

# Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06

Human-Biomonitoring-Untersuchungen auf  
Phthalat- und Phenanthrenmetabolite sowie  
Bisphenol A



GESUNDHEITSFORSCHUNG DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR BILDUNG  
UND FORSCHUNG

Förderkennzeichen 01 EH 0202

## **Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06**

### **Human-Biomonitoring-Untersuchungen auf Phthalat- und Phenanthrenmetabolite sowie Bisphenol A**

von

**Kerstin Becker, Helga Pick-Fuß, André Conrad,  
Catrin Zigelski, Dr. Marike Kolossa-Gehring**

Umweltbundesamt

**Dr. Thomas Göen**

Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der  
Universität Erlangen-Nürnberg

**Dr. Albrecht Seidel**

Biochemisches Institut für Umweltcarcinogene, Prof. Dr.  
Gernot Grimmer-Stiftung (BIU)

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
(BMU) und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V., Projektträger des  
Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)

**UMWELTBUNDESAMT**

Diese Publikation ist als Download unter  
<http://www.umweltbundesamt.de> verfügbar.

**Durchführung:** Umweltbundesamt (UBA), Dessau/Berlin, Robert Koch-Institut (RKI), Berlin

**Auftraggeber:** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Projektträger des  
Bundesministeriums für Bildung und Forschung

Der Kinder-Umwelt-Survey wurde mit UFOPLAN-Mitteln der Bundesministeriums  
für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert (FKZ 202 62 219)

**Projektleitung:** M. Kolossa-Gehring / C. Schulz

**Berichterstellerinnen  
und Berichtersteller:** K. Becker, H. Pick-Fuß, A. Conrad, C. Zigelski, M. Kolossa-Gehring,  
T. Göen, A. Seidel

**unter Mitarbeit von:** Y. Sonar, M. Seiwert, C. Schulz,  
Feldteams des Gesundheits-Surveys (KiGGS) des RKI,  
Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin der Universität Erlangen-  
Nürnberg (Dr. T. Göen),  
Biochemisches Institut für Umweltcarcinogene, Prof. Dr. Gernot Grimmer-  
Stiftung (BIU), Großhansdorf (Dr. Seidel)

**Danksagung:** Wir möchten an dieser Stelle allen Beteiligten an dieser Studie und den  
Bürgerinnen und Bürgern, die an dieser zeitintensiven Untersuchung  
teilgenommen haben, unseren herzlichen Dank aussprechen. Ferner bedanken  
wir uns herzlich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der örtlichen  
Gesundheits- und Umweltämter, Krankenhäuser, Rathäuser usw., die uns bei der  
Durchführung der Studie vor Ort unterstützt haben.

ISSN 1862-4340

**Herausgeber:** Umweltbundesamt  
Postfach 14 06  
06813 Dessau-Roßlau  
Tel.: 0340/2103-0  
Telefax: 0340/2103 2285  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

**Redaktion:** Fachgebiet II 1.2  
Helga Pick-Fuß

Berlin, Juli 2009

## Vorwort

Im Zeitraum von Mai 2003 bis Mai 2006 wurde der Kinder-Umwelt-Survey (KUS) durchgeführt. Dieser Umwelt-Survey war der erste Umwelt-Survey, in dem ausschließlich Kinder und ihre Umweltbelastungen untersucht wurden. Untersucht wurde eine repräsentative Querschnittsstichprobe der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland. Das Erhebungsinstrumentarium umfasste Blut- und Urinproben der Kinder sowie Hausstaub- und Trinkwasserproben aus den zugehörigen Haushalten. Parallel dazu wurde zur Ergänzung der Messdaten eine Fragebogenerhebung zu expositionsrelevanten Verhaltensweisen und Bedingungen in den Haushalten und in der Wohnumgebung durchgeführt.

Das wesentliche Ziel des KUS ist die Erfassung, Bereitstellung, Aktualisierung und Bewertung repräsentativer Daten für eine gesundheitsbezogene Umweltbeobachtung und Umweltberichterstattung auf nationaler Ebene. Die repräsentativen Daten dienen außerdem:

- als Grundlage für die Erstellung von Referenzwerten über die Belastung von Kindern mit Umweltschadstoffen, welche die Basis für eine bundesweit einheitliche Beurteilung bilden,
- der Darstellung von zeitlichen Trends und von regionalen Unterschieden in der Belastung,
- der Identifikation und Quantifizierung von Belastungspfaden,
- der Identifikation von Risikogruppen,
- der statistischen Prüfung möglicher Einflüsse bestimmter Umweltfaktoren auf die gesundheitliche Situation von Kindern,
- der Konzeption und Überprüfung der Präventions-, Interventions- und Verminderungsstrategien im Rahmen gesundheits- und umweltpolitischer Maßnahmen.

Stoffe und Stoffgruppen, die nachträglich und zusätzlich in das Untersuchungsprogramm des KUS aufgenommen wurden, sind die Phthalate, Bisphenol A und spezielle Phenanthrenmetabolite. In dem vorliegenden Bericht sind die Ergebnisse dieser Bestimmungen dargestellt, diskutiert und bewertet.

Der jeweils aktuelle Stand der Publikationen zum Kinder-Umwelt-Survey kann unter <http://umweltbundesamt.de/survey/> abgefragt werden.



## **Vorwort**

<b>Zusammenfassung</b> .....	1
<b>Summary</b> .....	3
<b>1 Ziel und Aufgabenstellung</b> .....	5
<b>2 Die untersuchten Schadstoffe</b> .....	7
2.1 Phthalate .....	7
2.2 Bisphenol A .....	8
2.3 Phenanthrenmetabolite .....	9
<b>3 Planung und Ablauf des Vorhabens</b> .....	13
3.1 Studiendesign .....	13
3.2 Probenahmen und Laboruntersuchungen .....	14
3.3 Statistische Auswertungen .....	17
<b>4 Ergebnisse und Diskussion</b> .....	19
<b>4.1 Phthalatmetabolite</b> .....	19
4.1.1 Deskription der Metabolitgehalte im Urin .....	19
4.1.2 Vergleich mit Literaturdaten .....	32
4.1.3 Bewertung der DEHP Exposition mit dem HBM-Wert .....	35
4.1.4 Zusammenfassung .....	35
<b>4.2 Bisphenol A im Urin</b> .....	37
4.2.1 Deskription der Gehalte an Bisphenol A im Urin .....	37
4.2.2 Vergleich mit Literaturdaten .....	37
4.2.3 Zusammenfassung .....	39
<b>4.3 Phenanthrenmetabolite im Urin</b> .....	40
4.3.1 Deskription der Metabolitgehalte im Urin .....	40
4.3.2 Vergleich mit Literaturdaten .....	44
4.3.3 Zusammenfassung .....	45
<b>5 Schlussfolgerungen und Ausblick</b> .....	47
<b>6 Verzeichnisse</b> .....	49
6.1 Literaturverzeichnis .....	49
6.2 Tabellenverzeichnis .....	54
6.3 Abkürzungsverzeichnis .....	55
<b>7 Anhang</b> .....	57



# Zusammenfassung

Im Kinder-Umwelt-Survey (KUS) wurde erstmalig die korporale Schadstoffbelastung der Kinder in Deutschland und die Schadstoffbelastungen in ihrem häuslichen Bereich auf repräsentativer Basis erfasst. Der KUS war ein Modul des Kinder- und Jugendgesundheits-surveys (KiGGS) und wurde in enger Kooperation mit dem Robert Koch-Institut (RKI) an einer zufällig ausgewählten Unterstichprobe des KiGGS von 1.790 Kindern im Alter von 3 bis 14 Jahren aus 150 Orten durchgeführt.

Human-Biomonitoring Untersuchungen bildeten einen Schwerpunkt des KUS. Im Verlauf der Durchführung führten neue analytische Möglichkeiten und fachliche Erkenntnisse zu dem Wunsch, das Spektrum der berücksichtigten Stoffe und Stoffgruppen zu erweitern. In das Untersuchungsprogramm wurden daher die Bestimmungen von Phthalatmetaboliten, Bisphenol A und speziellen Phenanthrenmetaboliten im Urin der Kinder aufgenommen.

Ziel der Untersuchungen war es, die Belastung der Kinder in Deutschland mit Phthalaten, Bisphenol A und Phenanthren auf repräsentativer Basis zu beschreiben und zu bewerten. Die **Tabelle Z1** gibt eine Übersicht über die vorkommenden Gehalte im Urin.

**Tab. Z1: Bisphenol A sowie Phthalat- und Phenanthrenmetabolite im Urin der Kinder in Deutschland in µg/l**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM	
<b>Phthalatmetabolite</b>												
<b>MnBP</b>	1,00	599	40,9	93,4	236	310	397	1090	122	<b>95,6</b>	90,4 - 101	
<b>MiBP</b>	1,00	599	44,4	88,1	223	308	459	2050	123	<b>94,3</b>	89,2 - 99,7	
<b>MBzP</b>	0,25	599	5,7	18,1	53,4	76,2	131	468	27,0	<b>17,5</b>	16,2 - 18,8	
<b>MEHP</b>	0,25	599	2,3	6,7	16,2	25,1	37,8	319	9,49	<b>6,39</b>	5,97 - 6,84	
<b>5OH-MEHP</b>	0,25	599	20,6	46,0	110	164	252	3640	69,2	<b>47,9</b>	45,1 - 50,8	
<b>5oxo-MEHP</b>	0,25	599	15,7	36,3	87,5	123	173	2490	52,5	<b>37,0</b>	34,9 - 39,3	
<b>5cx-MEPP</b>	0,25	599	27,4	61,4	151	209	313	4490	88,6	<b>62,5</b>	58,9 - 66,2	
<b>2cx-MMHP</b>	0,25	599	8,3	20,4	51,7	76,7	106	1080	30,3	<b>20,8</b>	19,6 - 22,2	
<b>7OH-MMeHP</b>	0,25	599	3,8	11,0	37,6	50,6	72,0	198	16,9	<b>11,2</b>	10,5 - 12,1	
<b>7oxo-MMeOP</b>	0,25	599	1,8	5,4	19,1	28,9	44,5	86,7	8,80	<b>5,43</b>	4,99 - 5,90	
<b>7cx-MMeHP</b>	0,25	599	5,0	12,7	42,5	58,9	96,1	195	20,2	<b>13,8</b>	12,9 - 14,8	
<b>Bisphenol A</b>												
<b>BPA</b>	0,15	599	0,83	2,74	9,51	14,0	22,8	205	4,77	<b>2,66</b>	2,44 - 2,89	
<b>Phenanthrenmetabolite</b>												
<b>1,2-Phen-diol</b>	0,10	154	0,24	1,10	2,81	3,78	7,48	12,3	1,42	<b>0,92</b>	0,79 - 1,07	
<b>9,10-Phen-diol</b>	0,06	154	0,16	0,53	1,49	2,15	3,95	4,58	0,74	<b>0,51</b>	0,44 - 0,59	
<b>Phen-tetrol</b>	0,02	154	0,37	1,09	2,27	2,84	3,26	3,85	1,26	<b>1,06</b>	0,95 - 1,17	

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; BG = Bestimmungsgrenze; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM.

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

Die untersuchten **Phthalatmetabolite** waren in nahezu allen Urinen der Kinder nachweisbar, woran die ausgeprägte Exposition gegenüber Phthalaten deutlich wird. Bezogen auf die Summe der jeweiligen Metabolite ist die Belastung mit DEHP am höchsten, gefolgt von DnBP bzw. DiBP und DiNP. Die Exposition mit BBzP ist vergleichsweise geringer.

Die Gehalte der Metabolite sind höher als bei Kindern aus den USA. Nur dort wurden bisher ähnlich systematische Untersuchungen wie in Deutschland durchgeführt. Die Gehalte nehmen mit zunehmendem Lebensalter mindestens tendenziell ab. Dies ist ein typischer Effekt bei Schadstoffen, die hauptsächlich über die Nahrung aufgenommen werden.

Der HBM-I-Wert für DEHP wird bei 1,5 % der Kinder überschritten. Für weitere Phthalate gibt es noch keine HBM-Werte. Für DEHP zeigen die Ergebnisse, dass besonders die Exposition bei kleinen Kindern reduziert werden muss. Da zudem anzunehmen ist, dass eine kumulierende Exposition mit mehreren Phthalaten das Risiko für gesundheitliche Effekte erhöht, ist es dringend geboten, die weiteren Belastungspfade mit Phthalaten zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

**Bisphenol A** wurde in 99 % der Urinproben der Kinder in Deutschland nachgewiesen. Auch für das Bisphenol A (BPA) lässt sich eine Abnahme des mittleren Gehaltes im Urin mit zunehmendem Lebensalter feststellen. Außerdem ist die Exposition von Kindern aus Familien mit Migrationshintergrund signifikant geringer. Der vorkommende Wertebereich entspricht etwa dem, wie er in den USA bestimmt wird.

Stellt man trotz der vorhandenen und auch begründeten Vorbehalte auch für das BPA überschlägige Aufnahmerechnungen an, so ergibt sich, dass 95 % der Kinder weniger BPA als 0,22 bzw. 0,37 µg/kgKG/d aufnehmen. Gemessen an dem kürzlich von der EFSA definierten TDI von 50 µg/kgKG/d ist diese Aufnahme gering.

Auch die untersuchten polaren **Metabolite des Phenanthrens** (1,2-Phen-diol, 9,10-Phen-diol, 1,2,3,4-Phen-tetrol) sind in allen Urinproben der Kinder in Deutschland nachweisbar. Die vorkommenden Gehalte sind deutlich höher als die des bisher zur Feststellung einer Exposition mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) untersuchten 1-Hydroxypyrens oder die der Phenanthrole. Für die PAK-Belastung durch das Passivrauchen ist gemäß den Ergebnissen dieser Studie das 9,10-Phen-diol der vergleichsweise am besten geeignete Biomarker.

## Summary

The German Environmental Survey for Children (GerES IV) was the first survey to determine on a representative basis contaminant levels in children in Germany and in their homes. GerES IV is a module of the German Health Interview and Examination Survey (German acronym: KiGGS) and was carried out in close cooperation with the Robert Koch Institute (RKI). It used a randomly selected subsample from KiGGS composed of 1 790 children 3 to 14 years of age from 150 locations.

Human biomonitoring was a main element of GerES IV. In the course of the survey, new analytical possibilities and findings made it seem desirable to broaden the spectrum of substances and groups of substances covered. The study programme was therefore extended to include determination of urinary concentrations of phthalate metabolites, bisphenol A and specific metabolites of phenanthrene.

The objective of the investigations was to describe and evaluate exposure of children in Germany to phthalates, bisphenol A and phenanthrene on a representative basis. **Table S 1** gives an overview of the urinary concentrations determined.

**Tab. S1: Bisphenol A and metabolites of phthalates and phenanthrene in urine of German children in µg/l**

	LOQ	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	CI GM
<b>Phthalate metabolites</b>											
<b>MnBP</b>	1.00	599	40.9	93.4	236	310	397	1090	122	<b>95.6</b>	90.4 - 101
<b>MiBP</b>	1.00	599	44.4	88.1	223	308	459	2050	123	<b>94.3</b>	89.2 - 99,7
<b>MBzP</b>	0.25	599	5.7	18.1	53.4	76.2	131	468	27.0	<b>17.5</b>	16.2 - 18,8
<b>MEHP</b>	0.25	599	2.3	6.7	16.2	25.1	37.8	319	9.49	<b>6.39</b>	5.97 - 6,84
<b>5OH-MEHP</b>	0.25	599	20.6	46.0	110	164	252	3640	69.2	<b>47.9</b>	45.1 - 50,8
<b>5oxo-MEHP</b>	0.25	599	15.7	36.3	87.5	123	173	2490	52.5	<b>37.0</b>	34.9 - 39,3
<b>5cx-MEPP</b>	0.25	599	27.4	61.4	151	209	313	4490	88.6	<b>62.5</b>	58.9 - 66,2
<b>2cx-MMHP</b>	0.25	599	8.3	20.4	51.7	76.7	106	1080	30.3	<b>20.8</b>	19.6 - 22,2
<b>7OH-MMeOP</b>	0.25	599	3.8	11.0	37.6	50.6	72.0	198	16.9	<b>11.2</b>	10.5 - 12,1
<b>7oxo-MMeOP</b>	0.25	599	1.8	5.4	19.1	28.9	44.5	86.7	8.80	<b>5.43</b>	4.99 - 5,90
<b>7cx-MMeHP</b>	0.25	599	5.0	12.7	42.5	58.9	96.1	195	20.2	<b>13.8</b>	12.9 - 14,8
<b>Bisphenol A</b>											
<b>BPA</b>	0.15	599	0.83	2.74	9.51	14.0	22.8	205	4.77	<b>2.66</b>	2.44 - 2,89
<b>Phenanthrene metabolites</b>											
<b>1,2-Phen-diol</b>	0.10	154	0.24	1.10	2.81	3.78	7.48	12.3	1.42	<b>0.92</b>	0.79 - 1.07
<b>9,10-Phen-diol</b>	0.06	154	0.16	0.53	1.49	2.15	3.95	4.58	0.74	<b>0.51</b>	0.44 - 0.59
<b>Phen-tetrol</b>	0.02	154	0.37	1.09	2.27	2.84	3.26	3.85	1.26	<b>1.06</b>	0.95 - 1.17

Notes: LOQ = limit of quantification; N = sample size; P10, P50, P90, P95, P98 = percentiles; MAX = maximum value; AM = arithmetic mean; GM = geometric mean; CI GM = 95%-confidence interval for GM.

Source: Federal Environment Agency; German Environmental Survey on Children 2003/06

The **phthalate metabolites** measured were detectable in nearly all of the children's urine samples, which illustrates the pronounced exposure to phthalates. In terms of total concentrations of the relevant metabolites, exposure to DEHP was highest, followed by DnBP or DiBP and DiNP. Exposure to BBzP was relatively low.

The metabolite concentrations were higher than those of children from the USA. This is the only other country in which systematic studies similar to those in Germany have been performed. The concentrations show at least a tendency of decreasing with increasing age. This effect is typical of pollutants mainly taken up via food.

The HBM I value for DEHP was exceeded in 1.5% of the children. Specifically for the phthalates this result shows that exposure of small children to DEHP in particular has to be reduced. This seems also true for DnBP and DiBP. Since it can be assumed that a high exposure to more than one phthalate increases health risk exposure sources have to be identified and minimized.

**Bisphenol A** was detected in 99 % of the urine samples of children in Germany. A decrease in the mean urinary concentration with increasing age was also found for bisphenol A (BPA). In addition, exposure was significantly lower for children from families with a migrant background. The range of levels measured roughly corresponds to that determined in the USA.

The polar **phenanthrene metabolites** studied (1,2-phen-diol, 9,10-phen-diol, 1,2,3,4-phen-tetrol) were likewise detected in all urine samples from children in Germany. Measured levels are markedly higher than those of 1-hydroxypyrene, which has been used in the past to evaluate exposure to PAHs, or of the phenantrols. The results of our study suggest that 9,10-phen-diol is the comparably best-suited biomarker for PAH exposure to environmental tobacco smoke.

# 1 Ziel und Aufgabenstellung

Vorbeugender Gesundheitsschutz und die wissenschaftliche Bearbeitung von Fragen zu dem Zusammenhang zwischen Umwelteinflüssen und Gesundheitsbeeinträchtigungen bedürfen der laufenden Beobachtung der Belastung der Bevölkerung durch Umweltschadstoffe. Hierzu sind möglichst repräsentative Bevölkerungsstudien notwendig, die eine wichtige Säule für die gesundheitsbezogene Umweltbeobachtung darstellen.

