

Umweltmedizinische Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V.

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

► Nomenklatur und Stoffeigenschaften

Die Stoffgruppe der polychlorierten Biphenyle (PCB) besteht insgesamt aus 209 durchnummerierten PCB-Kongeneren, die mit der Formel $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ (mit $n = 1$ bis 10) beschrieben werden können. Die Nummerierung leitet sich aus der Anzahl der Chloratome und deren Stellung im Molekül ab, beginnend mit 2-Monochlorbiphenyl (PCB-1) bis 2, 2', 3, 3', 4, 4', 5, 5', 6, 6'-Decachlorbiphenyl (PCB-209) [6]. Der Stockpunkt liegt für PCB mit ca. 42 % Chlorgehalt bei ungefähr -20 °C , bei PCB mit ca. 54 % Chlorgehalt bei -40 °C . Der Siedepunkt liegt bei 330 °C (PCB mit $\sim 42\%$ Chloranteil) bzw. bei 350 °C (PCB mit $\sim 54\%$ Chloranteil). Der Dampfdruck bei 20 °C ist kleiner als 10^{-4} mbar. Die Wasserlöslichkeit ist gering und nimmt mit zunehmendem Chlorgehalt ab [4]. Als sogenannte Leitverbindungen oder Indikator-Kongeneren haben sich für die PCB-Bestimmung aus technischen Gründen PCB-28, -52, -101 (niederchlorierte PCB), und PCB-138, -153 und -180 (hochchlorierte PCB) bewährt [6].

► Exposition:

Verbot

Seit dem 01. 01. 1989 dürfen in Deutschland PCB, PCB-haltige Produkte und Geräte nicht mehr hergestellt, importiert, exportiert oder verkauft werden. Seit 1983 werden in Deutschland keine PCB mehr hergestellt (Gefahrstoffverordnung). Ein EU-weites Verbot der Herstellung, Inverkehrbringen und der Verwendung existiert derzeit nicht. Allerdings wurden im Rahmen der Verordnung über persistente organische Schadstoffe die Bestimmungen zur Verringerung der Freisetzung von PCB bekräftigt [15].

PCB in geschlossenen Systemen

Verwendung von PCB als Kühl-/Isolierflüssigkeit in Transformatoren und Kondensatoren.

Bei dieser Anwendung liegt in der Regel kein direkter Kontakt zur Umwelt vor. PCB kann aber z. T. durch technische Defekte oder unsachgemäße Entsorgung freigesetzt werden.

PCB in offenen Systemen

PCB als Weichmacher oder Flammschutzmittel in Farben, Kunststoffen, Schmiermitteln, in Dichtmitteln, Beschichtungen und in Pressspanplatten. In dieser Anwendung konnte ein direkter Kontakt der PCB mit der Umwelt bestehen. Darüber hinaus wurden PCB in sehr geringer Menge auch unmittelbar in die Umwelt ausgebracht (z. B. in Pflanzenschutzmitteln).

Biopersistenz

Aufgrund ihrer Persistenz haben sich die PCB über Jahrzehnte allmählich nach ihrer Anwendung in offenen und geschlossenen Systemen in der Umwelt ubiquitär verbreitet. Man findet diese Stoffgruppe in Wasser, Boden, Luft, Sedimenten, Klärschlamm, Pflanzen und Tieren (vgl. Tabelle 1). Die größte Bedeutung für die Belastung des Menschen sind Lebensmittel tierischer Herkunft (Fische, Fleisch, Milch) [3, 13], da sich lipophile PCB (höherchloriert) besonders in fetthaltigen Geweben anreichern.

Luft

Die Untersuchungen von Luftbelastungen in Deutschland konzentrieren sich nahezu ausschließlich auf die Analyse der oben genannten sechs Indikator-Kongeneren. Dabei steht die Erfassung einer erhöhten Kontamination von Innenräumen (z. B. durch PCB-haltige Fugendichtungsmassen) im Vordergrund. Im Falle einer erhöhten PCB-Kontamination von Innenräumen weisen die niedrig chlorierten Indikator-Kongeneren PCB 28, PCB 52 und PCB 101 grundsätzlich deutlich höhere Luftkonzentrationen als die höher chlorierten PCB-Kongeneren auf. Bei Fragen zu Sanierungen PCB-belasteter Innenräume ist es in einigen Bundesländern aus rechtlichen Aspekten erforderlich, die PCB-Innenraumluftkonzentration gemäß

der Richtlinie der ARBEBAU zu messen. Der Eingriffswert ist hier auf 3000 ng/m^3 (Zielwert: $< 300\text{ ng/m}^3$) festgelegt [20].

