

Neue und aktualisierte Referenzwerte für Organochlorverbindungen (PCB 138, PCB 153, PCB 180, HCB, β -HCH und DDE) im Vollblut von Kindern in Deutschland

Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes

Einleitung

Die vielfältige und weite Anwendung in früheren Jahren, die meist hohe Beständigkeit und geringe Abbaubarkeit von Organochlorverbindungen führte zu einer ubiquitären Belastung der Umwelt und des Menschen. Sie reichern sich aufgrund der hohen Persistenz und Fettlöslichkeit insbesondere in der Nahrungskette an, sodass fettreiche tierische Nahrungsmittel als Hauptbelastungsquelle für die Allgemeinbevölkerung anzusehen sind. In den letzten Jahrzehnten ist zwar auf Grund der diversen Verbotserordnungen in der Bundesrepublik ein Rückgang der Belastungen mit Organochlorverbindungen in der Umwelt, insbesondere in den Nahrungsmitteln und der Frauenmilch, und damit auch der korporalen Belastung zu beobachten, aber dennoch sind sie seit Jahren bei umweltmedizinischen Fragestellungen und bei Untersuchungen im Rahmen des Human-Biomonitoring immer noch von Bedeutung. Organochlorverbindungen können immuntoxische, neurologische und endokrine Wirkungen bedingen. Polychlorierte Biphenyle (PCBs) sind als wahrscheinlich (Gruppe 2A, IARC-Liste [1]; Kategorie 3B, DFG [2]) und Dichlordiphenyldichlorethylen (DDE) als ein Metabolit des DDT, Hexachlorbenzol (HCB) und Isomere des Hexachlorcyclohexans (HCH) als möglicherweise Krebs erzeugend beim Men-

schen (Gruppe 2B, IARC-Liste [1]; Kategorie 4, DFG [2]) eingestuft.

Zur Beurteilung der inneren Belastung einzelner Personen oder Bevölkerungsgruppen im Vergleich zur Hintergrundbelastung der Allgemeinbevölkerung mit Organochlorverbindungen hatte die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes Referenzwerte für die Konzentrationen von PCB 138, 153 und 180, β -HCH, HCB und DDE im Vollblut der Allgemeinbevölkerung [3, 4, 5, 6] abgeleitet. Vor dem Hintergrund sich wandelnder Umweltbelastungen sind Referenzwerte ständig zu überprüfen und bei Vorliegen neuer Daten gegebenenfalls zu revidieren.

Mit den Ergebnissen des bevölkerungsrepräsentativen Kinder-Umwelt-Surveys 2003–2006 [7, 8, 9, 10, 11] liegen nun erstmalig repräsentative Daten zu den Konzentrationen von PCB-138, -153 und -180 sowie von α -, β -, γ -HCH, HCB und DDE im Vollblut der sieben- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland vor. Auf der Grundlage dieser Daten hat die Kommission Human-Biomonitoring eine Aktualisierung der für diese Stoffe festgelegten Referenzwerte vorgenommen.

Die Kommission weist ausdrücklich darauf hin, dass Referenzwerte [12] rein statistisch abgeleitete Werte sind, denen per Definition keine gesundheitliche Bedeutung zukommt (<http://www.uba.de/gesundheits/monitor/definitionen.htm>). Das

heißt, eine Überschreitung des Referenzwertes muss keine Gesundheitsgefahr oder ein erhöhtes Risiko bedeuten, ebenso wie eine Unterschreitung des Wertes nicht beweist, dass diese Gefahren nicht bestehen. Referenzwerte werden für die Beurteilung, ob bestimmte Personengruppen oder Einzelpersonen im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung besonders stark mit einem Schadstoff belastet sind, eingesetzt und bei anlassbezogenen oder regional begrenzten Studien sowie für die Bewertung von Untersuchungen bei Einzelpersonen zum Beispiel von Gesundheitsämtern herangezogen. Mit der Aktualisierung der Referenzwerte werden zeitliche Trends aufgezeigt, die Hinweise auf die Notwendigkeit oder den Erfolg umweltpolitischer Maßnahmen geben.

