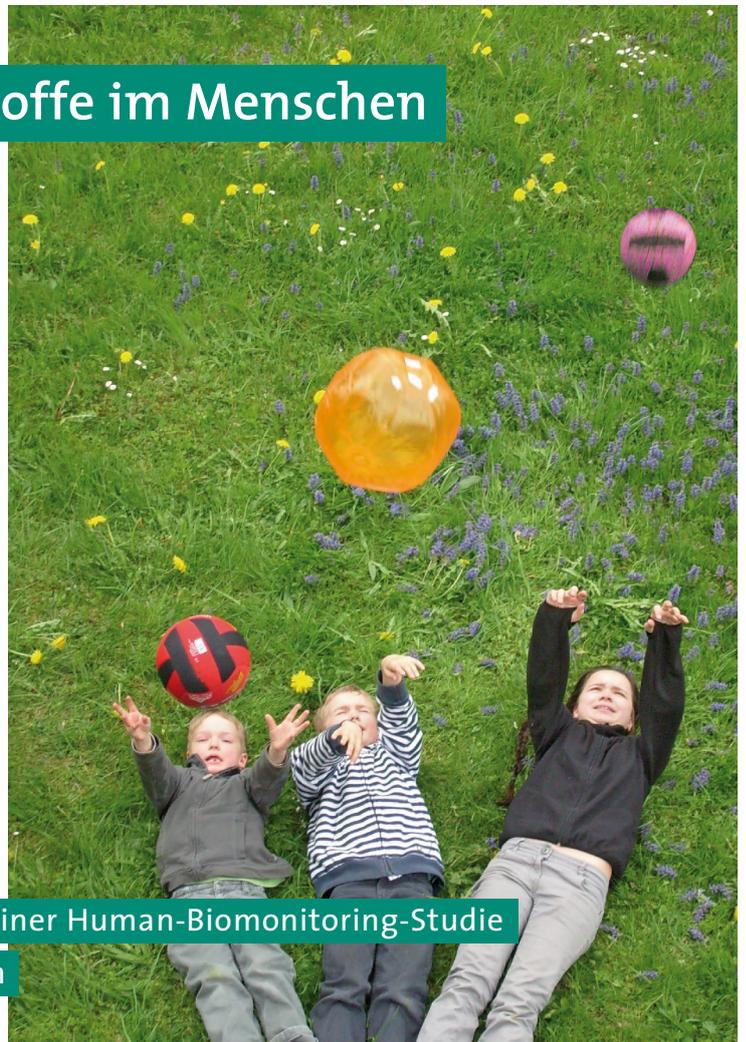


## Schadstoffe im Menschen



Ergebnisse einer Human-Biomonitoring-Studie  
in Österreich



lebensministerium.at



# SCHADSTOFFE IM MENSCHEN

## Ergebnisse einer Human-Biomonitoring-Studie in Österreich

Philipp Hohenblum  
Hans-Peter Hutter



lebensministerium.at

## **Projektleitung**

Philipp Hohenblum, Umweltbundesamt

## **AutorInnen**

Philipp Hohenblum, Umweltbundesamt

Monika Denner, Umweltbundesamt

Astrid Draxler, Umweltbundesamt

Gundi Lorbeer, Umweltbundesamt

Wolfgang Moche, Umweltbundesamt

Wolfgang Raffesberg, Umweltbundesamt

Sigrid Scharf, Umweltbundesamt

Philipp Steinbichl, Umweltbundesamt

Maria Uhl, Umweltbundesamt

Birgit Vallant, Umweltbundesamt

Stefan Weiß, Umweltbundesamt

Hans-Peter Hutter, Institut für Umwelthygiene, ZPH, Medizinische Universität Wien  
(Projektleitung Umwelthygiene)

Livia Borsoi, MPH, Institut für Umwelthygiene, ZPH, Medizinische Universität Wien

Brigitte Piegler, Institut für Umwelthygiene, ZPH, Medizinische Universität Wien

Peter Wallner, Institut für Umwelthygiene, ZPH, Medizinische Universität Wien

Michael Kundi, Institut für Umwelthygiene, ZPH, Medizinische Universität Wien

Daniela Haluza, Institut für Umwelthygiene, ZPH, Medizinische Universität Wien

## **Übersetzung**

Philipp Hohenblum, Umweltbundesamt

Hans-Peter Hutter, Institut für Umwelthygiene, ZPH, Medizinische Universität Wien

## **Lektorat**

Maria Deweis, Umweltbundesamt

Brigitte Read, Umweltbundesamt

## **Satz/Layout**

Ute Kutschera, Umweltbundesamt

## **Umschlagbild**

© P. Hohenblum

Diese Publikation wurde im Auftrag der Abteilungen V/2 und V/5 des Lebensministeriums erstellt.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

## **Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Druck: Janetschek, 3860 Heidenreichstein



Hergestellt nach der Richtlinie des Österreichischen Umweltzeichens  
„Schadstoffarme Druckerzeugnisse“ - Druckerei Janetschek GmbH · UWNr. 637

*Gedruckt auf CO<sub>2</sub>-neutralem 100 % Recyclingpapier*

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2011

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-126-0

# INHALT

	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	5
	<b>SUMMARY</b> .....	10
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	13
1.1	<b>Ziele der Studie</b> .....	15
1.2	<b>Studiendesign</b> .....	15
1.3	<b>Hintergrund</b> .....	16
<b>2</b>	<b>VORARBEITEN</b> .....	18
2.1	<b>Human-Biomonitoring</b> .....	18
2.2	<b>Stoffauswahl</b> .....	18
2.2.1	Phthalate .....	19
2.2.2	Nonylphenol, Octylphenol, Bisphenol A .....	22
2.2.3	Polybromierte Diphenylether .....	23
2.2.4	Trisphosphate .....	23
2.2.5	Methylquecksilber .....	24
2.3	<b>Untersuchungskollektiv (Auswahl der Studienregionen, Rekrutierung der ProbandInnen)</b> .....	25
2.4	<b>Fragebogen</b> .....	26
2.4.1	Prüfung des Farbsinnes durch Farbtafeln nach Ishihara .....	27
2.5	<b>Ethikkommission</b> .....	28
2.6	<b>Durchführung der Probenahme</b> .....	28
2.6.1	Blutentnahme .....	28
2.6.2	Harnproben .....	29
2.6.3	Haarproben .....	29
2.7	<b>Analytik</b> .....	29
2.7.1	Phthalat-Metaboliten im Harn .....	30
2.7.2	Nonyl-, Octylphenol, Bisphenol A im Harn .....	30
2.7.3	Polybromierte Diphenylether im Plasma .....	30
2.7.4	Trisphosphate in Plasma .....	31
2.7.5	Trisphosphate im Harn .....	31
2.7.6	Methylquecksilber .....	31
2.8	<b>Analytische Qualitätssicherung – Vergleichsmessungen</b> .....	33
2.8.1	Phthalat-Metaboliten .....	33
2.8.2	NP/OP und BPA .....	33
2.8.3	PBDE .....	34
2.8.4	Trisphosphate .....	34
2.9	<b>Statistisches Auswertungsverfahren</b> .....	35

<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	36
<b>3.1</b>	<b>Ergebnisse der Fragebogenerhebung</b>	36
3.1.1	Gesundheitliche Beschwerden in den letzten 3 Monaten	36
3.1.2	Akute und chronische Erkrankungen	39
3.1.3	Hormonsystem, Schwangerschaft und Stillen	40
3.1.4	Lebensstil, Ernährung, Bildung und Beruf	42
3.1.5	Ernährungsgewohnheiten	44
3.1.6	Wohnen und Freizeit	47
<b>3.2</b>	<b>Analytische Ergebnisse</b>	52
3.2.1	Phthalat-Metaboliten	54
3.2.2	PBDE	58
3.2.3	Trisphosphate	59
3.2.4	Nonylphenol, Octylphenol, Bisphenol A	59
3.2.5	Methylquecksilber	60
<b>3.3</b>	<b>Interpretation der Messergebnisse</b>	61
3.3.1	Phthalate bzw. deren Metaboliten	61
3.3.2	PBDE	64
3.3.3	Trisphosphate	65
3.3.4	Nonyl- und Octylphenol, Bisphenol A	65
3.3.5	Methylquecksilber	66
<b>3.4</b>	<b>Ergebnisse der statistischen Auswertung</b>	66
3.4.1	Vorgehen bei der statistischen Auswertung	66
3.4.2	Mögliche Zusammenhänge zwischen biologischen Konzentrationen von Phthalaten und PBDE sowie gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Symptomen)	67
3.4.3	Geschlecht, Alter und Verhaltensweisen: Auswirkungen auf Konzentrationen von Phthalaten	72
3.4.4	Mögliche Zusammenhänge von Methylquecksilber-Konzentrationen im Haar und gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Symptomen) sowie Verhaltensweisen	76
<b>4</b>	<b>DISKUSSION UND INTERPRETATION</b>	81
<b>4.1</b>	<b>Phthalate</b>	81
4.1.1	Subjektive Symptome bzw. gesundheitliche Beeinträchtigungen	81
4.1.2	Verhaltensweisen, Alter, Geschlecht	83
<b>4.2</b>	<b>PBDE – subjektive Symptome bzw. gesundheitliche Beeinträchtigungen</b>	84
<b>4.3</b>	<b>Methylquecksilber in den Haaren: Zusammenhänge mit dem Alter, gesundheitlichen Symptomen und Verhaltensweisen</b>	86
<b>5</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>	87
<b>5.1</b>	<b>Allgemeines</b>	87
<b>5.2</b>	<b>Analysen und Zusammenhänge</b>	88
<b>5.3</b>	<b>Ausblick</b>	89
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	91

## ZUSAMMENFASSUNG

Der massive Einsatz von Industriechemikalien führt zu einer immer stärker werdenden Exposition des Menschen gegenüber Chemikalien. Studien belegen, dass eine Vielzahl von künstlichen Stoffen im menschlichen Körper nachweisbar ist. Diese werden über unterschiedliche Pfade aufgenommen und dort entweder gespeichert oder verstoffwechselt (metabolisiert) und wieder ausgeschieden. Das Verfahren zum Nachweis der Stoffe im Körper bzw. der Stoffwechselprodukte wird international als Human-Biomonitoring (HBM) bezeichnet. Es stellt ein Instrument zur Erfassung der inneren Belastung des Menschen mit Chemikalien dar. Als Matrix werden Harn, Blut, Haare oder auch Gewebeproben untersucht. Damit lässt sich die individuelle Belastung eines Menschen messen. In weitreichenden Studien können darüber hinaus Belastungstrends erfasst oder lokal belastete Gruppen identifiziert und die Wirksamkeit chemiepolitischer Maßnahmen (Beschränkungen oder Verbote) bewertet werden. Ein kausaler Zusammenhang mit Gesundheitseffekten kann daraus nicht abgeleitet werden.

***Human-Biomonitoring als Nachweis für Chemikalienbelastung***

Ziel der gegenständlichen Studie war es, erstmals in Österreich ein repräsentatives Kollektiv auf Industriechemikalien und die organische Schwermetallverbindung Methylquecksilber zu untersuchen. Kriterien für die Auswahl der Substanzen waren, neben der weitverbreiteten Verwendung, toxische und bedenkliche Eigenschaften. Die als Kunststoffweichmacher eingesetzten Phthalate DEHP, DBP und BBP sowie das als Flammschutzmittel verwendete Trisphosphat TCEP gelten als sehr gefährliche Stoffe (SVHC: Substances of Very High Concern gem. europäischem Chemikalienrecht REACH). Zwei der untersuchten polybromierten Diphenylether (Penta- und Octabromodiphenylether) sind als POPs (Persistent Organic Pollutants/persistente organische Schadstoffe) durch die internationale Stockholmkonvention reglementiert. Nonylphenol (NP) ist eine Industriechemikalie, die aufgrund ihrer endokrin wirksamen Eigenschaften chemikalienrechtlich bereits beschränkt ist. Das Gesundheitsrisiko der als Kunststoff-Ausgangssubstanz eingesetzten Chemikalie Bisphenol A (BPA) wird derzeit in internationalen und europäischen Gremien kontrovers diskutiert.

***untersuchte Substanzen***

Von 150 zufällig ausgewählten, freiwilligen ProbandInnen in Österreich wurden im Jahr 2009 Blut-, Harn- und Haarproben gewonnen. Die ProbandInnen stammten aus fünf Regionen in Österreich (Wien, Linz, Ried, St. Pölten, Tamsweg), wobei die in einem Haushalt lebende Mutter, deren Kind sowie der Vater bzw. der Partner der Mutter teilgenommen haben. Das Durchschnittsalter der Mütter lag bei ca. 38 Jahren, jenes der Partner bei ca. 40 Jahren. Die Kinder waren zwischen 6 und 11 Jahren alt, wobei 29 Buben und 23 Mädchen teilnahmen. Neben den Proben wurden Belastungsfaktoren sowie Expositionsindikatoren mittels Fragebogen erhoben und ein Farbsehtest durchgeführt.

***untersuchte ProbandInnen***

Die Harnproben wurden auf Phthalat-Metaboliten (Kunststoffweichmacher), Trisphosphate (Flammschutzmittel) und Octyl- und Nonylphenol (Industriechemikalien) sowie in einem Teil der Proben auf Bisphenol A (Kunststoffbestandteil) analysiert. Die Blutproben wurden auf Polybromierte Diphenylether (Flammschutzmittel) untersucht und die Haarproben auf Methylquecksilber geprüft. Die analytischen Ergebnisse wurden mit Literaturwerten bzw. – wo vorhanden – mit Referenzwerten verglichen und mit den Fragebogenangaben statistisch ausgewertet.

