vom Typ *Chaetomium*. Die Raumluftkonzentration sollte nicht über der Außenluftkonzentration liegen.

Σ diverser Pilze = Summe diverser Pilzsporen, die nur wenig von der Außenluft beeinflusst werden. Die Raumluftkonzentration sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration nicht über 400 Sporen/m³ liegen.

Myzelbruchstücke = Die Raumluftkonzentration der Myzelbruchstücke sollte nach Abzug der Außenluftkonzentration nicht über 150 Myzelstücke/m³ liegen.

Literatur:

- Umweltbundesamt
 - Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“, 2002
 - Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen ("Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden") 2005
 - Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchteschäden in Fußböden. 08. Juli 2013
- Robert-Koch Institut
 - Mitteilung der Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“ „Schimmelpilzbelastung in Innenräumen - Befunderhebung, gesundheitliche Bewertung und Maßnahmen“
 - Handlungsempfehlung für die Beurteilung von Feuchteschäden
http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/schimmel/handlungsempfehlung_zur_beurteilung_von_feuchteschaeden_in_fussboeden.htm
- Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg
 - Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement, Abgestimmtes Arbeitsergebnis des Arbeitskreises „Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg 14.12.2001 (überarbeitet Dezember 2004)

- Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen
Redaktionell aktualisierter, inhaltlich unveränderter Nachdruck der 2. überarbeiteten
Auflage, Juni 2006 (Februar 2011)
 - Trautmann C, Gabrio T, Dill I, Weidner U: Hintergrundkonzentrationen von Schimmelpilzen in der Luft - Erhebung von Schimmelpilzkonzentrationen in Wohnungen ohne bekannte Schimmelpilzschäden in 3 Regionen Deutschlands, Bundesgesundheitsblatt 48, 2005, 12-20
 - Wiesmüller G A, Heinzow B, Herr C: Gesundheitsrisiko Schimmelpilze im Innenraum, ecomed
5. Neben den Nationalen Beurteilungswerten für die Innenraumluft gibt es auch **internationale Empfehlungen und nationale Beurteilungswerte andere Länder** z. B. England, Frankreich bzw. deren Organisationen z. B. EPA. Bei der Verwendung solcher Werte muss sich der Anwender immer zuvor darüber informieren unter welchen Voraussetzungen, mit welchem Ziel und für welchen Anwendungszweck diese Werte abgeleitet wurden.

Teil 3 – Normen/Standards und technische Regelwerke

Übersicht zu den bestehenden technische Regeln zur Probenahme und Messung von Innenraumluftverunreinigungen

Folgende internationale und nationale Regeln sind bei der Messung und Bewertung von Innenraumverunreinigungen zu beachten:

- **Internationale Technische Regelsetzung zum Innenraumlufbereich**

DIN ISO 16000 bzw. DIN EN ISO 16000 mit dem allgemeinen Titel Innenraumluftverunreinigungen besteht aus folgenden Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie
- Teil 2: Probenahmestrategie für Formaldehyd
- Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen in der Innenraumluft und in Prüfkammern — Probenahme mit einer Pumpe
- Teil 4: Bestimmung von Formaldehyd — Probenahme mit Passivsammlern
- Teil 5: Probenahmestrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC)
- Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf Tenax TA®, thermische Desorption und Gaschromatographie mittels MS oder MS-FID
- Teil 7: Probenahmestrategie zur Bestimmung luftgetragener Asbestfaserkonzentrationen
- Teil 8: Bestimmung des lokalen Alters der Luft in Gebäuden zur Charakterisierung der Lüftungsbedingungen
- Teil 9: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen — Emissionsprüfkammer-Verfahren
- Teil 10: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen — Emissionsprüfzellen-Verfahren
- Teil 11: Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen — Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke
- Teil 12: Probenahmestrategie für polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Dibenzop-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)
- Teil 13: Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener dioxin-ähnlicher polychlorierter Biphenyle (PCB) und polychlorierter Dibenzop-dioxine/Dibenzofurane (PCDD/PCDF) — Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien
- Teil 14: Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polychlorierter dioxin-ähnlicher Biphenyle (PCB) und polychlorierter Dibenzop-dioxine/Dibenzofurane (PCDD/PCDF) — Extraktion, Reinigung und Analyse mit hochauflösender Gaschromatographie und Massenspektrometrie
- Teil 15: Probenahmestrategie für Stickstoffdioxid (NO₂)
- Teil 16: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Probenahme durch Filtration
- Teil 17: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Kultivierungsverfahren
- Teil 18: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Probenahme durch Impaktion
- Teil 19: Probenahmestrategie für Schimmelpilze
- Teil 23: Leistungsprüfung zur Beurteilung der Konzentrationsminderung von Formaldehyd durch sorbierende Baumaterialien
- Teil 24: Leistungsprüfung zur Beurteilung der Konzentrationsminderung von flüchtigen organischen und Carbonylverbindungen ohne Formaldehyd durch sorbierende Baumaterialien
- Teil 25: Bestimmung der Emission von schwerflüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten — Mikro-Prüfkammerverfahren
- Teil 26: Probenahmestrategie für Kohlendioxid (CO₂)
- Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer

- Teil 29: Prüfverfahren für VOC Detektoren
- Teil 30: Sensorische Prüfung der Innenraumluft
- Teil 31: Bestimmung von Flammschutzmitteln und Weichmachern auf der Basis phosphororganischer Verbindungen — Phosphorsäureester
- Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe und andere schädliche Faktoren — Erkundung