Datenbasis

Der Kinder-Umwelt-Survey (KUS) ist wie die vorangegangenen Umwelt-Surveys [13] eine bevölkerungsrepräsentative Querschnittsuntersuchung, bei der die Auswahl der Probanden nach einem gestuften mehrfach geschichteten Zufallsverfahren erfolgte. Der KUS ist das Umweltmodul des Kinder- und Jugendgesundheits-surveys (KiGGS) des Robert Koch-Instituts (RKI) [14, 15, 16], welches die Stichprobenziehung und die Feldarbeit auch für den KUS übernommen hat. Die Untersuchung der aus 150 Studienorten zufällig ausgewählten

Tabelle 1

Organochlorverbindungen im Vollblut [µg/l] der sieben- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland – Kinder-Umwelt-Survey [10]

Analyt/Population	N	%>BG	50.P.	95.P.	GM	KI-GM	PP95	KI-PP95
PCB 28 (BG: 0,001)								
Gesamt	1079	20	<0,001	0,008	<0,001	/	/	/
PCB 52 (BG: 0,001)								
Gesamt	1079	14	<0,001	0,003	<0,001	/	/	/
PCB 101 (BG: 0,001)								
Gesamt	1079	20	<0,001	0,005	<0,001	/	/	/
PCB 138 (BG: 0,023)								
Gesamt	1079	97	0,09	0,28	0,089	0,085–0,093	0,30	0,28–0,32
PCB 153 (BG: 0,013)								
Gesamt	1079	100	0,12	0,43	0,129	0,123–0,135	0,43	0,40–0,45
PCB 180 (BG: 0,006)								
Gesamt	1079	99	0,06	0,28	0,065	0,062–0,069	0,29	0,27–0,32
∑ PCB 138, 153, 180								
Gesamt	1079		0,28	0,98	0,286	0,273–0,299	0,98	0,92–1,05
α-HCH (BG: 0,016)								
Gesamt	1063	0	/	/	/	/	/	/
β-HCH (BG: 0,004)								
Gesamt	1063	76	0,01	0,10	0,011	0,010–0,012	0,086	0,077–0,097
γ-HCH (BG: 0,076)								
Gesamt	1063	0	/	/	/	/	/	/
HCB (BG: 0,043)								
Gesamt	1079	97	0,10	0,21	0,098	0,096–0,101	0,22	0,21–0,23
DDE (BG: 0,005)								
Gesamt	1079	100	0,18	0,91	0,206	0,196–0,217		
Wohnort***								
alte Länder	942	100	0,17	0,78	0,186	0,177–0,195	0,67	0,62–0,72
neue Länder	137	99	0,40	1,47	0,415	0,361–0,477	1,62	1,31–2,00

N Stichprobenumfang; % > BG Anteil der Werte ab der Bestimmungsgrenze (BG); Werte <BG wurden mit BG/2 berücksichtigt; 50.P., 95.P. Stichprobenperzentil; GM geometrischer Mittelwert; KI-GM Konfidenzintervall des GM; PP95 95. Populationsperzentil; KI-PP95 95 %-Konfidenzintervall des PP95; / nicht sinnvoll berechenbar; Signifikanzprüfung: t-Test beziehungsweise Varianzanalyse (Unterschiede der GM): *** (p < 0,001)

drei- bis 14-jährigen Kinder erfolgte zwischen Mai 2003 und Mai 2006. Die für Bestimmung von Organochlorverbindungen im Blut zusätzlich zu den Blut-Untersuchungen des KiGGS benötigte Probenmenge konnte aus ethischen Gesichtspunkten erst bei Kindern im Alter ab sieben Jahren genommen werden. Die angewandten Methoden (Stichprobenziehung, Fragebogen, Probenahme, Analytik, Statistik) sind bei Becker et al. [10] und Schulz et al. [8, 11] beschrieben.

