

Neue und aktualisierte Referenzwerte für Schädlingsbekämpfungsmittel: Organophosphat- und Pyrethroid-Metabolite im Urin von Kindern in Deutschland

Stellungnahme der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes

Einleitung

Nach dem Verbot zahlreicher Organochlorpestizide werden heute im Wesentlichen – neben Carbamaten – Organophosphate und Pyrethroide im Pflanzenschutz und zur Schädlingsbekämpfung in der Landwirtschaft, im Gartenbau und in privaten Haushalten eingesetzt. Insbesondere eine nicht sachgemäße Anwendung kann zu erhöhten Expositionen der Verbraucherinnen und Verbraucher führen, sei es durch belastete Lebensmittel oder durch Aufenthalt in entsprechend behandelten Räumen. Organophosphatpestizide und Pyrethroide haben neurotoxische Wirkungen auch auf den Menschen. Pyrethroide verfügen zusätzlich über endokrin-ähnliche Wirkungen. Darüber hinaus kommt es immer wieder zu akzidentellen Vergiftungen mit Organophosphaten, Pyrethroiden oder Pyrethroid-haltigen Pestizid-Mischungen.

Da bereits vor einigen Jahren ein Bedarf an Referenzwerten zur Beurteilung der Organophosphat- und Pyrethroid-Belastung der Bevölkerung bestand und die Daten zur Ausscheidung von Organophosphat- und Pyrethroidmetaboliten aus verschiedenen Untersuchungen in Deutschland mit Daten aus anderen industrialisierten Ländern recht gut übereinstimmten, hatte die Kommission im Jahr 2003 [1, 2, 3] und 2005 [2, 3, 4] aus den damals vorliegenden Angaben Referenzwerte abgeleitet. Referenzwerte gestatten die Beurteilung der inneren Schadstoffbelastung von einzelnen Personen oder von Bevölkerungsgruppen im Vergleich zur ubiquitären Hintergrundbelastung. Das Konzept zur Ableitung von Referenzwerten hat die Kommission Human-Biomonitoring 1996 in dieser Zeitschrift publiziert [5]. Vor dem Hintergrund sich wandelnder Umweltbelastungen sind Referenzwerte ständig zu überprüfen und bei Vorliegen neuer Daten gegebenenfalls zu revidieren.

Auf der Basis des bevölkerungsrepräsentativen Kinder-Umwelt-Surveys 2003–06 [6, 7, 8, 9, 10] hat die Kommission für eine Reihe von Schadstoffen beziehungsweise deren Metaboliten in Blut und/oder Urin die bisherigen Referenzwerte für Kinder in Deutschland [11, 12, 13] aktualisiert, bestätigt oder modifiziert. Der vorliegende Beitrag gibt die neuen und aktualisierten Referenzwerte bekannt für die Dialkylphosphat-Metabolite: Dimethylphosphat (DMP), Dimethylthiophosphat (DMTP), Dimethyldithiophosphat (DMDTP), Diethylphosphat (DEP) und Diethylthiophosphat (DETP) sowie für die folgenden Pyrethroidmetabolite: *cis*-Cl₂CA, *trans*-Cl₂CA (*cis*- und *trans*-3-(2,2-Dichlorvinyl)-2,2-dimethylcyclopropan-1-carbonsäure) und 3-PBA (3-Phenoxybenzoesäure) im Urin der drei- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland.

Die Kommission weist ausdrücklich darauf hin, dass Referenzwerte rein statistisch abgeleitete Werte sind, denen per

Definition keine gesundheitliche Bedeutung zukommt [5]. Das heißt, eine Überschreitung des Referenzwertes muss keine Gesundheitsgefahr bedeuten, ebenso wie eine Unterschreitung des Wertes nicht beweist, dass keine Gesundheitsgefahr besteht. 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 [14] eine bevölkerungsrepräsentative Querschnittsuntersuchung, bei der die Auswahl der Probanden nach einem gestuften mehrfach geschichteten Zufallsverfahren erfolgte. Der KUS ist das Umweltmodul des Kinder- und Jugendgesundheitsurveys (KiGGS) des Robert Koch-Instituts (RKI) [15, 16, 17], welches die Stichprobenziehung und die Feldarbeit auch für den KUS übernommen hat. Die Untersuchung der aus

150 Studienorten zufällig ausgewählten drei- bis 14-jährigen Kinder erfolgte zwischen Mai 2003 und Mai 2006. Die angewandten Methoden (Stichprobenziehung, Fragebogen, Probenahme, Analytik, Statistik) sind bei Becker et al. [6] und Schulz et al. [8, 10] beschrieben.