Aus diesem Grund wurde vom Umweltbundesamt seit Mitte der 80er Jahre der Umwelt-Survey durchgeführt. Der Umwelt-Survey ist eine bevölkerungsrepräsentative umwelt-epidemiologische Studie, die an einer zufällig ausgewählten Querschnittsstichprobe der Bevölkerung in Deutschland durchgeführt wurde. Mit dem Umwelt-Survey konnten Daten zur korporalen Belastung der Bevölkerung mit Umweltschadstoffen für eine umweltbezogene Gesundheitsbeobachtung und -berichterstattung auf nationaler Ebene bevölkerungsrepräsentativ bereitgestellt bzw. aktualisiert werden.

Im Zeitraum von 2003 bis 2006 wurde der Kinder-Umwelt-Survey (KUS, Studie zur „Umweltbelastung von Kindern in Deutschland“) des Umweltbundesamtes (UBA) als Modul in Kooperation und Anbindung an den „Nationalen Gesundheitssurvey für Kinder und Jugendliche“ (Kinder- und Jugendgesundheitsurvey, KIGGS) des Robert Koch-Instituts (RKI) durchgeführt. Auch der KUS ist eine groß angelegte Studie, die zum Ziel hat, die Umweltbelastung der Kinder in Deutschland auf repräsentativer Basis zu ermitteln. Zentrales Instrument ist das Human-Biomonitoring, das heißt, die Untersuchung von menschlichen Geweben und Körperflüssigkeiten auf Schadstoffe. Im KUS wurden daher Blut- und Urinproben genommen, untersucht und eingelagert. Diese standen somit für nachträgliche Untersuchungen weiterer Schadstoffe zur Verfügung.

Im Verlauf der Durchführung des KUS führten neue analytische Möglichkeiten und fachliche Erkenntnisse zu dem Wunsch, das Spektrum der berücksichtigten Stoffe und Stoffgruppen zu erweitern. In das Untersuchungsprogramm des KUS wurden daher die Bestimmungen von Phthalatmetaboliten, Bisphenol A und speziellen Phenanthren-metaboliten im Urin der Kinder aufgenommen.

Wesentliches Ziel der Untersuchungen ist es, die Belastung der Kinder in Deutschland mit Phthalaten, Bisphenol A und Phenanthren auf repräsentativer Basis zu beschreiben und zu bewerten. Die Deskription nach Gliederungsmerkmalen soll zudem Hinweise auf Belastungspfade liefern. Speziell bei den Phenanthrenmetaboliten soll zusätzlich ein Beitrag zur Aufklärung des Metabolismus bei Kindern geleistet werden.

Der Kinder-Umwelt-Survey wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Die Ethikkommission der Charité - Universitätsmedizin Berlin und die Bundes- sowie die Länderbeauftragten für Datenschutz stimmten dem gemeinsamen Vorhaben zu. Die Feldarbeit wurde vom Robert Koch-Institut, Berlin, durchgeführt.



## 2 Die untersuchten Schadstoffe

In eingelagerten Urinproben des Kinder-Umwelt-Surveys wurden Metabolite der Phthalate, Bisphenol A und spezielle zusätzliche Metabolite des polyzyklischen Kohlenwasserstoffes Phenanthren untersucht. Im Folgenden wird kurz auf die Bedeutung dieser Stoffe und den wissenschaftlichen Stand im Hinblick auf die korporale Belastung von Kindern eingegangen.

### 2.1 Phthalate

Phthalate werden seit geraumer Zeit als umweltmedizinisch bedenkliche Schadstoffe angesehen. Einige Phthalate wie z.B. DEHP, DINP/DIDP, DBP und BBzP stehen im Verdacht, kanzerogen, teratogen und endokrin wirksam zu sein, wobei entwicklungs- und reproduktionstoxische Effekte vermutlich die wesentlichsten Wirkungen darstellen.

DEHP (Di(2-ethylhexyl)phthalat) war bis 2003 der klassische Weichmacher für PVC und findet sich in PVC-Produkten wie Bodenbelägen, Rohren und Kabeln, Teppichböden, Fußboden- und Wandbelägen, Schuhsohlen, Vinylhandschuhen und weiteren Bedarfsgegenständen. DEHP ist außerdem Bestandteil von Dispersionen, Farben und Lacken, Emulgatoren, (Lebensmittel)-Verpackungen und Medizinprodukten.

Ab 2003 wurde DEHP zunehmend durch DiNP; DiDP (Di-iso-nonylphthalat / Di-isodecylphthalat) abgelöst. 95 % der jährlich in der EU hergestellten Menge von ca. 500.000 t wird in der PVC-Produktion eingesetzt. Außerdem finden in nicht unwesentlichen Mengenanteilen die Phthalate DBP (Dibutylphthalat) und BBzP (Butylbenzylphthalat) Anwendung. Beide Phthalate werden ebenfalls in der Produktion von PVC und anderen Kunststoffen eingesetzt. DBP wird außerdem für die Produktion von Latex, Polyvinylacetat-Emulsionen, als Lösungsmittel in Tinten, Färbemitteln, Dichtstoffen sowie in verbrauchernahen Produkten wie Biozid-Formulierungen, Kosmetika und Medizinprodukten verwendet. BBzP findet für Lebensmittelverpackungen, Förderbänder der Lebensmittelindustrie, Vinylhandschuhe und Kunstleder Verwendung.

Um die Belastung des Menschen mit Phthalaten nachzuweisen, werden nicht die Phthalate selbst, sondern ihre Abbauprodukte (Metabolite) im Urin bestimmt. Die analytischen Nachweisverfahren werden seit einiger Zeit entwickelt. Erste Untersuchungen an einem kleinen deutschen Probandenkollektiv ergaben bedenkliche Resultate. Bei 31 % bzw. 12 % der untersuchten Probanden wurde aufgrund der Gehalte der Metabolite im Urin eine tägliche Aufnahme von DEHP über dem TDI (tolerable daily intake) bzw. der RfD (reference dose) geschätzt (Koch et al. 2003b).

Vor diesem Hintergrund und in der Absicht, möglichst schnell aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, hat das Umweltbundesamt bereits gewonnene Urinproben aus der Pilotstudie des Kinder-Umwelt-Surveys 2001/2002 auf DEHP-, DBP- (Dibutylphthalat) und BBzP (Butylbenzylphthalat)-Metabolite untersuchen lassen. Die Ergebnisse bestätigten, dass die Belastungen bei den untersuchten Kindern in gleicher Größenordnung lagen wie in der oben genannten Studie von Koch et al. (Becker et al. 2004).

Aufgrund dieser Ergebnisse sowie fehlender Expositionsdaten für weitere Phthalate bei Kindern sollte im Rahmen der Hauptphase des Kinder-Umwelt-Surveys (KUS) ein repräsentatives Unterkollektiv von 600 Kindern auf ihre Gehalte an Phthalat-Metaboliten im Urin untersucht werden. Die Ergebnisse sollen eine repräsentative Beschreibung der Phthalatbelastung von Kindern in Deutschland ermöglichen.

## 2.2 Bisphenol A

Bisphenol A (BPA oder 2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)propan) wird seit über 40 Jahren in der Polymerchemie zur Herstellung von Polycarbonaten und Epoxidharzen eingesetzt. Die Produktionsmenge von Bisphenol A (BPA) in der EU beträgt 700.000 t, weltweit sind es jährlich 2,9 Mio. t (Niedersächsisches Umweltministerium 2006).

Polycarbonate werden wegen ihrer sehr guten Gebrauchseigenschaften (Durchsichtigkeit, gute Beständigkeit gegenüber Chemikalien und erhöhten Temperaturen) in vielen verbrauchernahen Produkten eingesetzt. Dazu gehören beispielsweise Lebensmittelverpackungen, Innenbeschichtungen von Getränke- und Konservendosen, Kunststoff- und Mikrowellengeschirr sowie Babyflaschen, aber auch CDs, Armaturen und Kunststoffteile in Kraftfahrzeugen. Epoxidharze werden vielfach in Klebern, Schutzbeschichtungen, Anstrichen, Strukturverbundbeschichtungen, Leiterplatten, elektronischen Bauteilen, Webstoffen und Kosmetika verwendet. In seiner Grundform wird Bisphenol A zum Beispiel in Zahnfüllungen und Thermopapier eingesetzt. Außerdem wird es als Antioxidans und Inhibitor für die Herstellung von PVC verwendet.

Bisphenol A besitzt eine nur geringe akute Giftigkeit. Es besitzt allerdings im Organismus eine hormonähnliche (östrogene) Wirkung und gehört damit zu den endokrinen Disruptoren. Die Wirkung auf die menschliche Gesundheit wurde in vielen internationalen Studien untersucht, allerdings mit zum Teil widersprüchlichen, aber auch schwer interpretierbaren Ergebnissen.

So wie die Phthalate wird auch Bisphenol A im menschlichen Körper relativ schnell umgewandelt. Im Urin lässt sich daher je nach analytischem Verfahren freies BPA, der Metabolit BPA-gluc oder die Summe der beiden Stoffe nachweisen. Bisher hat es aber national und international nur sehr wenige Untersuchungen zur Belastung des Menschen mit BPA und/oder seinem Metabolit BPA-gluc gegeben. Es gibt auch keine repräsentativen Daten über die tatsächliche Belastung der Bevölkerung in Deutschland. Insbesondere fehlen Daten zur Belastung von Kindern.

## 2.3 Phenanthrenmetabolite

Eine Substanzgruppe mit verschiedenen eindeutig bei Tier oder Mensch Krebs erregenden Vertretern ist die der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK). PAK entstehen bei unvollständigen Verbrennungsprozessen organischen Materials und sind in der Umwelt als Verunreinigungen der Luft, des Wassers und des Bodens weit verbreitet. Einzelfeuerungen mit Kohle, Abgas von Kraftfahrzeugen, Kokereien, Stahl- und Aluminiumwerke sowie die Erdöl verarbeitende Industrie tragen zur ubiquitären Verbreitung bei (Kommission Human-Biomonitoring 2005). PAK treten in der Umwelt stets als Gemische auf, die bis zu mehrere 100 Einzelstoffe enthalten können.

PAK sind im Hinblick auf die Belastung von Kindern von besonderem Interesse, denn es gibt Hinweise auf eine im Vergleich zu Erwachsenen höhere Empfindlichkeit von Kindern und eine altersabhängige Kanzerogenese (Schneider 1999). Im Rahmen des EU-weiten ACCIS-Projektes wurde nach Auswertung von Daten aus 63 Krebsdatenbanken außerdem eine Zunahme der Krebsraten bei Kindern und Erwachsenen seit den 70er Jahren statistisch nachgewiesen (Steliarova-Foucher et al. 2004). Dennoch wird in der wissenschaftlichen Fachwelt eine Zunahme von Krebserkrankungen bei Kindern meist kontrovers diskutiert (EEA 2005). Vor diesem Hintergrund ist es von besonderem Interesse, die PAK-Belastung der Kinder in Deutschland möglichst umfassend zu ermitteln.

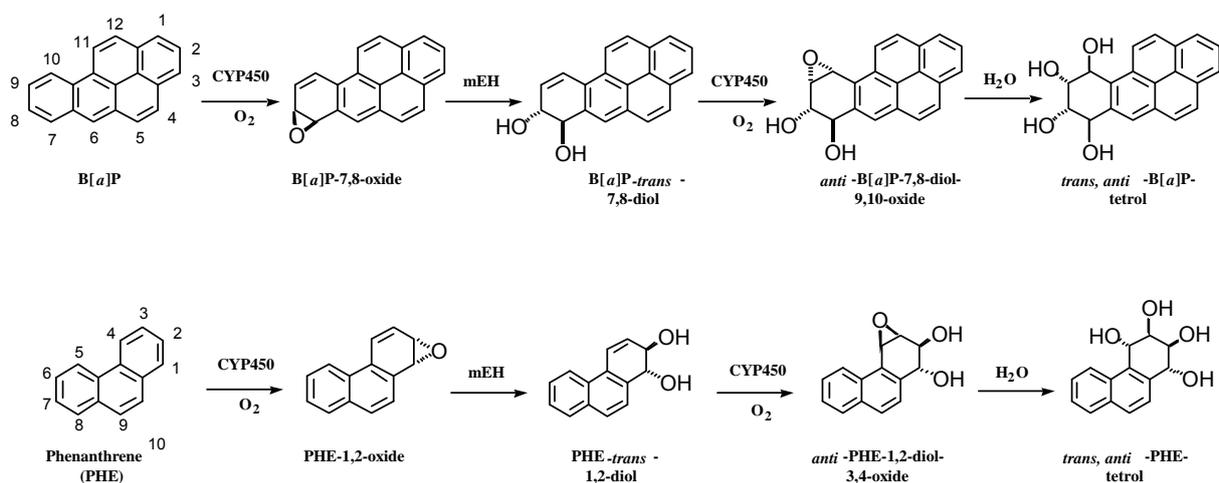
Eine PAK-Exposition ist immer durch eine Exposition gegenüber einer Mischung verschiedener Substanzen gekennzeichnet. Als Biomarker kommen vorrangig PAK mit niedrigem Molekulargewicht in Betracht (Naphthalin, Phenanthren und Pyren), da deren Metaboliten vor allem mit dem Urin ausgeschiedenen werden. Die Exkretion der Stoffwechselprodukte der PAK mit höherem Molekulargewicht erfolgt überwiegend über die Faeces. Das Dilemma des Biomonitorings bei den PAK ist nun, dass die Marker der stärker kanzerogenen PAK, die eigentlich für das Biomonitoring die interessanteren wären, aufgrund der extrem geringen Konzentrationen nicht einfach im Urin zu bestimmen sind.

Der klassische Biomarker für eine PAK-Exposition ist daher der Pyrenmetabolit 1-OH-Pyren (1-OH-Pyr). Aufgrund des relativ hohen Anteils in PAK-Gemischen und der vergleichsweise hohen Ausscheidung an Metaboliten im Urin spielt auch Phenanthren als Biomarker eine Rolle. Im Basisprogramm des Kinder-Umwelt-Surveys wurden die Urinproben der Kinder daher auf ihre Gehalte an 1-OH-Pyren (1-OH-Pyr) und die Gehalte der Phenanthrole (1-OH-Phen, 2/9-OH-Phen, 3-OH-Phen und 4-OH-Phen) untersucht. Diese Metabolite werden üblicherweise zur Feststellung einer PAK-Exposition bestimmt. Die Ergebnisse wurden bereits veröffentlicht (Becker et al. 2007).

Im Rahmen der hier beschriebenen Untersuchungen sollten ergänzend die Phenanthrenmetabolite 1,2-Phenanthrendihydrodiol (1,2-Phen-diol), 9,10-Phenanthrendihydrodiol (9.10-Phen-diol) und Phenanthren-1,2,3,4-tetrol (Phen-tetrol) bestimmt werden. Die Bestimmung dieser zusätzlichen Phenanthrenmetabolite ist insofern interessant, als der Mutterkohlenwasserstoff starke strukturelle Ähnlichkeiten mit dem Benzo[a]pyren (BaP) aufweist, das als Leitverbindung kanzerogener PAK gilt.

Dies ist dadurch bedingt, dass sowohl BaP als auch Phenanthren eine für die biologische Wirkung wichtige Bay-Region besitzen, so dass der Stoffwechselweg für beide PAK eine strukturelle Analogie aufweist und unter Einwirkung der gleichen Enzyme erfolgt (Hecht et al. 2003; Kim et al. 1999; Bauer et al. 1995; Shimada et al. 1996; Shimada et al. 1999; Shou et al. 1994). In **Abbildung 2.1** ist der jeweilige Metabolismus dargestellt und die Ähnlichkeit wird deutlich. Erkenntnisse zum Metabolismus des Phenanthrens lassen sich somit zumindest teilweise auf das BaP übertragen.

Generell wirken PAK als so genannte indirekte Kanzerogene, die erst durch Verstoffwechslung zu reaktiven Metaboliten ihre mutagenen und kanzerogenen Eigenschaften entwickeln. Als hochgradig kanzerogene Verbindungen gelten insbesondere die Dihydrodiolepoide (Kommission Human-Biomonitoring 2005). Demgegenüber ist die Bildung und Ausscheidung von Phenolen der PAK als ein Detoxifizierungsweg im Metabolismus von PAK zu bewerten. Als Ausscheidungsprodukte und somit als Biomarker für den Stoffwechselweg zu Bay-Region Dihydrodiolepiden sind die intermediären *trans*-Dihydrodiol- und die durch Hydrolyse aus den *anti*-Dihydrodiolepiden entstehenden Tetrole geeignet (**Abb. 2.1**).



**Abb. 2.1:** Stoffwechsel des Benzo[a]pyrens und des Phenanthrens zu Bay-Region-Dihydrodiolepiden und ihre Hydrolyse zu Tetrolen

( nach Hecht et. al. 2003)

Während Tetrole des kanzerogenen BaP nur in äußerst geringen Konzentrationen im Urin mit einer sehr aufwendigen Analytik nachzuweisen sind (Wu et al. 2002), können die analogen Stoffwechselprodukte des Phenanthrens, das 1,2-Phenanthrendihydrodiol und das Tetrol, aufgrund ihrer viel höheren Konzentrationen im Urin sicherer bestimmt werden (Grimmer et al. 1993; Jacob et al. 1999; Hecht et al. 2003).

Der Grund für die Berücksichtigung von Phenanthrendihydrodiolen im Human-Biomonitoring ist auch, dass insbesondere das 1,2- und das 9,10-Phen-diol einen erheblichen Anteil an der Gesamtausscheidung von Phenanthrenmetaboliten ausmachen und das 1,2-Phen-diol zusammen mit dem Phen-tetrol den Aktivierungsweg von PAK reflektiert.

Darüber hinaus lässt sich bei Erwachsenen anhand des spezifischen Metabolitenprofils des Phenanthrens feststellen, ob es sich um einen Raucher oder Nichtraucher handelt (Induktionseffekte durch Inhaltstoffe des Tabakrauchs). Auch bei einer zusätzlichen PAK-Exposition an niedrig belasteten Arbeitsplätzen lässt sich dieser Sachverhalt aus dem Metabolitenprofil des Phenanthrens ablesen. Dazu wird das Verhältnis aus der Summe der Metaboliten in 1,2-Position und der Summe der Metaboliten in 3,4-Position ermittelt. Bei sehr hoher PAK-Exposition hingegen, wie z.B. bei Kokereiarbeitern, geht dieser Unterschied zwischen Rauchenden und Nichtrauchenden verloren (Jacob et al. 1999; Seidel 2001).

Phenanthren ist sehr oft eine Hauptkomponente in PAK-Gemischen und seine Metabolite werden in vergleichsweise großer Menge mit dem Urin ausgeschieden, wobei allein die Ausscheidung des Phen-tetrols in der Allgemeinbevölkerung so hoch ist wie die aller fünf Phenanthrole zusammen (Seidel et al. 2005). Daher könnte es möglich sein, dass mit der Bestimmung der Phenanthrendihydrodirole ein besserer Nachweis der Passivrauchbelastung von Kindern möglich ist. Bisher konnte diese mit den zu Phenanthrolen erhaltenen Daten des Kinder-Umwelt-Survey und auch in anderen Studien an Erwachsenen und Kindern nicht eindeutig nachgewiesen werden (Heudorf und Angerer 2001, Angerer et al. 1997, Jacob et al. 1999).

Von Hecht et al. (2005) wurde vorgeschlagen, das Verhältnis Phen-tetrol zur Summe der fünf Phenanthrole als ein von der Belastung unabhängiges Maß für die unterschiedliche metabolische Effektivität, PAK zu Dihydrodirolepoxiden zu aktivieren (unterschiedlicher Phänotyp), heranzuziehen. Es ist von besonderem Interesse zu untersuchen, ob sich der kindliche Metabolismus von dem Erwachsener unterscheidet. Verschiedene Tierversuche legen für bestimmte genotoxische Kanzerogene – so auch für die PAK - eine höhere Empfindlichkeit des juvenilen im Vergleich zum adulten Organismus nahe (Schneider et al. 2002).