Die für die Ableitung eines Referenzwertes notwendigen statistischen Kenn-

werte [12], das 95. Populationsperzentil und das entsprechende 95 %-Konfidenzintervall, wurden nach dem parametrischen Verfahren unter Annahme einer log-Normalverteilung mit der Software SPSS für Windows, Version 14, berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die für die Ableitung der Referenzwerte wesentlichen Ergebnisse zusammenfassend vorgestellt. Im KUS wurden HCB (Hexachlorbenzol), Isomere des Hexachlorcyclohexans (α-,

β- und γ-HCH), DDE (Dichlordiphenyl-dichlorethylen) als ein Metabolit des DDT und sechs Kongenere der polychlorierten Biphenyle (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180) im Blut der sieben- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland untersucht [10]. Diese Verbindungen stehen exemplarisch für eine Vielzahl in der Umwelt vorkommender Organochlorverbindungen. Die Konzentrationen der niedrig chlorierten PCB (PCB 28, PCB 52, PCB 101) im Blut lagen zu sehr geringen Anteilen über den Bestimmungsgrenzen (■ Tabelle 1). Die geomet-

rischen Mittelwerte der höher chlorierten PCB im Blut betragen 0,089 µg/l bei PCB 138; 0,129 µg/l bei PCB 153; 0,065 µg/l bei PCB 180 und 0,286 µg/l bei der Summe dieser PCB (138 + 153 + 180). Der mittlere DDE-Gehalt im Blut der Kinder beträgt 0,206 µg/l. Für HCB wurden im Mittel im Blut 0,098 µg/l und für β-HCH im Blut 0,011 µg/l ermittelt. In keiner Blutprobe wurden Gehalte über den Bestimmungsgrenzen für α-HCH (0,016 µg/l) und γ-HCH (0,076 µg/l) nachgewiesen.

Da bereits vor einigen Jahren ein Bedarf an Referenzwerten zur Beurteilung der Belastung der Kinder mit Organochlorverbindungen bestand, hatte die Kommission im Jahr 2003 [4, 5, 6] aus den damals vorliegenden nicht Anlass bezogenen Daten von neun- bis elfjährigen Kindern aus Baden-Württemberg Referenzwerte für PCB, DDE, HCB und β-HCH im Blut abgeleitet.

Basierend auf den repräsentativen Daten des KUS hat die Kommission aktuelle Referenzwerte für die Organochlorverbindungen PCB 138, PCB 153, PCB 180, DDE, HCB, und β-HCH im Vollblut von sieben bis 14-jährigen Kindern festgelegt.

Referenzwerte

Der Referenzwert ist definiert als das 95. Perzentil der Messwerte der Stoffkonzentration in dem entsprechenden Körpermedium der jeweiligen Referenzpopulation [12]. Er wird aus dem 95 %-Konfidenzintervall des 95. Populationsperzentils abgeleitet und möglichst als einfacher Zahlenwert angegeben.

Basierend auf den Daten des KUS 2003–2006 werden anhand der Kennwerte (■ **Tabelle 1**) die folgenden Referenzwerte abgesenkt:

- β-HCH im Vollblut von 0,3 µg/l für Kinder (neun bis elf Jahre) auf 0,1 µg/l für Kinder (sieben bis 14 Jahre),
- HCB im Vollblut von 0,3 µg/l für Kinder (neun bis elf Jahre) auf 0,2 µg/l für Kinder (sieben bis 14 Jahre),

Die folgenden Referenzwerte werden bestätigt:

- PCB 138 im Vollblut: 0,3 µg/l für Kinder (sieben bis 14 Jahre),
- PCB 153 im Vollblut: 0,4 µg/l für Kinder (sieben bis 14 Jahre),

Tabelle 2

Referenzwerte für Organochlorverbindungen im Vollblut der sieben- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland

Analyt	Personengruppe	Bezugsjahr*	Referenzwert
PCB 138	Kinder (7 bis 14 Jahre)	2003–2006	0,3 µg/l
PCB 153	Kinder (7 bis 14 Jahre)	2003–2006	0,4 µg/l
PCB 180	Kinder (7 bis 14 Jahre)	2003–2006	0,3 µg/l
∑ PCB 138, 153, 180	Kinder (7 bis 14 Jahre)	2003–2006	1,0 µg/l
HCB	Kinder (7 bis 14 Jahre)	2003–2006	0,2 µg/l
β-HCH	Kinder (7 bis 14 Jahre)	2003–2006	0,1 µg/l
DDE	Kinder (7 bis 14 Jahre)	2003–2006	0,7 µg/l
	alte Bundesländer Kinder (7 bis 14 Jahre) neue Bundesländer	2003–2006	1,4 µg/l