### **Phthalat-Metaboliten**

#### ***Aufnahmepfad Nahrungsmittel***

Als besonders bedeutend haben sich die Metaboliten der Phthalate DEP, DEHP, DnBP und BBzP herausgestellt, bei welchen die höchsten Konzentrationen dieser Stoffgruppe gemessen wurden. Wie aus der Literatur bekannt, werden sekundäre Metaboliten (wie von DEHP) aufgrund der längeren Halbwertszeit in höheren Konzentrationen vorgefunden. Die Konzentrationen der in dieser Studie gemessenen Metaboliten sind vergleichbar mit Ergebnissen internationaler Studien. Dennoch zeigt sich, dass die einzelnen Phthalate (bzw. Metaboliten) von Studie zu Studie variieren, da die Belastung aufgrund der Lebens- und Verhaltensweisen unterschiedlich ist. Kinder zeigten höhere Konzentrationen im Harn als Mütter (MBzP und MiBP). Dies wird als Hinweis auf Nahrung als wesentlichen Aufnahmepfad beschrieben. Buben wiesen eine höhere Belastung auf als Mädchen (MBzP und MiBP). Regionale Unterschiede zeigen sich bei allen Phthalaten. Jedoch kann aufgrund der Ergebnisse nicht auf eine allgemein mit Phthalaten besonders belastete Region geschlossen werden.

Ergänzende Untersuchungen an Produkten und Gegenständen zeigen, dass Phthalate in einer großen Zahl von (Alltags-)Produkten eingesetzt werden und so zur Gesamtbelastung beitragen. Eine Hintergrundbelastung der Umwelt (Innenraum, Produkte etc.) ist nachweislich vorhanden. Es ist davon auszugehen, dass auch aus gering belasteten Produkten eine Aufnahme erfolgen kann (z. B. gering belastete Papierverpackung eines Lebens-/Genussmittels).

DEHP-Metaboliten wurden häufiger und in höheren Konzentrationen als andere Phthalat-Metaboliten gemessen. Der Trend zur Substitution von DEHP durch DiNP und DiDP kann daher nur teilweise bestätigt werden. Dies ist auch aus begleitenden Analysen von Konsumprodukten sowie aus anderen Studien abzuleiten.

#### ***Aufnahmepfad Konsumartikel***

Signifikante Korrelationen von Analyseergebnissen (Konzentrationen im Harn) und verschiedenen Verhaltensweisen fanden sich hinsichtlich der Verwendung von Haarschaum, Haarfärbemitteln, Make-up, Kaugummikonsum und dem Genuss von Getränken aus PET-Flaschen: Bei einer (häufigeren) Verwendung bzw. Anwendung fand sich eine erhöhte innere Belastung.

#### ***gesundheitliche Auswirkungen***

Die Symptome „Kopfschmerzen“, „wiederholtes Husten“, „Juckreiz“, „Durchfall“ und „hormonelle Probleme“ wurden häufiger von Personen, welche höhere MEP-, MBzP- und MEHP-Konzentrationen im Harn aufwiesen, berichtet. Ein Zusammenhang von „Kopfschmerz“, „Juckreiz“ und „Durchfall“ mit der Phthalatexposition wurde in der wissenschaftlichen Literatur bislang noch nicht beschrieben. Ein signifikanter Zusammenhang von „hormonellen Problemen“ mit Konzentrationen von MEP wurde in dieser Studie erstmals festgestellt.

### **Polybromierte Diphenylether (PBDE)**

#### ***gesundheitliche Auswirkungen***

Von den 18 untersuchten Kongeneren der PBDE (Flammschutzmittel) wurden 16 Kongenere in zumindest einer Probe über der Bestimmungsgrenze (BG) gemessen. Zwei Kongenere konnten in keiner Probe positiv bestimmt werden. #153 und #197 wurden am häufigsten gemessen. Aufgrund dieser stark variierenden Verteilung der einzelnen Kongenere wurde für die statistische Aufarbeitung ein Summenwert berechnet. Statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen höheren PBDE-Konzentrationen und den Symptomen „Kopfschmerzen“ und „Asthmaanfälle“ konnten beobachtet werden.

Vor allem im Hausstaub wurden in vielen Studien sehr hohe PBDE-Werte ermittelt. Höhere Staubbelastungen könnten daher für das Auftreten von Asthmaanfällen mitverantwortlich sein. Da eine große Zahl von mittel- bis schwerflüchtigen Verbindungen aus Quellen des Innenraums partikelgebunden vorliegt, sind außerdem sogenannte „Cocktail Effekte“ möglich. Das Wissen darüber ist aber generell sehr beschränkt.

**Aufnahmepfad  
Hausstaub**

Für die Nutzung von bestimmten Konsum- und Haushaltsprodukten konnten keine Zusammenhänge mit den PBDE-Konzentrationen ermittelt werden. Dies schließt die Nutzung von Computern und Fernsehkonsum ein, die bekanntlich Flammschutzmittel emittieren. Möglicherweise zeigt dies ein Greifen der RoHS-VO.

### **Octylphenol (OP), Nonylphenol (NP), Bisphenol A (BPA) und Trisphosphate**

Für OP, NP (Industriechemikalien) und BPA (Bestandteil von Polycarbonat und Epoxyharz) wurde eine Vorauswahl an 25 Proben getroffen, die auf diese Parameter untersucht wurden. Bisphenol A konnte in nur 4 von 25 Proben über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Trisphosphate (Flammschutzmittel) konnten in nur drei Proben nachgewiesen werden. Da diese Substanzen rasch verstoffwechselt werden ist es nicht ausgeschlossen, dass sie aufgrund der geringen Halbwertszeit nicht erfasst werden konnten. Referenzsubstanzen für relevante Metaboliten waren nicht erhältlich, weshalb deren Nachweis zur Zeit der Studiendurchführung nicht möglich war. Die Schnittstelle zur Toxikologie und Toxikokinetik wird hier deutlich und zeigt, dass Human-Biomonitoring kein „stand alone“-Instrument ist, sondern im engen Kontext mit diesen wissenschaftlichen Disziplinen steht.

### **Methylquecksilber**

Die gemessenen Werte (Mütter, Kinder) liegen erfreulicherweise niedriger als Hintergrundwerte in der Bevölkerung vergleichbarer Länder (z. B. Deutschland). Mütter waren höher belastet als Kinder. Wesentlich höhere Werte wurden bei Fischern aus Portugal oder Dänemark berichtet. Als Hauptquelle für die Aufnahme von Methylquecksilber gilt der Fischkonsum (v. a. Meeresfische).

Methylquecksilber ist ein Beispiel für einen Schadstoff, der erst durch biologische Transformation eines Schwermetalls (Quecksilber) entsteht. Für die Gesundheit weist es problematischere Eigenschaften als die ursprüngliche Substanz auf. Fleisch- und Fischkonsum sowie das Vorhandensein von Amalgam-Zahnfüllungen zeigten einen signifikanten Zusammenhang mit der Methylquecksilberbelastung der ProbandInnen.

**Aufnahmepfad  
Fleisch- und  
Fischkonsum**

### **Schlussfolgerungen**

Eine der Aufgaben von HBM-Untersuchungen ist es, die innere Exposition der Bevölkerung gegenüber Chemikalien und anderen gesundheitlich bedenklichen Umwelteinflüssen zu erfassen. Im Rahmen dieser Studie wurde eine wissenschaftlich fundierte Herangehensweise für eine repräsentative Querschnittsuntersuchung der österreichischen Bevölkerung entwickelt. Allerdings ist dieses

Vorgehen mit einem entsprechend hohen organisatorischen, zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden. Dies muss bei Planungen mit z. B. einem größeren Untersuchungskollektiv bedacht werden.

Die wissenschaftlichen Grundlagen dieser Studie basieren u. a. auf den Erkenntnissen des abgeschlossenen EU Projekts ESBIO<sup>1</sup>, welches erste Grundlagen für eine harmonisierte Human-Biomonitoring-Entwicklung in Europa zum Ziel hatte. Durch die laufenden EU-Projekte COPHES<sup>2</sup> und DEMOCOPHES<sup>3</sup> sollen Studien untereinander vergleichbar gemacht werden und Einzeldaten somit in den Kontext einer viel größeren Studienpopulation gestellt werden können.

**Belastung v. a. mit  
Phthalaten und  
PBDE**

Die Studie zeigt, dass eine innere Belastung der Bevölkerung mit Phthalaten und PBDE vorliegt. Die Belastung mit Phthalaten ist deutlicher ausgeprägt und betrifft vor allem auch Kinder. Eine Stoffgruppe (Trisphosphate) konnte in nur drei Proben nachgewiesen werden. Methylquecksilber, welches aus Quecksilber in der Biosphäre erzeugt wird, und vornehmlich mit der Nahrung aufgenommen wird (Fisch), wurde in vergleichsweise niedrigen Konzentrationen bestimmt. Höhere Messwerte werden vor allem in Ländern, in welchen vorwiegend Meeresfisch konsumiert wird, beobachtet.

**Zusammenhang mit  
Verhaltensweisen  
bestätigt**

Die Untersuchung bestätigt das ubiquitäre Vorkommen von Industriechemikalien, wie z. B. verschiedenen Weichmachern, das sich in einer inneren Belastung der Bevölkerung widerspiegelt. Erstmals konnten Zusammenhänge der inneren Belastung mit Verhaltensweisen gezeigt werden, die bisher nicht beobachtet wurden.

Zusätzliche, ergänzende Untersuchungen an relevanten Konsumprodukten und Verpackungsmaterialien sowie Ergebnisse weiterer Human-Biomonitoring-Untersuchungen untermauern das weit verbreitete Vorhandensein derartiger Substanzen auch in Produkten, wo sie ursprünglich nicht vermutet wurden.

Die Belastung der Kinder und die breite, bedenkliche Wirkung der untersuchten Stoffe vor allem auf das Hormonsystem bzw. auf die Fortpflanzungsfähigkeit, sind an dieser Stelle erneut zu unterstreichen.

Durch die gegenwärtige Hintergrundbelastung ist ein Rückschluss auf eine besondere Quelle der inneren Belastung praktisch nicht möglich. Dies muss ein Signal in Richtung vorsorgenden Umwelt- und Gesundheitsschutzes auf politischer Ebene sein. Wenn auch die gemessenen Werte vergleichsweise geringe Konzentrationen aufweisen, ist eine Exposition der Bevölkerung gegenüber diesen Chemikalien aufgrund deren gesundheitsbedenklicher Eigenschaften zu vermeiden: Die Phthalate DEHP, DBP und BBP sind derzeit Kandidatenstoffe für besonders gefährliche Stoffe, welche für die Zulassung unter REACH vorgesehen sind. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen, dass es sinnvoll ist, diese Substanzen aufgrund ihres weitverbreiteten Vorkommens, ihrer breiten Verwendung und ihrer Wirkungen zu reglementieren, um Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung vorsorglich zu verhindern.

**REACH: gefährliche  
Substanzen  
vermeiden**

<sup>1</sup> ESBIO: Expert Team to Support Human Biomonitoring in Europe; EU Projekt im 6. Forschungsrahmenprogramm ([www.eu-humanbiomonitoring.org](http://www.eu-humanbiomonitoring.org))

<sup>2</sup> COPHES: Consortium to perform Human Biomonitoring on a European Scale; EU Projekt im 7. Forschungsrahmenprogramm ([www.eu-hbm.info](http://www.eu-hbm.info))

<sup>3</sup> DEMOCOPHES: Demonstrationsprojekt zur Durchführung einer harmonisierten Human-Biomonitoring-Studie in Europa, LIFE+ Projekt

Die Etablierung von Human-Biomonitoring als Instrument zur Maßnahmenentwicklung und -bewertung zum (vorsorgenden) Schutz der Gesundheit ist auch in Österreich sinnvoll und zweckmäßig. HBM ist für den gesundheitsbezogenen Umweltschutz ein zentrales Informations- und Kontrollinstrument. Es liefert wissenschaftlich fundierte Daten, ob und in welchem Ausmaß Stoffe vom menschlichen Körper aufgenommen werden, ob es in der Bevölkerung Gruppen mit besonders hohen Belastungen gibt (Warnsystem) und ob chemikalienrechtliche Regulierungen (z. B. REACH) bereits zum gewünschten Rückgang von Belastungen geführt haben.

## SUMMARY

The massive use of industrial chemicals leads to an increasing exposure of humans to chemicals. Studies reveal that a variety of synthetic substances can already be detected in the human body. They are taken up by different exposure pathways and are either stored in body tissues or excreted after having undergone metabolism. Internationally, the procedure to detect the presence of certain substances or metabolites in the human body is called human-biomonitoring. Urine, blood, hair and tissue samples are most frequently used to identify the individual body burden. Studies demonstrate exposure trends, differences in sub-populations or local/regional differences.

The present biomonitoring survey was designed as a cross-sectional study to determine the exposure of the Austrian general population to specific environmental contaminants. The chemical body burden (in particular regarding widely used industrial chemicals with a toxic potential such as plasticisers or flame retardants in plastics) was investigated. Urine samples were analysed for phthalate metabolites, triphosphates and octyl-, nonylphenol and bisphenol A. In blood samples PBDEs were analysed. Additionally, hair samples were tested for methyl mercury.

In 2009, 150 volunteers randomly selected as test persons in five regions in Austria (Vienna, Linz, Ried, St. Pölten, Tamsweg) gave blood, urine and hair samples. The test persons who participated were the mother, child and father (or the mother's partner) living in one household. The average age of the mothers and fathers was 38 and 40 years, respectively. Children were aged between 6 and 11 years. 29 boys and 23 girls participated in the survey. Additionally, exposure indicators were collected by means of a questionnaire. A colour vision test was carried out. Analytical results were compared with the results from international literature and – where available – with reference values. A statistical analysis was carried out with the results from the questionnaire.