Die Berechnung der 95. Populationsperzentile und ihrer 95 %-Konfidenzintervalle erfolgte je Analyt nach dem parametrischen Verfahren unter Annahme einer log-Normalverteilung mit der Software SPSS für Windows, Version 14, oder nach dem Bootstrapping-Verfahren, sofern keine log-Normalverteilung vorlag, mit der Software R für Windows, Version 2.40.

Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die für die Ableitung der Referenzwerte wesentlichen Ergebnisse zusammenfassend vorgestellt. Im KUS wurden bei einem repräsentativ ausgewählten Unterkollektiv von N=600 Kindern im Alter zwischen drei und 14 Jahren unter anderem die folgenden Dialkylphosphat-Metabolite im Morgenurin untersucht: DMP, DMTP, DMDTP, DEP, DETP und DEDTP (Diethyldithiophosphat) sowie die folgenden Pyrethroidmetabolite im Morgenurin bestimmt: *cis*-Cl₂CA, *trans*-Cl₂CA, Br₂CA (3-(2,2-Dibromvinyl)-2,2-dimethylcyclopropan-1-carbonsäure), 3-PBA und F-PBA (4-Fluor-3-phenoxybenzoesäure).

Metabolite von Organophosphaten im Urin

Die Metabolite mit den relativ höchsten mittleren Gehalten im Urin der drei- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland sind die beiden Dimethylphosphate DMP mit 15,8 µg/l und DMTP mit 16,8 µg/l sowie das Diethylphosphat (DEP) mit 5,92 µg/l. Die mittleren Gehalte der weiteren gemessenen Metabolite betragen 1,09 µg/l bei DETP, 0,56 µg/l bei DMDTP und 0,023 µg/l bei DEDTP (■ **Tabelle 1.1**). Mit Ausnahme von DEDTP zeigen alle gemessenen Organophosphatmetabolite im Urin einen signifikanten Altersgang, das heißt mit zunehmendem Lebensalter nehmen die Gehalte ab. Während die Gehalte an DMP, DMTP und DEP im Urin der jüngsten Altersgruppe (Drei- bis Fünfjährige) signifikant höher sind als die Gehalte im Urin

der älteren Kinder (Sechs- bis 14-Jährige), weisen sowohl die jüngsten als auch die Kinder der mittleren Altersgruppe (Drei- bis Elfjährige) höhere Gehalte an DMDTP und DETP im Urin auf im Vergleich zur ältesten Gruppe (Zwölf- bis 14-Jährige) (■ **Tabelle 1.1**) [6]. Der Grund für diese unterschiedlichen Altersgänge ist derzeit ungeklärt. Festzustellen ist aber, dass eine hohe Varianz in den Daten vorliegt und dass von starken inter- und intraindividuellen Schwankungen auszugehen ist.

Da bereits vor einigen Jahren ein Bedarf an Referenzwerten zur Beurteilung der Organophosphat-Belastung der Bevölkerung bestand und die Daten zur Organophosphatausscheidung aus verschiedenen Untersuchungen in Deutschland mit Daten aus anderen industrialisierten Ländern recht gut übereinstimmten, hatte die Kommission im Jahr 2003 [1] aus den damals vorliegenden Angaben Referenzwerte für DMP (135 µg/l), DMTP (160 µg/l) und DEP (16 µg/l) für die Allgemeinbevölkerung abgeleitet.

Basierend auf den repräsentativen Daten des KUS hat die Kommission nun aktuelle Referenzwerte für die Metabolite DMP, DMTP, DMDTP, DEP und DETP im Urin von Kindern abgeleitet. Aus Gründen der Praktikabilität und der Überschaubarkeit gibt die Kommission keine altersgeschichteten Referenzwerte an. Sie ist sich dabei bewusst, dass durch die Angabe „nur“ eines Referenzwertes je Metabolit bei jüngeren Kindern häufiger Überschreitungen auftreten werden, was im Sinne der Vorsorge von der Kommission als gerechtfertigt angesehen wird. Für DEDTP wird kein Referenzwert abgeleitet, da im niedrigen Konzentrationsbereich (< 0,5 µg/l) erhebliche analytische Unsicherheiten bestehen. Sollten DEDTP-Gehalte im Urin oberhalb der in der Routineanalytik üblichen Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/l auftreten, so muss eine spezifische Belastung angenommen werden.