* Zeitraum, in dem die zugrunde liegende Studie durchgeführt wurde

- PCB 180 im Vollblut: 0,3 µg/l für Kinder (sieben bis 14 Jahre),
- DDE im Vollblut: 0,7 µg/l für Kinder (sieben bis 14 Jahre) der alten Bundesländer.

Der folgende Referenzwert wird angehoben, wobei nicht von einer Zunahme der Belastung ausgegangen wird. Vielmehr wurde bei der Aktualisierung berücksichtigt, dass zum einen mit dem Kinder-Umwelt-Survey eine bevölkerungsrepräsentative Datenbasis vorliegt, sodass eine genauere Ableitung vorgenommen werden kann, und zum anderen nun Ergebnisse über ein größeres Altersspektrum vorliegen.

- Summe PCB 138, 153, 180 von 0,9 µg/l für Kinder (neun bis elf Jahre) auf 1,0 µg/l für Kinder (sieben bis 14 Jahre).

Der folgende Referenzwert wird erstmalig abgeleitet:

- DDE im Vollblut: 1,4 µg/l für Kinder (sieben bis 14 Jahre) der neuen Bundesländer.

Für die nieder chlorierten PCB (PCB 28, PCB 52, PCB 101), α- und γ-HCH werden keine Referenzwerte angegeben, da die Konzentrationen nur bei einem geringen Anteil der Kinder beziehungsweise bei keinem Kind oberhalb der Bestimmungsgrenze liegen (vergleiche ■ **Tabelle 1**). Sollten Konzentrationen an PCB 28, PCB 52, PCB 101 oder α-HCH im Vollblut oberhalb der in der Routineanalytik üb-

lichen Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l auftreten, so muss eine spezifische Belastung angenommen werden. Wegen der kurzen Halbwertszeit (zirka ein Tag) von γ-HCH eignet sich diese Substanz nur mit Einschränkungen für das umweltmedizinische Human-Biomonitoring.

Die aktuellen Referenzwerte sind in der ■ **Tabelle 2** aufgeführt. Bei der Anwendung von Referenzwerten ist grundsätzlich die analytische Messunsicherheit zu berücksichtigen, das heißt, bei der Bewertung von HBM-Messwerten ist sicher zu stellen, dass die Analysen unter den Bedingungen der internen und externen Qualitätssicherung durchgeführt wurden [17]. Dies zeigen die Erfahrungen aus den Ringversuchen der arbeits- und umweltmedizinisch-toxikologischen Analysen, die von der Deutschen Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin durchgeführt werden [18]. Weiteres zur analytischen Bestimmung ist den Stoffmonographie unter anderem der Weltgesundheitsorganisation (WHO) [3, 4, 18, 19, 20, 21, 22, 23] und Grundsätzliches der Stellungnahme zur Qualitätssicherung für das Human-Biomonitoring zu entnehmen [24].

Es sei nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Referenzwerte statistisch ermittelte Werte sind, welche die obere Grenze der derzeitigen Hintergrundbelastung kennzeichnen. Sie können als Kriterien verwendet werden, um Messwerte von Einzelpersonen oder Personengruppen als „erhöht“ oder „nicht erhöht“ einzustufen. Eine umweltmedizinisch-toxikologische

Bewertung einer Belastungssituation ist anhand von Referenzwerten nicht möglich.

Maßnahmen bei Überschreitung des Referenzwertes

Zuverlässig gemessene und bestätigte Werte oberhalb der Referenzwerte sollen Anlass für eine umweltmedizinische Quellensuche im Rahmen der Verhältnismäßigkeit sein.