► Aufnahme und Belastung:

Zwar handelt es sich bei PCB um eine Stoffgruppe mit vielen gemeinsamen Eigenschaften, einzelne Verbindungen dieser Substanzklasse weisen aber zum Teil voneinander sehr unterschiedliche toxische Wirkprofile auf. Zudem ist der Mensch i. A. einer Mischung aus verschiedenen PCB ausgesetzt. Die gesundheitliche Bewertung von PCB für den Menschen ist auch aus diesem Grund schwierig.

Aufnahme

Für den Menschen ist v. a. die orale Aufnahme von PCB über tierische Nahrungsmittel wichtig. Dabei spielt die kindliche PCB-Aufnahme über das Stillen eine besondere Rolle. Im Allgemeinen wird von einer täglichen Aufnahme von ca. $0,3\text{ }\mu\text{g PCB/kg KG}$ bei Säuglingen für die Zeit des Stillens ausgegangen. Der Einfluss des Stillens auf die Langzeit-PCB-Belastung des Kindes ist derzeit quantitativ nicht zu erfassen [4, 7].

Die inhalative Aufnahme von PCB über belastete Innenraumluft spielt bei der Gesamtbelastung der Menschen eine eher untergeordnete Rolle. Die verschiedenen PCB-Kongeneren besitzen in unterschiedlicher Ausprägung die physikalischen Eigenschaften für eine dermale Penetration und können bei entsprechender dermaler Exposition über die Haut aufgenommen werden [4, 6, 9].

Ausscheidung und Akkumulation

Polychlorierte Biphenyle werden vornehmlich über die Faeces ausgeschieden. Durch die allgemeine Umweltbelastung und damit verbundene Belastung der Nahrung (Tabelle 1) nimmt der Mensch mehr PCB auf als er ausscheidet. Dadurch kommt es zu einer Akkumulation der hochchlorierten PCBs im menschlichen Körper. Damit verbunden weisen ältere Personen in der Regel höhere innere PCB-Belastungen auf als jüngere Personen (s. dazu altersabhängige Referenzwerte Tabelle 2).

Rückläufige Belastung

Die tägliche PCB-Aufnahme für den Erwachsenen wurde Ende der 80er Jahre in Deutschland auf ca. $0,05\text{ }\mu\text{g PCB/kg Körpergewicht}$ geschätzt [4]. Aktuellere Ergebnisse zeigten heutzutage eine niedrigere tägliche Aufnahme von ca. $0,02\text{ }\mu\text{g PCB/kg}$

Tabelle 1: Abschätzung der PCB-Hintergrundkonzentrationen [6]

Luft	
– Außenluft	0,003–3 ng/m ³
– Raumluft	< 100 ng/m ³
Wasser	
– Meer	0,03–1 ng/l
– Fließgewässer	5–100 ng/l
Sediment	5–500 µg/kg TM
Boden	10–200 µg/kg TM
Klärschlamm	100–1000 µg/kg TM
Lebensmittel	
– Rindfleisch (Fett)	20 µg/kg
– Milchfett	10 µg/kg
– Schweinefleisch (Fett)	10 µg/kg
– Fische	2–20 µg/kg
– Pflanzen	2 µg/kg
TM: Trockenmasse	

Körpergewicht [8]. Dies steht in Einklang mit den rückläufigen PCB-Konzentrationen in den für den Menschen relevanten Lebensmitteln [1, 5, 8, 13].

► Biologische Effekte beim Menschen

Niedrigdosis/Hintergrundbelastung

Für den umweltmedizinisch relevanten Bereich der Hintergrundbelastungen im Niedrigdosisbereich liegen derzeit keine klaren Erkenntnisse über eine gesundheitliche Gefährdung vor. Es bleibt jedoch der begründete Verdacht auf ein gesundheitsgefährdendes Potenzial, da PCB im Tierversuch kanzerogen, immun-, neuro- und reproduktionstoxisch wirken. Diese Effekte wurden jedoch überwiegend bei Dosierungen festgestellt, die deutlich über der Hintergrundbelastung des Menschen liegen [6]. Im Bereich der niedrig-chlorierten PCBs könnte es durch die schnellere Metabolisierung zur vermehrten Bildung von Metaboliten kommen, über deren toxische Eigenschaften bislang wenig bekannt ist, so dass hier rein hypothetisch eine akute Gefährdung möglich sein könnte. Darüber liegen aber bis jetzt keine validierten Informationen vor.