Metabolite von Pyrethroiden

Die geometrischen Mittelwerte der Pyrethroidmetabolite im Urin betragen 0,14 µg/l bei *cis*-Cl₂CA, 0,28 µg/l bei *trans*-Cl₂CA und 0,49 µg/l bei 3-PBA (vergleiche ■ **Tabelle 1.2**). Die Gehalte an F-PBA und Br₂CA lagen bei der Mehrheit (81 % und 55 %) der

Kinder unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l [6]. Mädchen weisen signifikant höhere mittlere Gehalte an *cis*- und *trans*-Cl₂CA sowie an 3-PBA auf als Jungen (vergleiche ■ **Tabelle 1.2**). Auch hier ist die Ursache für die unterschiedlichen Konzentrationen derzeit unbekannt.

Da bereits vor einigen Jahren ein Bedarf an Referenzwerten zur Beurteilung der Pyrethroid-Belastung der Bevölkerung bestand und die Ergebnisse zur Pyrethroidausscheidung aus verschiedenen Untersuchungen in Deutschland recht gut übereinstimmen, hatte die Kommission im Jahr 2005 [2, 3, 4] aus den damals vorliegenden Daten Referenzwerte für *cis*-Cl₂CA (1 µg/l), *trans*-Cl₂CA (2 µg/l) und 3-PBA (2 µg/l) im Urin der Allgemeinbevölkerung abgeleitet. Mit den repräsentativen Daten des KUS werden diese Referenzwerte für die drei Metabolite *cis*-Cl₂CA, *trans*-Cl₂CA und 3-PBA im Urin für Kinder im Alter zwischen drei und 14 Jahren bestätigt.

Referenzwerte

Der Referenzwert ist definiert als das 95. Perzentil der Messwerte der Stoffkonzentration in dem entsprechenden Körpermedium der jeweiligen Referenzpopulation [5]. Er wird aus dem 95 %-Konfidenzintervall des 95. Populationsperzentils abgeleitet und möglichst als einfacher Zahlenwert angegeben.

Basierend auf den Daten des KUS 2003–06 werden anhand der Kennwerte (■ **Tabelle 1.1 und 1.2**) folgende Referenzwerte abgeleitet:

- DMP im Urin von 135 µg/l auf 75 µg/l¹ für Kinder (drei bis 14 Jahre),
- DMTP im Urin von 160 µg/l auf 100 µg/l¹ für Kinder (drei bis 14 Jahre).

Die folgenden Referenzwerte werden erstmalig abgeleitet:

- DMDTP im Urin: 10 µg/l¹ für Kinder (drei bis 14 Jahre),
- DETP im Urin: 10 µg/l¹ für Kinder (drei bis 14 Jahre).

Der folgende Referenzwert wird angehoben, wobei nicht von einer Zunahme der Belastung gesprochen werden kann und

¹ Unter Ausschluss von Urinproben mit Kreatininhalt < 0,3 und > 3,0 g/l [18]

Tabelle 1.1

Metabolite von Organophosphaten im Urin (µg/l) der drei- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland – Kinder-Umwelt-Survey [6]