Folgende Teile sind in Vorbereitung:

- Teil 21, Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Probenahme von Materialien
- Teil 20, Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Bestimmung der Gesamtsporenanzahl
- Teil 27, Standardverfahren für die quantitative Analyse von Asbestfasern in abgelagertem Staub

Folgender Teil ist geplant:

- Teil 22, Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Molekularbiologische Verfahren
 - **Nationale Technische Regelung zum Innenraumluftbereich**
- DIN EN ISO 5492, Sensorische Analyse — Vokabular
- DIN EN ISO 8589, Sensorische Analyse — Allgemeiner Leitfaden für die Gestaltung von Prüfräumen
- DIN 50014, Klimate und ihre technische Anwendung — Normalklimate
- DIN EN ISO 8199, Wasserbeschaffenheit — Allgemeine Anleitung zur Zählung von Mikroorganismen durch Kulturverfahren
- DIN EN ISO 9169, Luftbeschaffenheit — Definition und Ermittlung von Verfahrenskenngrößen einer automatischen Messeinrichtung
- DIN ISO 12219-1, Innenraumluft von Straßenfahrzeugen — Teil 1: Gesamtfahrzeugprüfkammer — Spezifikation und Verfahren zur Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen in der Fahrgastzelle
- DIN ISO 12219-2, Innenraumluft von Straßenfahrzeugen — Teil 2: Screeningverfahren für die Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen aus Fahrzeuginnenraumausstattungssteilen — Probenbeutel-Verfahren
- DIN ISO 12219-3, Innenraumluft von Straßenfahrzeugen — Teil 3: Screeningverfahren für die Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen aus Fahrzeuginnenraumausstattungssteilen — Mikroprüfkammer-Verfahren
- DIN ISO 12219-4, Innenraumluft von Straßenfahrzeugen — Teil 4: Verfahren für die Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen aus Fahrzeuginnenraumausstattungssteilen — Kleine-Prüfkammer-Verfahren
- DIN ISO 12219-5, Innenraumluft von Straßenfahrzeugen — Teil 5: Verfahren für die Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen aus Fahrzeuginnenraumausstattungssteilen — Statische-Prüfkammer-Verfahren
- DIN ISO 12884, Außenluft — Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe — Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien und anschließender gaschromatographischer/massenspektrometrischer Analyse
- DIN V EN V 13005, Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen
- DIN EN 14412, Innenraumluftqualität — Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen — Anleitung zur Auswahl, Anwendung und Handhabung
- DIN EN ISO 16017-1, Innenraumluft, Außenluft und Luft am Arbeitsplatz — Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie — Teil 1: Probenahme mit einer Pumpe [2]
- DIN EN ISO 16017-2, Innenraumluft, Außenluft und Luft am Arbeitsplatz — Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie — Teil 2: Probenahme mit Passivsammlern [3] DIN ISO

- 16362, Außenluft — Bestimmung partikelgebundener aromatischer Kohlenwasserstoffe mit Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie
- DIN EN ISO/IEC 17025, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
 - VDI 2464 Blatt 1, Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB) — GC/MS-Verfahren für PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180
 - VDI 2464 Blatt 2, Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB) — HR-GC/HR-MS-Verfahren für coplanare PCB
 - VDI 2464 Blatt 3, Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polybromierten Flammschutzmitteln
 - VDI 3484 Blatt 1, Messen von gasförmigen Immissionen — Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messen von Prüfgasen — Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach dem Sulfit-Pararosanilin-Verfahren
 - VDI 3484 Blatt 2, Messen von gasförmigen Immissionen — Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach der Acetylaceton-Methode
 - VDI 3498 Blatt 1, Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen — Verfahren mit großem Filter
 - VDI 3498 Blatt 2, Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen — Verfahren mit kleinem Filter
 - VDI 4252 Blatt 2, Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft — Aktive Probenahme von Bioaerosolen — Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern
 - VDI 4253 Blatt 2 Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft — Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilzkonzentrationen in der Luft — Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern
 - VDI 4300 Blatt 1, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Allgemeine Aspekte der Messstrategie
 - VDI 4300 Blatt 2, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polychlorierte Biphenyle (PCB)
 - VDI 4300 Blatt 4, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für Pentachlorphenol (PCP) und γ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) in der Innenraumluft
 - VDI 4300 Blatt 5, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für Stickstoffdioxid (NO₂)
 - VDI 4300 Blatt 6, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC)
 - VDI 4300 Blatt 7, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Bestimmung der Luftwechselzahl in Innenräumen
 - VDI 4300 Blatt 8, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Probenahme von Hausstaub
 - VDI 4300 Blatt 9, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für Kohlendioxid (CO₂)
 - VDI 4300 Blatt 10, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie zum Nachweis von Schimmelpilzen im Innenraum
 - VDI 4300 Blatt 11, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für die Erfassung von luftgetragenen Partikeln im Innenraum — Partikel mit einem Äquivalentdurchmesser <2,5 μm
 - VDI 4301 Blatt 1, Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messen der Stickstoffdioxidkonzentration — Manuelles photometrisches Verfahren (Saltzman)