### Phthalate metabolite

The most abundant metabolites were those of DEP, DEHP, DnBP and BBzP, which were detected in high concentrations. Secondary metabolites have a longer half-life time than primary metabolites and, hence, were encountered in higher concentrations (DEHP).

The analytical results elaborated in this study are comparable to or lower than those reported in international studies. Children showed higher concentrations than their mothers (MBzP and MiBP). In boys the body burden was higher (MBzP, MiBP) than in girls. Regional differences could be observed with all phthalates. However, a region where phthalate concentrations were generally higher could not be identified.

In addition to human biomonitoring measurements, analyses of products and household goods were carried out. It was shown that phthalates are present in many products. It is assumed that a variety of goods, even with low phthalate concentrations, contribute to the overall exposure. Background pollution in the environment is evident.

Significant correlations between the analytical results and the questionnaire data were found regarding the use of „hair foams“, „hair colouring agents“, „make up“, „chewing gum consumption“ and „consumption of beverages from PET bottles“. Their frequent use or application was correlated with increased urine concentrations.

Correlations between several symptoms and analytical results could be observed. „Headaches“, „coughs“, „itching“ and „diarrhea“ were correlated with higher concentrations of MEP, MBzP and MEHP metabolites. Correlations between „headaches“, „itching“ and „diarrhea“ and phthalate levels in the urine had to date not been reported in the international literature. High concentrations of MEP were correlated with „hormonal problems“.

### **PBDEs**

Out of 18 analysed PBDE species, 16 were measured in concentrations above the LOQ (Limit Of Quantification) in at least one sample. Two congeners were not encountered in any of the samples. The most abundant congeners were #153 and #197, found in 80% and 50% of the samples, respectively. Due to the varying distribution among the congeners, the statistical evaluation was carried out by using the cumulative value. A significant correlation was found between the symptoms „headache“ and „asthma attacks“ and higher levels of PBDE. PBDEs are likely to occur in house dust, which may be a co-factor in asthma attacks.

Interestingly, for the use of consumer products (especially electronic equipment and computers) no significant correlations were found with PBDE concentrations in the blood, although especially electronic equipment and computers emit flame retardants. Maybe this shows already the effect of the flame retardant restriction imposed under the RoHS<sup>4</sup> Directive.

### **OP, NP, BPA and Trisphosphates**

For the measurement of NP, OP and BPA 25 samples were preselected. BPA was determined in concentrations above the LOQ in four samples. Trisphosphates were detected above the LOQ in only three samples. These substances are known to have a fast metabolism and a short half-life. However, reference substances for relevant metabolites were not available on the market and could not be measured.

### **Methyl mercury**

Concentrations of methyl mercury in hair samples (mothers, children) were found to be lower than in comparable countries like Germany. Mothers showed higher concentrations than children. Significantly higher values are reported from countries where fish is traditionally consumed like Denmark or Portugal. Fish is the main source for the uptake of methyl mercury.

---

<sup>4</sup> RoHS Directive: EU Directive 2002/95/EG on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment

Methyl mercury is an example of a pollutant which is formed by bio-transformation of the inorganic heavy metal (Hg). Methyl mercury has worse toxicological properties than elemental mercury. Consumption of fish and meat as well as dental amalgam fillings showed a significant correlation with higher methyl mercury concentrations.

### Conclusions

Human biomonitoring studies aim at identifying the population's exposure to chemicals. As part of this study, an approach for a representative cross-sectional survey of the Austrian population was elaborated. This scientifically sound approach, however, is intensive in terms of conception, time and financial resources. This has to be considered when further studies with larger groups of test persons are planned. However, our study design provides a model for a feasible strategy to implement a human biomonitoring system.

Our study is based on scientific principles which were elaborated in the course of the EU project **ESBIO**<sup>5</sup>. The project was aimed at elaborating the prerequisites for harmonised human biomonitoring in Europe, which will be demonstrated in the recently launched EU projects **COPHES**<sup>6</sup> and **DEMOCOPHES**<sup>7</sup>.

Our study has shown that the phthalate and PBDE body burden of the Austrian population exists. Children are especially exposed to these chemicals. Triphosphates were determined in three samples. Methyl mercury, which is taken up primarily by fish consumption, was identified in low concentrations compared to countries with high fish (and seafood) consumption.

The ubiquitous presence of phthalates in our daily lives was underlined by additional tests of consumer products. Phthalates have multiple effects especially on the hormonal system. Hence, their occurrence in the urine of children should be interpreted as a signal that precautionary measures should be taken. New and up to now unreported links between the body burden and specific consumer products were demonstrated.

With the currently prevailing background pollution levels, it is not possible to relate the body burden to a specific source. This should show us, however, how important it is to apply the precautionary principle to health and environmental policy making overall. Since February 2011, the phthalates DEHP, DBP and BBP are listed as dangerous chemicals in Annex XIV of REACH and must not be used after the expiry date indicated in annex XI unless they will be authorized. Human biomonitoring, a central control instrument for health-based environmental protection, delivers scientifically sound data on the extent to which chemicals are taken up by the human body. Our results confirm the need for a precautionary approach to health protection in the population in Austria.

---

<sup>5</sup> ESBIO: **Expert Team to Support Human Biomonitoring in Europe**; EU project in the 6<sup>th</sup> research framework programme ([www.eu-humanbiomonitoring.org](http://www.eu-humanbiomonitoring.org))

<sup>6</sup> COPHES: **Consortium to perform Human Biomonitoring on a European Scale**; EU Project in the 7<sup>th</sup> research framework programme ([www.eu-hbm.info](http://www.eu-hbm.info))

<sup>7</sup> DEMOCOPHES: demonstration project for the implementation of a harmonised human biomonitoring study in Europe, LIFE+ Project

# 1 EINLEITUNG

Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass in menschlichen Blut- oder Harnproben über hundert verschiedene Chemikalien (bzw. deren Metaboliten) nachgewiesen werden können. Eine Studie des World Wildlife Fund wies über drei Generationen eine Belastung mit teilweise schon lange verbotenen Chemikalien nach („Drei-Generationen Studie“; WWF 2005). Ein kausaler Zusammenhang mit Gesundheitseffekten ergibt sich aus solchen Messungen jedoch noch nicht. Zur Bewertung der Ergebnisse stehen aber für einige Stoffe toxikologisch begründete Referenzwerte zur Verfügung, die notwendigen Handlungsbedarf aufzeigen.

In den USA hat Human-Biomonitoring bereits seit mehr als 30 Jahren Tradition. Das erste Nationale Biomonitoring Programm des Centers of Disease Control and Prevention (CDC) wurde in den Jahren 1971–1975 durchgeführt (SEXTON et al. 2004). In Deutschland wurde 2006 der 4. Umweltsurvey abgeschlossen, in dem Hausstaub-, Trinkwasser- und Human-Biomonitoringuntersuchungen integriert wurden. Auch in zahlreichen anderen europäischen Staaten wurden und werden größere Studien durchgeführt. In einigen Ländern existieren Routine-Messprogramme zur Erfassung der Chemikalienbelastung der Bevölkerung. In Österreich wurden vereinzelt kleinere Studien veröffentlicht. Eine repräsentative Erhebung gab es jedoch bisher nicht.

Im Human-Biomonitoring wird die Belastung des Menschen mit Schadstoffen wie Schwermetallen oder organischen Verbindungen bzw. deren Abbauprodukten in (human-)biologischen Materialien wie z. B. Harn, Haaren oder Blut gemessen. Damit können belastete Bevölkerungsgruppen identifiziert und regionale Unterschiede erfasst werden. In langjährigen Monitoringsystemen lassen sich darüber hinaus zeitliche und regionale Belastungstrends darstellen und die Wirksamkeit politischer Maßnahmen messen. Daten aus dem Human-Biomonitoring spiegeln die effektive Belastung des Menschen mit Schadstoffen wider, unabhängig von den Expositionswegen und den individuellen Lebensstilen (Bewegung, genetische Faktoren, Lifestyle etc). Die Ergebnisse können daher Hinweise geben, wo Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit der Bevölkerung ergriffen werden müssen. Sie sind somit eine Grundlage für politische Entscheidungen.

**Human-  
Biomonitoring  
analysiert  
Schadstoffbelastung**

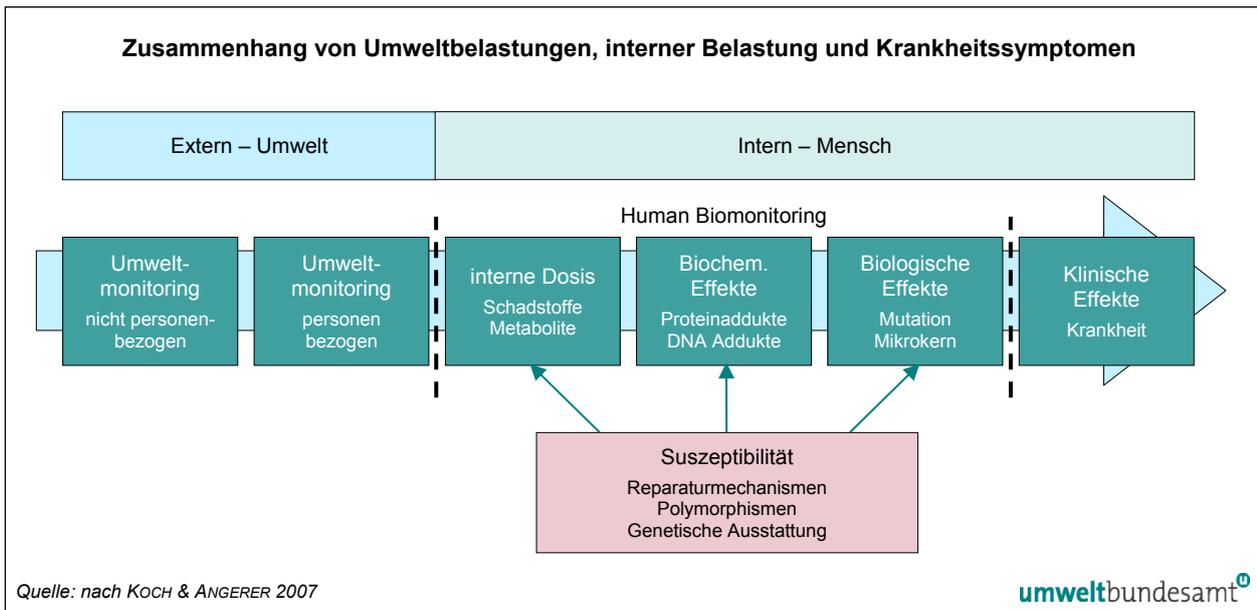


Abbildung 1: Darstellung des Zusammenhangs von Umweltbelastungen, interner Belastung und Krankheitssymptomen.

**HBM-Werte zur Interpretation der Daten**

Zur Interpretation von Messergebnissen stehen statistisch ermittelte Referenzwerte sowie toxikologisch abgeleitete Vergleichswerte zur Verfügung. Von der deutschen Kommission Human-Biomonitoring wurden für einige Stoffe HBM-Werte auf Basis toxikologischer Überlegungen abgeleitet, welche laufend aktualisiert werden:

- Messwerte unter HBM-I-Werten stellen nach heutigem Stand des Wissens keine gesundheitliche Beeinträchtigung dar.
- Für Messwerte zwischen HBM-I-Wert und HBM-II-Wert kann eine gesundheitliche Beeinträchtigung nicht ausgeschlossen werden und es werden Maßnahmen vorgeschlagen.
- Für Messwerte höher als der HBM-II-Wert ist eine gesundheitliche Beeinträchtigung möglich, konkrete Maßnahmen zur Verringerung der Belastung werden vorgeschlagen.

Da Einzelstudien zumeist nicht einheitlichen methodischen Grundlagen folgen, sind deren Ergebnisse nur schwer miteinander vergleichbar. Um europaweit in Zukunft vergleichbare Daten zum Human-Biomonitoring erhalten zu können, wurden im Auftrag der Europäischen Kommission bereits Grundlagen für ein harmonisiertes Vorgehen erarbeitet (siehe Kapitel 1.3). Diese sind der Öffentlichkeit zugänglich (ESBIO 2007). Besonderer Vorteil eines harmonisierten Vorgehens besteht darin, dass individuelle Studien untereinander verglichen und Unterschiede herausgearbeitet werden können. Einzeldaten werden somit in den Kontext einer viel größeren Anzahl an Daten gestellt.

## 1.1 Ziele der Studie

Die vorliegende Studie untersucht die Belastung der österreichischen Bevölkerung mit Industriechemikalien. Es ist bekannt, dass die ausgewählten Industriechemikalien in zunehmendem Maß eingesetzt werden, sich aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften in der Umwelt anreichern und in den menschlichen Organismus gelangen. Als innovatives interdisziplinäres Vorhaben mit mehreren Schnittstellen sollte darüber hinaus das Zusammenspiel und der reibungs-freie Ablauf zwischen den beteiligten Institutionen erprobt werden.

Der vorliegende Untersuchungsplan hat folgende Ziele:

- Erfassung und statistische Beschreibung der Hintergrundbelastung der österreichischen Bevölkerung gegenüber Industriechemikalien
- Identifizierung von möglichen Belastungspfaden
- Etablierung von Human-Biomonitoring (HBM) als Instrument zum Schutze der Gesundheit
- Aufbau und Erprobung des Zusammenspiels eines HBM-Netzwerkes
- Aufbau eines Datensatzes mit österreichischen Messergebnissen
- Eventuell Schaffung von Grundlagen zur späteren Evaluierung der Umsetzung von REACH<sup>8</sup> im Trendverlauf.