Metabolit/ Population	N	%>BG	50.P.	95.P.	GM	KI-GM	PP95 ¹	KI-PP95 ¹
DMP (BG: 0,1)	599	100	15,2	86,2	15,8	14,6–17,1	78,1 ^a	69,3–88,0 ^a
Lebensalter*								
3 bis 5 Jahre	138	100	19,0	110	20,0	16,8–23,6	105 ^a	80,9–135 ^a
6 bis 8 Jahre	145	100	15,7	69,2	15,2	13,0–17,7	73,4 ^a	57,8–93,2 ^a
9 bis 11 Jahre	148	100	15,5	78,7	14,7	12,6–17,2	72,2 ^a	56,9–91,6 ^a
12 bis 14 Jahre	168	100	13,5	87,0	14,3	12,4–16,6	70,3 ^a	56,0–88,4 ^a
DMTP (BG: 0,1)	599	100	15,9	112	16,8	15,4–18,4	107 ^a	93,1–123 ^a
Lebensalter***								
3 bis 5 Jahre	138	100	19,0	181	22,1	18,1–27,0	154 ^a	114–208 ^a
6 bis 8 Jahre	145	100	16,5	112	17,5	14,6–21,0	108 ^a	81,8–142 ^a
9 bis 11 Jahre	148	100	16,6	120	17,1	14,3–20,5	109 ^a	82,5–144 ^a
12 bis 14 Jahre	168	100	12,2	69,9	12,8	10,9–15,1	74,9 ^a	58,2–96,4 ^a
DMDTP (BG: 0,1)	599	92	0,5	8,4	0,56	0,50–0,63	9,48 ^b	6,10–12,9 ^b
Lebensalter**								
3 bis 5 Jahre	138	91	0,6	13,1	0,70	0,54–0,92	11,5 ^b	2,74–20,2 ^b
6 bis 8 Jahre	145	91	0,5	13,5	0,65	0,50–0,84	14,5 ^b	1,26–27,8 ^b
9 bis 11 Jahre	148	93	0,5	10,5	0,56	0,44–0,72	8,8 ^b	3,67–13,9 ^b
12 bis 14 Jahre	168	92	0,4	4,3	0,41	0,34–0,49	3,97 ^b	1,35–6,58 ^b
DEP (BG: 0,1)	599	100	6,0	29,1	5,92	5,46–6,43	31,2	27,6–35,4 ^a
Lebensalter***								
3 bis 5 Jahre	138	100	7,5	34,5	8,10	6,87–9,56	40,7	31,7–52,4 ^a
6 bis 8 Jahre	145	100	5,8	30,9	5,34	4,52–6,32	28,7	22,2–37,1 ^a
9 bis 11 Jahre	148	100	5,7	22,7	5,53	4,77–6,41	24,8	19,8–31,0 ^a
12 bis 14 Jahre	168	100	5,7	29,7	5,32	4,51–6,29	31,2	24,9–41,5 ^a
DETP (BG: 0,1)	599	100	1,0	9,9	1,09	0,98–1,21	9,13	7,79–10,7 ^a
Lebensalter**								
3 bis 5 Jahre	138	100	1,3	16,7	1,44	1,16–1,78	11,6	8,39–16,1 ^a
6 bis 8 Jahre	145	99	1,1	8,6	1,13	0,92–1,38	9,06	6,60–12,4 ^a
9 bis 11 Jahre	148	99	1,0	10,4	1,09	0,87–1,37	10,5	7,49–14,8 ^a
12 bis 14 Jahre	168	100	0,8	7,5	0,84	0,69–1,02	6,60	4,91–8,88 ^a
DEDTP (BG: 0,01)	599	66	0,02	0,34	0,023	0,020–0,026	0,28	0,20–0,36 ^b
Lebensalter								
3 bis 5 Jahre	138	61	0,01	0,28	0,019	0,015–0,025	0,25	0,15–0,34 ^b
6 bis 8 Jahre	145	70	0,02	0,48	0,024	0,019–0,031	0,34	0,11–0,56 ^b
9 bis 11 Jahre	148	63	0,02	0,37	0,023	0,018–0,029	0,25	0,07–0,43 ^b
12 bis 14 Jahre	168	69	0,02	0,56	0,025	0,020–0,031	0,33	0,10–0,57 ^b

N Stichprobenumfang; % > BG Anteil der Werte ab der BG (BG: Bestimmungsgrenze; 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; ¹ bei der Berechnung des PP95 und KI-PP95 wurden nur Proben mit einem Kreatiningehalt zwischen 0,3 und 3,0 g/l Urin berücksichtigt; ^a parametrisches Verfahren; ^b nonparametrisches Verfahren – Bootstrapping; Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM): * (p < 0,05); ** (p < 0,01); *** (p < 0,001)

Tabelle 1.2

Metabolite von Pyrethroiden im Urin ($\mu\text{g/l}$) der drei- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland – Kinder-Umwelt-Survey [6]