- VDI 4301 Blatt 2, Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Pentachlorphenol (PCP) und γ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) — GC/MS-Verfahren
- VDI 4301 Blatt 3, Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Pentachlorphenol (PCP) und γ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) — GC/ECD-Verfahren
- VDI 4301 Blatt 4, Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Pyrethroiden und Piperonylbutoxid in Luft, Hausstaub und Lösemittel-Wischproben
- VDI 4301 Blatt 5, Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Flammenschutzmitteln und Weichmachern auf Basis phosphororganischer Verbindungen — Phosphorsäureester
- VDI 4301 Blatt 6, Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Phthalaten mit GC/MS
- Folgende VDI-Richtlinien sind in Vorbereitung:
- VDI 4301 Blatt 7, Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Carbonsäuren
- VDI 2464 Blatt 4, Messen von Immissionen; Messen von Innenraumluft – Messen von persistenten, schwerflüchtigen Organohalogenverbindungen
- VDI/GVSS 6202, Blatt 1, Sanierung schadstoffbelasteter Gebäude

Teil 4

Human-Biomonitoring

Bei einigen Stoffen ist es erforderlich bzw. sinnvoll, neben den Beurteilungswerten, die es für den Innenraum gibt, auch entsprechende Werte des Human-Biomonitorings heranzuziehen. Solche Werte werden in Deutschland von der Kommission Human-Biomonitoring <http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/kommission-human-biomonitoring> abgeleitet.

Der Referenzwert für einen chemischen Stoff in einem Körpermedium (z. B. Blut, Urin) ist ein Wert, der aus einer Reihe von Messwerten einer Stichprobe aus einer definierten Bevölkerungsgruppe nach einem vorgegebenen statistischen Verfahren abgeleitet ist. Zur statistischen Definition und rechnerischen Ermittlung eines Referenzwertes aus einer Reihe von Messwerten wird auf die Richtlinie der UPAC verwiesen (O.M. Poulsen, E. Holst and J.M. Christensen: A supplement to the approved IFCC Recommendation and the theory of reference values. In: Pure & Appl. Chem., Vol.. 69, No. 7, pp. 1601-1611, 1997). Die Kommission Human-Biomonitoring legt in Anlehnung an diese Schrift als Referenzwert das innerhalb des 95 %-Konfidenzintervall gerundete 95. Perzentil der Messwerte einer Stoffkonzentration in dem entsprechenden Körpermedium der Referenzpopulation fest. Außerdem werden, wo sinnvoll und anhand der Datenlage möglich, Referenzwerte für besonders belastete bzw. für bezüglich bestimmter Belastungen bereinigte Teilgruppen angegeben. Nach Möglichkeit werden die Referenzwerte an einer geeigneten Referenzpopulation, wie dem Umwelt-Survey, ermittelt. Sie ermöglichen u. a. die Beschreibung folgender Kriterien:

- Ist-Zustand (sogenannte Hintergrundbelastung) bei einer bestimmten Bevölkerungsgruppe mit oder ohne erkennbare spezifische Belastungen zum Zeitpunkt der Untersuchung
- Festlegung einer besonderen Belastung von Einzelpersonen oder Personengruppen mit Stoffen
- Überprüfung von Qualitätszielen für die menschliche Belastung unter präventivmedizinischen Aspekten
- Verwendung als Beurteilungsmaßstab bei epidemiologischen Untersuchungen von Populationen mit besonderer Umweltbelastung, ohne die Notwendigkeit, zusätzliche umfangreiche Vergleichskollektive zu untersuchen

Die Kommission weist ausdrücklich darauf hin, dass die Referenzwerte rein statistisch definierte Werte sind, denen per se keine gesundheitliche Bedeutung zukommt.

Parameter	Personengruppe	Studienjahr	RV95
Bisphenol A (BPA) im Urin [2012]	3- bis 5-jährige Kinder ¹	2003-2006	30 µg/l
	6- bis 14-jährige Kinder ¹	1995-2009	15 µg/l
	20- bis 29-jährige Erwachsene ²		7 µg/l
Anilin	Nicht rauchende Erwachsene 1 jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003 und 2004	14.500 ng/l
o-Toluidin	Nicht rauchende Erwachsene 1 jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003 und 2004	200 ng/l
m-Toluidin	Nicht rauchende Erwachsene 1 jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003 und 2004	250 ng/l
p-Toluidin	Nicht rauchende Erwachsene 1 jedoch keine streng repräsentativen Referenzkollektive	2003 und 2004	1.250 ng/l
o-Anisidin	Nicht rauchende Erwachsene 1	2003 und	1.100 ng/l

		jedoch keine streng repräsentativen Referenzkollektive	2004	
3-Chloranilin		Nicht rauchende Erwachsene 1 jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003 und 2004	250 ng/l
4-Chloranilin		Nicht rauchende Erwachsene 1 jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003 und 2004	1.000 ng/l
3,5-Dichloranilin		Nicht rauchende Erwachsene 1 jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003 und 2004	4.300 ng/l
3,4-Dichloranilin		Nicht rauchende Erwachsene 1 jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003 und 2004	450 ng/l
Phthalat Metabolit im Urin				
Phthalat	Metabolit im Urin			
DnBP	MnBP	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	300 µg/l 70 µg/l
DiBP	MiBP	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	300 µg/l 140 µg/l
BBzP	MBzP	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	75 µg/l 15 µg/l
DEHP	∑ 5OH-MEHP + 5oxo-MEHP	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	75 µg/l 15 µg/l
	5OH-MEHP	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	280 µg/l 50 µg/l
	5oxo-MEHP	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	160 µg/l 30 µg/l
	5cx-MEPP	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	120 µg/l 20 µg/l
	∑ 3 DiNP-Metabolite	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	120 µg/l 20 µg/l
DiNP	OH-MiNP	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	200 µg/l 30 µg/l
	oxo-MiNP	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	140 µg/l 60 µg/l
	cx-MiNP	Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	50 µg/l 20 µg/l
		Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	30 µg/l 15 µg/l
		Kinder 3 bis 14 Jahre, Erwachsene 20 bis 29 Jahre aus Münster	2003+2006 2006+2008	60 µg/l 25 µg/l