Wirkung auf den Menschen bei höherer Konzentration

- **Yusho/Yu-Cheng:** Hohen PCB-Belastungen waren 1968 und 1979 zeitlich und örtlich begrenzt Einwohner in Japan und Taiwan ausgesetzt, wo mit PCB kontaminiertes Reisöl verzehrt

wurde (Yusho- und Yu-Cheng-Krankheit). Bei diesen Massenintoxikationen wurden zunächst bei Erwachsenen somatische Störungen und Hautveränderungen (Chlorakne, Hyperkeratose, Hyperpigmentation), später Abweichungen im Blutbild, Störungen der Lungenfunktion und vermehrt Totgeburten festgestellt. Besonders betroffen waren Kinder, deren Mütter in der Schwangerschaft kontaminiertes Reisöl konsumiert hatten („Colababys“). Da bei beiden Krankheiten das Reisöl auch erheblich mit polychlorierten Dibenzofuranen verunreinigt war und die damals vorliegenden PCB-Blutspiegel nur grob geschätzt werden konnten, ist die alleinige PCB-Wirkung hier nicht aus dem Gesamtkrankheitsbild zu subtrahieren [4, 6, 10, 12].

- **Arbeitsplatz:** Eine höhere PCB-Belastung von Menschen trat außerdem bei Arbeitern in der Elektroindustrie auf, die Umgang mit PCB-haltigen Transformatoren und Kondensatoren hatten. Nach zusammenfassender Bewertung von fast 40 Studien über berufsbedingte höhere Belastung durch PCB beim Menschen wird das Auftreten toxischer Effekte insgesamt eher als fraglich, nur in wenigen Fällen als zu vermuten oder möglich und nur bei der Chlorakne als schlüssig angesehen [4].

► Kanzerogenität

Die Kanzerogenität der PCB beim Menschen kann derzeit nicht als hinreichend bewiesen angesehen werden, jedoch liegen aufgrund ausreichend belegter kanzerogener Effekte bei Versuchstieren genügend Hinweise darauf vor. Daher werden die PCB von der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der DFG als Stoffe mit begründenden Verdacht auf krebserzeugendes Potenzial für den Menschen eingestuft (IIIB). In der gleichen Weise wurden die PCB auch von der WHO eingestuft [16].

► Diagnostik

Anamnese

- **Exposition:** Ernährungsgewohnheiten, Diät, langes Stillen, Beruf, Wohnung.
- **Symptome:** spezifische PCB-Symptome im Bereich der Hintergrundbelastung sind derzeit nicht bekannt, evtl. kann bei hoher Exposition eine Chlorakne vorkommen.

Untersuchung

Orientierender Ganzkörperstatus, Abklärung der Differenzialdiagnosen.

Bei V. a. oder bei gesicherter Belastung durch PCB ist Biomonitoring zur Objektivierung der Belastung zu empfehlen.

► Biomonitoring

- **Präanalytisch:** mindestens 5–10 ml Vollblut vorzugsweise aus der Armvene. Den Arm vor Entnahme mit Wasser und Seife, nicht mit Lösungsmittelhaltigen Tupfern reinigen. Antikoagulantien Kalium-EDTA und Heparin. Nach Blutentnahme Probe gründlich schütteln, sofort in ein Glasgefäß umfüllen (manche Laboratorien bieten hierzu spezielle Gefäße an) und tiefgefroren verschicken [6]. Für die PCB-Bestimmung im Plasma müssen 10 ml Vollblut zentrifugiert werden. Das Plasma muss dann mit einer Pipette abgezogen werden und in ein (ebenfalls meist von den Laboratorien zur Verfügung gestelltes) Glasgefäß überführt werden.
- **Analytik:** PCB werden aus dem Blut bzw. Plasma extrahiert und kapillargaschromatographisch mit ECD- oder MS-Detektion gemessen. Aus Gründen der Praktikabilität und der Vergleichbarkeit von Ergebnissen beschränkt man sich bei PCB-Bestimmungen üblicherweise auf die Leitverbindungen oder Indikatorkongenere PCB-28, -52, -101 (niederchlorierte PCB), -138, -153 und -180 (hochchlorierte PCB) [6]. Die Konzentration im Plasma sollte theoretisch fast doppelt so hoch wie im Vollblut sein. Dies trifft für die Referenzwerte der oberen Altersklassen zu, jedoch nicht für andere, v. a. nicht für die Altersklasse der 18- bis 25-Jährigen. Eine Erklärung hierfür ist die größere Variabilität der Daten im unteren Konzentrationsbereich [6]. Im Rahmen des Ringversuchsprogrammes der DGAUM sind 6 PCB-Indikatorkongenere im Serum im umweltmedizinischen Konzentrationsbereich als Parameter für die externe Qualitätssicherung der analytischen Verfahren enthalten.