Kinder haben in ihrer Entwicklung für Schadstoffe unterschiedliche zeitliche Fenster mit besonderer Empfindlichkeit (Schneider et al. 2002). Der Kinder-Umwelt-Survey bietet mit seinem Kollektiv der 3- bis 14-jährigen Kinder die Möglichkeit anhand des Metabolitenprofils des Phenanthrens eine solche Suszeptibilität von Kindern aufzudecken und die Belastungen in den verschiedenen Altersgruppen zu vergleichen.



## 3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Im Folgenden erfolgt eine Darstellung des Studiendesigns, der chemisch analytischen und der statistischen Verfahren des Kinder-Umwelt-Surveys (KUS), soweit dies als Grundlage für das Verständnis der vorliegenden Teilauswertung erforderlich ist.

### 3.1 Studiendesign

Der Kinder-Umwelt-Survey (KUS) wurde an einer zufällig ausgewählten Unterstichprobe aus den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Nationalen Kinder- und Jugendgesundheits-survey (KiGGS) des Robert Koch-Institutes (RKI) durchgeführt (Kurth et al. 2002, Kamtsiuris et al. 2007).

Zielpopulation des KiGGS waren die in der Bundesrepublik Deutschland lebenden und in den Einwohnermelderegistern mit Hauptwohnsitz gemeldeten Kinder und Jugendlichen im Alter zwischen 0 und 17 Jahren. Davon ausgeschlossen waren Kinder und Jugendliche, die in Einrichtungen, wie z.B. Krankenhäusern, Heil- und Pflegeanstalten, lebten. Für die Abbildung der Grundgesamtheit der Kinder in Deutschland hat das RKI in Kooperation mit dem Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen (ZUMA) Mannheim eine zweistufig geschichtete Zufallsauswahl (stratified multi-stage probability sample) gezogen.

Mit einer Teilnahmequote von 77,3 % der angesprochenen Probanden wurde für den KUS eine Unterstichprobe von 1.790 zufällig ausgewählten Kindern untersucht. Bezogen auf die Teilnahmequote der 3- bis 14-Jährigen im KiGGS, die bei 67,7 % lag, beträgt die Ausschöpfungsrate des KUS 52,6 %. Insgesamt nahmen 907 Mädchen und 883 Jungen im Alter von 3 bis 14 Jahren aus 150 Gemeinden bzw. Untersuchungsorten am KUS teil. Darunter befanden sich 232 (12,9%) Kinder mit Migrationshintergrund (Schenk et al. 2007, Schult et al. 2008).

Die Untersuchungen des körpereigenen Materials (Human-Biomonitoring) stellen den Schwerpunkt des Kinder-Umwelt-Surveys dar. Durch zusätzliche Probenahmen und Messungen in der Wohnung sowie Befragungen zu persönlichen umwelt- und gesundheitsrelevanten Verhaltensweisen, zur Wohnausstattung und -umgebung wurde das Untersuchungsprogramm ergänzt (Schulz et al. 2004).

Alle durchzuführenden Untersuchungen, Messungen, Befragungen etc. des KiGGS und KUS waren detailliert in einem gemeinsamen von RKI und UBA entwickelten Operationshandbuch niedergelegt. In dem Handbuch waren ferner das gesamte Projektmanagement, die Aufgaben der Teammitglieder, der Ablauf der Feldarbeit sowie die Maßnahmen der Qualitätssicherung beschrieben (Hölling et al. 2007). Die Qualität der Feldarbeit wurde durch interne und externe Kontrollen sowie durch die Umsetzung der aus den Kontrollen resultierenden Vorschläge zur Optimierung der Feldarbeit gesichert (Wolf et al. 2004).

### 3.2 Probenahmen und Laboruntersuchungen

Die Morgenurinproben sammelten die Kinder, wenn nötig mit Hilfe der Eltern am Morgen des Untersuchungstermins und diese wurden dem Umweltinterviewer im Laufe des Tages ausgehändigt. Die Proben wurden im KUS Basisprogramm bereits auf eine Vielzahl von Schadstoffen untersucht. Unverbrauchte Reste wurden als Rückstellproben eingelagert und standen so für eine Analyse der Phthalatmetabolite, des Bisphenol A und der Phenanthrenmetabolite zur Verfügung.

Wegen begrenzter finanzieller Mittel konnten bei einigen Schadstoffgruppen, die im KUS Basisprogramm untersucht wurden, nicht sämtliche der Urinproben der Kinder berücksichtigt werden. Zur Analyse diverser Stoffe wurde daher eine Unterstichprobe von 600 Proben zufällig ausgewählt (Becker et al. 2007). Soweit ausreichend Urin vorhanden war, wurden genau diese Urine auch auf die Phthalatmetabolite und Bisphenol A analysiert. Wenn nicht mehr genug Urin vorhanden war, wurden die Urine anderer Kinder herangezogen. Bei der Auswahl wurde berücksichtigt, dass der während des Hausbesuchs ausgefüllte Fragebogen aus dem KUS vorlag und die 63 µm-Fraktion des gesiebten Hausstaubs bereits auf Phthalate analysiert wurde.

Die chemisch-analytische Bestimmung der Phthalate und des Bisphenol A in den Urinen erfolgte an der Universität Erlangen am Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin (IPASUM). Zur Bestimmung der Metabolite wurde das vom Auftragnehmer entwickelte, allerdings um weitere Parameter ergänzte, Analyseverfahren verwendet (Koch et al. 2003a). Als Untersuchungstechnik wurde die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie mit Tandem-Massenspektrometrie (LC-MS/MS) verwendet. Die Quantifizierung erfolgte mittels externer Referenzproben, welche parallel analysiert wurden und die jeweiligen Analyten in definierter Konzentration enthielten. Eine Ausnahme stellt hierbei das 2-cx-MMHP dar, welches aufgrund fehlender Referenzsubstanz anhand des 5-cx-MEPP-Standards quantifiziert wurde und deshalb einen unbekanntem Bias aufweisen könnte (Koch et al. 2007a). In **Tabelle 3.1** sind die analysierten Phthalatmetabolite zusammengefasst und ihren Ausgangssubstanzen gegenüber gestellt.

**Tab. 3.1: Phthalate und Metabolite des Untersuchungsprogramms**

Phthalat	Metabolite	
DnBP	MnBP	Mono-n-butylphthalat
DiBP	MiBP	Mono-iso-butylphthalat
BBzP	MBzP	Mono-benzylphthalat
DEHP	MEHP 5OH-MEHP 5oxo-MEHP 5cx-MEPP 2cx-MMHP	Mono(2-ethylhexyl)phthalat Mono(2-ethyl-5-hydroxyhexyl)phthalat Mono(2-ethyl-5-oxohexyl)phthalat Mono(2-ethyl-5-carboxypentyl)phthalat Mono(2-carboxymethyl-hexyl)phthalat
DiNP	7OH-MMeOP oder OH-MINP 7oxo-MMeOP oder oxo-MINP 7cx-MMeHP oder cx-MINP	Mono(4-methyl-7-hydroxyoctyl)phthalat Mono(4-methyl-7-oxo-octyl)phthalat Mono(4-methyl-7-carboxyheptyl)phthalat

Die Untersuchungen wurden von Maßnahmen der internen und externen Qualitätskontrolle begleitet, wodurch die Zuverlässigkeit der Ergebnisse kontrolliert, dokumentiert und bestätigt werden konnte. Die Ergebnisse der internen Qualitätskontrolle für den Messzeitraum von Mai 2007 bis Februar 2008 sind in den **Tabellen 3.2 bis 3.4** dargestellt.

**Tab. 3.2: Variation der Messergebnisse der Qualitätskontrollproben der DnBP-, DiBP- und BBzP-Metabolite**

Phthalat	Metabolit	N	BG (µg/l)	AM (µg/l)	VK (%)
DnBP	MnBP	25	1,00	60,15	10,9
DiBP	MiBP	25	1,00	53,99	13,6
BBzP	MBzP	25	0,25	25,01	10,2

Anmerkung: N = Probenzahl; BG = Bestimmungsgrenze; AM = arithmetisches Mittel; VK = Variationskoeffizient

**Tab. 3.3: Variation der Messergebnisse der Qualitätskontrollproben der DEHP-Metabolite**

Phthalat	Metabolit	N	BG (µg/l)	AM (µg/l)	VK (%)
DEHP	5OH-MEHP	25	0,25	67,74	8,5
DEHP	5oxo-MEHP	25	0,25	53,18	8,5
DEHP	5cx-MEPP	25	0,25	83,76	7,8
DEHP	2cx-MMHP	25	0,25	40,61	15,1
DEHP	MEHP	25	0,25	14,76	11,5

Anmerkung: N = Probenzahl; BG = Bestimmungsgrenze; AM = arithmetisches Mittel; VK = Variationskoeffizient

**Tab. 3.4: Variation der Messergebnisse der Qualitätskontrollproben der DiNP-Metabolite**

Phthalat	Metabolit	N	BG (µg/l)	AM (µg/l)	VK (%)
	7OH-MMeOP	25	0,25	87,94	8,8
	7oxo-MMeOP	25	0,25	49,42	8,6
	7cx-MMeHP	25	0,25	52,97	6,7

Anmerkung: N = Probenzahl; BG = Bestimmungsgrenze; AM = arithmetisches Mittel; VK = Variationskoeffizient

Die Bestimmung von Bisphenol A in den Urinproben erfolgte in Anlehnung an eine von Arakawa und Mitarbeitern (2004) veröffentlichte Methode unter Verwendung der Kopplung von Kapillargaschromatographie und Tandem-Massenspektrometrie (GC-MS/MS). Dabei werden die im Urin vorliegenden Bisphenol A-Konjugate enzymatisch gespalten. Anschließend erfolgt die Extraktion des Bisphenol A mittels Festphasenextraktion an ISOLUTE 101. Nach Elution mit Acetonitril und Toluol (3:1) und Einengen des Eluats wird mit N-tert-5utyldimethylsilyl-N-methyltrifluoracetamid (MTBSTFA) derivatisiert.

Auch hier erfolgte die Quantifizierung mit externen Standardproben, die parallel zu den Untersuchungsproben analysiert wurden und die den Analyten in definierter Konzentration enthielten. Die Produktlösung wird nach Resuspension und wiederholtem Einengen der GC-MS/MS-Analyse zugeführt. Die Zuverlässigkeitskriterien sind durch einen Variations-

koeffizienten für die Präzision in der Serie von 3,1 % und einem Variationskoeffizienten für die Präzision von Tag zu Tag von 4,2 % (ca. 45 µg/l bzw. 8,3 % bei ca. 2,8 µg/l) sowie einer Wiederfindung im Bereich von 79 bis 106 % und einer Nachweisgrenze von 0,15 µg/l ermittelt worden. Im Analysezeitraum von November 2007 bis Februar 2008 wurde aus 41 Messungen eines Standards (3,3 µg/l) ein Variationskoeffizient von 8,7 % ermittelt.

Die Bestimmung der Phenanthrenmetaboliten erfolgte am BIU (Biochemisches Institut für Umweltcarcinogene (Prof. Dr. Gernot Grimmer-Stiftung) in Großhansdorf. Die Bestimmung der PAK-Metabolite 1,2-Phenanthrendihydrodiol (1,2-Phen-diol), 9,10-Phenanthrendihydrodiol (9,10-Phen-diol) und Phenanthren-1,2,3,4-tetrol (Phen-tetrol) erfolgte in 150 Proben.

Die Auswahl der 150 Proben erfolgte zufällig aus den 600 Proben, in denen auch die Phthalatmetabolite bestimmt wurden. Die einzige einschränkende Bedingung war, dass ein Probenvolumen von mindestens 10 ml benötigt wurde.

Derzeit steht in Deutschland für die Analyse der Phenanthrenmetabolite 1,2-Phenanthrendihydrodiol (1,2-Phen-diol), 9,10-Phenanthrendihydrodiol (9,10-Phen-diol) und Phenanthren-1,2,3,4-tetrol (Phen-tetrol) ein von Jacob et al. (1999) veröffentlichtes Verfahren zur Verfügung. Das Verfahren basiert für alle Analyte auf einer enzymatischen Spaltung mit „clean-up“, anschließender Derivatisierung zu den entsprechenden Methyletherderivaten und Messung mit der Gaschromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie (GC-MS) (Seidel et al. 2005).

**Tab. 3.5: Variation der Messergebnisse der Qualitätskontrollproben der Phenanthrenmetabolite**

Metabolit	N	BG (µg/l)	AM (µg/l)	VK (%)
1,2-Phen-diol	6	0,10	9,24	4,35
9,10-Phen-diol	6	0,06	0,94	4,48
Phen-tetrol	6	0,02	3,86	2,87

Anmerkung: N = Probenzahl; BG = Bestimmungsgrenze; AM = arithmetisches Mittel; VK = Variationskoeffizient

Die Bestimmungsgrenzen des Verfahrens betragen 0,10 µg/l für 1,2-Phen-diol, 0,06 µg/l für 9,10-Phen-diol und 0,02 µg/l für Phen-tetrol. Im Analysezeitraum von Februar bis März 2008 ergab die Qualitätskontrolle die in der **Tabelle 3.5** dargestellten Ergebnisse.

### 3.3 Statistische Auswertungen

Die Stichprobe des KUS ist eine nach den Merkmalen Lebensalter, Geschlecht, neue / alte Bundesländer und Gemeindegröße repräsentative, randomisiert gezogene Personenstichprobe. Die in dieser Auswertung untersuchten Teilstichproben sind daraus zufällig ausgewählt. Um die Proportionen der Grundgesamtheit von ganz Deutschland herzustellen, wurden die Stichproben auf der Grundlage von Populationsdaten des Statistischen Bundesamtes Deutschland für den Stichtag 31.12.2004 gewichtet. Diese Daten charakterisieren die Bevölkerungsstruktur während des gesamten Erhebungszeitraumes (Mai 2003 - Mai 2006) am besten. Die Berechnung der GewichtungsvARIABLEN erfolgte durch das RKI (Schaffrath Rosario, 2007).

Zur Beschreibung von Verteilungen der Stoffgehalte in den Urinproben werden in Tabellen die folgenden statistischen Kennwerte angegeben: Stichprobenumfang (N), die Perzentile (P10, P50, P90, P95, P98), Maximalwert (MAX), arithmetisches Mittel (AM), geometrisches Mittel (GM) und das 95 %-Konfidenzintervall (KI GM) für das geometrische Mittel. Bei der Berechnung von AM, GM und KI GM wurden die unter der Bestimmungsgrenze liegenden Werte als BG/2 berücksichtigt.

Die Stoffgehalte werden nicht nur für das Gesamtkollektiv der 3- bis 14-jährigen Kinder beschrieben, sondern auch für ausgewählte Teilkollektive. Folgende Standard-Stratifizierungsmerkmale wurden benutzt: Geschlecht, Alter, Sozialstatus, Migrantenstatus, Wohnort (alte vs. neue Bundesländer) und Gemeindegröße. Diese Merkmale wurden wegen ihrer potentiellen inhaltlichen Bedeutung und weil sie Ziehungsmerkmale darstellen, ausgewählt. Die tabellierten Gliederungsmerkmale sind im Anhang (**Kapitel 7**) erläutert.

Die in den Tabellen angegebenen Kennwerte sind im Allgemeinen gerundete Zahlen. Die auftretenden Rundungsungenauigkeiten können dazu führen, dass die Summe der Teilstichprobenumfänge nicht exakt den gesamten Stichprobenumfang ergibt. Die Abweichungen sind aber vernachlässigbar.

In der Regel wird geprüft, ob sich die geometrischen Mittelwerte der verschiedenen Personengruppen signifikant unterscheiden. Dazu werden t-Tests (bei zwei Personengruppen) oder einfaktorielle Varianzanalysen (bei mehr als zwei zu vergleichenden Gruppen) mit den logarithmierten Stoffgehalten durchgeführt. Die arithmetischen Mittel der logarithmierten Gehalte werden durch Exponieren in geometrische Mittel für die originalen Messwerte umgewandelt. Wenn ein Gliederungsmerkmal nicht mit \* markiert ist, muss davon ausgegangen werden, dass eventuelle Unterschiede zwischen den Personengruppen zufallsbedingt sind und nicht auf die Population generalisiert werden dürfen.

Die statistischen Berechnungen wurden mit der Software SPSS für Windows, Version 14 durchgeführt. Es wurde die Version der Datenbank der KUS-Daten vom Januar 2007 benutzt.



## 4 Ergebnisse und Diskussion

Die deskriptive Darstellung der Ergebnisse erfolgt in schematisierter Tabellenform. Immer werden die statistischen Kennzahlen für das Gesamtkollektiv angegeben. Diese werden ergänzt mit einer stratifizierten Darstellung, wobei immer ein Standardsatz an Gliederungsmerkmalen verwendet wird, der aus dem Geschlecht, dem Lebensalter, dem Sozial- und Migrantenstatus, dem Wohnort und der Gemeindegröße besteht. Soweit zusätzliche Merkmale in die Auswertungen einbezogen wurden, werden diese ebenfalls in der Tabelle gelistet oder textlich erwähnt. In dem begleitenden Text wird zunächst kurz auf die bisher bekannten Belastungspfade eingegangen und die in den Tabellen dargestellten Ergebnisse werden erläutert.

Daran anschließend wird für alle Stoffe ein Vergleich mit Literaturergebnissen durchgeführt. Zur Bewertung der vorkommenden Expositionen werden die gemessenen Gehalte mit Richtwerten verglichen. Im Fall des DEHP gibt es einen HBM-Wert. Für das Phenanthren gibt es solche Richtwerte allerdings nicht, da es sich um einen Krebs erregenden Stoff handelt.

### 4.1 Phthalatmetabolite

Phthalate können ingestiv über die Nahrung und über phthalathaltige Gegenstände, inhalativ aus der Raumluft nach Ausgasung aus phthalathaltigen Ausstattungsgegenständen (Bodenbeläge, Leisten, beschichtete Tapeten, Kabelummantelungen), dermal aus Kosmetika und Textilien und intravenös sowie parenteral über medizinische Bedarfsgegenstände aufgenommen werden. Neben der Nahrung, die allgemein als wichtigste Quelle für die Phthalat-Belastung von Erwachsenen gilt, kann - speziell bei Kindern - das Leaching aus PVC-Spielzeugen und die Aufnahme von Phthalaten mit dem Hausstaub von Bedeutung sein.

#### 4.1.1 Deskription der Metabolitgehalte im Urin

**MnBP** bzw. **MiBP** sind Metabolite des Di-n-butylphthalates und des Di-iso-butylphthalates. Beide Metabolite sind bei allen 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland im Urin quantitativ nachweisbar und liegen in Gehalten oberhalb der Bestimmungsgrenze von 1,0 µg/l vor. Der geometrische Mittelwert (GM) der Gehalte an MnBP beträgt 95,6 µg/l (**Tab. 4.1.1**). Beim MiBP beträgt er 94,3 µg/l (**Tab. 4.1.2**).

Ein signifikanter Zusammenhang mit dem Metabolitgehalt ergibt sich nur für den Wohnort der Kinder und nur beim MnBP. Der GM ist in den neuen Bundesländern höher als in den alten Bundesländern (139 µg/l vs. 90,4 µg/l).