		Münster		
PFOA [2009]		Frauen, Männer und Kinder jünger als 10 Jahre 1	2003-2007	10 µg/l
PFOS [2009]		Frauen	2003-2007	20 µg/l
		Männer	2003-2007	25 µg/l
		Kinder jünger als 10 Jahre	2003-2007	10 µg/l
2-Monochlorphenol im Morgenurin [2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003/06	7,0 µg/l
4-Monochlorphenol im Morgenurin [2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) Erwachsene (18 bis 69 Jahre)	2003/06 1998	15 µg/l
2,4-Dichlorphenol im Morgenurin [2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) Erwachsene (18 bis 69 Jahre)	2003/06 1997/99	2 µg/l 3 µg/l
2,5-Dichlorphenol im Morgenurin [2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) 1 Erwachsene (18 bis 69 Jahre)	2003/06 1997/99	6 µg/l 20 µg/l
2,6-Dichlorphenol im Morgenurin [2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) Erwachsene (18 bis 69 Jahre)	2003/06 1997/99	<0,3 µg/l c
2,3,4-Trichlorphenol im Morgenurin [2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) Erwachsene (18 bis 69 Jahre)	2003/06 1997/99	<0,3 µg/l c
2,4,5-Trichlorphenol im Morgenurin [2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) Erwachsene (18 bis 69 Jahre)	2003/06 1997/99	0,5 µg/l 1 µg/l
2,4,6-Trichlorphenol im Morgenurin [2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) Erwachsene (18 bis 69 Jahre)	2003/06 1997/99	0,7 µg/l 1,5 µg/l
2,3,4,6-Tetrachlorphenol im Morgenurin [2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) Erwachsene (18 bis 69 Jahre)	2003/06 1997/99	<0,3 µg/l c 1,0 µg/l
Pentachlorphenol (PCP) im Morgenurin [1997, 1999, 2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) Erwachsene (18 bis 69 Jahre) ohne bekannte Holzschutzmittelanwendung in der Wohnung	2003/06 1997/99	2,0 µg/l c 5 µg/l
PCP im Serum [1997, 1999]		Allgemeinbevölkerung, jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	1995/96	12 µg/l
DMP im Morgenurin [2003, 2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) Allgemeinbevölkerung, jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003/06 1998	75 µg/l 135 µg/l
DMTP im Morgenurin [2003, 2009]		Kinder (3 bis 14 Jahre) Allgemeinbevölkerung, jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003/06 1998	100 µg/l 160 µg/l

DMDTP im Morgenurin [2003, 2009]	Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003/06	10 µg/l
DEP im Morgenurin [2003, 2009]	Kinder (3 bis 14 Jahre) Allgemeinbevölkerung, jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003/06 1998	30 µg/l 16 µg/l
DETP im Morgenurin [2003, 2009]	Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003/06 1998	10 µg/l
cis-Cl2CA im Morgenurin [2005, 2009]	Kinder (3 bis 14 Jahre) Allgemeinbevölkerung, jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003/06 1998	1 µg/l
trans-Cl2CA im Morgenurin [2005, 2009]	Kinder (3 bis 14 Jahre) Allgemeinbevölkerung, jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003/06 1998	2 µg/l
3-PBA im Morgenurin [2005, 2009]	Kinder (3 bis 14 Jahre) Allgemeinbevölkerung, jedoch kein streng repräsentatives Referenzkollektiv	2003/06 1998	2 µg/l
1-OH-Pyren im Morgenurin [2005, 2009]	nicht aktiv rauchende Kinder (3 bis 14 Jahre) 1 nicht aktiv rauchende Erwachsene (18 bis 69 Jahre) 2	2003/06 1997/99	0,5 µg/l
1-OH-Phen. im Morgenurin [2009]	nicht aktiv rauchende Kinder (3 bis 14 Jahre) 1	2003/06	0,6 µg/l
2/9-OH-Phen. im Morgenurin [2009]	nicht aktiv rauchende Kinder (3 bis 14 Jahre) 1	2003/06	0,4 µg/l
3-OH-Phen. im Morgenurin [2009]	nicht aktiv rauchende Kinder (3 bis 14 Jahre) 1	2003/06	0,5 µg/l
4-OH-Phen. im Morgenurin [2009]	nicht aktiv rauchende Kinder (3 bis 14 Jahre) 1	2003/06	0,2 µg/l
Σ-OH-Phen. im Morgenurin [2009]	nicht aktiv rauchende Kinder (3 bis 14 Jahre) 1	2003/06	1,5 µg/l
PCB 138 [1999, 2001, 2009]	7 – 14 Jahre 18 – 19 Jahre 20 – 29 Jahre 30 – 39 Jahre 40 – 49 Jahre 50 – 59 Jahre 60 – 69 Jahre	2003/06 1997/99 1997/99 1997/99 1997/99 1997/99 1997/99	0,3 µg/l 0,4 µg/l 0,6 µg/l 0,9 µg/l 1,4 µg/l 1,7 µg/l 2,2 µg/l
PCB 153 [1999, 2001, 2009]	7 – 14 Jahre 18 – 19 Jahre 20 – 29 Jahre 30 – 39 Jahre 40 – 49 Jahre 50 – 59 Jahre 60 – 69 Jahre	2003/06 1997/99 1997/99 1997/99 1997/99 1997/99 1997/99	0,4 µg/l 0,6 µg/l 0,9 µg/l 1,6 µg/l 2,2 µg/l 2,8 µg/l 3,3 µg/l