► Referenzwerte

Während die drei niedrigchlorierten PCB-Kongenere (PCB-28, -52 und -101) für die akute Belastung z. B. durch kontaminierte Raumluft stehen und aufgrund ihres schnellen Abbaus in der Nahrungskette nicht

Tabelle 2: Referenzwerte für PCB-138, -153, -189 und deren Summe in Humanblut (Vollblut/Plasma) (1999) [6]

Alter [Jahre]	PCB-138		PCB-153		PCB-180		Summe PCB	
	V	P	V	P	V	P	V	P
7–10	0,5	–	0,5	–	0,3	–	1,3	–
18–25	0,8	0,8	1,0	1,0	0,7	0,8	2,5	3,2
26–35	1,0	1,5	1,5	1,9	1,0	1,5	3,5	5,6
36–45	1,3	2,2	2,0	2,8	1,4	2,2	4,6	7,6
46–55	1,6	3,0	2,5	3,7	1,9	2,9	5,7	10,0
56–65	1,8	3,7	3,0	4,6	2,2	3,5	6,8	12,2

V: Vollblut; P: Plasma; Summe PCB = PCB-138 + PCB-152 + PCB-180

Tabelle 3: Aktualisierte Referenzwerte für PCB-138, -153, -180 und deren Summe in Humanblut/Vollblut ($\mu\text{g/l}$) (2003) [7, 2]

Alter [Jahre]	PCB-138	PCB-153	PCB-180	Summe PCB
18–19	0,4	0,6	0,3	1,1
20–29	0,6	0,9	0,6	2,0
30–39	0,9	1,6	1,0	3,2
40–49	1,4	2,2	1,6	5,1
50–59	1,7	2,8	2,1	6,4
60–69	2,2	3,3	2,4	7,8

Summe PCB = PCB-138 + PCB-152 + PCB-180

Tabelle 4: Referenzwerte für PCB in Frauenmilch aus der Bundesrepublik Deutschland, basierend auf Daten von 1994 [7]

Rückstand	Referenzwert [mg/kg Fett]
PCB-138	0,3
PCB-153	0,3
PCB-180	0,2
Summe PCB	0,8

Summe PCB = PCB-138 + PCB-152 + PCB-180

akkumulieren, stehen die höherchlorierten PCB-Kongeneren (PCB-138, -153 und -180) für die kumulative Langzeitbelastung der Menschen, die sich hauptsächlich über die Nahrungsaufnahme ergibt. 1999 wurden Referenzwerte für die drei PCB-Kongeneren (2, 2', 3, 4, 4', 5'-Hexachlorbiphenyl [PCB-138], 2, 2', 4, 4', 5, 5'-Hexachlorbiphenyl [PCB-153] und 2, 2', 3, 4, 4', 5, 5'-Heptachlorbiphenyl [PCB-180]) und deren Summe im Vollblut und Plasma ermittelt (vgl. Tabelle 2) und 2003 für die Werte im Vollblut aktualisiert (vgl. Tabelle 3). Für die PCB-Konzentrationen in Frauenmilch wurden ebenfalls entsprechende Referenzwerte (vgl. Tabelle 4) ermittelt und veröffentlicht. Weil die Konzentrationen von niedrig chlorierten PCB in humanbiolo-