### **Ziele der Studie**

## 1.2 Studiendesign

Es handelt sich um eine deskriptive epidemiologische Querschnittsuntersuchung an fünfzig Frauen, ihren Partnern (jeweils 20 bis 45 Jahre) sowie ihren Kindern (6 bis 11 Jahre). Insgesamt wurden 150 freiwillige ProbandInnen aus fünf Regionen in Österreich untersucht. Erforderlich zur Analyse der Schadstoffe waren Blutproben (Erwachsene) aus der Armvene, Harnproben (Frauen, Kinder) sowie eine Entnahme von Haupthaaren.

### **150 Freiwillige wurden untersucht**

Neben der chemischen Analyse dieser Proben wurden Expositionsindikatoren mittels Fragebogen erhoben.

Das Konzept der Studie erfolgte unter Verwendung der im EU-Projekt ESBIO (Expert Team to Support Biomonitoring in Europe) vorgeschlagenen Vorgehensweisen zur Harmonisierung der Human-Biomonitoring-Studien in Europa.

---

<sup>8</sup> REACH: EU VO 1907/2006 „Registrierung, Evaluierung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien“

### 1.3 Hintergrund

**SCALE-Strategie** Die „Europäische Umwelt- und Gesundheitsstrategie“, welche 2003 unter dem Begriff SCALE (Science, Children, Awareness, Legal Instruments, Evaluation) ins Leben gerufen wurde, widmete sich unter anderem auch dem Human-Biomonitoring. Die technischen Arbeitsgruppen zur Vorbereitung der Strategie stellten fest, dass Einzelstudien in Europa kaum vergleichbar waren und Harmonisierungsbedarf bestand.

**Pilotprojekt ESBIO** 2004 verabschiedete die Europäische Kommission den „European Environment & Health Action Plan 2004–2010“ (EK 2004). Aktion 3 dieses Plans sah vor, in Europa ein Pilotprojekt für Human-Biomonitoring zu etablieren, um in Zukunft Normen zur harmonisierten Umsetzung von Human-Biomonitoring-Studien zur Verfügung zu haben. Zur Umsetzung dieser Aufgabe wurde eine mehrstufige Herangehensweise gewählt. Im Rahmen des FP6<sup>9</sup>-Projektes ESBIO (ESBIO 2007) wurden zwischen 2004 und 2006 Grundlagen für eine harmonisierte Durchführung erarbeitet. Ergebnisse sind auf der Website [www.eu-humanbiomonitoring.org](http://www.eu-humanbiomonitoring.org) abrufbar.

**europäisches Basisprojekt COPHES** Anhand der erarbeiteten Fakten wurde im 7. Forschungsrahmenprogramm der EU der Projektentwurf COPHES (Consortium to Perform Human Biomonitoring on a European Scale) eingereicht (geplante Durchführung: 2008–2010). An diesem Projektantrag beteiligten sich 24 Mitgliedstaaten der EU, um ein harmonisiertes Pilotprojekt zu Human-Biomonitoring durchzuführen. Das Projekt wurde, obwohl wissenschaftlich ausreichend hoch bewertet, aufgrund der fehlenden finanziellen Bedeckung von der Europäischen Kommission schließlich abgelehnt. Aufgrund der hohen Kosten des Projektes waren alle Mitgliedstaaten verpflichtet, eine Eigenleistung aufzubringen. Diese wurde im Vorfeld für die geplante Projektdauer budgetiert und in Österreich durch das Lebensministerium zugesagt. Nachdem das Zustandekommen von COPHES zusehends unrealistisch wurde, wurde das Umweltbundesamt mit der Durchführung einer österreichweiten Human-Biomonitoring-Studie aus diesem Budgettitel beauftragt. Als Vorgabe blieb die Kompatibilität mit den Rahmenbedingungen von COPHES. Dies bezog sich in erster Linie auf die Charakterisierung des ProbandInnenkollektivs und die Altersgruppierung.

**österreichische Studie: REACH-Kandidaten** Auf Basis des COPHES-Konzeptes wurde die Durchführung der Studie in Österreich vorbereitet und gemeinsam mit dem Lebensministerium adaptiert. COPHES hatte das Ziel, möglichst einfach zu messende Parameter abzudecken, um die Umsetzung in allen Mitgliedstaaten zu gewährleisten. Um für die österreichische Chemiewirtschaft allerdings einen möglichst hohen Erkenntnisgewinn schöpfen zu können, wurden die Parameter auf ausgewählte Stoffe der Zulassungskandidaten (REACH) geändert. Es wurden folgende Gruppen ausgewählt: Phthalat-Metaboliten (Harn), Polybromierte Diphenylether (Plasma), Alkylphenole (Harn) und Trisphosphate (Plasma). In einer Eigenleistung wurden Haarproben auf Methylquecksilber untersucht. Als primäre Zielgruppe wurden – gemäß dem „Kinder Umwelt- und Gesundheitsaktionsplan 2004–2010“ – Mütter und Kinder sowie männliche Erwachsene ausgewählt. Die Konzeption des Projektes wurde Ende 2008 mit dem Auftraggeber akkordiert. Die Beprobung fand in den Monaten Jänner bis März 2009 statt.

<sup>9</sup> FP6: 6. Forschungsrahmenprogramm der EU

In der Zwischenzeit wurde das Konzept von COPHES überarbeitet und das ursprüngliche Proposal in einen „konzeptiven Teil“ und einen „operativen Teil“ untergliedert und im 7. Forschungsrahmenprogramm bzw. bei LIFE+ eingereicht. COPHES, als konzeptives Forschungsprojekt, startete im Dezember 2009 (siehe auch: <http://www.eu-hbm.info>) und DEMOCOPHES, als operatives Projekt, ist im Oktober 2010 angelaufen. Beide Projekte haben enge Schnittstellen.

## 2 VORARBEITEN

### 2.1 Human-Biomonitoring

#### **Grundlagen zur Harmonisierung**

Mit dem Kinder Umwelt- und Gesundheitsaktionsplan 2004–2010 wurde von der EU ein Aktionsplan ins Leben gerufen, der unter anderem politische Grundlage zur Etablierung eines Human-Biomonitoringsystems in Europa (Aktion III) ist und war. Wie im Vorkapitel erläutert, wird an Grundlagen der europaweiten Harmonisierung dieses Instruments gearbeitet, um schließlich vergleichbare Messdaten erhalten zu können. Harmonisierung bedeutet, einheitliche Kriterien und Standards zu entwickeln. Dazu gehört die Auswahl geeigneter Stoffe bzw. deren Metaboliten, die die Exposition gegenüber Schadstoffen korrekt beschreiben. Das Vorgehen zur Auswahl der zu beobachtenden Personengruppen muss ebenfalls einheitlich und anhand nachvollziehbarer Gesichtspunkte erfolgen (Altersgruppierung, Belastungsprofil, ...) und einheitliche ethische Grundsätze erfüllen. Begleitende Fragebögen sollen nicht zu umfangreich sein und dennoch ein Maximum an Information über die Belastung des Einzelnen bieten. Die Analytik muss von der Beprobung, Lagerung und dem Transport der Probe über die Stabilisierung bis zum Ergebnisbericht vergleichbar sein und Faktoren wie Blindwerte oder Verfahrensgrenzen umfassen.

#### **Normierung der Messergebnisse**

Insgesamt handelt es sich um ein sehr komplexes Unterfangen, bei dem eine Unzahl an Komponenten zu berücksichtigen ist. Da mit derartigen Untersuchungen in europäischen Mitgliedstaaten bereits Erfahrung besteht ist eine Einigung auf ein Vorgehen immer mit Änderung bestehender Routinen verbunden.

Die Ausscheidung von Schadstoffen bzw. deren Metaboliten über den Harn unterliegt gewissen Schwankungen. Bei der Beurteilung der Messwerte von Harnproben ist daher die Normierung der Ergebnisse auf eine Bezugsgröße sinnvoll. Als übliches Normierungsverfahren wird der Bezug auf den Kreatiningehalt der Harnprobe angewendet. Dieses Verfahren ist nicht uneingeschränkt anwendbar, wird aber von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) in den Richtlinien im arbeitsmedizinischen Bereich vorgegeben. Kreatinin ist ein Stoffwechselprodukt, das beim gesunden Menschen relativ konstant ausgeschieden wird. Damit kann ein Bezug zur natürlichen Verdünnung des Harns hergestellt werden.

Einzelne Stoffe sind aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften eher in Fetten als im Wasser löslich, sie sind lipophil. Aufgrund dieser Eigenschaft sind diese Stoffe grundsätzlich im Blutfett zu finden und kaum in wässrigen Medien. Einige Studien geben daher die Messergebnisse im Bezug zum Blutfett an.

### 2.2 Stoffauswahl

In der Vorbereitung dieses Projektes wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt, welche Stoffe bzw. Stoffgruppen Gegenstand der Untersuchung sein sollten. Hierzu wurde auf Basis bereits erfolgter Arbeiten im Bereich des Umweltmonitoring und aktueller chemiepolitischer Diskussionen eine Auswahl getroffen:

- Phthalate (Metaboliten)
- Nonylphenol (NP), Octylphenol (OP), Bisphenol A (BPA)

- Polybromierte Diphenylether (PBDE)
- Trisphosphate
- zusätzlich: Methylquecksilber

Vier Stoffgruppen finden in Kunststoffen Verwendung. Sie werden entweder als Weichmacher oder als Flammschutzadditiv eingesetzt oder sie sind selbst Ausgangsmaterial für Kunststoffe. Durch die regelmäßige Verwendung ist der Mensch diesen Stoffgruppen im Alltag nahezu täglich ausgesetzt (UMWELTBUNDESAMT 2005, 2008a, b).

**Weichmacher bzw. Flammschutzmittel**

Methylquecksilber wird vornehmlich durch Fischkonsum aufgenommen und ist von besonderer toxikologischer Bedeutung.

**toxisches Methylquecksilber**

Bei allen Stoffen war zu erwarten, dass sie bzw. ihre Metaboliten in messbaren Konzentrationen im Menschen nachgewiesen werden können.

Aufgrund des Kinder Umwelt- und Gesundheitsaktionsplans wurden Kinder als primäre Zielgruppe gewählt. Da ethische Überlegungen einer invasiven Beprobung bei Kindern widersprechen (Blutabnahme), wurden bei ihnen nur jene Parameter untersucht, die im Harn gemessen werden können (Phthalate; BPA, NP, OP). Jene Stoffgruppen, die im Blut nachweisbar sind, wurden nur bei Erwachsenen untersucht (Trisphosphate, PBDE). Die Altersklassen der Bevölkerungsgruppen wurden dem Schema des CDC (Centre for Disease Control; CDC 2005) übernommen.

**Zielgruppe Kinder**

Tabelle 1: Parameter, Medien und ProbandInnen der Studie.

Parameter	Medium	Anzahl
Trisphosphate	Morgenharn	50 Frauen, 50 Männer
PBDE	Blut/Plasma	50 Frauen, 50 Männer
Phthalate (Metaboliten)	Morgenharn	50 Frauen, 50 Kinder
NP, OP, BPA	Morgenharn	12 Frauen, 13 Kinder
Methylquecksilber	Haupthaar	50 Frauen, 50 Kinder

### 2.2.1 Phthalate

Phthalate sind mittlerweile ubiquitär auftretende Verbindungen. Sie dienen vor allem als Weichmacher in Kunststoffen (PVC) oder als Zusatzstoffe in verschiedenen Anwendungen. Während der letzten 50 Jahre wurde vor allem DEHP als „Allzweck“-Weichmacher eingesetzt. Es wurde sowohl zur Herstellung von Weich-PVC als auch von PVC-freien Polymeren verwendet, welche zu einer weiten Palette von Innenraum- und Freilandprodukten weiterverarbeitet wurden. Phthalate werden in Fußböden, Kabelisolierungen, Klebstoffen, Baumaterialien, Nahrungsmittelverpackungen, Spielzeug, Kosmetika usw. eingesetzt (ECHA 2009, 2010, Ec 2008b).

**Einsatzbereiche von Phthalaten**

Da Phthalate in der Regel nicht chemisch gebunden im Kunststoff vorliegen, können sie aus dem Feststoff herausmigrieren und in die Umwelt gelangen. Durch direkten Kontakt mit phthalathaltigen Stoffen oder durch Aufnahme über Luft bzw. Nahrungsmittel gelangen sie in den Organismus.

Tabelle 2: Parentale Phthalate (Muttersubstanzen) sowie deren primäre und sekundäre Metaboliten (in fetter Schrift sind in dieser Studie untersuchte Substanzen dargestellt).

Mutterphthalat	primäre Metaboliten	sekundäre Metaboliten
Diethylphthalat (DEP)	<b>Mono-ethylphthalat (MEP)</b>	
Butyl-benzylphthalat (BBzP)	<b>Mono-benzylphthalat (MBzP)</b>	
Di-n-butylphthalat (DnBP)	<b>Mono-n-butylphthalat (MnBP)</b>	OH-Mono-n-butylphthalat (OH-MnBP)
Dibutylphthalat (DBP)		<b>3carboxy-Mono-propylphthalat (3cx-MCPP)</b>
Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	<b>Mono(2-ethylhexyl)phthalat (MEHP)</b>	<b>5OH-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5OH-MEHP)</b> <b>5oxo-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5oxo-MEHP)</b> <b>5carboxy- Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5cx-MEPP)</b>
Di-n-pentylphthalat (DnPeP)	<b>Mono-n-pentylphthalat (MnPeP)</b>	
Di-cyclohexylphthalat (DChP)	<b>Mono-cyclohexylphthalat (MChP)</b>	
Di-n-octylphthalat (DnOP)	<b>Mono-n-octylphthalat (MnOP)</b>	
Di-iso-nonylphthalat (DiNP)	<b>Mono-iso-nonylphthalat (MiNP)</b>	7OH-Mono-methyloctylphthalat (OH-MiNP) 7oxo-Mono-methyloctylphthalat (oxo-MiNP) 7carboxy-Mono-methylheptylphthalat (cx-MiNP)
Di-iso-decyl-phthalat (DiDP)	<b>Mono-iso-decylphthalat (MiDP)</b>	

### **Phthalat- verbindungen**

Unter den Phthalatverbindungen wird zwischen jenen mit niedrigem Molekulargewicht und kurzer Kettenlänge (3–6 C-Atome) und jenen mit hohem Molekulargewicht und großer Kettenlänge (7–13 C-Atome) unterschieden. Zu den kurzkettigen zählen die reproduktionstoxischen Substanzen DEHP, DBP, BBP und DIBP, während die längerkettigen ein geringeres Toxizitätsprofil zeigen (z. B. DiNP und DiDP). Dies spiegelt sich auch in unterschiedlichen Stoffeinstufungen und Risikobewertungen wider (GHS Verordnung 2008).