PCB 180 [1999, 2001, 2009]	7 – 14 Jahre	2003/06	0,3 µg/l	
	18 – 19 Jahre	1997/99	0,3 µg/l	
	20 – 29 Jahre	1997/99	0,6 µg/l	
	30 – 39 Jahre	1997/99	1,0 µg/l	
	40 – 49 Jahre	1997/99	1,6 µg/l	
	50 – 59 Jahre	1997/99	2,1 µg/l	
	60 – 69 Jahre	1997/99	2,4 µg/l	
S PCB (138 + 153 + 180) [1999, 2001, 2009]	7 – 14 Jahre	2003/06	1,0 µg/l	
	18 – 19 Jahre	1997/99	1,1 µg/l	
	20 – 29 Jahre	1997/99	2,0 µg/l	
	30 – 39 Jahre	1997/99	3,2 µg/l	
	40 – 49 Jahre	1997/99	5,1 µg/l	
	50 – 59 Jahre	1997/99	6,4 µg/l	
	60 – 69 Jahre	1997/99	7,8 µg/l	
β-HCH [1999, 2001, 2009]	7 – 14 Jahre	2003/06	0,1 µg/l	
	18 – 19 Jahre	1997/99	0,3 µg/l	
	20 – 29 Jahre	1997/99	0,3 µg/l	
	30 – 39 Jahre	1997/99	0,3 µg/l	
	40 – 49 Jahre	1997/99	0,3 µg/l	
	50 – 59 Jahre	1997/99	0,5 µg/l	
	60 – 69 Jahre	1997/99	0,9 µg/l	
HCB [1999, 2001, 2009]	7 – 14 Jahre	2003/06	0,2 µg/l	
	18 – 19 Jahre	1997/99	0,4 µg/l	
	20 – 29 Jahre	1997/99	0,5 µg/l	
	30 – 39 Jahre	1997/99	1,0 µg/l	
	40 – 49 Jahre	1997/99	2,5 µg/l	
	50 – 59 Jahre	1997/99	3,3 µg/l	
	60 – 69 Jahre	1997/99	5,8 µg/l	
DDE Bundesländer [1999, 2001, 2009]	7 – 14 Jahre	2003/06	Alte	Neue
	18 – 19 Jahre	1997/99	0,7 µg/l	1,4 µg/l
	20 – 29 Jahre	1997/99	1,5 µg/l	3 µg/l
	30 – 39 Jahre	1997/99	2 µg/l	1 µg/l
	40 – 49 Jahre	1997/99	4 µg/l	11 µg/l
	50 – 59 Jahre	1997/99	7 µg/l	18 µg/l
	60 – 69 Jahre	1997/99	8 µg/l	31 µg/l
		1997/99	11 µg/l	31 µg/l

Die Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte (HBM-I und –II) werden dagegen auf der Grundlage von toxikologischen und epidemiologischen Untersuchungen abgeleitet. Bisher stützte sich die Ableitung von toxikologisch begründeten HBM-Werten üblicherweise auf Studien, in denen ein Zusammenhang zwischen der Konzentration eines Stoffes oder seiner Metaboliten in menschlichen Körperflüssigkeiten und dem Auftreten adverser Wirkungen nachgewiesen wurde. Für zahlreiche Substanzen fehlen jedoch Studien zu relevanten biologischen Wirkungen am Menschen. Vor diesem Hintergrund hat sich die Kommission entschieden, zur Ableitung von HBM-Werten künftig auch bereits toxikologisch begründete tolerable Aufnahmemengen mit heranzuziehen. Wohl wissend, dass bei dieser Ableitung und Abschätzung mit Unsicherheiten zu rechnen ist, sieht die Kommission in diesem Ansatz die Chance, dringend benötigte HBM-Werte für Stoffe verfügbar machen zu können, für die es noch keine ausreichenden Wirkungsuntersuchungen im umweltrelevanten Niedrigdosisbereich gibt. Die Kommission hat nach diesem Ableitungsweg erstmalig HBM-I-Werte

abgeleitet und zwar für die Summe der DEHP-Metaboliten 5oxo- und 5OH-MEHP im Morgenurin ($\mu\text{g/l}$) zur Bewertung einer Belastung mit DEHP.

Der HBM-I-Wert ist quasi als Prüf- oder Kontrollwert anzusehen. Der HBM-II-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Überschreitung nach dem Stand der derzeitigen Bewertung durch die Kommission eine als relevant anzusehende gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist, sodass akuter Handlungsbedarf zur Reduktion der Belastung besteht und eine umweltmedizinische Betreuung (Beratung) zu veranlassen ist. Der HBM-II-Wert ist somit als Interventions- und Maßnahmenwert anzusehen.

Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte für Cd, Hg, Tl, PCP, DEHP-Metabolite, BPA und PCB im Blut und/oder im Urin

Analyt und Probenmaterial	Personengruppen	HBM-I-Wert	HBM-II-Wert
Blei im Vollblut [1996, 2002, 2009]	Kinder bis einschl. 12 Jahre und Frauen im gebärfähigen Alter Übrige Personen	ausgesetzt	ausgesetzt
Cadmium im Urin [1998, 2011]	Kinder und Jugendliche Erwachsene	0,5 $\mu\text{g/l}$ 1 $\mu\text{g/l}$	2 $\mu\text{g/l}$ 4 $\mu\text{g/l}$
Quecksilber im Urin [1999]	Kinder und Erwachsene	7 $\mu\text{g/l}$ 5 $\mu\text{g/g}$ Krea	25 $\mu\text{g/l}$ 20 $\mu\text{g/g}$ Krea
Quecksilber im Vollblut [1999]	Kinder und Erwachsene* *abgeleitet für Frauen im gebärfähigen Alter. Die Anwendung wird auch auf die anderen Gruppen empfohlen	5 $\mu\text{g/l}$	15 $\mu\text{g/l}$
Thallium im Urin [2011]	Allgemeinbevölkerung	5 $\mu\text{g/l}$	/
Pentachlorphenol im Serum [1997]	Allgemeinbevölkerung	40 $\mu\text{g/l}$	70 $\mu\text{g/l}$
Pentachlorphenol im Urin [1997]	Allgemeinbevölkerung	25 $\mu\text{g/l}$ 20 $\mu\text{g/g}$ Krea	40 $\mu\text{g/l}$ 30 $\mu\text{g/g}$ Krea
Σ der DEHP Metaboliten: 5oxound 5OH-MEHP im Urin [2007]	Kinder 6 bis 13 Jahre Frauen im gebärfähigen Alter Männer ab 14 Jahre und restliche Allgemeinbevölkerung	500 $\mu\text{g/l}$ 300 $\mu\text{g/l}$ 750 $\mu\text{g/l}$	/ / /
Bisphenol A im Urin [2012]	Kinder Erwachsene	1,5 mg/l 2,5 mg/l	/ /
Σ PCB (138 + 153 + 180 im Serum) x 2 [2012]	Säuglinge, Kleinkinder und Frauen im gebärfähigen Alter	3,5 $\mu\text{g/l}$	17 $\mu\text{g/l}$

Literatur:

- Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte für Polychlorierte Biphenyle (PCB) im Blut. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 55 (8): 1069-1070
- Stoffmonographie Bisphenol A (BPA) - Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte für BPA im Urin. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz 55 (9): 1215-1231

- Christine Schulz, Michael Wilhelm, Ursel Heudorf, Marike Kolossa-Gehring: Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 215 (1):26-35
- Jürgen Angerer, Leas L. Aylward, Sean M. Hays, Birger Heinzow, Michael Wilhelm: Human biomonitoring assessment values: approaches und data requirements. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 214 (5):348-360
- Aktualisierte Stoffmonographie Cadmium – Referenz- und Human-Biomonitoring (HBM)-Werte. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 54 (8): 981-996
- Stoffmonographie für Phthalate – Neue und aktualisierte Referenzwerte für Monoester und oxidierte Metabolite im Urin von Kindern und Erwachsenen. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 54 (6):770-785
- Stoffmonographie und Referenzwerte für monocyclische Aminoaromaten im Urin . *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 54 (5): 650-663
- Stoffmonographie Thallium - Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte für Thallium im Urin. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 54 (4): 516-524
- Kommission Human Biomonitoring des Umweltbundesamtes. Neuberufung und Aufgabenprofil in der neuen Sitzungsperiode 2010-2013. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 54 (4): 508-509
- Schulz Ch, Kolossa-Gehring M (2010) Anhang XI - 1.5 Orientierungswerte - Human-Biomonitoring. In: Wichmann, Schlipkötter, Füllgraff (Hrsg.) *Handbuch der Umweltmedizin*, 44. Erg. Lfg. 12/10, ecomed-Medizin
- Wilhelm M, Heinzow B, Angerer J, Schulz C: Reassessment of critical lead effects by the German Human Biomonitoring Commission results in suspension of the human biomonitoring values (HBM I and HBM II) for lead in blood of children and adults. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 213 (4): 265-269, doi:10.1016/j.ijheh.2010.04.002
- Addendum zur "Stoffmonographie Quecksilber - Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte" der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 52 (12): 1228-1234
- Stoffmonografie Chlorphenole – Referenzwerte. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 52 (10): 987-1001
- 2. Addendum zur Stoffmonographie Blei – Referenz- und " Human-Biomonitoring-Werte" der Kommission „Human-Biomonitoring“. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 52(10): 983-986
- Neue und aktualisierte Referenzwerte für Antimon, Arsen und Metalle (Blei, Cadmium, Nickel, Quecksilber, Thallium und Uran) im Urin und im Blut von Kindern in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 52 (10): 977-982
- Neue und aktualisierte Referenzwerte für Organochlorverbindungen (PCB 138, PCB 153, PCB 180, HCB, b-HCH und DDE) im Vollblut von Kindern in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 52 (10): 973-976
- Neue und aktualisierte Referenzwerte für Metabolite von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) im Urin von Kindern in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 52 (10): 969-972
- Neue und aktualisierte Referenzwerte für Schädlingsbekämpfungsmitteln: Organophosphat- und Pyrethroid-Metabolite im Urin von Kindern in Deutschland *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 52 (10): 964-968
- Schulz C, Angerer J, Ewers U, Heudorf U, Wilhelm M on behalf of the Human Biomonitoring Commission of the German Federal Environment Agency: Revised and new reference values for environmental pollutants in urine or blood of children in Germany derived from the German Environmental Survey on Children 2003-2006 (GerES IV). *Int. J. Hyg. Environ. Health* 212