gischen Materialien in den meisten bisher durchgeführten Untersuchungen von beruflich unbelasteten Personen unterhalb der üblichen Nachweisgrenzen lagen, existieren derzeit gesicherte Referenzwerte nur für die höher chlorierten PCB. Eine altersgeschichtete Analyse der Daten zeigt, dass die PCB-Konzentrationen mit steigendem Alter zunehmen. Frauen sind im Mittel (Verringerung durch das Stillen möglich), etwas niedriger belastet als Männer. Die Unterschiede zwischen den PCB-Belastungen der beiden Geschlechter sind allerdings gering. Der Vergleich zwischen den aktuellen und früheren PCB-Belastungen zeigt, dass die PCB-Belastung im Vergleich zu den Jahren 1994/95 insgesamt rückläufig ist. Wegen der weiter abfallenden Umwelt- und Nahrungsbelastung mit PCB wird sich dieser Trend auch in Zukunft noch fortsetzen, so dass bei einer Bewertung von aktuell gemessenen Belastungswerten der Vergleich mit aktuellen Referenzwerten durchgeführt werden sollte. Ggf. ist eine Recherche bzgl. einer Aktualisierung der Referenzwerte durchzuführen.

Die aufgeführten Referenzwerte gelten wegen der hohen Halbwertszeit der korporalen PCB-Belastung nur für Personen, die sich vorwiegend in Deutschland oder Regionen mit vergleichbarer PCB-Belastung auf-

gehalten haben. Untersuchungen von Immigranten und Asylbewerbern ergaben, dass solche Personen niedrigere innere PCB-Belastungen aufweisen können als die Bevölkerung der Industriestaaten [18]. Als Ursache für dieses Phänomen wird der im Vergleich zu Entwicklungs- und Schwellenländern stärkere Einsatz der PCB in technischen Anlagen in den Industriestaaten vermutet.

► HBM- und TDI-Werte

Die in der Bevölkerung vorliegenden Konzentrationen der PCB-Kongeneren 138, 152 und 180 oder deren Summe im Blut können derzeit im Hinblick auf ihre gesundheitliche Bedeutung nicht bewertet werden. Die Kommission „Human-Bio-monitoring“ des Umweltbundesamtes sieht deshalb keine Möglichkeit, HBM-Werte für diese Werte abzuleiten [6].

Die WHO hat 1998 für die duldbare tägliche Aufnahme an Dibenzodioxinen, Dibenzofuranen und Dioxin-ähnlichen Polychlorierten Biphenylen einen Bereich von 1–4 pg TEQ/kg Körpergewicht (TEQ = Toxizitätsäquivalente bezogen auf die Wirkung von 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin) angegeben [17]. Da diese Angaben ausschließlich die Dioxin-ähnlichen Effekte berücksichtigt, sind diese TDI-Werte für die Bewertung von nicht-Dioxin-ähnlichen PCB nicht heranzuziehen.

► Innenraum (aktueller Wissensstand)

Aktuelle Untersuchungsergebnisse einer Studie an Schülern [19] geben Hinweise auf das mögliche Ausmaß einer PCB-Belastung der Innenraumluft auf die Menge der im Biomonitoring nachweisbaren niedrigchlorierten Indikator-Kongeneren (PCB-28, -52, -101) (vgl. Tabelle 5). Im Rahmen der Studie wurde erstmals eine Messmethode zum Einsatz gebracht, die die Bestimmung der niedrigchlorierten PCBs im Nanogramm-Bereich erlaubte. Die Angaben der Tabelle 5 werden zur besseren Einschätzung der Belastung angegeben, es handelt sich hierbei nicht um Referenzwerte.

► Maßnahmen nach [6]

Nach Feststellung einer erhöhten PCB-Belastung sollte zunächst der analytisch erhobene Befund bestätigt werden und auf die Qualitätssicherung geachtet werden. Bei einer deutlichen Überschreitung des

Tabelle 5: PCB im Plasma von Schulkindern PCB-belasteter Schulen und Kontrollschulen (aus [19])

		PCB-28	PCB-52	PCB-101	PCB-138	PCB-153	PCB-180
Detektionsrate [%]	Kontaminierte Schule	78	85	69	100	100	99
	Kontrollschule	20	4	11	100	100	98
Medianwert [ng/l Plasma]	Kontaminierte Schule	6	9	5	143	188	68
	Kontrollschule	<1	<1	<1	122	155	55
95. Perzentil	Kontaminierte Schule	23	38	24	341	456	245
	Kontrollschule	9	<1	6	356	431	223

Referenzwert ist der Ursache nachzugehen. Unter dem Aspekt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes und im Hinblick auf die besonders hohe PCB-Zufuhr beim Stillen sollten Ursachen für vermeidbare Belastungen erkannt und (unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit) Möglichkeiten zur Minderung der PCB-Belastung ausgeschöpft werden, da für PCB das Minimierungsgebot gilt. Dies sollte im Rahmen einer umweltmedizinischen Beratung erfolgen.