### **Verbrauch an Phthalaten**

Daher finden DiNP und DiDP auch verstärkt als Ersatzstoffe für die kurzkettigen Phthalate Verwendung. Rund 880.000 t der gängigsten Phthalate (DEHP, DiNP, DiDP) wurden 2007 in Westeuropa eingesetzt (ECPI 2007). Davon fielen 18 % auf DEHP und 63 % auf DiNP/DiDP. 1999 lag der Verbrauch von DEHP noch bei 42 % und von DiNP/DiDP bei 35 %. Seit 1994 ist die Verwendung von DiNP und DiDP kontinuierlich gestiegen, während die Herstellung von DEHP in der EU-15 von 595.000 t/Jahr im Jahr 1997 auf 340.000 t/Jahr 2007 zurückgegangen ist. In den letzten zwei bis drei Jahren wurden noch ca. 210.000 t DEHP pro Jahr produziert.

### **Einsatzverbote bestimmter Phthalate**

Aufgrund ihrer problematischen Eigenschaften sind die Phthalate Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Butyl-benzylphthalat (BBzP), Benzylbutylphthalat (BBP) und Dibutylphthalat (DBP) EU-weit in Kinderspielzeug und Babyartikeln verboten. Weitere Verbote betreffen Kosmetika und Zubereitungen. In Lebensmittelkontaktmaterialien (Materialien und Gegenstände aus Kunststoff, die dazu bestimmt sind mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen) dürfen die Phthalate DEHP, DBP, BBP, DiNP und DiDP nicht für fetthaltige Lebensmittel sowie nicht in Einwegdeckeln und Einwegverpackungen eingesetzt werden. Die Phthalate DEHP, DBP, BBP, DiNP und DiDP dürfen nicht für Lebensmittelkontakt-/Verpackungsmaterialien für Säuglingsnahrung und Folgenahrung eingesetzt werden.

Trotz des Verbotes können Konzentrationen von bis zu 0,1 Masseprozent der betreffenden Phthalate in diesen Materialien enthalten sein; dabei handelt es sich um produktionsbedingte Verunreinigungen, bei Ein- bzw. Zusatz dieser Stoffe würden deutlich höhere Konzentrationen erreicht.

Für fettfreie Nahrungsmittel gelten stoffspezifische Migrationsgrenzwerte (die Menge eines Stoffes – hier eines Phthalats – die in das Lebensmittel gelangen darf).

Die drei Phthalate DEHP, DBP und BBP sind seit Oktober 2008 auf der Kandidatenliste für Annex XIV der REACH-Verordnung. Die Kandidatenliste beinhaltet von den Mitgliedstaaten vorgeschlagene, sehr besorgniserregende Stoffe, die aufgrund ihrer Eigenschaften und ihrer weiten Verbreitung einem Zulassungsverfahren unterzogen werden sollen. Die drei Phthalate wurden aufgrund ihrer reproduktionstoxischen Eigenschaften vorgeschlagen. Sobald eine Substanz auf der Kandidatenliste genannt ist, sind Händler und Vertreiber von Produkten verpflichtet, die Information über das Vorkommen in Produkten an die KonsumentInnen weiterzugeben. Aus diesem Grund ist anzunehmen, dass in den nächsten Jahren die Produktion von DEHP, DBP und BBP weiter abnehmen wird.

**REACH-Kandidaten  
DEHP, DBP und  
BBP**

Phthalate werden im Organismus rasch metabolisiert (KOCH et al. 2006). Aus diesem Grund bedient man sich der Analytik der Metaboliten zur Bestimmung der Exposition des Menschen. Primäre Metaboliten können bereits unter Umweltbedingungen durch Hydrolyse gebildet werden, was für sekundäre Metaboliten nicht zu erwarten ist. Durch Messung sekundärer Metaboliten können die Probleme der Analytik mit Blindwerten weitgehend umgangen werden, da diese im Vergleich zu den parentalen Phthalaten nur in geringem Ausmaß als Kontaminanten auftreten.

**Analytik von  
Phthalat-Metaboliten**

Phthalate (Phthalsäurediester) werden zunächst zu Monoestern metabolisiert (Primärmetabolismus) und dann oxidativ (Sekundärmetabolismus) weiter abgebaut. Die Ausscheidung erfolgt entweder als freier Metabolit oder als Konjugat mit Glucuronsäure (HOPPIN et al. 2002, BECKER et al. 2004, SILVA et al. 2004, FROMME et al. 2007, KOCH et al. 2005, 2007, KOCH & ANGERER 2007).

Primäre Metaboliten der gängigen Phthalate sind als Referenzsubstanzen in der Regel am Markt erwerbbar, für DEHP darüber hinaus auch einige sekundäre Metaboliten. Die in wissenschaftlichen Studien eingesetzten Referenzsubstanzen stammen in der Regel aus speziellen Auftragssynthesen, die nur schwer zugänglich sind und am Markt zum Zeitpunkt der Untersuchungen nicht erhältlich waren. Trotz intensiver Nachforschungen konnten keine dieser Referenzsubstanzen erworben werden. Tabelle 2 enthält relevante aus der Literatur bekannte primäre und sekundäre Metaboliten sowie die dazugehörigen ursprünglichen Phthalate.

**Referenzsubstanzen**

Die derzeitige Exposition gegenüber Phthalaten wird in zahlreichen aktuellen Studien und Bewertungen als kritisch erachtet. Besorgnis besteht vor allem bezüglich ihrer vermutlich additiven endokrinen Wirksamkeit. Von der deutschen Kommission Human-Biomonitoring (HBM KOMMISSION 2010) wurden folgende Referenz- bzw. HBM-Werte herausgegeben (siehe Tabelle 3).

**Referenz- bzw. HBM-  
Werte**

Tabelle 3: Referenz- bzw. HBM-Werte der deutschen Kommission Human-Biomonitoring (Metaboliten von DEHP im Harn).

Phthalat	Personengruppe	Referenz- bzw. HBM-Wert
5-oxo-MEHP	Kinder und Erwachsene	150 µg/l (Referenzwert)
5OH-MEHP	Kinder und Erwachsene	220 µg/l (Referenzwert)
Summe 5-oxo und 5OH-MEHP	Kinder 6–13 Jahre	500 µg/l (HBM-I-Wert)
Summe 5-oxo und 5OH-MEHP	Frauen im gebärfähigen Alter	300 µg/l (HBM-I-Wert)
Summe 5-oxo und 5OH-MEHP	Männer ab 14 Jahre und restliche Allgemeinbev.	750 µg/l (HBM-I-Wert)

## 2.2.2 Nonylphenol, Octylphenol, Bisphenol A

### Einsatzbereiche von BPA

Bisphenol A (BPA) ist Ausgangssubstanz zur Herstellung von Polycarbonaten und Epoxidharzen, welche im großen Maße zu Compact Discs und weiteren Flachprodukten verwertet werden. Außerdem finden sie als Zahnimplantat, Beschichtungsmaterial und in Kosmetika Anwendung. Nach Österreich wurden 2002 rund 1.700 t BPA importiert (STATISTIK AUSTRIA 2003).

### Aufnahmewege von BPA

Bisphenol A wird vor allem mit der Nahrung aufgenommen, da es in zahlreichen Materialien mit Lebensmittelkontakt enthalten ist (Mehrwegflaschen, Lebensmittelverpackungen, Kunststoffgeschirr, Aufbewahrungsbehälter, Mikrowellengeschirr). Die Exposition ist für Babys und Kleinkinder aufgrund der Aufnahme durch die Muttermilch, durch Fläschchennahrung aus Polykarbonat-Fläschchen und Beikost in Gläsern mit Schraubdeckeln am höchsten und kann für ein 6–12 Monate altes Baby bis zu 13 µg/kg KG betragen. Die Aufnahme Erwachsener wird auf 1,5 µg/kg KG geschätzt (EFSA 2006, 2007).

### toxische Bewertung von BPA

Die endokrine Wirkung von Bisphenol A ist ausreichend belegt, wenngleich die Bedeutung der Studienergebnisse im Niedrigdosis-Bereich noch umstritten ist. Eine umfangreiche Bewertung des „National Toxicology Programme“ des US National Institute of Health (NTP 2008) kommt zu dem Schluss, dass die derzeitige Exposition von Ungeborenen und Kindern bedenklich ist, da in einer Reihe von Tierversuchen bereits geringe Konzentrationen Effekte auslösten (u. a. Effekte auf die Gehirnentwicklung und das Verhalten sowie die Prostata). Offizielle Gremien der EU sehen jedoch (nicht einstimmig) bei derzeitigen Expositionskonzentrationen kein Risiko, da angenommen wird, dass die Effekte im Niedrigdosisbereich für die menschliche Gesundheit nicht relevant sind (EFSA 2006, EC 2008a). Seit 1.3.2011 ist die Erzeugung von Babyfläschchen durch die RL 2011/8/EU verboten. Der Verkauf von Restbeständen ist ab 1.6.2011 untersagt.

Bisphenol A wird im Körper metabolisiert, aber auch frei bzw. konjugiert mit Glucuronsäure im Harn ausgeschieden (CALAFAT 2008 et al., DEKANT & VÖLKELE 2008). Bei freiem Bisphenol A wird aber gezweifelt, ob die tatsächliche Exposition erfasst wird oder ob es sich um eine Kontamination handelt (VÖLKELE et al. 2008). Referenz- oder HBM-Werte stehen nicht zur Verfügung.

### Einsatzbereiche von OP und NP

Octylphenol (OP) und Nonylphenol (NP) sind Ausgangsstoffe zur Synthese nichtionischer Tenside (Alkylphenoethoxylate). Alkylphenoethoxylate werden als Netz- und Verlaufsmittel eingesetzt und sind Additive in verschiedenen Anwendungen. Im Jahr 2003 wurden rund 62 t NP und OP nach Österreich importiert (STATISTIK AUSTRIA 2003). NP und OP sind gleichermaßen die Abbauprodukte der entsprechenden Alkylphenoethoxylate.

Aufgrund des Einsatzes in der Nahrungsmittelverpackungsindustrie werden diese Verbindungen hauptsächlich über die Nahrung durch Migration aus dem Verpackungsmaterial aufgenommen und nach Metabolisierung als Glucuronid ausgeschieden (EC 2002, CALAFAT et al. 2005, 2008).

**Aufnahmewege von  
OP und NP**

Nonylphenol und Octylphenol sind wegen der endokrinen Wirksamkeit und Reproduktionstoxizität in den meisten Verwendungen chemikalienrechtlich verboten (Anhang XVII der REACH-Verordnung).

**Einsatzverbote von  
OP und NP**

HBM- oder Referenzwerte stehen keine zur Verfügung.

### 2.2.3 Polybromierte Diphenylether

Polybromierte Diphenylether sind Verbindungen, welche Kunststoffprodukten zugesetzt werden um diese flammhemmend auszurüsten. Polybromierte Diphenylether sind technische Gemische von mehrfach bromierten Diphenylethern. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl und Anordnung der Bromatome am Diphenylether sind 209 unterschiedliche Kongenere möglich. Abhängig vom Syntheseverfahren werden zwischen Penta-, Octa- und Deca-PBDE unterschieden. Das wirtschaftlich wichtigste Kongener ist das Deca-BDE. PBDE werden in Produkten des Elektronik-, Elektro-, Bau-, Transport- und Textilsektors als Flammenschutzmittel in Kunststoffen und Textilien eingesetzt. Sie können in Konzentrationen bis zu 15 Gewichtsprozent Kunststoffen beigefügt werden (in PU-Schäumen bis zu 30 %).

**Einsatzbereiche von  
PBDE**

Aufgrund ihrer problematischen Eigenschaften sind die technischen Gemische Penta- und Octa-BDE seit 2003 innerhalb der EU verboten und unterliegen seit Mai 2009 durch Aufnahme in die Stockholmer Konvention für persistente organische Schadstoffe nun auch internationalen Bestimmungen zur Minimierung (STOCKHOLM CONVENTION 2009). Trotz Verbotes können Verunreinigungen von bis zu 0,1 Gewichtsprozent in Produkten auftreten. In einigen Bereichen (i. e. Recycling) besteht Forschungs- und möglicherweise weiterer Regulierungsbedarf.

**Einsatzverbote von  
PBDE**

Weltweit wurden im letzten Jahrzehnt rund 67.400 t Gesamt-PBDE erzeugt. Im Jahr 1999 wurden in Deutschland ca. 1.000 t, in der EU 7.500 t Decabromdiphenylether erzeugt (UMWELTBUNDESAMT BERLIN 2001).

**Produktionsmengen  
und Verbrauch von  
PBDE**

Der europäische Verbrauch an Flammenschutzmitteln lag im Jahr 2005 bei insgesamt 463.800 t, davon 50.000 t (rund 11 %) bromierte Flammenschutzmittel (EFRA 2006). Derzeit zählt Deca-BDE zu den meistverbrauchten bromierten Flammenschutzmitteln, deren Unbedenklichkeit zusehend in Frage gestellt wird (UBA 2008). In Umweltmedien wird Deca-BDE im Vergleich zu anderen bromierten Diphenylethern in deutlich höheren Konzentrationen nachgewiesen.