- Addendum zum Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM) in der Umweltmedizin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52 (8): 874-877
- Referenzwerte für Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) im Blutplasma Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52 (8): 878-875
- Aktualisierung der Referenzwerte für HCB, β -HCH, DDT und PCB in Frauenmilch. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 51 (10):1239-1242
- Wilhelm M, Hardt J, Schulz C, Angerer J on behalf of the Human Biomonitoring Commission of the German Federal Environment Agency. New reference values and the background exposure of PAH metabolites 1-hydroxypyrene and 1- and 2-naphthol in urine of the general population in Germany: Basis for validation of human biomonitoring data in environmental medicine. Int. J. Hyg. Environ. Health (3-4): 447-453.
- Acrylamid und Human-Biomonitoring. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 51 (1):98-108
- Schulz C and Butte W. Revised reference value for pentachlorophenol in morning urine. Int. J. Hyg. Environm. Health (210/6):741-744.
- Schulz C, Angerer J, Ewers U, Kolossa-Gehring M. The German Human Biomonitoring Commission. Int. J. Hyg. Environm. Health 210 (3-4):373-382.
- Naphthalin/Naphthole und Human-Biomonitoring. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50 (10):1357-1364
- Ableitung von Human-Biomonitoring-(HBM)-Werten auf der Basis tolerabler Aufnahmemengen - Teil III: HBM-Werte für Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP). Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50 (2):255-259
- Ableitung von Human-Biomonitoring-(HBM)-Werten auf der Basis tolerabler Aufnahmemengen - Teil II: Grundlagen und Ableitungsweg. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50 (2):251-254
- Ableitung von Human-Biomonitoring-(HBM)-Werten auf der Basis tolerabler Aufnahmemengen - Teil I: Einführung. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50 (2):249-250
- UBA-Kommission „Human-Biomonitoring“, Mitteilung der Kommission. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 49 (10):1070.
- Wilhelm M, Schulz C, Schwenk M. Revised and new reference values for arsenic, cadmium, lead and mercury in blood or urine of children. Basis for validation of human biomonitoring data in environmental medicine. Int. J. Hyg. Environm. Health 209, 301-305
- Heudorf U, Butte W, Schulz C, Angerer J. Reference values for metabolites of pyrethroid and organophosphorous insecticides in urine for human biomonitoring in environmental medicine. Int. J. Hyg. Environm. Health 209, 293-299
- Empfehlungen zum Einsatz von Human-Biomonitoring bei einer stör- oder unfallbedingten Freisetzung von Chemikalien mit Exposition der Bevölkerung. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 49 (7):704-712
- Neue und aktualisierte Referenzwerte für Schadstoffgehalte in Blut und Urin von Kindern - Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 48 (11):1308-1312
- 1-Hydroxypyren im Urin als Indikator einer inneren Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) - Referenzwert für 1-Hydroxypyren im Urin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 48 (10):1194-1206
- Innere Belastung der Allgemeinbevölkerung in Deutschland mit Pyrethroiden und Referenzwerte für Pyrethroid-Metabolite im Urin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 48 (10):1187-1193
- Uran und Human-Biomonitoring. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 48 (7):822-827

- Stoffmonographie Di(2-ethylhexyl)phthalt (DEHP) - Referenzwerte für 5oxo-MEHP und 5OH-MEHP im Urin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 48 (6):706-722
- Normierung von Stoffgehalten im Urin - Kreatinin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 48 (5):616-618
- Haaranalyse in der Umweltmedizin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 48 (2):246-250
- German Human Biomonitoring Commission: Commentary regarding the article by Drasch et al.: Scientific comment on the German human biological monitoring values (HBM values) for mercury. Int. J. Hyg. Environm. Health 207 (2002): 179-181.
- Aktualisierung des Referenzwertes für Pentachlorphenol im Morgenurin - Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 47 (5):499-502
- Wilhelm M, Ewers U, Schulz C: Revised and new reference values for some trace elements in blood and urine for human biomonitoring in environmental medicine. Int. J. Hyg. Environm. Health 207, 69-73
- Aktualisierung der Referenzwerte für Blei, Cadmium, und Quecksilber im Blut und im Urin von Erwachsenen. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46 (12):1112-1113
- Innere Belastung der Allgemeinbevölkerung in Deutschland mit Organophosphaten und Referenzwerte für die Organophosphat-Metabolite DMP, DMTP und DEP im Urin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46 (12):1107-1111
- Stoffmonographie Arsen – Referenzwert für Urin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46 (12):1098-1106
- Abschätzung der zusätzlichen Aufnahme von PCB in Innenräumen durch die Bestimmung der PCB-Konzentrationen in Plasma bzw. Vollblut. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46 (10):923–927
- Verwendung von Hämoglobinaddukten als Biomarker für das Monitoring von Belastungen und Beanspruchungen durch gentoxische Stoffe. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46 (10):918–922
- Referenzwert für Platin im Urin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46 (5):448-450
- Wilhelm M, Ewers U, Schulz C. Revised and new reference values for some persistent organic pollutants (POPs) in blood for human biomonitoring in environmental medicine. Int. J. Hyg. Environm. Health 206, 223-229
- Aktualisierung der Referenzwerte für PCB-138, -153,-180 im Vollblut sowie Referenzwerte für HCB, β -HCH und DDE im Vollblut. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46 (2):161-168
- Addendum zur "Stoffmonographie Blei - Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte" der Kommission "Human-Biomonitoring". Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 45 (9):752-753
- Selen und Human-Biomonitoring. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 45 (2):190-195
- Nickel. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 44 (12): 1243-1248
- Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes jetzt im Internet Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 44 (3):234
- Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes jetzt im Internet. Umweltmed Forsch Prax 5 (6):335
- Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes jetzt im Internet. UMID 4/2000:26
- Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes jetzt im Internet. Presse-Info des Umweltbundesamtes. 27.10.2000
- Referenz- und Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte. UMID 1/2000:9-12.