Die Belastung der Kinder mit dem Weichmacher Butylbenzylphthalat wurde über die Messung des Metaboliten Mono-benzylphthalat (**MBzP**) erfasst (**Tab. 4.1.3**). MBzP ließ sich in allen Urinproben quantitativ nachweisen. Für die 3- bis 14-jährigen Kinder ergibt sich für den Gehalt an MBzP im Urin ein GM von 17,5 µg/l. Der Gehalt an MBzP ist bei Kindern aus

Familien mit hohem Sozialstatus vergleichsweise am geringsten. Kinder aus Migrantenfamilien mit weissen vergleichsweise höhere mittlere Gehalte auf.

Die Exposition der Kinder in Deutschland gegenüber DEHP wurde anhand von fünf Metaboliten erfasst. Bestimmt wurden Mono(2-ethylhexyl)phthalat (**MEHP**), Mono(2-ethyl-5-hydroxyhexyl)phthalat (**5OH-MEHP**), Mono(2-ethyl-5-oxohexyl)phthalat (**5oxo-MEHP**), Mono(2ethyl-5-carboxypentyl)phthalat (**5cx-MEPP**) und Mono(2carboxymethylhexyl)phthalat (**2cx-MMHP**). Alle Metabolite ließen sich in allen Proben quantitativ bestimmen. Nur in einer Urinprobe war kein MEHP nachzuweisen.

Die geometrischen Mittelwerte der Metabolite betragen für MEHP 6,39 µg/l (**Tab. 4.1.4**), für 5OH-MEHP 47,9 µg/l (**Tab.4.1.5**), für 5oxo-MEHP 37,0 µg/l (**Tab. 4.1.6**) und für 5cx-MEPP 62,5 µg/l (**Tab. 4.1.7**) sowie 20,8 µg/l für 2cx-MMHP (**Tab. 4.1.8**). Für alle Metabolite (außer MEHP) lässt sich ein signifikanter Zusammenhang mit dem Alter nachweisen, wobei eine Konzentrationsabnahme mit zunehmendem Alter zu beobachten ist. Demgegenüber gab es für alle weiteren betrachteten Einflussgrößen keinen Zusammenhang mit den Metabolitgehalten im Urin.

Die Belastung der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland mit den Weichmachern der Gruppe der Diisononylphthalate wurde im Kinder-Umwelt-Survey über die Bestimmung der drei Metabolite Mono(4-methyl-7-hydroxyoctyl)phthalat (**7OH-MMeOP**), Mono(4-methyl-7-oxooctyl)phthalat (**7oxo-MMeOP**) und Mono(4-methyl-7-carboxyheptyl)phthalat (**7cx-MMeHP**) erfasst. Die geometrischen Mittelwerte für die Metabolite betragen 11,2 µg/l für OH-MiNP (**Tab. 4.1.9**), 5,43 µg/l für oxo-MiNP (**Tab. 4.1.10**) sowie 13,8 µg/l für cx-MiNP (**Tab. 4.1.11**). OH-MiNP ließ sich in 600, oxo-MiNP in 588 und cx-MiNP in 598 der 600 Proben nachweisen. Für alle drei Metabolite kann eine signifikante Abnahme der Belastung mit abnehmendem Alter der Kinder beobachtet werden. Die übrigen Stratifizierungsmerkmale wiesen jedoch keinen signifikanten Zusammenhang mit dem Gehalt an Stoffwechselprodukten der Diisononylphthalate auf.

Der Hauptzufuhrpfad für die Belastung des nicht beruflich belasteten und gesunden Menschen mit Phthalaten ist die Nahrung. Im Rahmen des KUS und KiGGS wurden allerdings nur wenige Fragen gestellt, mit denen dieser Zufuhrpfad hätte näher charakterisiert werden können. Dies liegt vor allem daran, dass die Phthalate nachträglich in das Untersuchungsprogramm aufgenommen wurden. Es muss aber festgestellt werden, dass eine solche Pfaduntersuchung generell schwierig ist. Zusätzlich zu den hier vorgestellten Merkmalen wurde daher nur getestet, ob der Verzehr von Fertigprodukten zu einer Erhöhung der Phthalatmetabolitgehalte im Urin führt, was sich aber nicht bestätigte.

**Tab. 4.1.1: MnBP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	1,00	599	40,9	93,4	236	310	397	1090	122	<b>95,6</b>	90,4	- 101
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	1,00	310	40,9	93,4	202	269	360	442	113	<b>92,4</b>	86,0	- 99,4
Mädchen	1,00	289	41,2	93,6	269	338	483	1090	131	<b>99,1</b>	90,8	- 108
<b>Lebensalter</b>												
3 bis 5 Jahre	1,00	137	38,6	100	260	364	431	1090	136	<b>102</b>	90,2	- 116
6 bis 8 Jahre	1,00	145	41,5	101	244	319	471	1020	129	<b>102</b>	90,9	- 115
9 bis 11 Jahre	1,00	149	40,9	92,2	206	281	356	458	112	<b>92,5</b>	83,4	- 103
12 bis 14 Jahre	1,00	168	40,9	84,8	235	302	440	508	111	<b>87,9</b>	79,1	- 97,7
<b>Sozialstatus **</b>												
niedrig	1,00	128	38,2	96,9	254	291	318	850	125	<b>99,8</b>	88,1	- 113
mittel	1,00	284	43,5	94,9	239	322	394	1090	126	<b>99,4</b>	91,7	- 108
hoch	1,00	183	38,2	88,4	216	348	442	508	115	<b>89,2</b>	80,5	- 98,9
<b>Migrantenstatus *</b>												
Migrant/in	1,00	45	31,6	103	266	302		458	129	<b>102</b>	81,9	- 126
kein/e Migrant/in	1,00	555	40,9	92,6	233	319	400	1090	121	<b>95,1</b>	89,7	- 101
<b>Wohnort ***</b>												
neue Länder	1,00	77	57,2	149	355	441	500	1020	173	<b>139</b>	120	- 163
alte Länder	1,00	522	39,8	88,5	215	292	360	1090	114	<b>90,4</b>	85,2	- 96,0
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	1,00	281	40,8	94,6	236	304	377	1090	122	<b>94,6</b>	87,0	- 103
$\geq$ 100.000 Einw.	1,00	318	40,9	92,4	237	320	421	508	121	<b>96,5</b>	89,4	- 104

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.1.2: MiBP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	1,00	599	44,4	88,1	223	308	459	2050	123	<b>94,3</b>	89,2	- 99,7
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	1,00	310	41,5	97,1	219	315	459	2050	128	<b>96,9</b>	89,6	- 105
Mädchen	1,00	289	46,1	82,5	223	310	471	1240	119	<b>91,6</b>	84,7	- 99,1
<b>Lebensalter</b>												
3 bis 5 Jahre	1,00	137	38,0	97,8	221	317	605	1070	127	<b>97,2</b>	86,2	- 110
6 bis 8 Jahre	1,00	145	46,1	90,2	201	276	472	535	116	<b>95,7</b>	86,6	- 106
9 bis 11 Jahre	1,00	149	40,5	91,2	227	305	459	572	116	<b>92,7</b>	83,3	- 103
12 bis 14 Jahre	1,00	168	47,2	80,9	256	351	570	2050	134	<b>92,2</b>	82,2	- 103
<b>Sozialstatus</b>												
niedrig	1,00	128	45,8	97,8	275	405	489	2050	144	<b>102</b>	89,5	- 116
mittel	1,00	284	47,7	89,0	232	310	443	1070	122	<b>96,2</b>	88,9	- 104
hoch	1,00	183	39,7	82,5	190	224	525	1240	114	<b>88,6</b>	80,8	- 97,3
<b>Migrantenstatus</b>												
Migrant/in	1,00	45	47,6	108	362	459		496	148	<b>113</b>	90,5	- 140
kein/e Migrant/in	1,00	555	43,7	86,7	213	295	451	2050	122	<b>93,0</b>	87,8	- 98,4
<b>Wohnort</b>												
neue Länder	1,00	77	48,9	104	278	444	968	1070	144	<b>107</b>	90,9	- 127
alte Länder	1,00	522	44,1	86,5	213	297	454	2050	120	<b>92,5</b>	87,3	- 98,1
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	1,00	281	44,4	84,4	205	271	353	1070	111	<b>89,4</b>	82,7	- 96,7
$\geq$ 100.000 Einw.	1,00	318	44,8	93,9	243	405	515	2050	134	<b>98,8</b>	91,4	- 107

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.1.3: MBzP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	0,25	599	5,7	18,1	53,4	76,2	131	468	27,0	<b>17,5</b>	16,2 -	18,8
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	0,25	310	6,3	17,6	57,8	82,2	164	468	28,9	<b>18,0</b>	16,3 -	20,0
Mädchen	0,25	289	5,4	18,6	52,3	67,3	101	253	24,9	<b>16,9</b>	15,2 -	18,8
<b>Lebensalter</b>												
3 bis 5 Jahre	0,25	137	6,0	19,7	57,8	73,2	249	468	32,4	<b>18,8</b>	15,8 -	22,3
6 bis 8 Jahre	0,25	145	5,4	18,2	55,1	76,2	134	167	24,3	<b>16,4</b>	14,2 -	18,9
9 bis 11 Jahre	0,25	149	6,3	16,0	49,2	85,0	107	154	24,4	<b>17,2</b>	15,0 -	19,6
12 bis 14 Jahre	0,25	168	5,2	18,4	51,0	80,5	147	299	27,2	<b>17,7</b>	15,4 -	20,4
<b>Sozialstatus</b>												
niedrig	0,25	128	6,9	22,3	69,3	96,1	223	299	33,6	<b>22,4</b>	19,1 -	26,2
mittel	0,25	284	6,4	18,7	57,8	81,3	140	468	28,9	<b>18,5</b>	16,6 -	20,6
hoch	0,25	183	5,0	13,9	37,6	56,5	83,3	167	19,8	<b>13,9</b>	12,3 -	15,7
<b>Migrantenstatus</b>												
Migrant/in	0,25	45	5,1	20,8	108	140		223	38,4	<b>21,4</b>	15,4 -	29,7
kein/e Migrant/in	0,25	555	5,8	18,1	50,8	69,5	100	468	26,1	<b>17,2</b>	16,0 -	18,5
<b>Wohnort</b>												
neue Länder	0,25	77	6,3	20,4	69,4	91,2	164	209	29,7	<b>20,0</b>	16,3 -	24,5
alte Länder	0,25	522	5,7	18,0	52,3	72,1	123	468	26,6	<b>17,1</b>	15,9 -	18,5
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	0,25	281	5,8	18,2	53,6	76,0	102	299	26,3	<b>17,6</b>	15,9 -	19,5
$\geq$ 100.000 Einw.	0,25	318	5,7	18,0	53,5	76,7	151	468	27,6	<b>17,4</b>	15,7 -	19,3

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.1.4: MEHP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	0,25	599	2,3	6,7	16,2	25,1	37,8	319	9,49	<b>6,39</b>	5,97	- 6,84
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	0,25	310	2,3	7,0	17,4	26,8	36,2	138	9,42	<b>6,80</b>	6,21	- 7,44
Mädchen	0,25	289	2,2	6,2	14,9	21,5	41,2	319	9,56	<b>5,99</b>	5,41	- 6,62
<b>Lebensalter ***</b>												
3 bis 5 Jahre	0,25	137	1,5	4,6	13,5	27,5	38,1	42,8	6,99	<b>4,91</b>	4,27	- 5,63
6 bis 8 Jahre	0,25	145	2,2	6,2	15,9	25,0	63,0	319	11,0	<b>6,28</b>	5,45	- 7,24
9 bis 11 Jahre	0,25	149	2,5	6,8	18,9	25,9	56,9	77,4	9,78	<b>6,95</b>	6,06	- 7,97
12 bis 14 Jahre	0,25	168	3,0	7,8	15,5	23,9	34,6	138	9,94	<b>7,47</b>	6,63	- 8,42
<b>Sozialstatus</b>												
niedrig	0,25	128	2,0	6,7	17,4	29,8	65,5	138	10,0	<b>6,46</b>	5,53	- 7,55
mittel	0,25	284	2,7	7,0	16,2	25,5	34,8	319	10,3	<b>6,70</b>	6,06	- 7,41
hoch	0,25	183	2,1	5,8	15,0	22,9	35,4	38,6	7,96	<b>6,00</b>	5,37	- 6,70
<b>Migrantenstatus</b>												
Migrant/in	0,25	45	3,1	6,2	19,0	59,5		65,3	10,4	<b>6,79</b>	5,28	- 8,73
kein/e Migrant/in	0,25	555	2,2	6,7	16,2	24,3	34,9	319	9,41	<b>6,36</b>	5,93	- 6,83
<b>Wohnort</b>												
neue Länder	0,25	77	2,0	6,6	18,0	31,8	59,2	138	9,48	<b>6,44</b>	5,32	- 7,80
alte Länder	0,25	522	2,3	6,7	16,1	24,6	37,7	319	9,49	<b>6,39</b>	5,94	- 6,87
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	0,25	281	2,3	6,7	15,8	24,3	44,5	319	10,2	<b>6,30</b>	5,67	- 7,01
$\geq$ 100.000 Einw.	0,25	318	2,3	6,6	16,2	25,5	34,4	73,4	8,85	<b>6,47</b>	5,93	- 7,06

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.1.5: 5OH-MEHP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	0,25	599	20,6	46,0	110	164	252	3640	69,2	<b>47,9</b>	45,1	- 50,8
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	0,25	310	23,0	47,0	118	175	237	538	62,1	<b>49,0</b>	45,4	- 52,8
Mädchen	0,25	289	19,2	45,4	105	150	349	3640	76,9	<b>46,7</b>	42,5	- 51,3
<b>Lebensalter *</b>												
3 bis 5 Jahre	0,25	137	20,6	51,7	127	201	280	363	66,8	<b>51,1</b>	45,2	- 57,7
6 bis 8 Jahre	0,25	145	23,3	51,3	125	194	382	3640	97,0	<b>54,3</b>	47,8	- 61,6
9 bis 11 Jahre	0,25	149	18,7	45,9	107	136	216	477	58,0	<b>44,9</b>	40,1	- 50,4
12 bis 14 Jahre	0,25	168	23,0	38,8	99,5	151	244	543	57,2	<b>43,1</b>	38,5	- 48,2
<b>Sozialstatus</b>												
niedrig	0,25	128	16,7	45,4	127	206	246	538	64,2	<b>46,2</b>	40,1	- 53,2
mittel	0,25	284	23,3	50,9	110	153	254	3640	78,9	<b>50,6</b>	46,4	- 55,3
hoch	0,25	183	23,1	40,9	110	163	279	389	58,7	<b>45,8</b>	41,6	- 50,4
<b>Migrantenstatus</b>												
Migrant/in	0,25	45	18,0	51,4	102	225		422	66,3	<b>47,7</b>	37,9	- 60,2
kein/e Migrant/in	0,25	555	21,7	45,9	113	160	251	3640	69,5	<b>47,9</b>	45,0	- 50,9
<b>Wohnort</b>												
neue Länder	0,25	77	19,5	53,2	130	200	426	538	70,5	<b>52,4</b>	43,9	- 62,5
alte Länder	0,25	522	21,2	45,4	104	154	251	3640	69,0	<b>47,2</b>	44,3	- 50,3
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	0,25	281	19,4	48,2	111	173	386	3640	79,9	<b>48,2</b>	43,8	- 53,0
$\geq$ 100.000 Einw.	0,25	318	22,8	45,3	111	162	236	430	59,8	<b>47,6</b>	44,2	- 51,2

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.1.6: 5oxo-MEHP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	0,25	599	15,7	36,3	87,5	123	173	2490	52,5	<b>37,0</b>	34,9	- 39,3
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	0,25	310	17,3	36,7	95,5	128	165	410	48,2	<b>38,3</b>	35,5	- 41,2
Mädchen	0,25	289	14,9	35,9	85,4	109	218	2490	57,1	<b>35,7</b>	32,5	- 39,2
<b>Lebensalter *</b>												
3 bis 5 Jahre	0,25	137	14,7	37,9	102	146	214	288	50,0	<b>38,3</b>	33,9	- 43,4
6 bis 8 Jahre	0,25	145	16,9	41,7	97,8	156	300	2490	72,2	<b>42,3</b>	37,3	- 48,0
9 bis 11 Jahre	0,25	149	14,8	38,5	81,4	99,8	156	328	44,5	<b>35,1</b>	31,3	- 39,3
12 bis 14 Jahre	0,25	168	17,3	29,7	84,6	113	173	475	44,7	<b>33,6</b>	30,0	- 37,5
<b>Sozialstatus</b>												
niedrig	0,25	128	13,1	34,2	96,4	123	168	410	47,3	<b>35,2</b>	30,6	- 40,3
mittel	0,25	284	17,2	39,3	87,0	126	178	2490	60,4	<b>39,5</b>	36,2	- 43,2
hoch	0,25	183	15,9	34,1	87,4	108	212	302	44,5	<b>35,2</b>	32,0	- 38,8
<b>Migrantenstatus</b>												
Migrant/in	0,25	45	14,5	39,2	82,1	126		225	49,1	<b>37,9</b>	30,5	- 47,2
kein/e Migrant/in	0,25	555	15,7	36,2	88,0	124	171	2490	52,8	<b>36,9</b>	34,7	- 39,3
<b>Wohnort</b>												
neue Länder	0,25	77	13,8	42,6	105	151	299	410	56,0	<b>40,9</b>	34,1	- 49,1
alte Länder	0,25	522	15,9	35,6	85,3	120	170	2490	52,0	<b>36,5</b>	34,3	- 38,8
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	0,25	281	15,4	37,5	87,4	130	223	2490	60,4	<b>37,7</b>	34,3	- 41,5
$\geq$ 100.000 Einw.	0,25	318	15,7	35,0	87,8	116	163	299	45,5	<b>36,4</b>	33,8	- 39,2

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.1.7: 5cx-MEPP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	0,25	599	27,4	61,4	151	209	313	4490	88,6	<b>62,5</b>	58,9	- 66,2
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	0,25	310	30,9	61,4	154	207	290	838	79,2	<b>63,5</b>	59,1	- 68,3
Mädchen	0,25	289	24,4	61,3	151	209	425	4490	98,7	<b>61,3</b>	55,9	- 67,2
<b>Lebensalter **</b>												
3 bis 5 Jahre	0,25	137	28,5	68,2	176	277	417	470	88,4	<b>68,6</b>	61,0	- 77,1
6 bis 8 Jahre	0,25	145	31,9	64,5	162	252	362	4490	122	<b>71,1</b>	62,9	- 80,4
9 bis 11 Jahre	0,25	149	23,8	58,2	143	173	293	543	75,8	<b>59,1</b>	52,8	- 66,2
12 bis 14 Jahre	0,25	168	25,1	52,1	124	180	237	838	71,0	<b>54,4</b>	48,8	- 60,5
<b>Sozialstatus</b>												
niedrig	0,25	128	23,4	56,8	171	211	366	838	80,2	<b>59,2</b>	51,9	- 67,6
mittel	0,25	284	32,3	63,8	149	208	303	4490	101	<b>66,7</b>	61,2	- 72,6
hoch	0,25	183	29,0	60,1	151	209	379	470	76,2	<b>59,6</b>	54,1	- 65,7
<b>Migrantenstatus</b>												
Migrant/in	0,25	45	22,8	61,7	149	225		498	84,3	<b>63,1</b>	50,8	- 78,4
kein/e Migrant/in	0,25	555	27,8	61,3	151	206	310	4490	88,9	<b>62,4</b>	58,8	- 66,3
<b>Wohnort</b>												
neue Länder	0,25	77	23,7	70,7	189	267	469	838	93,6	<b>68,0</b>	56,8	- 81,5
alte Länder	0,25	522	27,9	60,9	147	195	310	4490	87,8	<b>61,7</b>	58,0	- 65,6
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	0,25	281	27,4	61,0	150	209	453	4490	101	<b>62,7</b>	57,2	- 68,8
$\geq$ 100.000 Einw.	0,25	318	26,8	61,4	152	199	299	438	77,9	<b>62,2</b>	57,8	- 67,0