Referenz- oder HBM-Werte stehen nicht zur Verfügung.

### 2.2.4 Trisphosphate

Trisphosphate (Triester der Phosphorsäure) werden Kunststoffen und Textilien (vor allem Polyester) als Flammenschutzmittel und/oder als Weichmacher zugesetzt. In den letzten Jahren ersetzen Trisphosphate verstärkt polybromierte Diphenylether als Flammschutz-Additive. Aufgrund der Verbote von Penta- und Octa BDE in der EU ist daher mit einer Zunahme im Verbrauch von

**Einsatzbereiche und  
Verbrauch von  
Trisphosphaten**

Trisphosphaten zu rechnen. Phosphorhaltige Flammschutzmittel halten am europäischen Markt einen Anteil von insgesamt 18,4 % (10 % chlorierte und 8,4 % nicht-halogenierte Phosphorverbindungen) oder 85.300 t (EFRA 2006). Die hohen Belastungen in Innenräumen bestehen unter anderem auch aufgrund des Einsatzes dieser Verbindung in Bodenpflege- und Beschichtungsmitteln.

**REACH-Kandidat  
TCEP**

Die Verbindung Tris-chloroethylphosphat (TCEP) wurde aufgrund krebserzeugender Eigenschaften ebenfalls als Kandidatenstoff für Annex XIV der REACH-Verordnung (Zulassungsverfahren sehr gefährlicher Substanzen, siehe auch Kapitel 2.2.1) vorgeschlagen.

**Beeinflussung der  
kognitiven  
Leistungsfähigkeit**

Die Gruppe der Trisphosphate wurde in der Studie Luft und Kinder „LUKI“ (UMWELTBUNDESAMT 2008a, b). in Haus-, Feinstaub und Luftproben untersucht. In allen Schulen wurden Trisphosphate (Summe der Verbindungen) in Konzentrationen bis 6.520 mg/kg im Hausstaub sowie im Feinstaub bis zu 32.000 mg/kg (PM10) bzw. 23.560 mg/kg (PM2,5) nachgewiesen. Die Ergebnisse der Studie zeigten einen Zusammenhang von erhöhten Expositionskonzentrationen mit verminderten kognitiven Leistungen. Diese Befunde müssten in größeren Studien gezielt überprüft werden, sind aber jedenfalls ein Hinweis auf eine Beeinträchtigung der kognitiven Leistungsfähigkeit, die auch in Tierversuchen beobachtet wurde

**Verhalten von  
Trisphosphaten im  
Körper**

Da in der Literatur kaum Studien zu Human-Biomonitoring von Trisphosphaten zu finden sind, wurde diese Stoffgruppe zunächst als native Verbindungen sowohl in Harn- wie auch in Blut untersucht. Aufgrund der hohen Belastungen in Umweltstudien (UMWELTBUNDESAMT 2004, 2008a, b) war anzunehmen, dass sich die Exposition in entsprechenden Messwerten in den Körpermedien widerspiegelt. Studien dazu gab es bis Sommer 2009 nicht. Da in den untersuchten Proben jedoch keine positiven Messwerte ermittelt wurden, wurde eine weitere Literaturrecherche über den Metabolismus dieser Verbindungen erstellt. Eine im Sommer 2009 veröffentlichte Arbeit (SCHINDLER 2009) zeigte am Beispiel von Mäusen und Ratten, dass Trisphosphate rasch metabolisiert und über den Harn ausgeschieden werden. Die gebildeten Metaboliten sind jedoch als Referenzsubstanzen am Markt kaum erhältlich.

Es stehen Referenzwerte für Metaboliten von Organophosphorverbindungen zur Verfügung (HBM KOMMISSION 2010). Diese wurden zur Bewertung der Exposition gegenüber Pflanzenschutzmitteln abgeleitet.

### 2.2.5 Methylquecksilber

**chemische  
Eigenschaften von  
Me-Hg**

Methylquecksilber (Me-Hg) ist eine organische Form des metallischen Quecksilbers und enthält eine Methylgruppe. Das Molekül-Ion ist positiv geladen und tritt zumeist mit Hydroxid-, Chlorid- oder Nitrat-Ionen als Gegen-Ion auf. Es hat eine hohe Affinität zu Schwefel-Ionen, im Speziellen zu Thiolen. Es geht daher leicht eine kovalente Bindung mit der Aminosäure Cystein sowie deren Proteinen ein.

Metallisches und ionisches Quecksilber gelangt vor allem durch Verbrennungsprozesse in die Umwelt (quecksilberhaltige Abfälle und fossile Brennstoffe). In der Vergangenheit wurde Quecksilber durch elektrolytische Prozesse (Elektrodenmaterial der Chlor-Alkali-Elektrolyse) in bedeutenden Mengen in die Umwelt eingebracht.

Methylquecksilber (Me-Hg) entsteht in der Natur durch Biomethylierungsprozesse von metallischem Quecksilber durch Mikroorganismen und durch zahlreiche Tierarten (z. B. Fische). Es reichert sich durch Bioakkumulierung in der Nahrungskette mit der Höhe der trophischen Ebene an (SVERDRUP 2003). Methylquecksilber macht zwischen 80 % und 95 % der Gesamt-Quecksilberbelastung in Fischen aus. Fische und Meeresfrüchte stellen auch die Hauptquelle für die Belastung des Menschen dar (WHO/IPCS 1990).

### **Aufnahmewege von Me-Hg**

Me-Hg wird durch das Blut im ganzen Körper verteilt, es passiert die Blut-Hirnschranke und die Plazenta. Organische Quecksilberverbindungen wirken toxisch auf das Zentralnervensystem und schädigen Leber und Nieren. In Föten reichert es sich vor allem im Gehirn an.

### **Toxizität von Me-Hg**

Haare sind gute Indikatoren für die langfristige menschliche Exposition gegenüber Methylquecksilber. Sie wachsen rund 1 cm pro Monat und bilden so die durchschnittliche Belastung entsprechend der untersuchten Haarlänge ab. Rund 80 % des Gesamtquecksilbergehaltes im Haar werden als Methylquecksilber eingelagert (BERGLUND et al. 2005). Sobald es eingelagert ist, bleibt es unverändert in der Haarmatrix bestehen. Die Konzentration hängt im Wesentlichen vom Fischkonsum ab.

Referenzwerte im Harn und Blut stehen für Quecksilber zur Verfügung (HBM KOMMISSION 2010).

## **2.3 Untersuchungskollektiv (Auswahl der Studienregionen, Rekrutierung der ProbandInnen)**

Die ProbandInnen wurden nach folgendem Schema (geschichtete Zufallsstichprobe) ausgewählt:

- Definition von 5 Kategorien nach Zahl der EinwohnerInnen der Gemeindefliste (> 1 Mio., 100.000–1 Mio., 10.000–100.000, 5.000–10.000 und < 5.000). Aus der Grundgesamtheit wurde – mit Ausnahme der Kategorie > 1 Mio. Einwohner (Wien entspricht in Österreich als einzige Region diesem Kriterium) – zufällig jeweils eine Region pro Kategorie ausgewählt (siehe Tabelle 4).

*Tabelle 4: Für die Studie ausgewählte Regionen in Österreich.*

<b>EinwohnerInnen</b>	<b>Bezeichnung</b>
> 1 Mio.	Wien
100.000–1 Mio.	Linz
10.000–100.000	St. Pölten
5.000–10.000	Ried im Traunkreis
< 5.000	Tamsweg

- In jeder dieser 5 Regionen wurden jeweils mindestens 10 Gruppen von Frauen mit ihren Kindern und ihren Partnern nach dem Zufallsprinzip aus dem elektronischen Telefonbuch ausgewählt.

- Dazu wurde pro Ort/Region per Zufallsprinzip vorab eine Zahlenreihe erstellt. Da im elektronischen Telefonbuch jedem Teilnehmer/jeder Teilnehmerin eine Nummer zugeordnet ist, kann so eine zufällige Auswahl getroffen werden. Firmen wurden ausgespart und anstatt dessen wurde die nächste Person ausgewählt.
- Die Rekrutierung der ProbandInnen erfolgte durch MitarbeiterInnen des Instituts für Umwelthygiene. Sie wurden entsprechend eingeschult und mussten sich an einen vorgegebenen Leitfaden halten, um allen ProbandInnen dieselben Informationen zu übermitteln. Als Anreiz für eine Teilnahme wurde eine Entschädigung für den Zeitaufwand in der Höhe von 50 € pro Familie und ein kleines Geschenk für das teilnehmende Kind angeboten.
- Eine Non-Responderliste wurde geführt (1. kein Kontakt nach dreimaligem Anruf an unterschiedlichen Tagen und Tageszeiten; 2. Teilnahme abgelehnt mit Gründen dafür; 3. Einschlusskriterien nicht erfüllt wie z. B. hinsichtlich Alter, keine Kinder, kein/e Partner/in, Stoffwechselerkrankung bekannt, Sprachprobleme).
- Einschlusskriterien: Frauen, ihre Partner (20–50 Jahre) und ihre Kinder (6–11 Jahre).
- Ausschlusskriterien: Leben nicht in gemeinsamem Haushalt, Hämophilie, angeborene Stoffwechselerkrankungen, Sprachprobleme.
- Die StudienteilnehmerInnen wurden bereits im Zuge der Rekrutierung telefonisch über die Studie (Inhalt, Ablauf etc.) informiert. Die Termine für die Untersuchungen vor Ort wurden im Zuge des Kontaktgespräches festgelegt. In einem zweiten Schritt wurden vor dem Hausbesuch Informationen und eine Einwilligungserklärung zugeschickt. Kurz vor dem Besuch wurden die ProbandInnen nochmals telefonisch über den Ablauf informiert.
- Telefonstatistik: Um die Anzahl der Telefonnummern zu erhalten, die für die Rekrutierung der geplanten TeilnehmerInnenzahl (50 „Familien“) benötigt wurden, mussten ca. 3.000 Telefonnummern pro Region aus dem Telefonbuch (zufällig) ausgewählt werden.
- Von insgesamt 5.821 Angerufenen (= Anzahl möglicher StudienteilnehmerInnen) konnten 1.225 (21 %) nach ein- bis dreimaligem Anruf (an unterschiedlichen Tagen und zu unterschiedlichen Tageszeiten) nicht erreicht werden, lehnten 1.276 (22 %) eine Teilnahme ab und entsprachen 3.269 (56 %) nicht den Einschlusskriterien.
- Insgesamt waren 8.136 Einzelanrufe nötig, um die geplante Anzahl von 50 Familien zu rekrutieren. Eine einzige Familie hat nach Terminvereinbarung die Teilnahme wegen Zeitproblemen abgesagt.

## 2.4 Fragebogen

Die Befragung der Erwachsenen mittels Fragebogen erfolgte durch geschulte InterviewerInnen.

Der 10-seitige Fragebogen besteht aus vier Teilen:

- 1) Gesundheitliche Beschwerden in den letzten 3 Monaten,
- 2) frühere Beschwerden und Krankheiten,

- 3) Lebensstil, Ernährung, Bildung und Beruf,
- 4) Haushalt, Wohnung, Freizeit.

Des Weiteren wurde eine Farbsinnprüfung mittels Ishihara Farbtafeln durchgeführt.

1) Der erste Teil umfasste Fragen zur Erkrankungen in den letzten drei Monaten (vor allem Asthma, Allergien und respiratorische Erkrankungen) und orientierte sich an den validierten Fragebögen der ISAAC(International Study on Asthma and Allergies in Childhood)- und AUPHEP(Austrian Project on Health Effect of Particulates)-Studien. Erfasst wurden auch Beschwerden nach ZERSEN & KOELLER (1975) wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindelgefühl, Sehstörungen, Durchfall, Übelkeit, Erbrechen oder Juckreiz. Eine mögliche Phthalataufnahme in den letzten drei Tagen durch medizinische Eingriffe (Infusionen, Bluttransfusionen, Plasmaspende und Blutreinigungsverfahren) wurde ebenfalls erfragt.

2) Der zweite Teil erfasste chronische Krankheiten und Behinderungen wie Asthma, Allergien oder Diabetes. Mögliche hormonelle Probleme wurden geschlechtsspezifisch behandelt: Bei Frauen wurden Regelmäßigkeit des Zyklus, Anwendung von Kontrazeptiva, Endometriose, künstliche Befruchtung und Stillen erfasst; bei Männern wurden Änderung in der Bartbehaarung sowie bei Kindern das Alter der Menarche (wenn schon aufgetreten) oder Kryptorchismus (Lageanomalie des Hodens) bei der Geburt erfragt.

3) Der dritte Teil des Fragebogens erfasste Lebensstilfaktoren sowie weitere relevante Merkmale und Gewohnheiten der ProbandInnen. Erfragt wurden bestehende Zahnfüllungen, die Verwendung von Haarfärbemitteln und Pestiziden (in den letzten 3 Monaten), Gelsensteckern und Insektenrepellents (in den letzten 48 Stunden) sowie die Häufigkeit des Gebrauchs von Make-up, Lotionen, Düften, Hautcremen und Nagellack. In Bezug auf die Ernährungs- und Trinkgewohnheiten wurde die Häufigkeit des Konsums von Blatt- bzw. Wurzelgemüse, Milchprodukten, Eiern, Fleisch, Süßwasser- bzw. Meeresfischen, Konserven, Kaugummi etc. erfasst. Des Weiteren wurden sozio-demografische Merkmale (Bildung etc.) und Rauchgewohnheiten der Eltern erhoben. Ziel war es auch, so genannte Risikoberufe zu identifizieren, also Tätigkeiten, bei denen Kontakt mit Klebern, Farben, Schäumen oder PVC-enthaltenden Produkten besteht oder die mit der Gummi- und PVC-Produktion zu tun haben.