Metabolit/ Population	N	% > BG	50.P.	95.P.	GM	KI-GM	PP95 ¹	KI-PP95 ¹
<i>cis</i> -Cl ₂ CA (BG: 0,1)								
Gesamt	598	60	0,12	1,00	0,14	0,12-0,15	1,14 ^b	0,64-1,65 ^b
Geschlecht ***								
Mädchen	288	64	0,15	1,98	0,16	0,14-0,19	1,77 ^b	0,84-2,70 ^b
Jungen	310	55	0,11	0,62	0,12	0,10-0,13	0,64 ^b	0,29-0,99 ^b
<i>trans</i> -Cl ₂ CA (BG: 0,1)								
Gesamt	598	86	0,25	2,46	0,28	0,26-0,31	1,92 ^a	1,66-2,22 ^a
Geschlecht ***								
Mädchen	288	86	0,30	3,81	0,33	0,28-0,38	2,73 ^a	2,18-3,43 ^a
Jungen	310	86	0,22	1,40	0,24	0,21-0,27	1,33 ^a	1,11-1,59 ^a
3-PBA (BG: 0,1)								
Gesamt	598	98	0,43	3,80	0,49	0,45-0,53	2,53 ^a	2,24-2,87 ^a
Geschlecht ***								
Mädchen	288	98	0,49	4,76	0,59	0,52-0,67	3,56 ^a	2,94-4,32 ^a
Jungen	310	97	0,39	1,67	0,41	0,37-0,45	1,73 ^a	1,49-2,01 ^a

N: Stichprobenumfang; % > BG: Anteil der Werte ab der BG (BG: Bestimmungsgrenze; 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; 1 = bei der Berechnung des PP95 und KI-PP95 wurden nur Proben mit einem Kreatinidgehalt zwischen 0,3 und 3,0 g/l Urin berücksichtigt; a: parametrisches Verfahren; b: nonparametrisches Verfahren – Bootstrapping; Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM): * (p<0,05); ** (p<0,01) *** (p<0,001)

somit kein „Alarm“ gegeben wird. Denn: Im Vergleich zur Datenbasis, die für die erstmalige Ableitung eines Referenzwertes für DEP im Urin herangezogen wurde (Kinder und Erwachsene aus Frankfurt am Main aus dem Jahr 1998), liegt jetzt zur Aktualisierung des Referenzwertes eine ausschließlich für die kindliche Bevölkerung (drei bis 14 Jahre) in Deutschland und zudem repräsentative Datengrundlage aus den Jahren 2003/06 vor, so dass eine genauere Ableitung vorgenommen werden kann. Weitere Beobachtungen sind jedoch angezeigt.

- DEP im Urin von 16 $\mu\text{g/l}$ auf 30 $\mu\text{g/l}$ für Kinder (drei bis 14 Jahre).

Die folgenden Referenzwerte werden bestätigt:

- cis*-Cl₂CA im Urin: 1 $\mu\text{g/l}$ für Kinder (drei bis 14 Jahre),
- trans*-Cl₂CA im Urin: 2 $\mu\text{g/l}$ für Kinder (drei bis 14 Jahre),
- 3-PBA im Urin: 2 $\mu\text{g/l}$ für Kinder (drei bis 14 Jahre).

Die aktuellen Referenzwerte sind in den **■ Tabelle 2.1 und 2.2** aufgeführt. Bei der Anwendung von Referenzwerten ist grundsätzlich die analytische Messunsicherheit zu berücksichtigen, das heißt, bei der Bewertung von HBM-Messwerten ist sicherzustellen, dass die Analysen unter den Bedingungen der internen und externen Qualitätssicherung durchgeführt wurden [19]. Dies zeigen die Erfahrungen aus den Ringversuchen der arbeits- und umweltmedizinisch-toxikologischen Analysen, die von der Deutschen Gesellschaft für Arbeits- und Umweltmedizin durchgeführt werden [20]. Weiteres zur analytischen Bestimmung der Metabolitengehalte im Urin ist den jeweiligen Stellungnahmen [1, 2, 3, 4] und Grundsätzliches der Stellungnahme zur Qualitätssicherung für das Human-Biomonitoring zu entnehmen [21].