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.1.8: 2cx-MMHP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	0,25	599	8,3	20,4	51,7	76,7	106	1080	30,3	<b>20,8</b>	19,6 -	22,2
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	0,25	310	8,6	20,6	56,4	75,4	103	206	27,7	<b>21,3</b>	19,6 -	23,0
Mädchen	0,25	289	7,9	20,3	47,6	78,8	118	1080	33,0	<b>20,4</b>	18,5 -	22,5
<b>Lebensalter *</b>												
3 bis 5 Jahre	0,25	137	9,8	22,8	54,8	79,0	126	190	29,1	<b>22,3</b>	19,8 -	25,2
6 bis 8 Jahre	0,25	145	9,9	22,6	63,2	90,6	111	1080	38,2	<b>23,3</b>	20,4 -	26,6
9 bis 11 Jahre	0,25	149	7,8	20,3	47,6	70,8	96,4	206	26,3	<b>20,4</b>	18,1 -	23,0
12 bis 14 Jahre	0,25	168	7,7	17,7	46,2	78,6	246	376	27,9	<b>18,2</b>	16,1 -	20,7
<b>Sozialstatus</b>												
niedrig	0,25	128	8,0	20,4	58,8	87,5	112	206	27,7	<b>20,4</b>	17,8 -	23,4
mittel	0,25	284	8,6	21,8	49,7	76,4	106	1080	33,5	<b>22,1</b>	20,1 -	24,2
hoch	0,25	183	8,2	17,7	50,0	76,9	107	322	27,5	<b>19,7</b>	17,6 -	22,0
<b>Migrantenstatus</b>												
Migrant/in	0,25	45	8,3	22,4	62,8	87,9		96,6	28,9	<b>22,7</b>	18,4 -	28,1
kein/e Migrant/in	0,25	555	8,3	20,2	49,9	76,4	107	1080	30,4	<b>20,7</b>	19,4 -	22,1
<b>Wohnort</b>												
neue Länder	0,25	77	8,2	21,6	63,4	102	206	316	31,3	<b>22,3</b>	18,6 -	26,9
alte Länder	0,25	522	8,3	20,2	50,0	76,3	103	1080	30,1	<b>20,6</b>	19,3 -	22,1
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	0,25	281	8,5	20,6	51,9	77,2	107	1080	33,4	<b>21,2</b>	19,2 -	23,3
$\geq$ 100.000 Einw.	0,25	318	8,2	20,2	50,0	76,8	103	322	27,6	<b>20,6</b>	19,0 -	22,3

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.1.9: 7OH-MMeOP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	0,25	599	3,8	11,0	37,6	50,6	72,0	198	16,9	<b>11,2</b>	10,5	- 12,1
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	0,25	310	4,0	10,3	34,1	51,7	70,2	112	15,9	<b>10,9</b>	9,94	- 12,0
Mädchen	0,25	289	3,5	11,5	38,4	50,9	76,7	198	18,1	<b>11,6</b>	10,4	- 12,9
<b>Lebensalter **</b>												
3 bis 5 Jahre	0,25	137	3,8	12,8	43,8	59,4	99,8	185	19,9	<b>13,0</b>	11,1	- 15,2
6 bis 8 Jahre	0,25	145	4,1	12,5	37,8	61,6	86,1	198	18,2	<b>12,2</b>	10,6	- 14,1
9 bis 11 Jahre	0,25	149	4,2	10,1	41,9	58,9	88,1	117	17,4	<b>11,5</b>	9,96	- 13,2
12 bis 14 Jahre	0,25	168	2,9	9,2	29,4	38,4	47,8	63,6	13,0	<b>9,15</b>	8,00	- 10,5
<b>Sozialstatus</b>												
niedrig	0,25	128	3,6	9,6	35,3	50,2	70,7	79,8	15,2	<b>10,3</b>	8,79	- 12,0
mittel	0,25	284	3,9	12,1	38,0	51,8	68,5	185	17,5	<b>11,8</b>	10,6	- 13,1
hoch	0,25	183	4,1	10,0	39,0	51,0	94,1	198	17,5	<b>11,2</b>	9,86	- 12,8
<b>Migrantenstatus</b>												
Migrant/in	0,25	45	3,2	9,4	29,2	47,9		77,3	13,8	<b>10,1</b>	7,92	- 12,8
kein/e Migrant/in	0,25	555	3,8	11,1	38,1	50,9	69,4	198	17,2	<b>11,4</b>	10,5	- 12,3
<b>Wohnort</b>												
neue Länder	0,25	77	2,9	13,6	36,9	51,6	77,5	79,8	16,8	<b>11,8</b>	9,54	- 14,5
alte Länder	0,25	522	4,0	10,7	37,8	50,9	72,5	198	17,0	<b>11,2</b>	10,3	- 12,1
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	0,25	281	3,8	11,9	41,6	58,0	69,3	185	17,7	<b>11,7</b>	10,5	- 13,1
$\geq$ 100.000 Einw.	0,25	318	3,8	10,3	34,8	47,2	81,7	198	16,3	<b>10,9</b>	9,85	- 12,0

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.1.10: 7oxo-MMeOP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	0,25	599	1,8	5,4	19,1	28,9	44,5	86,7	8,80	<b>5,43</b>	4,99	- 5,90
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	0,25	310	1,8	5,2	17,3	28,6	43,3	51,5	8,05	<b>5,11</b>	4,55	- 5,73
Mädchen	0,25	289	1,8	5,7	20,5	29,3	52,0	86,7	9,61	<b>5,80</b>	5,14	- 6,55
<b>Lebensalter *</b>												
3 bis 5 Jahre	0,25	137	1,8	6,1	23,4	31,1	58,5	69,5	10,3	<b>6,02</b>	4,98	- 7,29
6 bis 8 Jahre	0,25	145	1,7	6,1	19,4	28,2	40,5	75,0	9,12	<b>5,76</b>	4,85	- 6,85
9 bis 11 Jahre	0,25	149	1,8	5,4	24,7	39,1	51,1	86,7	9,59	<b>5,87</b>	5,04	- 6,84
12 bis 14 Jahre	0,25	168	1,4	4,6	16,8	21,1	29,4	34,4	6,65	<b>4,43</b>	3,80	- 5,16
<b>Sozialstatus</b>												
niedrig	0,25	128	1,8	4,9	16,8	30,1	39,8	50,8	7,86	<b>4,95</b>	4,15	- 5,89
mittel	0,25	284	1,8	6,0	18,9	28,2	49,7	69,5	9,16	<b>5,76</b>	5,09	- 6,51
hoch	0,25	183	1,7	5,0	21,1	29,2	51,0	86,7	9,02	<b>5,36</b>	4,60	- 6,24
<b>Migrantenstatus</b>												
Migrant/in	0,25	45	1,7	5,0	10,6	32,6		33,9	6,54	<b>4,73</b>	3,68	- 6,09
kein/e Migrant/in	0,25	555	1,8	5,4	19,4	29,0	48,9	86,7	8,98	<b>5,49</b>	5,03	- 6,00
<b>Wohnort</b>												
neue Länder	0,25	77	1,6	6,4	20,1	32,6	42,6	50,8	8,79	<b>5,52</b>	4,29	- 7,09
alte Länder	0,25	522	1,8	5,3	18,7	28,9	49,1	86,7	8,80	<b>5,42</b>	4,96	- 5,92
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	0,25	281	1,8	5,7	21,3	30,1	50,1	69,5	9,28	<b>5,73</b>	5,07	- 6,48
> 100.000 Einw.	0,25	318	1,7	5,1	17,7	28,5	39,6	86,7	8,38	<b>5,18</b>	4,62	- 5,80

**Anmerkungen:** N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

**Quelle:** Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.1.11: 7cx-MMeHP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	0,25	599	5,0	12,7	42,5	58,9	96,1	195	20,2	<b>13,8</b>	12,9	- 14,8
<b>Geschlecht</b>												
Jungen	0,25	310	5,2	12,0	40,9	57,0	79,4	152	18,9	<b>13,4</b>	12,2	- 14,7
Mädchen	0,25	289	4,9	15,2	43,5	61,4	103	195	21,5	<b>14,3</b>	12,8	- 15,9
<b>Lebensalter ***</b>												
3 bis 5 Jahre	0,25	137	5,6	18,2	49,6	76,4	146	173	25,4	<b>17,3</b>	14,9	- 20,0
6 bis 8 Jahre	0,25	145	5,3	16,6	43,5	58,8	98,4	195	21,7	<b>15,3</b>	13,3	- 17,6
9 bis 11 Jahre	0,25	149	5,2	12,2	43,2	71,9	99,7	156	20,0	<b>13,7</b>	12,0	- 15,7
12 bis 14 Jahre	0,25	168	4,3	9,6	31,0	43,4	64,7	72,0	14,8	<b>10,6</b>	9,30	- 12,1
<b>Sozialstatus</b>												
niedrig	0,25	128	4,4	12,2	39,1	43,9	86,4	156	17,9	<b>12,7</b>	11,0	- 14,6
mittel	0,25	284	5,2	15,1	45,5	63,5	99,9	173	21,2	<b>14,4</b>	12,9	- 16,0
hoch	0,25	183	5,2	11,1	43,5	61,7	97,1	195	20,4	<b>14,0</b>	12,4	- 15,8
<b>Migrantenstatus</b>												
Migrant/in	0,25	45	4,5	16,0	34,0	60,2		136	18,6	<b>13,2</b>	10,2	- 17,1
kein/e Migrant/in	0,25	555	5,1	12,5	43,4	60,8	96,7	195	20,3	<b>13,9</b>	12,9	- 14,9
<b>Wohnort</b>												
neue Länder	0,25	77	4,8	15,6	43,2	58,3	102	156	20,6	<b>14,2</b>	11,4	- 17,8
alte Länder	0,25	522	5,0	12,4	42,5	61,4	97,1	195	20,1	<b>13,8</b>	12,8	- 14,8
<b>Gemeindegröße</b>												
< 100.000 Einw.	0,25	281	4,9	14,7	45,3	64,9	97,8	173	21,2	<b>14,2</b>	12,8	- 15,8
> 100.000 Einw.	0,25	318	5,0	12,2	40,5	49,8	96,1	195	19,3	<b>13,5</b>	12,3	- 14,8

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; 100% der Werte > BG (Bestimmungsgrenze); KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM. Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

## 4.1.2 Vergleich mit Literaturdaten

Da in Deutschland und den USA die Analysemethoden für Phthalatmetabolite entwickelt wurden, führten bisher auch vor allem diese beiden Länder Studien zur Exposition mit Phthalaten durch. Die Belastung der Allgemeinbevölkerung wurde in den USA im Rahmen der NHANES-Studie und in Deutschland unter anderen mit dem KUS bestimmt. In den **Tabellen 4.1.12** und **4.1.13** sind die Ergebnisse anderer deutscher Studien und der NHANES-Studien zusammenfassend dargestellt.

Die Untersuchung der Kinder aus der Pilotphase zum Kinder-Umwelt-Survey war die erste systematische Untersuchung von Kindern auf DEHP-Metabolite in Deutschland (Becker et al. 2004). Die in der Pilotstudie zum KUS ermittelte Höhe der Gehalte der DEHP-Metabolite wird in der Hauptphase durch den KUS bestätigt (**Tab. 4.1.12**). Der Wertevergleich ergibt in der Zusammenschau auch, dass offensichtlich Kinder höher mit DEHP belastet sind, als Erwachsene. Ein Ergebnis, das Koch et al. bereits bei ihrer 2004 veröffentlichten Arbeit vermuteten (Koch et al. 2004b). Gestützt wird dies auch durch den Vergleich der zusätzlichen Metabolite, die in der damaligen Studie von Koch noch nicht berücksichtigt wurden (5cx-MEPP und 2cx-MMHP).

Der Vergleich mit den US-amerikanischen NHANES-Studien für die mittleren Gehalte an DEHP-Metaboliten im Urin der Kinder zeigt, dass die Belastung der Kinder in den USA ungefähr 40 % niedriger ist als in Deutschland.

Die Ergebnisse von Untersuchungen auf Metabolite weiterer Phthalate sind in der **Tabelle 4.1.13** zusammengestellt. Beim MnBP und beim MBzP weichen die Daten der Pilotstudie des KUS von denen der Hauptphase ab. Insgesamt scheint es sich aber, wie beim DEHP, anzudeuten, dass Kinder höher belastet sind als Erwachsene. Die an US-amerikanischen Kinder in der NHANES-Studie ermittelten mittleren MBP- und MBzP-Gehalte sind geringer als die im KUS ermittelten.

Die vorliegenden Studien lassen keinen direkten Vergleich der Belastung von Kindern und Erwachsenen mit Phthalaten zu. Allerdings sind die Konzentrationen der Metabolite höher als bei im Zeitraum untersuchten erwachsenen Studierenden. Zu berücksichtigen ist, dass Kinder möglicherweise "schnellere Metabolisierer" sein könnten. Außerdem gibt es Hinweise, dass sich die Kinetik der Metabolisierung je nach Aufnahmepfad unterscheidet. In den USA, wo durch die NHANES-Studie ein direkter Vergleich verschiedener Altersgruppen innerhalb einer Studie möglich ist, wurde festgestellt, dass 6- bis 11-jährige Kinder die höchsten Ausscheidungsraten für Phthalatmetabolite aufwiesen im Vergleich zu älteren Kindern und Erwachsenen (CDC 2005).

**Tab. 4.1.12: DEHP-Metaboliten im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) in Deutschland und weltweit**

Studie/Region/Autor	Kollektiv/Alter	MEHP		5OH-MEHP		5oxo-MEHP		5cx-MEPP		2cx-MMHP	
		50.P.	95.P.	50.P.	95.P.	50.P.	95.P.	50.P.	95.P.	50.P.	95.P.
Kinder-Umwelt-Survey	Kinder, N=599, 3-14 Jahre	6,7	25,1	46,0	164	36,3	123	61,4	209	20,4	76,7
Kinder-Umwelt-Survey, Pilotstudie, 4 Orte in Deutschland (Becker et al. 2004)	Kinder, N=254, 3-14 J.	7,2	29,3	52,1	188	41,4	139	--	--	--	--
Humanprobenbank 2003, Münster (Wittassek et al. 2007)	Studenten, N=60, 20-29 J.	4,6	25,2	13,4	38,8	12,2	34,9	17,5	60,6	5,6	27,7
Erlangen (Koch et al. 2003b)	Institutsangehörige, N=85, 7-63 J.	10,3	37,9	46,8	224	36,5	156	--	--	--	--
Süddeutschland (Koch et al. 2005a)	Kinder, N=36, 2-6 J. Erwachsene, N=19, 37-59 J.	6,6 9,0	14,6 29,0	49,6 32,1	107 64,0	33,8 19,6	71,0 36,7	-- --	-- --	-- --	-- --
Deutschland (Preuss et al. 2005)	Allgemeinbevölkerung, N=19, Alter ohne Angabe	9,8	--	47,5	--	39,7	--	85,5	--	36,6	--
Deutschland (Fromme et al. 2006)	Allgemeinbevölkerung, N=399, 14-60 J.	4,9	21,7	19,2	81,8	14,7	56,0	26,2	93,6	8,3	41,3
NHANES 2001 – 2002, USA (CDC 2005)	Allgemeinbevölkerung, N=393, 6-11 J.	4,4	29,9	32,9	210	22,6	142	--	--	--	--
NHANES 1999 -2000, USA (CDC 2003)	Allgemeinbevölkerung, N=328, 6-11 J.	4,9	34,5	--	--	--	--	--	--	--	--

Anmerkungen: 50.P = 50. Perzentil (Median); 95P. = 95. Perzentil

**Tab. 4.1.13: Metabolite von DBP, BBzp und DiNP im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) in Deutschland und weltweit**

Studie/Region/Autor	Kollektiv/Alter	MnBP		MiBP		MBzP		7OH-MMeOP		7oxo-MMeOP		7cx-MMeHP	
		50.P.	95.P.	50.P.	95.P.	50.P.	95.P.	50.P.	95.P.	50.P.	95.P.	50.P.	95.P.
Kinder-Umwelt-Survey	Kinder, N=599, 3-14 J.	93,4	310	88,1	308	18,1	76,2	11,0	50,6	5,4	28,9	12,7	58,9
KUS, Pilotstudie, 4 Orte in Deutschland (Koch et al. 2007b)	Kinder, N=239, 3-14 J.	166	624	--	--	18,8	123						
Humanprobenbank 2003, Münster (Wittassek et al. 2007)	Studenten, N=60, 20-29 J.	50,8	161	30,4	124	5,9	24,8	2,3	13,3	1,6	10,4		
Süddeutschland (Koch et al. 2005a)	Kinder, N=36, 2-6 J. Erw. N=19, 37-59 J.	139 91,8		--	--	22,1 12,7							
Deutschland (Fromme et al. 2006)	Allgemeinbevölkerung, N=399, 14-60 J.	49,6	172	44,9	183	7,2	45,6						
NHANES 2001 – 2002, USA (CDC 2005)	Allgemeinbevölkerung, N=393, 6-11 J.	32,4	157	4,4	23,4	37,0	226						
NHANES 1999 -2000, USA (CDC 2003)	Allgemeinbevölkerung, N=328, 6-11 J..	40,0	163	--	--	40,3	214						
Schweden (Jonsson et al. 2005)	Allgemeinbevölkerung, Männer, N=234, 18-21 J.	78,0	330	--	--	16	74						

Anmerkungen: 50.P = 50. Perzentil (Median); 95.P. = 95. Perzentil

### 4.1.3 Bewertung der DEHP Exposition mit dem HBM-Wert

Bisher hat die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes einen HBM-Wert nur für das DEHP abgeleitet (Kommission Human-Biomonitoring 2007). Dieser bezieht sich auf die Summe von 5oxo- und 5OH-MEHP. Für 6- bis 13-jährige Kinder beträgt dieser HBM-Wert, der als HBM-I-Wert definiert ist, 500 µg/l.

Tab. 4.1.14: Kinder des KUS, bei denen der HBM-I-Wert für DEHP überschritten ist

Fall	Gehalt (µg/l)	Geschlecht	Lebensalter	Migrant/in	Schicht
1	541	w	4	nein	hoch
2	545	w	5	nein	mittel
3	577	w	4	nein	hoch
4	581	m	6	nein	mittel
5	647	w	10	ja	niedrig
6	691	m	8	nein	hoch
7	729	w	8	nein	mittel
8	805	w	10	nein	mittel
9	948	m	13	nein	niedrig
10	1018	w	13	nein	mittel
11	6130	w	6	nein	mittel

Bei 11 der 599 im KUS untersuchten Kinder ist der HBM-I-Wert überschritten, was einem gewichteten prozentualen Anteil von 1,5 % der Kinder in Deutschland entspricht. Die **Tabelle 4.1.14** zeigt die Höhe der vorkommenden Werte und lässt erkennen, dass bezüglich des Geschlechtes, des Lebensalters, des Migranten- und des Sozialstatus keine Abhängigkeiten vorliegen.

### 4.1.4 Zusammenfassung

Alle untersuchten Phthalatmetabolite waren in nahezu allen Urinen der Kinder nachweisbar, woran die ausgeprägte und verbreitete Exposition gegenüber Phthalaten deutlich wird. Bezogen auf die Summe der jeweiligen Metabolite ist die Belastung mit DEHP am höchsten, gefolgt von DnBP bzw. DiBP und DiNP. Die Exposition mit BBzP ist vergleichsweise gering.