4) Umwelt und Wohnsituation der Familie, Bodenbeläge, Anzahl der Personen im Haushalt, Energiearten zum Heizen und Kochen, Blei-Trinkwasserleitungen, Kontakt mit Tieren, Aufenthalt im Freien sowie Luftqualität im Wohngebiet wurden im vierten Teil erfasst.

Die deskriptiv-statistischen Auswertungen der Fragebögen erfolgten mittels SPSS 15.0. Statistische Vergleiche wurden zunächst mittels nicht-parametrischer Verfahren (Chi-Quadrat-Test, Kruskal-Wallis-Test) durchgeführt.

#### **2.4.1 Prüfung des Farbsinnes durch Farbtafeln nach Ishihara**

Die einfachste Methode für die Überprüfung des Farberkennungsvermögens sind Farbtafeln, bei denen ähnliche Farben in gleichem Kontrast nebeneinander abgebildet werden. Die bekanntesten Tafelsysteme sind jene nach Ishihara (testet Rot/Grün-Unterscheidungsprobleme).

Die ProbandInnen wurden voneinander getrennt getestet. Dabei wurden die Farbtafeln in einer festgelegten Reihenfolge, bei guter Beleuchtung und in einem Abstand von rund 70 cm vorgelegt.

## 2.5 Ethikkommission

Die Studie wurde bei der Ethikkommission der Medizinischen Universität eingereicht und das Einverständnis zur wissenschaftlichen Untersuchung eingeholt (045/2009).

## 2.6 Durchführung der Probenahme

### **Untersuchungen vor Ort**

Vor Ort wurden eine Fragebogenerhebung, eine Farbsinnprüfung und Blutentnahmen durchgeführt sowie Morgenharnproben entgegengenommen. Voraussetzung für die Auswahl der Erhebungsinstrumente war deren Praktikabilität unter Berücksichtigung der Belastbarkeit der ProbandInnen, die Möglichkeit kontaminationsfreier Probenahmen sowie die Transportmöglichkeiten. Auch der finanzielle Rahmen musste berücksichtigt werden.

Vor dem Besuch der Haushalte wurden ein Erinnerungsschreiben und die Glasharnbecher mit einer Anleitung für die Probenabgabe zugeschickt sowie ein Informationsblatt und eine Einverständniserklärung übermittelt. Die Termine für die Untersuchungen vor Ort wurden im Zuge des telefonischen Rekrutierungs- bzw. Kontaktgespräches festgelegt.

Zur Vermeidung einer etwaigen Kontamination wurden Probenbehälter aus Glas bzw. Aluminium verwendet. Für die Analyse der Schadstoffe wurden Blutproben (Erwachsene) aus der Armvene entnommen und Harnproben (Mutter und Kind) gesammelt.

### 2.6.1 Blutentnahme

Die Blutentnahmen wurden vor Ort durch eine/n Arzt/Ärztin aus der Armvene (Frauen, Männer) durchgeführt. Für die Analysen der Industriechemikalien waren rund 45 ml Vollblut (entsprechend rund 25 ml Plasma inkl. Reserve), für die Analyse der Blutlipide (Triglyceride, Cholesterin, HDL-Cholesterin, Cholesterinquotient, Phospholipid IgG- und IgM-Auto-Antikörper) rund 9 ml Vollblut erforderlich.

Abgenommen wurden daher insgesamt fünf Vollblut-Proben mit heparinisierten Vacutainer-Glasröhrchen (jeweils ca. 9 ml) von Becton Dickinson sowie eine Probe (ca. 9 ml) für die Untersuchung der Lipide.

### **Aufbereitung der Proben**

Die fünf Proben, die für die Analysen der Industriechemikalien erforderlich waren, wurden vor Ort zentrifugiert und das Plasma aus den Probenahmeröhrchen mit Pasteurpipetten (aus Glas) abpipettiert und in Glaseprouvetten zugegeben. Die Plasmaproben wurden sofort auf Trockeneis eingefroren.

Ein standardisiertes Probenahmeprotokoll wurde geführt. Die gewonnenen Blutproben wurden vor Ort versorgt und zum Umweltbundesamt transportiert, wo die weitere Aufarbeitung und Analytik durchgeführt wurde.

## 2.6.2 Harnproben

Die Sammelbehältnisse (Morgenharn) wurden samt Informations- und Einwilligungsbogen vorab an die ProbandInnen geschickt. Die Morgenharn-Proben (= erster Toilettengang nach der nächtlichen Schlafenszeit, wobei die zeitliche Differenz zwischen Probenahme und dem vorangegangenen letzten Toilettengang mindestens 4 Stunden betragen muss) sollten am Tag des Hausbesuchs in verschließbaren Harnbechern aus Glas (120 ml) aufgefangen und kühl aufbewahrt werden. Die Probe wurde beim Hausbesuch in Empfang genommen, in eine Aluminiumflasche (120 ml) mit Schraubverschluss umgefüllt und entsprechend den Vorgaben gekühlt.

Ein Begleitprotokoll wurde ausgefüllt. In Tabelle 1 findet sich eine Übersicht über die Anzahl der ProbandInnen und die jeweilige Art der Beprobung.

Die Auswahl der BPA, NP und OP Proben wurde anhand verschiedener Fragen (Indikatoren, die evtl. auf höhere Belastung schließen lassen – z. B. wie oft trinken sie aus PET-Flasche?) aus dem Fragebogen durchgeführt.

Die gewonnenen Harnproben wurden vor Ort versorgt und zum Umweltbundesamt transportiert, wo die weitere Aufarbeitung und Analytik durchgeführt wurde.

## 2.6.3 Haarproben

Mittels Keramikscherer wurde eine Haarsträhne (ca. 100 Haare, bei Kindern z. T. eine geringere Anzahl) an der Kopfhaut abgeschnitten und in einem Papierkuvert versorgt. Das kopfseitige Ende musste nicht extra markiert werden, da durch die Gleichmäßigkeit „der Schnittfläche“ dieses Ende erkenntlich war.

## 2.7 Analytik

Biologische Proben wurden in zwei Stufen im Labor zur Messung vorbereitet. Derartige Proben dürfen nur in geeigneten Laborräumen aufgearbeitet werden, welche speziellen Sicherheitsbestimmungen entsprechen müssen (S2 Labor). Die Proben wurden im S2 Labor aufgearbeitet, bis die zu messenden Stoffe für die weitere analytische Aufarbeitung in geeigneten Lösungsmitteln vorlagen. Zu Beginn wurden (isotopenmarkierte) Surrogate-Standards zugesetzt, um die Wiederfindung der zu analysierenden Substanzen über den gesamten Aufarbeitungsprozess kontrollieren zu können. Pro Durchgang wurde eine Blindwertprobe aufgearbeitet, um eventuelle Kontaminationen identifizieren zu können.

Da alle analysierten Parameter Inhaltsstoff oder Additiv von Kunststoffen waren (Ausnahme: Methylquecksilber), war bei der Handhabung der Proben der Kontakt zu Kunststoffteilen zu vermeiden. Um den Eintrag von Blindwerten bei der Blutabnahme so gering wie möglich zu halten, wurden Kunststoffteile auf das unbe-

dingt nötige Maß reduziert. Die eingesetzten Instrumente wurden auf Blindwertfreiheit getestet. Die Gewinnung des Plasmas (Zentrifugieren) erfolgte direkt bei den Probenahmen.

Teilproben von Harn und Blut wurden separat gesammelt und der Analyse auf Kreatinin und Blutfette zugeführt. Diese Analysen wurden extern an ein medizinisches Labor vergeben.

In der Folge sind die einzelnen Analysenschritte bei der Aufarbeitung der Proben zur Messung der einzelnen Parameter beschrieben. Die Messmethoden wurden anhand bestehender Literatur bzw. anhand bestehender Messmethoden in anderen Medien adaptiert.

### **2.7.1 Phthalat-Metaboliten im Harn**

- Einwiegen von 6 g Harnprobe
- Dotierung der Probe mit Surrogate-Standard
- Zugabe von Pufferlösung (pH 5)
- Zugabe von  $\beta$ -Glucuronidase und Spaltung der Konjugate über 20 h
- Stoppen der enzymatischen Reaktion durch Zugabe von Salzsäure
- Reinigung der Lösung über C18-Festphasensäulchen und Elution der Substanzen
- Einengung und Tausch des Lösungsmittels (Acetonitril)
- Messung der Phthalat-Metaboliten mittels HPLC-MS/MS im Negativmodus
- Literatur: ANGERER et al. (2005), FROMME et al. (2007)

### **2.7.2 Nonyl-, Octylphenol, Bisphenol A im Harn**

- Einwiegen von 6 g Harnprobe
- Dotierung der Probe mit Surrogate-Standard
- Zugabe von Pufferlösung (pH 5)
- Zugabe von  $\beta$ -Glucuronidase und Spaltung der Konjugate über 20 h
- Stoppen der enzymatischen Reaktion durch Zugabe von Salzsäure
- Reinigung der Lösung über C18-Festphasensäulchen und Elution der Substanzen
- Einengung und Tausch des Lösungsmittels (Acetonitril)
- Messung der Probe mittels LC-MS/MS im Negativmodus
- Literatur: DEKANT & VÖLKEL (2008); VÖLKEL et al. (2008)

### **2.7.3 Polybromierte Diphenylether im Plasma**

- Einwiegen von 5 g Plasma
- Zugabe von Surrogate-Standard
- Zugabe von 5 ml Ameisensäure (10 Minuten Stehzeit)
- Zugabe von HPLC-Wasser (10 Minuten Stehzeit)
- Reinigung auf C18-Festphasensäulchen und Elution der Substanzen

- Dreistufige säulenchromatographische Extraktreinigung
- Messung mittels GC-HRMS und Isotopenverdünnung
- Literatur: Method 1614 (EPA 2007)

#### 2.7.4 Trisphosphate in Plasma

- Einwiegen von 5 g Plasma
- Zugabe von Surrogate-Standard
- Zugabe von 1 ml Salzsäure und 5 ml Isopropanol
- Schütteln und Zugabe von 5 ml Hexan/MTBE 1:1 Mischung
- Ultraschallbad und Abzentrifugieren des Niederschlags und Sammlung der organischen Phase
- Wiederholte Extraktion des Niederschlags, Sammlung der organischen Phase
- Reinigung der organischen Phase mit 0,9%iger KCl-Lösung und Rückextraktion der wässrigen Phase
- Reinigung der organischen Phase über Florisil-Säule und Elution mittels Hexan/MTBE 1:1 Mischung
- Lösungsmitteltausch zu Acetonitril und Auffüllen mit HPLC-Wasser
- Messung mittels HPLC-MS/MS im Positivmodus

#### 2.7.5 Trisphosphate im Harn

- Einwiegen von 6 g Harn
- Dotierung mit Surrogate-Standard
- Zugabe von Pufferlösung (pH 5)
- Zugabe von  $\beta$ -Glucuronidase und enzymatische Spaltung über 20 h
- Abbruch der Enzymreaktion durch Zugabe von Salzsäure
- Reinigung über C18-Festphasensäulchen und Elution mit Aceton/MTBE/MeOH 1:1:0,1 und Hexan/MTBE 1:1
- Einengung des Lösungsmittels und Tausch zu Acetonitril
- Auffüllen mit HPLC-Wasser
- Messung mittels HPLC-MS/MS im Positivmodus
- Literatur: INOUE et al. (2007)

#### 2.7.6 Methylquecksilber

- Waschen der Haare mit Aceton/Reinstwasser/Aceton
- Lufttrocknung
- Zerkleinerung mittels Keramikscherer
- Einwaage: zw. 5 und 81 mg zerkleinerte Haarprobe (je nach vorhandener Menge)
- 15 min. Extraktion im Ultraschallbad mit 5 ml Pyridin/L-Cystein/Methanol-Extraktionslösung
- Zentrifugieren

- Filtration (0,45 µm)
- Bestimmung von Me-Hg nach HPLC-CV-ICP-MS Kopplung mit Hamilton PRP-X200 (mit Vorsäule) und Hydridgenerator HGX 200
- Literatur: ONORM EN ISO 17294-2

## 2.8 Analytische Qualitätssicherung – Vergleichsmessungen

Zur externen Bestätigung der Validität der erarbeiteten Messmethoden wurden – soweit vorhanden – Ringversuchsproben nachgekauft bzw. zertifizierte Referenzmaterialien zur Messung eingesetzt.

Tabelle 5: Art der eingesetzten Referenzmatrices.

Substanzgruppe	Art der Referenz	enthaltene Parameter
Phthalat-Metaboliten	nachgekauft Ringversuchsprobe, Harn	5-OH-MEHP, 5-cx-MEPP
NP/OP, BPA	Bayer. Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, gepoolte Harnprobe*	NP, BPA
PBDE	SRM 1589a, zertifiziertes Referenzmaterial, Serum	#47, #99, #100, #183
Trisphosphate	eigene Referenzlösung	

\* Vom Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit wurde freundlicherweise eine gepoolte Harnprobe aus einer bereits publizierten Studie zur Verfügung gestellt (VÖLKELE et al. 2008).

### 2.8.1 Phthalat-Metaboliten

Tabelle 6: Ergebnisse der Messung der Ringversuchsprobe und Angabe der tolerierten Messwertbereiche (in µg/l).