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

In den Fällen, in denen der Referenzwert überschritten ist, sind Kontrollmessungen angezeigt. Extrem verdünnte oder konzentrierte Urinproben sind für Kontrolluntersuchungen auszuschließen [18]. Zuverlässige und bestätigte Überschreitungen der Referenzwerte sollten Anlass für eine umweltmedizinische Quellen-suche im Rahmen der Verhältnismäßigkeit sein.

Als Quellen kommen neben akzidentellen Vergiftungen unter anderem Kontaminationen im Raum nach unsachgemäßen Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen (im Raum oder bei Haustieren) oder mit Organophosphaten beziehungsweise Pyrethroiden belastete Nahrungsmittel in Frage. Permethrin, ein Pyrethroid, ist außerdem in antiparasitären Mitteln enthalten, die

Tabelle 2.1

Referenzwerte für Organophosphatmetabolite im Urin (µg/l) der drei- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland

Metabolit	Personengruppe	Bezugsjahr*	Referenzwert
DMP	Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003–2006	75
DMTP	Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003–2006	100
DMDTP	Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003–2006	10
DEP	Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003–2006	30
DETP	Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003–2006	10

* Zeitraum, in dem die zugrunde liegende Studie durchgeführt wurde

Tabelle 2.2

Referenzwerte für Pyrethroidmetabolite im Urin (µg/l) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland

Metabolit	Personengruppe	Bezugsjahr*	Referenzwert
cis-Cl ₂ CA	Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003–2006	1
trans-Cl ₂ CA	Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003–2006	2
3-PBA	Kinder (3 bis 14 Jahre)	2003–2006	2

* Zeitraum, in dem die zugrunde liegende Studie durchgeführt wurde

gegen Kopfläuse oder zur Behandlung von Skabies (Krätze) beim Menschen Verwendung finden. Diese Anwendungen können deutlich erhöhte Konzentrationen der Urinmetabolite *cis*- und *trans*-Cl₂CA sowie 3-PBA verursachen [22].

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 [23].

Literatur

1. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2003) 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
2. Heudorf U, Butte W, Schulz C, Angerer J (2006) Reference values for metabolites of pyrethroid and organophosphorous insecticides in urine for human biomonitoring in environmental medicine. Int J Hyg Environm Health 209(3):293–299 <http://www.elsevier.de/intjhyg>
3. Schulz C, Angerer J, Ewers U, Kolossa-Gehring M (2007) The German Human Biomonitoring Commission. Int. J. Hyg. Environm. Health 210 (3–4):373–382, <http://www.elsevier.de/intjhyg>

4. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2005) Innere Belastung der Allgemeinbevölkerung in Deutschland mit Pyrethroiden und Referenzwerte für Pyrethroid-Metabolite im Urin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 48(10):1187–1193
5. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (1996) Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM) in der Umweltmedizin. Bundesgesundheitsblatt 39(6): 221–224
6. Becker K, Müssig-Zufika M, 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
7. Schulz C, Becker K, Seiwert M (2002) Kinder-Umwelt-Survey. Gesundheitswesen 64:S69–S79
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. 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
11. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2008a) Neue und aktualisierte Referenzwerte für Metabolite von PAK im Urin von Kindern. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 51:969–972

12. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2008b) Neue und aktualisierte Referenzwerte für Antimon, Arsen und Metalle (Pb, Cd, Ni, Hg, Tl, U), im Blut und im Urin von Kindern. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 51:977–982
13. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2008c) Neue und aktualisierte Referenzwerte für Organochlorverbindungen im Blut von Kindern. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52:973–976
14. 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
15. 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
16. 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
17. 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
18. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2005) Normierung von Stoffgehalten im Urin – Kreatinin. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 48(5): 616–618
19. Angerer J, Ewers U, Wilhelm M (2007) Human Biomonitoring: state of the art. Int J Hyg Environ Health 210:201–228
20. Angerer J, Göen Th, Lehnert G (1998) Mindestanforderungen an die Qualität von umweltmedizinisch-toxikologischen Analysen. Umweltmed Forsch Prax 3(5):307–312
21. Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (1996) Qualitätssicherung beim Human-Biomonitoring. Bundesgesundheitsblatt 39(6):216–221
22. Hardt J, Ehret W (2005) Innere Belastung durch Anwendung von Permethrin gegen Kopfläuse (Kasuistik), (Posterabstract), Umweltmed Forsch Prax (10):419
23. 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