Die Deskription der mittleren Metabolitgehalte in bestimmten Teilpopulationen der Kinder hat ergeben, dass die Gehalte mit zunehmendem Lebensalter abnehmen. Zwar wird bezüglich dieses Effektes nicht bei allen Metaboliten statistische Signifikanz erreicht, zumindest eine Tendenz ist aber immer ablesbar.

Nur beim MBzP und MnBP ergaben sich weitere unterschiedlich belastete Subpopulationen. So wiesen beim MBzP Kinder aus sozial höher gestellten Familien und Nichtmigranten geringere Gehalte auf. Beim MnBP weisen Kinder aus den neuen Bundesländern höhere mittlere Gehalte auf. Erklärungen für die Effekte stehen noch aus.

Die Abnahme der mittleren Gehalte mit zunehmendem Lebensalter ist ein typischer Effekt bei Schadstoffen, die hauptsächlich über die Nahrung aufgenommen werden. Kleine Kinder nehmen relativ zu ihrem Körpergewicht mehr Nahrung und damit auch mehr Schadstoffe zu sich.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass sich für diejenigen Metabolite, die schon in der Pilotstudie des KUS gemessen wurden, die Höhe der Gehalte bestätigt. Im internationalen Vergleich sind die Gehalte der Metabolite im Urin in Deutschland höher als in den USA. Nur dort wurden bisher ähnlich systematische Untersuchungen wie in Deutschland durchgeführt.

Der HBM-I-Wert für DEHP wird bei 1,5 % der Kinder überschritten. Der HBM-I-Wert wurde aufgrund des TDI-Wertes der EFSA definiert. Wird er überschritten, ist eine gesundheitliche Wirkung nicht mit genügender Sicherheit ausgeschlossen. Modelliert man die tägliche Aufnahme auf der Basis der gemessenen Metabolitgehalte des DEHP und des Urinvolumens, so ergibt sich, dass der TDI ebenfalls bei 1,5 % der Kinder überschritten wird (Das Ergebnis der Aufnahmeberechnung wird an anderer Stelle berichtet).

Speziell für DEHP zeigen die Ergebnisse, dass besonders die Exposition bei kleinen Kindern reduziert werden muss. Auch die Gehalte an DnBP und BBzP sind relativ hoch. Auch über modellhafte Berechnungen über die Aufnahmerate dieser beiden Phthalate wird an anderer Stelle berichtet. Da anzunehmen ist, dass eine kumulierende Exposition mit mehreren Phthalaten das Risiko für gesundheitliche Effekte erhöht, ist es dringend geboten, die Belastungspfade für DEHP und die anderen Phthalaten zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen.

## 4.2 Bisphenol A im Urin

Bisphenol A (BPA) ist ein Weichmacher für Polycarbonate und Epoxidharze. Beide Stoffe werden für Materialien eingesetzt, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen können. Dabei handelt es sich zum Beispiel um Babyflaschen, Ess- und Mikrowellengeschirr und Aufbewahrungsbehälter sowie Innenbeschichtungen von Lebensmittel- und Getränkeverpackungen. Das daraus freigesetzte BPA kann mit den Lebensmitteln vom Menschen aufgenommen werden. Der Hauptzufuhrpfad für Bisphenol A (BPA) dürfte die Nahrung sein. Einen individuell unterschiedlichen Beitrag können Zahnfüllungen ausmachen (Dekant und Völkel 2008).

### 4.2.1 Deskription der Gehalte an Bisphenol A im Urin

BPA wurde in 99 % der untersuchten Proben quantitativ nachgewiesen (BG=0,15 µg/l). Der geometrische Mittelwert der BPA-Gehalte aller Kinder beträgt 2,66 µg/l (**Tab. 4.2.1**).

3- bis 5-jährige Kinder weisen mit 3,55 µg/l den vergleichsweise höchsten geometrischen Mittelwert im Urin auf. Dieser unterscheidet sich deutlich und signifikant von denen der älteren Kinder. Bei Kindern aus Familien mit Migrationshintergrund lässt sich ein signifikant geringerer BPA-Gehalt bestimmen als bei Kindern aus Familien ohne Migrationshintergrund (1,97 µg/l gegenüber 2,72 µg/l).

Wie bei den Phthalaten ist auch beim Bisphenol A der Hauptzufuhrpfad für die Belastung des Menschen die Nahrung bzw. die Materialien, die mit Lebensmittel in Kontakt kommen können. Im KUS wurden allerdings keine Fragen gestellt, welche die Belastung mit BPA über die Nahrung erfassen könnten, da BPA erst nachträglich in das Untersuchungsprogramm aufgenommen wurde. Zusätzlich zu den hier vorgestellten Merkmalen wurde daher nur getestet, ob der Verzehr von Fertigprodukten zu einer Erhöhung der BPA-Gehalte im Urin führt. Dies bestätigte sich jedoch nicht. BPA wird wie eingangs beschrieben in Zahnfüllungen aus Kunststoff verwendet, was zu einer korporalen Belastung führen kann (Joskow et al. 2006). Im KUS wurde leider nicht nach der Anzahl solcher Füllungen gefragt.

### 4.2.2 Vergleich mit Literaturdaten

Es gibt national und international nur wenige repräsentative Untersuchungen zur Belastung des Menschen mit BPA. Die aktuelle Übersicht von Dekant und Völkel (2008) macht deutlich, dass der Schwerpunkt der bisherigen Untersuchungen auf die Entwicklung der analytischen Methode gelegen hat. Nur in den USA wurden im Rahmen der NHANES-Studie umfangreichere Analysen im Urin auch von Kindern durchgeführt. Diese ergaben Belastungen in ähnlicher Größenordnung, wie sie im KUS ermittelt wurden (**Tab. 4.2.2**). Die adjustierten geometrischen Mittel der in der aktuellen NHANES-Studie untersuchten Altersgruppen betragen: 3,6 µg/l bei den 6- bis 11-Jährigen, 3,7 µg/l bei den 12- bis 19-Jährigen und 2,6 µg/l bei den Erwachsenen (Calafat et al. 2008).

**Tab. 4.2.1: Bisphenol A im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	BG	N	n<BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
<b>Gesamt</b>	0,15	599	8	0,83	2,74	9,51	14,0	22,8	205	4,77	<b>2,66</b>	2,44	- 2,89
<b>Geschlecht</b>													
Jungen	0,15	310	2	0,98	2,76	9,82	15,8	22,8	39,3	4,52	<b>2,84</b>	2,55	- 3,17
Mädchen	0,15	289	6	0,71	2,72	8,58	12,7	28,8	205	5,03	<b>2,47</b>	2,17	- 2,82
<b>Lebensalter **</b>													
3 bis 5 Jahre	0,15	137	1	0,92	3,53	13,4	22,9	46,5	205	7,39	<b>3,55</b>	2,94	- 4,28
6 bis 8 Jahre	0,15	145	2	0,83	2,81	9,05	15,4	23,3	110	4,54	<b>2,72</b>	2,31	- 3,21
9 bis 11 Jahre	0,15	149	2	0,77	2,13	8,37	13,8	21,6	38,4	3,70	<b>2,22</b>	1,89	- 2,61
12 bis 14 Jahre	0,15	168	3	0,76	2,60	8,87	11,0	13,8	37,2	3,77	<b>2,42</b>	2,07	- 2,82
<b>Sozialstatus</b>													
niedrig	0,15	128	0	0,82	2,59	9,11	13,1	20,6	38,4	4,21	<b>2,72</b>	2,32	- 3,19
mittel	0,15	284	7	0,85	2,54	8,41	12,6	21,1	201	4,30	<b>2,45</b>	2,16	- 2,77
hoch	0,15	183	0	0,82	3,02	11,6	21,5	32,9	205	5,92	<b>3,01</b>	2,56	- 3,53
<b>Migrantenstatus *</b>													
Migrant/in	0,15	45	1	0,70	1,97	6,77	11,7		12,5	3,00	<b>1,97</b>	1,46	- 2,66
kein/e Migrant/in	0,15	555	6	0,83	2,80	9,65	14,0	22,9	205	4,91	<b>2,72</b>	2,50	- 2,97
<b>Wohnort</b>													
neue Länder	0,15	77	3	0,49	2,69	11,0	27,5	196	205	7,67	<b>2,34</b>	1,70	- 3,21
alte Länder	0,15	522	4	0,87	2,76	9,37	13,9	22,7	53,8	4,34	<b>2,71</b>	2,49	- 2,95
<b>Gemeindegröße</b>													
bis 100.000 EW	0,15	281	3	0,88	2,67	8,72	13,2	27,7	53,8	4,28	<b>2,62</b>	2,34	- 2,94
ab 100.000 EW	0,15	318	4	0,72	2,79	9,65	14,0	22,8	205	5,20	<b>2,69</b>	2,38	- 3,04

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n<BG = Anzahl der Werte unter der Bestimmungsgrenze (BG); P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.2.2: BPA im Urin in Deutschland und den USA ( $\mu\text{g/l}$ )**

Autor/Studie	Region	Kollektiv/Alter	BPA	
			50.P.	95.P.
KUS diese Studie	Deutschland	Kinder, N=599, 3-14 J.	2,7	14,0
NHANES III (Calafat et al. 2005)	USA	Erwachsene, N=394, 20-59 J.	1,3	5,2
NHANES 2003-2004 (Calafat et al. 2008)	USA	Erwachsene, Kinder, N=2517	2,6	15,9

Anmerkungen: 50.P = 50. Perzentil; 95.P. = 95. Perzentil.

Die amerikanischen Kollegen stellten fest, dass in nahezu allen Proben BPA nachweisbar war. Das trifft auch in Deutschland zu, denn BPA kann in 99% der Urine der Kinder quantitativ bestimmt werden. Zusammen mit der sehr kurzen Halbwertszeit des BPA lässt das darauf schließen, dass die Exposition relativ kontinuierlich erfolgt.

Dass bei der aktuelleren NHANES-Studie von Calafat et al. (2008) höhere Gehalte als in ihrer vorangegangenen Studie (Calafat et al. 2005) gefunden wurden, könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich die analytische Methode geändert hat oder auch darauf, dass in der jüngeren Studie Kinder ab einem Alter von 6 Jahren mit höheren Gehalten berücksichtigt wurden.

Bei der NHANES-Studie wurde auch ein Einfluss des Haushaltseinkommens mit höheren BPA-Gehalten im Urin bei geringerem Einkommen ermittelt. Bezüglich der Daten des KUS spiegelt sich eine Abhängigkeit vom Sozialstatus aber nicht wider. Allerdings ergibt sich zwischen den Ergebnissen der beiden Surveys eine Parallele dahingehend, dass in den USA „Mexican Americans“ geringere Gehalte aufweisen als die restliche Bevölkerung (Calafat et al. 2008). Im KUS weisen Migranten vergleichsweise geringere BPA-Gehalte auf.

### 4.2.3 Zusammenfassung

Bisphenol A wurde in 99 % der Urinproben der Kinder in Deutschland nachgewiesen, woran die verbreitete Exposition auch gegenüber diesem Stoff deutlich wird. Es lässt sich eine Abnahme des mittleren Gehaltes im Urin mit zunehmendem Lebensalter feststellen. Außerdem ist die Exposition von Migranten signifikant geringer. Der vorkommende Wertebereich entspricht etwa dem, wie er in den USA bestimmt wird.

Die relativ geringen Konzentrationen sind allerdings durchaus kein Grund, die Belastung mit BPA nicht weiter zu beobachten. So sollten auf jeden Fall zukünftig zeitliche Vergleiche ermöglicht werden. Matsumoto et al. (2003) hatten für Japan zwischen 1992 und 1999 eine deutliche Zunahme der Exposition, gemessen an den Gehalten im Urin von Erwachsenen, bestimmt. Für Deutschland liegen noch keine Daten zu zeitlichen Trends der Belastung im Urin vor.

## 4.3 Phenanthrenmetabolite im Urin

Aus Feuerungsanlagen oder Verbrennungsprozessen freigesetzte PAK binden sich an die feinen Staubpartikel der Luft. Diese Partikel sind oft so klein, dass sie in die Alveolen der menschlichen Lunge gelangen können. Je nach Belastungshöhe in einer bestimmten Region kann daher die Aufnahme von PAK über die Luft für die Belastung des Menschen eine unterschiedlich hohe Bedeutung besitzen. Luftgetragene PAK können sich auch auf Getreide, Obst und Gemüse niederschlagen, so dass auch die Nahrung einen wesentlichen Zufuhrpfad für PAK darstellen kann. Von höherer Bedeutung ist aber, dass stark erhitzte Speisen (Grillgut, Geräuchertes) wesentlich zur Belastung beitragen können. Die Nahrung stellt in unbelasteten Regionen für die Allgemeinbevölkerung und offenbar auch für Kinder den Hauptzufuhrpfad dar (Fiala et al. 2001). Dies gilt jedoch wiederum nicht für aktive Raucher, die über die Inhalation des Tabakrauchs deutlich belastet werden.

### 4.3.1 Deskription der Metabolitgehalte im Urin

In 154 Urinproben von nichtrauchenden Kindern wurden die Metabolite 1,2-Phenanthren-dihydrodiol (1,2-Phen-diol), 9,10-Phenanthredihydrodiol (9,10-Phen-diol) und Phenanthren-1,2,3,4-tetrol (Phen-tetrol) bestimmt. Die Metabolite waren in allen Proben nachweisbar. In den **Tabellen 4.3.1, 4.3.2** und **4.3.3** sind die ermittelten statistischen Kennzahlen auch für die gebildeten Untergruppen aufgelistet.

Die geometrischen Mittelwerte der Gehalte der Metabolite betragen 0,92 µg/l bei 1,2-Phen-diol, 0,51 µg/l bei 9,10-Phen-diol und 1,06 µg/l bei Phen-tetrol.

Auffällige Daten finden sich beim 1,2-Phen-diol. Bei drei Mädchen wurden Gehalte über 10 µg/l ermittelt, während das Maximum der restlichen Werte bei 4,85 µg/l liegt. Ein analytischer Effekt ist dabei auszuschließen. Diese hohen Werte führen dazu, dass sich ein signifikanter Effekt des Geschlechts, mit einem höheren mittleren Gehalt bei Mädchen zeigt. Bei Nichtberücksichtigung dieser hohen Werte wird das Signifikanzniveau nicht mehr erreicht.

Beim 9,10-Phen-diol (**Tab. 4.3.2**) zeigt sich eine signifikante Zunahme der Gehalte mit zunehmendem Lebensalter ( $p < 0,05$ ). Bei den beiden anderen Metaboliten deutet sich das insofern an, dass die 12- bis 14-jährigen Kinder etwas höhere mittlere Gehalte aufweisen, als die anderen Altergruppen (beim 1,2-Phen-diol wiederum unterbrochen durch die drei sehr hohen Werte).

Die Zahl der Raucher im Haushalt ist ein signifikantes Gliederungsmerkmal für 9,10-Phen-diol. Je mehr Raucher im Haushalt leben, umso höher ist der mittlere Gehalt dieses Metaboliten im Urin der Kinder.

**Tab. 4.3.1: 1,2-Phenanthrendihydrodiol im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI - GM
<b>Gesamt</b>	154	0,24	1,10	2,81	3,78	7,48	12,3	1,42	<b>0,92</b>	0,79 - 1,07
<b>Geschlecht *</b>										
Jungen	83	0,19	1,00	2,57	3,07	4,20	4,46	1,11	<b>0,78</b>	0,64 - 0,95
Mädchen	71	0,29	1,30	3,74	4,85	12,1	12,3	1,77	<b>1,12</b>	0,89 - 1,40
<b>Lebensalter</b>										
3 bis 5 Jahre	45	0,21	1,09	2,62	3,74		4,17	1,11	<b>0,76</b>	0,58 - 1,01
6 bis 8 Jahre	41	0,17	1,33	4,42	11,7		12,3	1,99	<b>1,12</b>	0,79 - 1,57
9 bis 11 Jahre	48	0,29	0,72	3,03	3,65		4,46	1,27	<b>0,88</b>	0,68 - 1,13
12 bis 14 Jahre	19	0,33	1,17	2,16	3,69		3,73	1,26	<b>1,05</b>	0,78 - 1,42
<b>Sozialstatus</b>										
niedrig	25	0,24	1,25	4,04	4,43		4,46	1,51	<b>1,02</b>	0,69 - 1,50
mittel	67	0,35	1,21	2,72	3,67	11,3	12,3	1,49	<b>1,05</b>	0,86 - 1,29
hoch	61	0,17	0,90	2,81	4,23	11,5	11,6	1,30	<b>0,76</b>	0,58 - 0,99
<b>Zahl der Raucher/innen im Haushalt</b>										
kein/e Raucher/in	84	0,24	1,06	2,51	3,65	4,48	4,85	1,18	<b>0,84</b>	0,70 - 1,02
ein/e Raucher/in	47	0,18	1,31	3,78	11,6		12,3	1,98	<b>1,13</b>	0,82 - 1,55
mehr als ein/e Raucher/in	22	0,29	0,78	2,54	4,46		4,46	1,11	<b>0,83</b>	0,61 - 1,14
<b>Wohnort</b>										
neue Länder	8	0,28	1,26				3,88	1,17	<b>0,89</b>	0,50 - 1,58
alte Länder	145	0,24	1,10	2,81	3,78	8,59	12,3	1,43	<b>0,92</b>	0,79 - 1,08
<b>Gemeindegröße</b>										
< 100.000 Einw.	67	0,30	1,03	2,86	3,79	11,5	12,3	1,37	<b>0,91</b>	0,73 - 1,12
≥ 100.000 Einw.	87	0,19	1,11	2,81	4,04	8,02	11,6	1,45	<b>0,93</b>	0,75 - 1,15

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Bestimmungsgrenze: 0,10  $\mu\text{g/l}$ , Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM) \* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.3.2: 9,10-Phenanthrendihydrodiol im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI - GM
<b>Gesamt</b>	154	0,16	0,53	1,49	2,15	3,95	4,58	0,74	<b>0,51</b>	0,44 - 0,59
<b>Geschlecht</b>										
Jungen	83	0,16	0,46	1,44	2,05	3,05	3,80	0,66	<b>0,48</b>	0,40 - 0,57
Mädchen	71	0,17	0,56	1,72	2,67	4,16	4,58	0,83	<b>0,55</b>	0,45 - 0,69
<b>Lebensalter *</b>										
3 bis 5 Jahre	45	0,13	0,48	1,08	1,42		4,58	0,54	<b>0,38</b>	0,30 - 0,50
6 bis 8 Jahre	41	0,22	0,61	1,54	2,43		4,16	0,81	<b>0,59</b>	0,47 - 0,76
9 bis 11 Jahre	48	0,14	0,44	1,48	2,02		4,10	0,75	<b>0,52</b>	0,40 - 0,67
12 bis 14 Jahre	19	0,21	0,61	2,78	3,80		3,80	1,03	<b>0,69</b>	0,46 - 1,03
<b>Sozialstatus</b>										
niedrig	25	0,22	0,43	2,07	2,39		2,41	0,80	<b>0,58</b>	0,42 - 0,80
mittel	67	0,17	0,50	1,61	2,67	4,12	4,16	0,82	<b>0,55</b>	0,44 - 0,68
hoch	61	0,14	0,55	1,02	1,87	4,24	4,58	0,63	<b>0,45</b>	0,37 - 0,56
<b>Zahl der Raucher/innen im Haushalt *</b>										
kein/e Raucher/in	84	0,13	0,44	1,46	1,88	2,29	2,41	0,62	<b>0,43</b>	0,36 - 0,53
ein/e Raucher/in	47	0,26	0,53	1,92	3,86		4,58	0,82	<b>0,57</b>	0,45 - 0,72
mehr als ein/e Raucher/in	22	0,20	0,72	1,94	3,75		4,10	1,02	<b>0,74</b>	0,51 - 1,06
<b>Wohnort</b>										
neue Länder	8	0,29	0,92				4,58	0,99	<b>0,78</b>	0,46 - 1,32
alte Länder	145	0,16	0,49	1,49	2,16	3,90	4,16	0,73	<b>0,50</b>	0,43 - 0,58
<b>Gemeindegröße</b>										
< 100.000 Einw.	67	0,14	0,60	1,54	2,51	4,16	4,58	0,79	<b>0,51</b>	0,40 - 0,64
$\geq$ 100.000 Einw.	87	0,17	0,50	1,48	2,03	3,87	4,10	0,70	<b>0,51</b>	0,43 - 0,61