Aufgrund der sehr langen Halbwertszeiten von HCB, DDT/DDE und PCB und der Schwierigkeit, Belastungsquellen zu identifizieren und zu beseitigen, lassen sich die Blutkonzentrationen nur schwer reduzieren. Im Folgenden werden Sachverhalte benannt, die bei der Beurteilung von Organochlorverbindungen im Blut zu berücksichtigen sind. So „... ist der Lipidgehalt im Blut bei der Bewertung mit ärztlichem Blick zu würdigen, da mit steigenden Blutfettwerten auch die Konzentrationen an Organochlorverbindungen im Blut zunehmen. Sollte eine Hyperlipidämie vorliegen, könnte dies eine Erhöhung der Konzentration von Organochlorverbindungen im Vollblut erklären“ [3, 4]. Bei der Beurteilung von HCB- und PCB-Blutwerten sind gegebenenfalls auch starke Veränderungen des Körpergewichts zu berücksichtigen. Starke Gewichtszunahmen führen zur Vergrößerung des Fettdepots mit einer Vergrößerung des Verteilungsvolumens für lipophile Stoffe, sodass diese vermehrt im Fett gespeichert werden und die Konzentrationen im Blut abnehmen. Gewichtsabnahmen gehen mit einer Verkleinerung des Fettdepots einher und können zur Mobilisierung lipophiler Verbindungen und damit zu erhöhten Konzentrationen im Blut führen. Ebenso kann ein sehr geringer Body-Mass-Index (BMI) bei jüngeren Personen mit erhöhten Konzentrationen im Blut einhergehen. Ferner ist zu bedenken, dass insbesondere eine lange Stilldauer höhere HCB-, PCB- und DDE-Blutspiegel bei Kindern zur Folge haben kann. Bei der Beurteilung von Überschreitungen der Referenzwerte ist auch der Geburtsort zu berücksichtigen. Höhere HCB- und PCB-Gehalte im Blut sind bei Personen zu erwarten, die in Mittel-, Nord- oder Westeuropa, im Gegensatz zum ehemaligen Ostblock oder den übrigen Ländern, geboren sind. Demgegenüber sind die DDE-Gehalte im Blut der in Mittel-, Nord-

oder Westeuropa Geborenen geringer. Längere Aufenthalte in Entwicklungs- und Ostblockländern können ebenfalls zu höheren DDE-Gehalten im Blut führen. Die üblicherweise in kontaminierten Innenräumen auftretenden PCB-Konzentrationen (Eingriffswert 3000 ng/m³) [25] führen zu einer geringen, aber messbaren Erhöhung der inneren Belastung durch die niedrig chlorierten Indikatorkongenere PCB 28, 52 und 101. Diese Zusatzbelastung ist jedoch im Vergleich zur Gesamtbelastung durch alle PCB gering [26].

Die therapeutisch verordnete Einnahme von nicht resorbierbaren Fetten in Fällen einer Intoxikation mit Organochlorverbindungen trägt zur Beschleunigung der Ausscheidung mit dem Stuhlfett bei. Eine Indikation für solche therapeutischen Maßnahmen zur Verminderung der korporalen Belastung mit Organochlorverbindungen im Bereich der Hintergrundbelastung kann aus umweltmedizinischer Sicht derzeit jedoch nicht begründet werden.

Weitere Informationen zur Arbeit der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes stehen zur Verfügung unter: <http://www.uba.de/gesundheit/monitor/index.htm>. Eine englischsprachige Veröffentlichung zu diesen Referenzwerten erfolgt von Schulz et al. 2009 [27].

Literatur

1. International Agency for Research on Cancer (2006) Complete List of Agents evaluated and their classification. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php> (Stand 20.2.2008)
2. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2007) MAK- und BAT-Werte-Liste 2007. Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Mitteilung 43. Wiley-VCH Verlag, Weinheim
3. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (1999) Stoffmonographie PCB – Referenzwerte für Blut. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 42(6):511–521
4. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2003) 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
5. Wilhelm M, Ewers U, Schulz C (2004) Revised and new reference values for some persistent organic pollutants (POPs) in blood for human biomonitoring in environmental medicine. Int J Hyg Environ Health 206:223–229 <http://www.elsevier.de/intjhyg>
6. Schulz C, Angerer J, Ewers U, Kolossa-Gehring M (2007) The German Human Biomonitoring Commission. Int J Hyg Environ Health 210(3–4):373–382
7. Schulz C, Becker K, Seiwert M (2002) Kinder-Umwelt-Survey. Gesundheitswesen 64:569–579
8. Schulz C, Babisch W, Becker K, et al. (2004) Kinder-Umwelt-Survey – das Umweltmodul im KiGGs. Teil 1: Konzeption und Untersuchungsprogramm. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 47(11):1066–1072