- Zur umweltmedizinischen Beurteilung von Human-Biomonitoring-Befunden in der ärztlichen Praxis. Umweltmed Forsch Prax 5 (3):177-180
- "Stoffmonographie Pentachlorphenol" Gemeinsame Stellungnahme der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamt und des Arbeitskreises der Umweltmedizinischen Beratungsstellen/Ambulanzen (AK UMB/UMA) zum Thema. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 42 (12):968
- Krause C, Schulz C, Seifert B. German Guideline Values for Hazardous Substances in Body Fluids (HBM I, HBM II, and Reference Values). Epidemiology, 10, 4 Supplement, Annual Conference of the ISEE and ISEA 70
- Ewers U, Krause C, Schulz C, Wilhelm M. Reference values and human biological biomonitoring values for environmental toxins. Int Arch Occup Environ Health 72: 255-260
- Gemeinsame Stellungnahme der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamt und des Arbeitskreises der Umweltmedizinischen Beratungsstellen/Ambulanzen (AK UMB/UMA) zum Thema "Stoffmonographie Pentachlorphenol". Umweltmed Forsch Prax 4 (5):308
- Einsatz von Chelatbildnern in der Umweltmedizin? Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 42 (10):823-824
- Formaldehyd und Human-Biomonitoring. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 42 (10): 820-822
- Stoffmonographie Pentachlorphenol. Die gemeinsame Stellungnahme zum Thema haben die Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamt und des Arbeitskreises der Umweltmedizinischen Beratungsstellen/Ambulanzen (AK UMB/UMA) erarbeitet. Zeitschrift für Umweltmedizin 7 (6):356
- Aktualisierung der Referenzwerte für Pentachlorphenol im Serum und im Urin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 42 (7):599-600
- Referenzwerte für HCB, beta-HCH, DDT und PCB in Frauenmilch. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 42 (6):533-539
- Stoffmonographie Quecksilber - Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM). Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 42 (6):522-532
- Stoffmonographie PCB - Referenzwerte für Blut. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 42 (6): 511-521
- Statusbericht zur Hintergrundbelastung mit Organochlorverbindungen in Humanblut. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 42 (5): 446-448
- Referenzwerte für die PCB-Kongeneren Nr. 138, 153, 180 und deren Summe im Humanblut. Bundesgesundhbl. 41 (9):416
- Aluminium. Bundesgesundhbl. 41 (6):271
- Quecksilber-Referenzwerte. Bundesgesundhbl. 41 (6):270
- Stellungnahme der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes zum Leserbrief des Arbeitskreises Umweltmedizinischer Beratungsstellen/Ambulanzen zur Stoffmonographie PCP -Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM)-. Bundesgesundhbl. 41 (6):260
- Stoffmonographie Cadmium - Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM). Bundesgesundhbl. 41 (5):218-22
- Stoffmonographie Pentachlorphenol. Kommentar zum Leserbrief des Arbeitskreises UMB/UMA. Stellungnahme der Kommission "HBM" des Umweltbundesamtes. Umweltmed Forsch Prax 3 (1):13
- Stoffmonographie Pentachlorphenol - Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM). Bundesgesundhbl. 40 (6):212-222
- "Speicheltest" - Quecksilberbelastung durch Amalgamfüllungen. Bundesgesundhbl. 40 (2):76

- Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes ("HBM-Kommission"). (Aufgaben, Beurteilungswerte, Stoffmonographien, Mitteilungen, Mitglieder und sonstige Mitwirkende). Umweltmed Forsch Prax 1 (2):106
- Stoffmonographie Blei - Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM). Bundesgesundhbl. 39 (6):236-241.
- Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM) in der Umweltmedizin. Bundesgesundhbl. 39 (6):221-224
- Qualitätssicherung beim Human-Biomonitoring. Bundesgesundhbl. 39 (6):216-221
- Mitglieder der Kommission und der Arbeitsgruppen. Bundesgesundhbl. 39 (6):215.
- Human-Biomonitoring: Definitionen, Möglichkeiten und Voraussetzungen. Berichte, Bundesgesundhbl. 39 (6):213-214
- Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes; Human-Biomonitoring: Definitionen, Möglichkeiten und Voraussetzungen sowie Qualitätssicherung und Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte in der Umweltmedizin. Editorial, Bundesgesundheitsbl. 39 (6):205