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Bestimmungsgrenze: 0,06  $\mu\text{g/l}$ , Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 4.3.3: Phenanthren-1,2,3,4-tetrol im Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	N	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI - GM
<b>Gesamt</b>	154	0,37	1,09	2,27	2,84	3,26	3,85	1,26	<b>1,06</b>	0,95 - 1,17
<b>Geschlecht</b>										
Jungen	83	0,49	1,20	2,50	2,97	3,60	3,85	1,33	<b>1,12</b>	0,98 - 1,28
Mädchen	71	0,36	1,07	2,19	2,72	3,12	3,15	1,17	<b>0,98</b>	0,84 - 1,14
<b>Lebensalter</b>										
3 bis 5 Jahre	45	0,36	1,04	2,15	2,75		3,85	1,25	<b>1,04</b>	0,86 - 1,26
6 bis 8 Jahre	41	0,43	1,01	2,43	3,15		3,38	1,23	<b>1,02</b>	0,84 - 1,24
9 bis 11 Jahre	48	0,35	1,14	2,14	2,77		3,24	1,23	<b>1,06</b>	0,90 - 1,26
12 bis 14 Jahre	19	0,47	1,35	2,83	3,00		3,01	1,41	<b>1,16</b>	0,83 - 1,61
<b>Sozialstatus</b>										
niedrig	25	0,34	1,02	2,57	2,67		2,69	1,23	<b>0,96</b>	0,71 - 1,30
mittel	67	0,52	1,22	2,13	2,64	3,22	3,24	1,32	<b>1,16</b>	1,02 - 1,33
hoch	61	0,37	0,96	2,71	3,17	3,81	3,85	1,20	<b>0,98</b>	0,83 - 1,16
<b>Zahl der Raucher/innen im Haushalt</b>										
kein/e Raucher/in	84	0,37	1,08	2,56	2,85	3,59	3,85	1,22	<b>0,99</b>	0,86 - 1,15
ein/e Raucher/in	47	0,60	1,04	2,49	3,15		3,24	1,34	<b>1,14</b>	0,95 - 1,36
mehr als ein/e Raucher/in	22	0,38	1,31	1,88	2,07		2,11	1,26	<b>1,14</b>	0,92 - 1,41
<b>Wohnort</b>										
neue Länder	8	0,78	1,06				3,01	1,42	<b>1,23</b>	0,83 - 1,82
alte Länder	145	0,37	1,10	2,24	2,74	3,28	3,85	1,25	<b>1,05</b>	0,94 - 1,16
<b>Gemeindegröße</b>										
< 100.000 Einw.	67	0,38	1,11	2,12	2,62	2,84	2,86	1,18	<b>1,01</b>	0,87 - 1,17
> 100.000 Einw.	87	0,37	1,05	2,57	3,16	3,56	3,85	1,32	<b>1,10</b>	0,95 - 1,26

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Bestimmungsgrenze: 0,02  $\mu\text{g/l}$ , Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; Signifikanzprüfung: t-Test bzw. Varianzanalyse (Unterschiede der GM)  
\* ( $p \leq 0,05$ ), \*\* ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* ( $p \leq 0,001$ )

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

### 4.3.2 Vergleich mit Literaturdaten

Mit den vorliegenden Daten des KUS wird erstmals das Vorkommen der Phenanthrenmetabolite 1,2-Phenanthrendihydrodiol (1,2-Phen-diol), 9,10-Phenanthrendihydrodiol (9,10-Phen-diol) und Phenanthren-1,2,3,4-tetrol (Phen-tetrol) im Urin von Kindern in Deutschland beschrieben. Vergleichsdaten für die gemessenen Gehalte im Urin von Kindern gibt es weltweit nicht. Heranziehen lässt sich lediglich eine Studie an der je 100 Frauen aus Italien, Polen und Serbien teilnahmen. Die mittleren Gehalte an Phen-tetrol betragen 0,39 µg/l, 1,17 µg/l und 0,95 µg/l (Seidel et al. 2006). Demnach weisen Kinder in Deutschland mit 1,06 µg/l ähnlich hohe Gehalte an Phen-tetrol auf, wie Frauen aus Polen oder Serbien.

In der nachfolgenden **Tabelle 4.3.4** sind die ermittelten statistischen Kenndaten für die Gehalte aller der im KUS untersuchten PAK-Metabolite, auch der Phenanthrole, die im Basisprogramm des KUS im Urin der Kinder bestimmt wurden (Becker et al. 2007), zusammengestellt.

**Tab. 4.3.4 PAK-Metabolite im Urin (µg/l) der Kinder in Deutschland**

	BG	N	% <sub>≥</sub> BG	P50	P95	MAX	AM	GM	KI GM
<b>1-OH-Pyr</b>	0,012	599	99	0,13	0,47	4,03	0,18	<b>0,13</b>	0,12 - 0,14
<b>1-OH-Phen</b>	0,016	599	100	0,19	0,60	2,42	0,24	<b>0,19</b>	0,18 - 0,20
<b>2,9-OH-Phen</b>	0,004	599	100	0,12	0,37	2,00	0,15	<b>0,12</b>	0,11 - 0,13
<b>3-OH-Phen</b>	0,005	599	100	0,17	0,53	2,43	0,21	<b>0,16</b>	0,15 - 0,17
<b>4-OH-Phen</b>	0,008	599	82	0,02	0,23	1,55	0,06	<b>0,02</b>	0,02 - 0,03
<b>∑ OH-Phen</b>		599		0,53	1,55	7,26	0,66	<b>0,52</b>	0,50 - 0,55
<b>1,2-Phen-diol</b>	0,10	154	100	1,10	3,78	12,3	1,42	<b>0,92</b>	0,79 - 1,07
<b>9,10-Phen-diol</b>	0,06	154	100	1,49	3,95	4,58	0,74	<b>0,51</b>	0,44 - 0,59
<b>Phen-tetrol</b>	0,02	154	100	1,09	2,84	3,85	1,26	<b>1,06</b>	0,95 - 1,17

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; BG = Bestimmungsgrenze; P50, P95 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM;

Die Übersicht macht deutlich, dass die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zusätzlich gemessenen Metabolite in größeren Konzentrationen vorkommen als die Phenanthrole. Die Ausscheidung des 9,10-Phen-diols ist im Mittel so hoch, wie die der fünf Phenanthrole zusammen, die Ausscheidung des Phen-tetrols doppelt so hoch.

Dieses Metabolitenverhältnis war bereits bekannt (Seidel et al. 2005) und diente als Basis für die Hypothese, dass es mit den zusätzlich gemessenen Phenanthrenmetaboliten möglich sein sollte, das Passivrauchen der Kinder besser zu beschreiben als dies allein mit den Daten der Phenanthrole und auch bei anderen Studien (Heudorf und Angerer 2001, Angerer et al. 1997, Jacob et al. 1999) bisher möglich war.

Für die Belastung mit Passivrauchen hat sich bei bisherigen Auswertungen des KUS – vor allem für den Nachweis von Cotinin im Urin - die „Zahl der Raucher/innen im Haushalt“ als der am besten geeignete von den zur Verfügung stehenden Indikatoren erwiesen. In der nachstehenden Tabelle 4.3.5 sind daher die mittleren Gehalte der Metabolite in Abhängigkeit

von der Zahl der Raucher im Haushalt dargestellt. Berücksichtigt wurden dabei die 154 Kinder, bei denen alle Metabolite bestimmt wurden.

**Tab. 4.3.5: Anzahl der Raucher/innen im Haushalt und PAK-Metabolite im Urin (Nichtraucher/innen)**

	0 Raucher/innen GM (µg/l)	1 Raucher/in GM (µg/l)	≥2 Raucher/innen GM (µg/l)	n	p
1-OH-Pyr	0,10	0,13	0,11	84/47/22	0,082
1-OH-Phen	0,17	0,17	0,19	84/47/22	0,758
2/9-OH-Phen	0,10	0,10	0,13	84/47/22	0,375
3-OH-Phen	0,15	0,15	0,15	84/47/22	0,997
4-OH-Phen	0,02	0,03	0,02	84/47/22	0,146
∑ OH-Phen	0,47	0,48	0,50	84/47/22	0,910
1,2-Phen-diol	0,84	1,13	0,83	84/47/22	0,199
9,10-Phen-diol	0,43	0,57	0,74	84/47/22	0,019
Phen-Tetrol	0,99	1,14	1,14	84/47/22	0,397

Anmerkungen: GM = geometrisches Mittel, n = Stichprobenumfang; p = Signifikanzniveau

Nur für das 9,10-Phen-diol ist ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Zahl der Raucher/innen im Haushalt und dem Metabolitgehalt im Urin vorhanden. Beim 1,2-Phen-diol liegt bei „1 Raucher im Haushalt“ ein deutlich erhöhter GM vor, was wiederum darauf zurückzuführen ist, dass einige besonders hohe Gehalte bestimmt wurden. Beim Phen-tetrol ist zwischen „0 Raucher/innen“, „1 Raucher/in“ und „mehr als 2 Raucher/innen“ kein Unterschied für den GM festzustellen.

Im KUS (N=599) war für das 1-OH-Pyr eine Signifikanz des Merkmals erreicht worden, wobei allerdings der absolute Unterschied zwischen den GM sehr gering ausfiel (Seiwert et al. 2005). Auch bei internationalen Studien konnte meist nur ein schwacher Zusammenhang für 1-OH-Pyr modelliert oder aufgezeigt werden (Chuang et al. 1999, Siwinska et al. 1998, van Wijnen et al. 1996).

### 4.3.3 Zusammenfassung

Auch die untersuchten Metabolite des Phenanthrens (1,2-Phen-diol, 9,10-Phen-diol, Phen-tetrol) sind in allen Urinproben der Kinder in Deutschland nachweisbar. Es lässt sich feststellen, dass die vorkommenden Gehalte deutlich höher sind, als die des bisher zur Untersuchung einer Exposition mit PAK untersuchten 1-Hydroxypyrens oder die der Phenanthrole.

Für die Belastung durch das Passivrauchen ist gemäß den Ergebnissen dieser Studie das 9,10-Phen-diol der am besten geeignete Biomarker. Es dürfte aber davon auszugehen sein, dass sich bei einer höheren Stichprobengröße auch 1,2-Phen-diol oder Phen-tetrol als geeignet erweisen könnten, da sie wie erwähnt, in deutlich höheren Konzentrationen vorkommen als OH-Pyren oder die Phenanthrole.



## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Höhe und Bedeutung der Belastung von Kindern mit Phthalaten und Bisphenol A konnten bisher aufgrund mangelnder und kaum vergleichbarer Daten weder in Deutschland, noch in Europa beurteilt werden. Durch die vorliegende Untersuchung konnten erstmals repräsentative Daten über die Belastung von Kindern mit diesen Stoffen in Deutschland ermittelt werden.

Die Metabolite des Phenanthrens (1,2-Phen-diol, 9,10-Phen-diol und Phen-tetrol) sind weltweit erstmals bei Kindern bestimmt worden. Phenanthren ist dem karzinogenen Benzo[a]pyren ähnlicher als das Pyren, welches üblicherweise als Biomarker für eine Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen bestimmt wird. Daher könnte die Bestimmung von Phenanthrenmetaboliten die Exposition mit PAK besser anzeigen.

Für Stoffe, über die hier berichtet wird, gilt, dass mit den vorliegenden Ergebnissen eine ausgezeichnete Basis für die Ableitung von Referenzwerten geschaffen ist. Solche Referenzwerte werden in Deutschland durch die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes definiert und abgeleitet. Bis zu ihrer Festlegung können auch die Originaldaten, so wie sie in dem vorliegenden Bericht dargestellt sind, zur Beurteilung von kleineren oder anlassbezogenen Studien oder Individualuntersuchungen wertvolle Vergleichszahlen liefern.

Untersuchungen von Stoffen, die bisher noch nicht in so systematischer Art und Weise untersucht wurden, werfen immer auch neue wissenschaftliche Fragen auf. Diese sind in dem Bericht angesprochen.

Die Phthalate stellen z.B. eine Schadstoffgruppe dar, für die sich seit einigen Jahren mehr und mehr herauskristallisiert, dass sie problematisch ist. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie belegen dies nachdrücklich. Vor diesem Hintergrund werden gerade in Deutschland und den USA vermehrt Anstrengungen unternommen, das Spektrum der analytisch bestimmbaren Phthalatmetabolite zu erweitern. Am BGFA - Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Institut der Ruhr-Universität in Bochum, ist es z.B. derzeit möglich, 23 spezifische Metabolite von 11 unterschiedlichen Phthalaten im Bereich der Hintergrundbelastung zu bestimmen (Koch 2008).

Den Erkenntnisstand zur chemischen Analytik und zu vorkommenden Konzentrationen an Bisphenol A in Blut und Urin haben kürzlich Dekant und Völkel (2008) veröffentlicht. Erwähnt werden sollte an dieser Stelle, dass die Neubewertung der EFSA, die zur Festlegung des Wertes von 50 µg/kgKG/d als TDI führte, in der wissenschaftlichen Fachwelt nicht unumstritten ist.

Bezüglich der Phenanthrenmetabolite ist anzuführen, dass im Rahmen des DIEPHY-Projektes der EU (6. Rahmenprogramm) weitere Ergebnisse erarbeitet wurden (DIEPHY final report 2007).



## 6 Verzeichnisse

### 6.1 Literaturverzeichnis

- Anderson, W., Castle, L., Scotter, M.: A biomarker approach to measuring human dietary exposure to certain phthalate diesters. *Food Add. Contam.* 18 (2001) 1068–1074.
- Angerer, J., Gündel, J., Mannschreck, C., Ewers, U., Büttner, K.: Beurteilung der PAH-Belastung: Anwohner eines Industriegebietes in der Bundesrepublik Deutschland. *Umweltmed. Forsch. Prax.* 2, 1 (1997) 17-22.
- Arakawa, C., Fujimaki, K., Yoshinaga, J., Imai, H., Serizawa, S., Shiraishi, H.: Daily urinary excretion of bisphenol A. *Environ. Health Prev. Med.* 9 (2004) 22-26.
- Bauer, E., Guo Z., Ueng, Y.F: Oxidation of benzo[a]pyrene by recombinant human cytochrome P450 enzymes. *Chem. Res. Toxicol.* 8 (1995) 136-142.
- Becker, K., Seiwert, M., Angerer, J., Heger, W., Koch, H.M., Nagorka, R., Roßkamp, E., Schlüter, C., Seifert, B., Ullrich, D.: DEHP metabolites in urine of children and DEHP in house dust. *Int. J. Hyg. Env. Health* 207 (2004) 409-417.
- Becker, K., Müssig-Zufika, M., Conrad, A., Lüdecke, A., Schulz, C., Seiwert, M., Kolossa-Gehring, M.: Kinder-Umwelt-Survey 2003/06. Human-Biomonitoring: Stoffgehalte in Blut und Urin der Kinder in Deutschland. Umweltbundesamt, WaBoLu-Hefte 01/2007.
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung): Di-isobutylphthalat in Papieren und Kartons für den Kontakt mit Lebensmitteln. Kurzprotokoll einer außerordentlichen Sitzung der Arbeitsgruppe „Papier, Karton, Pappe“ vom 5. Juli 2007 im BfR.
- Calafat, A.M., Kuklenyik, Z., Reidy, J.A., Caudill, S.P., Ekong J., Needham, L.L.: Urinary concentrations of bisphenol A and 4-Nonylphenol in a human reference population. *Environ. Health Perspect.* 113, 4 (2005) 391-395.
- Calafat, A.M., Ye, X., Wong, L.-Y., Reidy, J.A., Needham, L.L.: Exposure of the U.S. population to bisphenol A and 4-tertiary-octylphenol: 2003-2004. *Env. Health Perspect.* 116, 1 (2008) 39-44.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention): Second national report on human exposure to environmental chemicals. CDC, Atlanta, Georgia, 2003.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention): Third national report on human exposure to environmental chemicals. CDC, Atlanta, Georgia, 2005.
- Chuang, J.E., Callahan, P.J., Lyu, C.W., Wilson, N.K.: Polycyclic aromatic hydrocarbon exposures of children in low-income families. *JEAE* 2 (1999) 85-98.
- Ciba-Geigy AG, 1977. Wissenschaftliche Tabellen Geigy. Teilband Körperflüssigkeiten. CIBA-GEIGY, Basel.
- Dekant, W., Völkel, W.: Human exposure to bisphenol A by biomonitoring: Methods, results and assessment of environmental exposures. *Toxicology and Applied Pharmacology* 228, 1 (2008) 114-134.
- DIEPHY (Dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and DNA damage). Im Internet unter [http://ec.europa.eu/research/biosociety/inco/projects/0048\\_en.html](http://ec.europa.eu/research/biosociety/inco/projects/0048_en.html).
- EEA (European Environment Agency): Environment and Health. EEA Report No. 12/2005.

EFSA: Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food (AFC) on request from the Commission related to 2,2-bis(hydroxyphenyl)propane (bisphenol A). Question number EFSA-Q-2005-100, adopted on 29 November 2006. The EFSA Journal 428 (2006) 1-75.

EU: European Union Risk Assessment Report. Bisphenol A, CAS No: 80-05-7. Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau, European Commission Joint Research Centre, 3<sup>rd</sup> Priority List, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003.

Fiala, Z., Vyskocil, A., Krajak, V., Viau, C., Ettlerova, E., Bakac, J., Fialova, D., Emminger, S.: Environmental exposure of small children to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Int. Arch. Environ. Health* 74 (2001) 411-420.

Fromme, H.: Phthalate: Vorkommen und gesundheitliche Bedeutung. In: *Chemikalien in der Umwelt: Vorkommen, Belastungspfade, Regelungen*. Fachtagung des Bayerischen Landesamtes für Umwelt. (2006) 75-94.

Grimmer, G., Dettbarn, G., Jacob, J.: Biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in highly exposed coke plant workers by measuring urinary phenanthrene and pyrene metabolites (phenols and dihydrodiols). *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 65 (1993) 189-199.

Hecht, S.S., Chen, M., Yagi, H., Jerina, D.M., Carmella, S.G.: r-1,t-2,3,c-4-Tetrahydroxy-1,2,3,4-tetrahydrophenanthrene in human urine: a potential biomarker for assessing polycyclic aromatic hydrocarbon metabolic activation. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 12 (2003) 1501-1508.

Hecht, S.S., Chen, M., Yoder, A., Jensen, J., Hatsukami, D., Le, C., Carmella, S.G.: Longitudinal study of urinary phenanthrene metabolite ratios: effect of smoking on the diol epoxide pathway. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 14 (2005) 2969-74.

Heudorf, U., Angerer, J.: Urinary monohydroxylated phenanthrenes and hydroxypyrene – the effects of smoking habits and changes induced by smoking on monooxygenase-mediated metabolism. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 74 (2001) 177-183.