Neben beruflicher Exposition sind als Ursachen erhöhter Belastung sehr einseitige Ernährung sowie Innenraumluftkontaminationen zu berücksichtigen, die weit über dem Eingriffswert von 3000 ng/m³ liegen, gekoppelt mit längerfristiger Exposition. Bei der Beurteilung von PCB-Blutwerten sind starke Gewichtsabnahmen, die mit einer Verkleinerung des Fettdepots bzw. einer Konzentrierung lipophiler Verbindungen einhergehen, einzubeziehen. Ebenso kann ein sehr geringer Body Mass Index (BMI) zu höheren PCB-Konzentrationen führen. Bei Kindern und Jugendlichen ist zu bedenken, dass besonders langes Stillen höhere PCB-Blutspiegel verursachen kann.

Nach Beseitigung oder Minimierung besonderer Belastungsquellen ist wegen der langen Halbwertszeiten von PCB-138, -153 und -180 nur ein langsamer Rückgang der Blutkonzentrationen dieser Kongenere zu erwarten. Ein 1984 veröffentlichter Artikel beschreibt die Möglichkeit einer Verminderung der intrakorporalen (hochchlorierten) PCB-Belastung im Fettgewebe durch eine Diät mit ungesättigten Fettsäuren in Verbindung mit thermalem Stress (Sauna) bei Vitamin- und Mineralstoffsupplementation [21]. Dieses Verfahren ist nach jetzigem Kenntnisstand nicht als erprobte und validierte Therapie zu werten.

► Zusammenfassung:

Die bisherigen Feststellungen und Empfehlungen der HBM-Kommission [5, 6, 7, 8] lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Hauptquelle der PCB-Belastung des Menschen ist die Nahrung
- Die PCB-Belastung der Nahrung ist seit Jahren rückläufig. Entsprechend ist auch die PCB-Belastung in Humanblut und Muttermilch rückläufig.
- Die normale Belastung der Frauenmilch mit PCB ist so gering, dass diese Belastung keine schwerwiegende Indikation für den Verzicht auf das Stillen darstellt (Empfehlung der Nationalen Stillkommission, [11]).
- Die Konzentration der 6 Indikatorkongenere PCB-28, -52, -101, -138, -153 und -180 in Humanblut und Muttermilch liegen in der Regel nur für die höher chlorierten PCB (PCB-138, -153, -180) in einer Höhe, dass sie mit den üblichen Nachweismethoden sicher erfasst werden. Diese spiegeln überwiegend die nahrungsbedingte PCB-Belastung der Allgemeinbevölkerung wider.
- Im Falle von erhöhten Innenraumluftbelastungen weisen die niedrig chlorierten Indikatorkongenere PCB-28, PCB-52 und PCB-101 höhere Luftkonzentrationen als die höher chlorierten PCB-Kongenere auf. Die dadurch resultierende Erhöhung der Konzentration dieser Kongenere im Blut der dadurch exponierten Personen lässt sich allerdings nur mit besonders sensitiven Analyseverfahren auf Gruppenbasis diagnostizieren. Im Vergleich zu den Kontrollwerten ist die detektierte zusätzliche Belastung aber als gering anzusehen und konnte bisher nicht mit spezifischen Beschwerden assoziiert werden [19]. Mit den konventionellen Analyseverfahren lassen sich die Indikatorkongenere Nr. 28, 52, 101 im Blut von Personen auch unter diesen Expositionen in der Regel nicht detektieren.
- Die Festlegung von HBM-Werten für PCB in Humanblut ist aufgrund unzureichender Untersuchungen zu Dosis-Wirkungs-Beziehungen beim Menschen derzeit nicht möglich.