9. Schulz C, Wolf U, Becker K, et al. (2007) Kinder-Umwelt-Survey (KUS) im Rahmen des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGs) – Erste Ergebnisse. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50(5/6):889–894
10. Becker K, Müssig-Zufika M, Conrad A, et al. (2007) Kinder-Umwelt-Survey 2003/06 – KUS – Human-Biomonitoring. Stoffgehalte in Blut und Urin der Kinder in Deutschland WaBoLu-Hefte 01/2007. Umweltbundesamt, Berlin
11. Schulz C, Seiwert M, Becker K, Conrad A, Kolossa-Gehring M (2008) Der Kinder-Umwelt-Survey (KUS): 2003–2006: Stichprobe und Studienbeschreibung. Umweltmed Forsch Prax 13(6):379–390
12. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (1996) Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM) in der Umweltmedizin. Bundesgesundheitsblatt 39(6):221–224
13. Schulz C, Conrad A, Becker K, Kolossa-Gehring M, Seiwert M, Seifert B (2007) Twenty years of the German Environmental Survey (GerES), Human biomonitoring – temporal and spatial (West Germany/East Germany) differences in population exposure. Int J Hyg Environ Health 210(3–4):271–297
14. Kurth B-M, Bergmann KE, Hölling H, Kahl H, Kamtsiuris P, Thefeld W (2002) Der bundesweite Kinder- und Jugendgesundheits survey – Das Gesamtkonzept. Gesundheitswesen, 64 Sonderheft (1):3–11
15. Kurth B-M (2007) Der Kinder- und Jugendgesundheits survey (KiGGs): Ein Überblick über Planung, Durchführung und Ergebnisse unter Berücksichtigung von Aspekten eines Qualitätsmanagements. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50(5–6):547–556
16. Kamtsiuris P, Lange M, Schaffrath Rosario A (2007) Der Kinder- und Jugendgesundheits survey (KiGGs): Stichprobendesign, Response und Non-Responder-Analyse. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50(5–6):547–556
17. Angerer J, Ewers U, Wilhelm M (2007) Human Biomonitoring: state of the art. Int J Hyg Environ Health 210:201–228
18. Angerer J, Göen Th, Lehnert G (1998) Mindestanforderungen an die Qualität von umweltmedizinisch-toxikologischen Analysen. Umweltmed Forsch Prax 3(5):307–312
19. World Health Organization (WHO) (1979) DDT and its Derivatives. Environmental Health Criteria 9. Eigenverlag, Geneva
20. WHO-IPCS (1989) DDT and its Derivatives – Environmental Aspects, Environmental Health Criteria 83. Eigenverlag, Geneva
21. WHO-IPCS (1992) Alpha- and Beta-hexachlorohexane, Environmental Health Criteria 123. Eigenverlag, Geneva
22. WHO-IPCS (1993) Polychlorinated Biphenyls and Terphenyls (Second Edition), Environmental Health Criteria 140. Eigenverlag, Geneva
23. WHO-IPCS (1997) Hexachlorobenzene, Environmental Health Criteria 195. Eigenverlag, Geneva
24. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (1996) Qualitätssicherung beim Human-Biomonitoring. Bundesgesundheitsblatt 39(6):216–221
25. Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile (PCB-Richtlinie) (1995) Mitteilung DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik) 2:50–59
26. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2003) 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
27. Schulz C, Angerer J, Ewers U, Heudorf U, Wilhelm M on behalf of the Commission on Human Biomonitoring of the German Federal Environment Agency (2009) 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 doi: 10.1016/j.ijheh.2009.05.003