Hölling, H., Kamtsiuris, P., Lange, M., Thierfelder, W., Thamm, M., Schlack, R.: Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS): Studienmanagement und Durchführung der Feldarbeit. *Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz* 50, 5/6 (2007) 557-566.

Jacob, J., Grimmer, G., Dettbarn, G.: Profile of urinary phenanthrene metabolites in smokers and non-smokers. *Biomarkers* 4 (1999) 319-327.

Jonsson, B.A.G., Richthoff, J., Rylander, L., Giwercman, A., Hagmar, L.: Urinary phthalate metabolites and biomarkers of reproductive function in young men. *Epidem.* 16, 4 (2005) 487-493.

Joskow, R., Barr, D.B., Barr, J.R., Calafat, A., Needham, L.L., Rubin, C.: Exposure to bisphenol A from bis-glycidyl dimethacrylate-based dental sealants. *JADA* 137 (2006) 353-362.

Kamtsiuris, P., Lange, M., Schaffrath-Rosario, A.: Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey: Stichprobendesign, Response und Non-Responder-Analyse. *Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz* 50, 5-6 (2007) 547-556.

Kim, J.H., Stansbury, K.H., Walker, N.J., et al. Metabolism of benzo[a]pyrene and benzo[a]pyrene-7,8-diol by human cytochrome P450 1B1. *Carcinogenesis* 19 (1999) 1847-1853.

Koch, H.M. am Berufsgenossenschaftlichen Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin (BGFA) in Bochum, persönliche Mitteilungen, September 2008.

- Koch, H.M., Angerer, J.: Di-iso-nonylphthalate (DINP) metabolites in human urine after a single dose of deuterium-labelled DINP. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 210 (2007) 9-19.
- Koch, H.M., Gonzales-Reche, L.M., Angerer, J.: On-line clean-up by multidimensional liquid chromatography chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry for high throughput quantification of primary and secondary phthalate metabolites in human urine. *Journal of Chromatography B*, 784 (2003a) 169-182.
- Koch, H.M., Drexler, H., Angerer, J.: An estimation of the daily intake of di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP) and other phthalates in the general population. *Int. J. Hyg. Env. Health* 206 (2003b) 77-83.
- Koch, H.M., Bolt, H.M., Angerer, J.: Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) metabolites in human urine and serum after a single oral dose of deuterium-labelled DEHP. *Archives of Toxicol.* 78, 3 (2004a) 123-130.
- Koch, H.M., Drexler, H., Angerer, J.: Internal exposure of nursery-school children and their parents and teachers to di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP). *Int. J. Hyg. Environ. Health* 207 (2004b) 15-22.
- Koch, H.M., Preuss, R., Drexler, H., Angerer, J.: Exposure of nursery children and their parents and teachers to di-n-butylphthalate and butylbenzylphthalate. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 78 (2005a) 223-229.
- Koch, H.M., Müller, J., Drexler, H., Angerer, J.: Dibutylphthalat (DBP) in Arzneimitteln: ein bisher unterschätztes Risiko für Schwangere und Kleinkinder? *Umweltmed. Forsch. Prax.* 10, 2 (2005b) 144-146.
- Koch, H.M., Müller, J., Angerer, J.: Determination of secondary, oxidised di-iso-nonylphthalate (DINP)metabolites in human urine representative for the exposure to commercial DINP plasticizers. *J. Chromat. B* 847 (2007a) 114-125.
- Koch, H.M., Becker, K., Wittassek, M., Seiwert, M., Angerer, J., Kolossa-Gehring, M.: Di-n-butylphthalate und butylbenzylphthalate – urinary metabolite levels and estimated daily intakes: pilot study for the German Environmental Survey on children. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 17 (2007b) 378-387.
- Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes: 1-Hydroxypyren in Urin als Indikator einer inneren Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) – Referenzwert für 1-Hydroxypyren im Urin. *Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz* 48, 10 (2005) 1194-1206.
- Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes: Ableitung von Human-Biomonitoring-(HBM)-Werten auf der Basis tolerabler Aufnahmemengen - Teil III: HBM-Werte für Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP). *Stellungnahme der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsblatt* 50 (2007) 255-259.
- Kurth, B.-M., Bergmann, K. E., Hölling, H., Kahl, H., Kamtsiuris, P., Thefeld, W.: Der bundesweite Kinder- und Jugendsurvey – Das Gesamtkonzept. *Gesundheitswesen*, 64 Sonderheft 1 (2002) 3-11.
- Lange, M., Kamtsiuris, P., Lange, C.: Messung soziodemografischer Merkmale im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS) und deren Bedeutung am Beispiel des allgemeinen Gesundheitszustandes. *Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz* 50 (2007) 578-589.
- Matsumoto, A., Kunugita, N., Kitagawa, K., Isse, T., Oyama, T., Foureman, G.L., Morita, M., Kawamoto, T.: Bisphenol A levels in human urine. *Environ. Health Perspect.* 111. 1 (2003) 101-104.

- Miyamoto, K., Kotake, M.: Estimation of daily bisphenol A intake of Japanese individuals with emphasis on uncertainty and variability. *Environ. Sciences* 13, 1 (2006) 15-29.
- Niedersächsisches Umweltministerium. Kommission der Niedersächsischen Landesregierung Umweltpolitik im europäischen Wettbewerb: Auswirkungen des REACH-Verfahrens auf die Herstellung von Epichlorhydrin sowie die Anwendung seiner Folgeprodukte als Kleber in der Automobilindustrie. Untersuchungsbericht, Stand: April 2006
- Poulsen, O.M., Holst, E., Christensen, J.M.: Calculation and application of coverage intervals for biological reference values. Technical Report. *Pure and Appl. Chem.* 68, 7 (1997) 1601-1611.
- Preuss, R., Koch, H.M., Angerer, J.: Biological monitoring of the five major metabolites of di-(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) in human urine using column-switching liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Chromat. B* 816, 1-2 (2005) 269-280.
- Remer, T., Neubert, A., Maser-Gluth, C.: Anthropometry-based reference values for 24-h urinary creatinine excretion during growth and their use in endocrine and nutritional research. *Am. J. Clin. Nutr.* 75 (2002) 561-569.
- Schaffrath-Rosario, A.: Gewichtung der Daten des Kinder-Umwelt-Surveys. Persönliche Mitteilung, 2007.
- Schenk, L., Ellert, U., Neuhauser, H.: Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund in Deutschland. Methodische Aspekte im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). *Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz* 50, 5-6 (2007) 590-599.
- Schneider, K., Gerdes, H., Hassauer, M., Oltmanns, J., Schulze, J.: Berücksichtigung der Risikogruppe Kind bei der Ableitung gesundheitsbezogener Umweltstandards. Abschlussbericht FuE-Vorhaben des Umweltbundesamtes (FKZ 201 61 215), Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (FoBiG), Freiburg, September 2002.
- Schneider, K.: Unterschiede in der Empfindlichkeit von Kindern gegenüber krebserzeugenden Stoffen im Vergleich zu Erwachsenen. *Umweltmed. Forsch. Prax.* 4, 3 (1999) 155-162.
- Schulz, C., Babisch, W., Becker, K., Dürkop, J., Roskamp, E., Seiwert, M., Steiner, M., Szewzyk, R., Ullrich, D., Englert, N., Seifert, B., Eis, D.: Kinder-Umwelt-Survey – das Umweltmodul im KiGGS. *Bundesgesundheitsbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz* 11 (2004) 1066-1072.
- Schulz, C., Seiwert, M., Becker, K., Conrad, A., Kolossa-Gehring, M.: Der Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003-2006: Stichprobe und Studienbeschreibung. *Umweltmed. Forsch. Prax.* 13 (6), 379-390.
- Seidel, A.: Korporale Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen. Bericht zum FuE-Vorhaben des Umweltbundesamtes (FKZ 200 62 506) 2001.
- Seidel, A.: persönliche Mitteilungen, 2007.
- Seidel, A., Dettbarn, G., John, A., Jacob, J.: Differences in the urinary excretion of PAH metabolites in nonsmoking cohorts of eastern and western Europe. *Toxicology Lett.* 158, Suppl. 1 (2005) 205.
- Seidel, A., Dettbarn, G., John, A., Jacob, J.: Differences in the urinary excretion of PAH metabolites in the general population of Eastern and Western Europe. *ESBIO Conference on "State of the art of Human Biomonitoring within Europe"*. Lisbon, Portugal, March 19-21, 2006.
- Seiwert, M.: persönliche Mitteilungen, 2007.
- Seiwert, M., Becker, K., Angerer, J., Conrad, A., Heidrich, F., Kolossa-Gehring, M., Schulz, C., Seifert, B.: GerES IV Pilot Study: assessment of the exposure of German children to

polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). ISEA Conference 2005, October 30-November 3, Tucson, AZ, 2005. Abstract Book, p 249.

Shimada, T., Gillam, E.M.J., Oda, Y.: Metabolism of benzo[a]pyrene to *trans*-7,8-dihydroxy-7,8-dihydrobenzo[a]pyrene by recombinant human cytochrome P450 1B1 and purified liver epoxide hydrolase. *Chem. Res. Toxicol.* 12 (1999) 623–629.

Shimada, T., Hayse, C.L., Yamazaki, H.: Activation of chemically diverse procarcinogens by human cytochrome P450 1B1. *Cancer Res.* 56 (1996) 2979–2984.

Shou, M., Korzekwa, K.R., Crespi, C.L.: The role of 12 cDNA-expressed human, rodent, and rabbit cytochromes P450 in the metabolism of benzo[a]pyrene and benzo[a]pyrene *trans*-7,8-dihydrodiol. *Mol. Carcinogenesis* 10 (1994) 159-168.

Siwinska, E., Mielzynska, D., Smolik, E., Bubak, A., Kwapulinski, J.: Evaluation of intra- and interindividual variation of urinary 1-hydroxypyrene, a biomarker of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Sci. Total Environ.* 217 (1998) 175-183.

Steliarova-Foucher, E., Stiller, C., Kaatsch, P., Berrionno, F., Coebergh, J.-W., Lacour, B., Parkin, M.: Geographical patterns and time trends of cancer incidence and survival among children and adolescents in Europe since the 1970s (the ACCIS project): an epidemiological study. *The Lancet* 364, 11 (2004) 2097-2105.

Teitelbaum, S.L., Britton, J.A., Calafat, A.M., Ye, X., Silva, M.J., Reidy, J.A., Galvez, M.P., Brenner, B.L., Wolff, M.S.: Temporal variability in urinary concentrations of phthalate metabolites, phytoestrogens and phenols among minority children in the United States. *Environ. Research* 106 (2008) 257-269.

Van Wijnen, J.H., Slob, R., Jongmans-Liedekerken, G., van de Weerd, R.H.J., Woudenberg, F.: Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons among Dutch children. *Environ. Health Perspectives* 104, 5 (1996) 530-534.

Völkel, W., Colnot, T., Csanady G.A., Filser, J.G., Dekant, W.: Metabolism and kinetics of bisphenol A in humans at low doses following oral administration. *Chem. Res. Toxicol.* 15 (2002) 1, 281-1287.

Wittassek, M., Heger, W., Koch, H., Becker, K., Angerer, J., Kolossa-Gehring, M.: Daily intake of di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) by German children – A comparison of two estimation models based on urinary DEHP metabolite levels. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 210 (2007) 35-42.

Wolf, U., Oberwöhrmann, S., Roßkamp, E., Schulz, C., Voigt, M., Wölke, G., Filipiak-Pittroff, B.: Kinder-Umwelt-Survey - das Umweltmodul im KiGGS. Teil 2: Das erste Jahr Feldarbeit. *Bundesgesundhbl. Gesundheitsforsch. Gesundheitsschutz* 47, 11 (2004) 1073-1077.

Wu, M.T., Simpson, C.D., Christiani, D.C. and Hecht, S.S. Relationship of exposure to coke-oven emissions and urinary metabolites of benzo[a]pyrene and pyrene in coke-oven workers. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 11 (2002) 311-314.

## 6.2 Tabellenverzeichnis

Tab. Z1:	Bisphenol A sowie Phthalat- und Phenanthrenmetabolite im Urin der Kinder in Deutschland	1
Tab. S1:	Bisphenol A and metabolites of phthalates and phenanthrene in Urine of German children	3
Tab. 3.1:	Phthalate und Metabolite des Untersuchungsprogramms	14
Tab. 3.2:	Variation der Messergebnisse der Qualitätskontrollproben der DnBP-, DiBP- und BBzP-Metabolite	15
Tab. 3.3:	Variation der Messergebnisse der Qualitätskontrollproben der DEHP-Metabolite	15
Tab. 3.4:	Variation der Messergebnisse der Qualitätskontrollproben der DiNP-Metabolite	15
Tab. 3.5:	Variation der Messergebnisse der Qualitätskontrollproben der Phenanthrenmetabolite	16
Tab. 4.1.1:	MnBP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	21
Tab. 4.1.2:	MiBP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	22
Tab. 4.1.3:	MBzP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	23
Tab. 4.1.4:	MEHP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	24
Tab. 4.1.5:	5OH-MEHP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	25
Tab. 4.1.6:	5oxo-MEHP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	26
Tab. 4.1.7:	5cx-MEPP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	27
Tab. 4.1.8:	2cx-MMHP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	28
Tab. 4.1.9:	7OH-MMeOP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	29
Tab. 4.1.10:	7oxo-MMeOP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	30
Tab. 4.1.11:	7cx-MMeHP im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	31
Tab. 4.1.12:	Gehalte an DEHP-Metaboliten im Urin in Deutschland und weltweit	33
Tab. 4.1.13:	Gehalte an Monoestern weiterer Phthalate im Urin in Deutschland und weltweit	34
Tab. 4.1.14:	Kinder des KUS, bei denen der HBM-I-Wert für DEHP überschritten ist	35
Tab. 4.2.1:	Bisphenol A im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	38
Tab. 4.2.2:	BPA im Urin in Deutschland und den USA	39
Tab. 4.3.1:	1,2-Phenanthrendihydrodiol im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	41
Tab. 4.3.2:	9,10-Phenanthrendihydrodiol im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	42
Tab. 4.3.3:	Phenanthren-1,2,3,4-tetrol im Urin der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	43
Tab. 4.3.4:	PAK-Metabolite im Urin der Kinder in Deutschland	44
Tab. 4.3.5:	Anzahl der Raucher/innen im Haushalt und PAK-Metabolite im Urin (Nichtraucher)	45

### 6.3 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AM	arithmetischer Mittelwert
B(a)P	Benz(a)pyren
BBzP	Butyl-benzyl-phthalat
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BG	Bestimmungsgrenze
BPA	Bisphenol A
d	Tag
DEHP	Di-ethyl-hexyl-phthalat
DiBP	Di-iso-butylphthalat
DiNP	Di-iso-Nonyl-phthalat
DnBP	Di-n-butylphthalat
ECNIS	Environmental Cancer Risk, Nutrition and Individual Susceptibility
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
Einw.	Einwohner
EPA	Environment Protection Agency
EU	Europäische Union
GM	geometrisches Mittel
HBM	Human-Biomonitoring
ISEA	International Society of Exposure Analyses
ISEE	International Society of Environmental Epidemiology
J.	Jahre
Kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
KI	Konfidenzintervall
KiGGS	Kinder- und Jugendgesundheitsurvey
KUS	Kinder-Umwelt-Survey
mw	Molekulargewicht
Max	Maximalwert
N	Stichprobenumfang
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey
p	Wahrscheinlichkeit
P95	95. Perzentil
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Phen	Phenanthren
RfD	Reference dose
RKI	Robert Koch-Institut
t	Tonne
Tab.	Tabelle
TDI	tolerable daily intake
UBA	Umweltbundesamt
VK	Variationskoeffizient



## 7 Anhang

Die zur Deskription herangezogenen Gliederungsmerkmale stammen aus den Fragebögen des Kinder-Umwelt-Surveys (KUS) und des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS):

Die Fragebögen des KUS befinden sich als PDF-Dateien zum Herunterladen auf der Website: <http://www.umweltbundesamt.de/survey/frage/index.htm>. Die Fragebögen des KiGGS können beim RKI angefordert werden.

Neben den Erläuterungen der Gliederungsmerkmale ist im Folgenden angegeben, für welche Analyte in welchen Medien jedes Gliederungsmerkmal in diesem Bericht tabelliert ist.

### Soziodemographie

▷	<b>Geschlecht</b> (Variable SEX_N)
Kategorien	<ul style="list-style-type: none"><li>• Jungen</li><li>• Mädchen</li></ul>
Analyt/Medium	alle Analyte/Medien
▷	<b>Lebensalter</b> (Variable ALT_N)
Merkmal	Lebensalter in vollendeten Jahren
Kategorien	<ul style="list-style-type: none"><li>• 3 bis 5 Jahre</li><li>• 6 bis 8 Jahre</li><li>• 9 bis 11 Jahre</li><li>• 12 bis 14 Jahre (enthält auch 2 Probanden, die kurz vor der Untersuchung 15 Jahre alt wurden)</li></ul>
Analyt/Medium	alle Analyte/Medien
▷	<b>Migrantenstatus</b> (Variable Migrant)
Index	Zusammengesetzt aus den Angaben: Geburtsland des Kindes, Geburtsland von Vater und Mutter und Staatsangehörigkeit von Vater und Mutter
Kategorien	<ul style="list-style-type: none"><li>• Migrant/in</li><li>• Kein/e Migrant/in</li></ul>
Anmerkung	Als Migrant werden Kinder und Jugendliche definiert, die entweder selbst in einem anderen Land geboren wurden, oder deren beide Elternteile zugewandert und/oder nichtdeutscher Staatsangehörigkeit sind (Persönliche Mitteilung Schenk et al. 2006, RKI).
Analyt/Medium	alle Analyte/Medien
▷	<b>Sozialstatus</b> (Variable SCHICHTZ)
Index	Winklerindex - zusammengesetzt aus den Angaben: Bildung, berufliche Stellung und Einkommen der Eltern (Lange et al., 2007).
Kategorien	<ul style="list-style-type: none"><li>• niedrig</li><li>• mittel</li><li>• hoch</li></ul>
Analyt/Medium	alle Analyte/Medien

## Wohnung und Wohngegend

### ▷ BIK Gemeindegröße

Merkmal	BIK Gemeindegröße
Kategorien	<ul style="list-style-type: none"><li>• unter 100000 Einwohner („unter 2000 Einw.“, „2000 bis &lt;5000 Einw.“, „5000 bis &lt;20000 Einw.“, „20000 bis &lt;50000 Einw.“, „50000 bis &lt;100000 Einw., Stadtrand“, „50000 bis &lt;100000 Einw., Stadtkern“)</li><li>• ab 100000 Einwohner („100000 bis &lt;500000 Einw., Stadtrand“, „100000 bis &lt;500000 Einw., Stadtkern“, „500000 Einw. und mehr, Stadtrand“)</li></ul>
Analyt/Medium	alle Analyte/Medien

### ▷ Wohnort

Kategorien	<ul style="list-style-type: none"><li>• alte Länder (incl. Berlin, West)</li><li>• neue Länder (incl. Berlin, Ost)</li></ul>
Anmerkung	Wohnort des Befragten zum Zeitpunkt der Erhebung
Analyt/Medium	alle Analyte/Medien

## Passivrauchbelastung

### ▷ Anzahl der Raucher im Haushalt (S72RA\_ZZ)

Index	Vom Umweltinterviewer für alle Personen im Haushalt abgefragte Rauchgewohnheiten
Kategorien	<ul style="list-style-type: none"><li>• kein/e Raucher/in</li><li>• ein/e Raucher/in</li><li>• mehr als ein/e Raucher/in</li></ul>
Kollektiv	Nur - nicht aktiv rauchende Kinder
Analyt/Medium	Phenanthrenmetabolite im Urin