► Literatur

- 1 Angerer J, Göen T, Schaller KH et al.: Pränatale Belastung mit Polychlorierten Biphenylen und Hexachlorbenzol. Ein Vergleich der Werte aus den Jahren 1984/85 und 1994/95. *Umweltmed Forsch Prax* 1996; 2: 78–82
- 2 Becker K, Kaus S, Krause C et al.: *Umweltsurvey 1998, Band III: Human- Biomonitoring. Stoffgehalte in Blut und Urin der Bevölkerung in Deutschland. WaBoLu-Heft 01/02, Umweltbundesamt, Eigenverlag, Berlin, 2002*
- 3 Bleeker I, Fischer AB, Tilkes F, Eikmann T: PCB-Konzentrationen im menschlichen Blut. *Umweltmed Forsch Prax* 4: 84–96
- 4 Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): *Polychlorierte Biphenyle – Bestandsaufnahme über Analytik, Vorkommen, Kinetik und Toxikologie. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1988*
- 5 Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes: Referenzwerte für die PCB-Kongenere Nr. 138, 153, 180 und deren Summe im Humanblut. *Bundesgesundheitsbl* 1998; 41: 416–417
- 6 Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes: *Stoffmonographie PCB – Referenzwerte für Blut. Bundesgesundhbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 1999; 42: 511–521
- 7 Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes: Referenzwerte für HCB, β -HCH, DDT und PCB in Frauenmilch. *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 1999; 42: 533–539
- 8 Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes: Aktualisierung der Referenzwerte für PCB-138, -153, -180 im Vollblut sowie Referenzwerte für HCB, β -HCH und DDE im Vollblut. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* (2003) 46: 1–8
- 9 Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes: Abschätzung der zusätzlichen Aufnahme von PCB in Innenräumen durch die Bestimmung der PCB-Konzentrationen in Plasma bzw. Vollblut. *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 2003; 46: 923–927

- 10 Marquardt H, Schäfer SG (Hrsg): Lehrbuch der Toxikologie, 2. Aufl. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 2004, S 720–722
- 11 Przyrembel H: Stillen – heute noch empfehlenswert oder nicht? Bundesgesundheitsblatt 1996;39: 343–347
- 12 Ross G: The public health implications of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the environment. *Ecotoxicol Environ Safety* 2004; 59: 275–291
- 13 Schade G, Heinzow B: Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in human milk of mothers living in northern Germany: current extent of contamination, time trend from 1986 to 1997, and factors that influence the level of contamination. *Sci Tot Environ* 1998; 215: 31–39
- 14 WHO-IPCS: Polychlorinated Biphenyls and Terphenyls, 2nd edn. Environmental Health Criteria, 140. World Health Organization, Geneva, 1993
- 15 Berichtigung der Verordnung (EG) Nr. 850/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über persistente organische Schadstoffe und zur Änderung der Richtlinie 79/117/EWG. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 229 vom 29/06/2004
- 16 WHO-IARC: Polychlorinated Biphenyls. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans Supplement 7, IARC, Geneva, 1987
- 17 WHO-IPCS: Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI) – Executive summary. WHO Consultation, Geneva, 1998
- 18 Schmid K, Lederer P, Göen T, Schaller KH, Stebl H, Weber A, Angerer J, Lehnert G: Internal exposure to hazardous substances of persons from various continents: investigations on exposure to different organochlorine compounds. *Int Arch Occup Environ Health* 1997; 69: 399–406
- 19 Liebl B, Schettgen T, Kerscher G, Broding HC, Otto A, Angerer J, Drexler H: Evidence for increased internal exposure to lower chlorinated polychlorinated biphenyls (PCB) in pupils attending a contaminated school. *Int J Hyg Environ Health* 2004; 207: 315–324
- 20 Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder (ARGEBAU): Richtlinie für die Bewertung und Sanierung PCB-belasteter Baustoffe und Bauteile in Gebäuden (PCB-Richtlinie), September 1994
- 21 Schnare DW, Ben M, Shields MG: Body burden reductions of PCBs, PBBs and chlorinated pesticides in human subjects. *Ambio* 1984; 13: 378–380

Erarbeitet von:

E. Ochsmann/T. Göen/H. Drexler, Erlangen
Diskutiert in der AG Klinische Umweltmedizin am 22.03.06
Verabschiedet vom Vorstand der DGAUM:
Oktober 2006

Hinweise senden Sie bitte an:

Geschäftsstelle der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin
Institut für Arbeitsmedizin Universitätsklinikum Schleswig-Holstein,
Campus Lübeck
Ratzeburger Allee 160
23538 Lübeck
Fax: (04 51) 5 00-36 32