Metabolit	Messwert 1	tolerierter Bereich	Messwert 2	tolerierter Bereich	Einhaltung
5-OH-MEHP	32,03	22,61–41,45	166,21	129,31–203,11	☑
5-oxo-MEHP	41,11	32,60–49,62	195,37	167,23–223,50	☑
5-carboxy-MEPP	53,15	43,43–62,87	211,56	188,07–235,04	☑

### 2.8.2 NP/OP und BPA

Es wurden zwei Kontrollproben im Labor individuell hergestellt (dot1 und dot2), welche die in Tabelle 7 genannten Soll-Konzentrationen enthielten. Die Messergebnisse der beiden Proben sowie deren Abweichung sind angeführt. Da es sich um selbst erstellte Kontrollproben handelt, ist die Angabe eines Toleranzbereiches nicht möglich. Die Ergebnisse entsprechen aber der im Labor akzeptierten Abweichung.

Tabelle 7: Ergebnisse der Referenzmessung NP/OP und BPA (in µg/l).

	Soll	Harn dot1	Harn dot2	Abw. dot1	Abw. dot2
Bisphenol A	25	24,7	28,2	– 1 %	13 %
techn. Nonylphenol	4–40	32,4	34,1	– 19 %	– 15 %
4-tert. Octylphenol	30	29,9	32,3	0 %	8 %

### 2.8.3 PBDE

In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Referenzmessung für PBDE dargestellt. Bei Kongener #183 war die Bestimmungsgrenze aufgrund von Blindwerten so hoch, dass sie nicht im Bereich der Zertifizierung gelegen war. Bei Ref1 waren die Messwerte von #99 und #47 zu hoch. Die Ergebnisse der Messung Ref2 lagen innerhalb des zertifizierten Bereichs.

Tabelle 8: Ergebnisse der Referenzmessung PBDE (in ng/kg).

	Ergebnis Ref1	Ergebnis Ref2	zertif. Bereich	Toleranz	Einhaltung
#47	210	180	172	± 10	☑
#99	46	37	39,9	± 5,2	☑
#100	27	27	25	± 3,2	☑
#183	< 24	< 24	4,65	± 0,26	

### 2.8.4 Trisphosphate

Die Performance der Trisphosphate-Analytik wurde durch Kontrollproben, die im Labor individuell hergestellt wurden, überprüft. Die in Tabelle 9 angeführten Werte zeigen die Abweichungen bei Spalte Abw. dot1 und Abw. dot2. Es zeigte sich, dass alle dotierte Trisphosphate gute Wiederfindungen hatten mit Ausnahme von Tris(2-ethylhexyl)phosphat, welches in dieser Referenzprobe starke Ionensuppression durch Matrixeffekte aufwies. Für diese Substanz ist kein isotope-markierter Surrogatstandard erhältlich, der diese Matrixeffekte in jeder Probe kompensieren könnte. Deswegen wird in jeder Probenserie eine Harnprobe mit Analyten dotiert und eine Serienwiederfindung ermittelt, die zur Berechnung von Positivbefunden herangezogen wird.

Tabelle 9: Ergebnisse der Referenzmessung Trisphosphate (in ng/kg).

	Soll	Harn dot1	Harn dot2	Abw. dot1	Abw. dot2
Tributylphosphat	30,0	33,2	33,8	13 %	11 %
Triethylphosphat	30,0	26,8	20,9	– 30 %	– 11 %
Triphenylphosphat	30,0	30,9	27,8	– 7 %	3 %
Tris(2-butoxyethyl)-phosphat	30,0	34,0	33,6	12 %	13 %
Tris(2-chloroethyl)-phosphat	30,0	24,2	25,5	– 15 %	– 19 %

	Soll	Harn dot1	Harn dot2	Abw. dot1	Abw. dot2
Tris(2-chloropropyl)-phosphat	30,0	28,7	29,2	– 3 %	– 4 %
Tris(1,3-dichloro-2-propyl)-phosphat	30,0	33,5	33,3	11 %	12 %
Tris(2-ethylhexyl)-phosphat	30,0	15,5	16,8	– 44 %	– 48 %
Tritolylphosphat, techn.	30,0	25,2	24,4	– 19 %	– 16 %

## 2.9 Statistisches Auswertungsverfahren

Wie bereits erwähnt, erfolgten die deskriptiv-statistischen Auswertungen der Fragebögen mittels SPSS 15.0. Statistische Vergleiche wurden zunächst mittels nicht-parametrischer Verfahren (Chi-Quadrat-Test, Kruskal-Wallis-Test) durchgeführt.

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Ergebnisse der Fragebogenerhebung

##### **freiwillige ProbandInnen**

Insgesamt wurden 156 freiwillige ProbandInnen aus fünf Regionen in Österreich untersucht. Von den insgesamt 52 beteiligten Kindern waren 29 Buben und 23 Mädchen. Die Kinder waren zwischen 6 und 11 Jahren alt (Mittelwert und Standardabweichung:  $7,98 \pm 1,59$ ). Das Durchschnittsalter der Frauen lag bei 38 Jahren ( $37,6 \pm 5,2$ ), jenes ihrer Partner bei 40 Jahren ( $40,4 \pm 7,2$ ). Eine Übersicht über die Anzahl der ProbandInnen und die jeweiligen Untersuchungsorte und -tage findet sich in Tabelle 10.

Tabelle 10: Übersicht über die Ortschaften, Anzahl der ProbandInnen, Familien und die jeweiligen Untersuchungstage.

Ort	Familien	Personen	Prozent	Untersuchungstage
Linz	10	30	19,2	03.–06. März 2009
Ried	11	33	21,2	07.–13. Febr. 2009
St. Pölten	10	30	19,2	16.–20. März 2009
Tamsweg	11	33	21,2	23.–25. Febr. 2009
Wien	10	30	19,2	22.–30. März 2009
<b>Gesamt</b>	<b>52</b>	<b>156</b>	<b>100</b>	<b>Febr., März 2009</b>

Von den gewonnenen Proben konnten insgesamt nur 150 Proben (entsprechend 50 Haushalte) verwendet werden, da entweder zu wenig Probenmaterial zur Verfügung stand oder die Qualität der Proben nicht entsprach.

##### 3.1.1 Gesundheitliche Beschwerden in den letzten 3 Monaten

##### **Atemwegs- und Augenerkrankungen**

Nach Angaben der Auskunftspersonen hatten 21,2 % der ProbandInnen ( $n = 33$ ) in den letzten 3 Monaten wiederholten Husten. An nächtlichem trockenem Husten (ohne Verkühlung oder Bronchitis) litten in den letzten 3 Monaten 4,5 % ( $n = 7$ ). In den letzten drei Monaten hatten 5,1 % ( $n = 8$ ) einen Asthmaanfall. Beim Atmen kamen pfeifende oder keuchende Geräusche im Brustkorb in den letzten drei Monaten bei 10 ProbandInnen (6,4 %) vor. An geröteten oder juckenden Augen (ohne Schnupfen und ohne im Schwimmbad gewesen zu sein) litten in den letzten drei Monaten 9,6 % der TeilnehmerInnen ( $n = 15$ ). 41 % der Teilnehmenden waren in den letzten drei Monaten einmal verkühlt ( $n = 64$ ), 39 Personen waren in den letzten drei Monaten häufig verkühlt (öfter als 2-mal).

Die verschiedenen (Begleit-)Symptome respiratorischer und allergischer Erkrankungen sind in Tabelle 11 im Detail dargestellt.

Tabelle 11: Anteil der ProbandInnen mit Symptomen bezüglich oberer und unterer Atemwege und Augenbindehäute in den letzten drei Monaten (Chi-Quadrat-Test) (in %).

	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
Wiederholtes Husten	23,1	17,3	23,1	21,2	0,708
Nachts trockener Husten, obwohl keine Erkältung (Verkühlung) oder Bronchitis vorhanden	9,6	0,0	3,8	4,5	0,058
Anfall von Asthma oder keuchender Atmung	5,8	3,8	5,8	5,1	0,877
Beim Atmen pfeifende oder keuchende Geräusche aus dem Brustkorb	11,5	1,9	5,8	6,4	0,131
Gerötete oder juckende Augen, ohne gleichzeitig Schnupfen gehabt zu haben und ohne Schwimmbadbesuch	7,7	11,5	9,6	9,6	0,801
Niesanfälle oder laufende, juckende oder verstopfte Nase, obwohl keine Verkühlung oder Grippe vorhanden	11,5	11,5	13,5	12,2	0,942
Zahl von Verkühlungen in letzten 3 Monaten					
keine	32,7	44,2	25,0	34,0	
1	44,2	36,5	42,3	41,0	0,342
2	17,3	17,3	17,3	17,3	
3	3,8	0,0	9,6	4,5	
4	0,0	0,0	1,9	0,6	
> 4	1,9	1,9	3,8	2,6	

50 % der TeilnehmerInnen gaben für die letzten 4 Wochen einen sehr guten Zustand der Atmungsorgane an, keinem/er TeilnehmerIn ging es in den letzten 4 bis 8 Wochen in dieser Hinsicht sehr schlecht. Die Angabe „sehr schlecht“ wurde von 2,6 % (n = 4) in Bezug auf die letzten 12 Wochen angekreuzt (siehe Tabelle 12).

### Gesundheitszustand der ProbandInnen

Tabelle 12: Anteil der ProbandInnen mit verschiedenen (Begleit-)Symptomen respiratorischer und allergisch-respiratorischer Erkrankungen in den letzten drei Monaten (Kruskal Wallis Test) (in %).

Zustand der Atmungsorgane (Nase, Rachen, Luftröhre, Lunge)	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
in den letzten 4 Wochen					
sehr gut	48,1	53,8	48,1	50,0	0,665
eher gut	28,8	26,9	19,2	25,0	
mittel	15,4	9,6	25,0	16,7	
eher schlecht	7,7	9,6	7,7	8,3	
sehr schlecht	0,0	0,0	0,0	0,0	
in den letzten 5–8 Wochen					
sehr gut	42,3	50,0	46,2	46,2	0,402
eher gut	28,8	34,6	19,2	27,6	
mittel	21,2	9,6	26,9	19,2	
eher schlecht	7,7	5,8	7,7	7,1	
sehr schlecht	0,0	0,0	0,0	0,0	

Zustand der Atmungsorgane (Nase, Rachen, Luftröhre, Lunge)	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifi- kanz
in den letzten 9–12 Wochen					
sehr gut	50,0	48,1	57,7	51,9	0,882
eher gut	40,4	34,6	19,2	31,4	
mittel	5,8	13,5	9,6	9,6	
eher schlecht	1,9	1,9	9,6	4,5	
sehr schlecht	1,9	1,9	3,8	2,6	

**Kopfschmerzen und  
Müdigkeit: Frauen  
stärker betroffen**

Auf Basis der Befindlichkeitsskala nach ZERSSSEN & KOELLER (1975) wurden verschiedene Fragen zur subjektiven Beeinträchtigung durch körperliche und psychische Beschwerden gestellt. Die Angaben von Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindelgefühl und Sehstörungen unterschieden sich zwischen den ProbandInnen hoch bzw. höchst signifikant: Fast viermal mehr Frauen als Männer und Kinder (11 Frauen gegenüber 3 Männern und 2 Kindern) gaben starke Kopfschmerzen in den letzten 3 Monaten an. Ungefähr ebenso viele Frauen (n = 12) litten an starker Müdigkeit, während dies auf keines der Kinder und nur auf drei Männer zutraf. 17,3 % der Frauen (n = 9) berichteten über mäßiges Schwindelgefühl (gegenüber 3,8 % [n = 2] bei Männern und Kindern) (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Anteil der ProbandInnen mit Beschwerden (nach ZERSSSEN & KOELLER 1975) in den letzten drei Monaten (in %).

Beschwerden in den letzten 3 Monaten	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
Kopfschmerzen					
stark	5,8	21,2	3,8	10,3	0,001***
mäßig	19,2	26,9	13,5	19,9	
kaum	21,2	19,2	19,2	19,9	
gar nicht	53,8	32,7	63,5	50,0	
Müdigkeit					
stark	5,8	23,1	0,0	9,6	< 0,001***
mäßig	36,5	36,5	15,4	29,5	
kaum	25,0	13,5	21,2	19,9	
gar nicht	32,7	26,9	63,5	41,0	
Schwindelgefühl					
stark	0,0	1,9	0,0	0,6	< 0,001***
mäßig	3,8	17,3	3,8	8,3	
kaum	13,5	15,4	0,0	9,6	
gar nicht	82,7	65,4	96,2	81,4	
Sehstörungen					
stark	0,0	1,9	0,0	0,6	0,003**
mäßig	1,9	9,6	0,0	3,8	
kaum	11,5	9,6	0,0	7,1	
gar nicht	86,5	78,8	100,0	88,5	

Beschwerden in den letzten 3 Monaten	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
<b>Durchfall</b>					
stark	1,9	7,7	7,7	5,8	0,470
mäßig	19,2	7,7	7,7	11,5	
kaum	21,2	15,4	15,4	17,3	
gar nicht	57,7	69,2	69,2	65,4	
<b>Übelkeit</b>					
stark	0,0	5,8	3,8	3,2	0,035*
mäßig	1,9	15,4	11,5	9,6	
kaum	11,5	11,5	11,5	11,5	
gar nicht	86,5	67,3	73,1	75,6	
<b>Erbrechen</b>					
stark	0,0	1,9	3,8	1,9	0,422
mäßig	1,9	1,9	1,9	1,9	
kaum	7,7	1,9	7,7	5,8	
gar nicht	90,4	94,2	86,5	90,4	
<b>Juckreiz</b>					
stark	3,8	5,8	7,7	5,8	0,059
mäßig	5,8	17,3	15,4	12,8	
kaum	5,8	11,5	9,6	9,0	
gar nicht	84,6	65,4	67,3	72,4	

\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,05 signifikant.

\*\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,01 signifikant.

\*\*\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,001 signifikant (Kruskal-Wallis-Test).

Eine wesentliche Quelle, durch die Phthalate in das Blut gelangen, sind medizinische Maßnahmen wie Infusionen, Bluttransfusionen, Plasma-, Thrombozytenspende und Blutreinigungungsverfahren (Dialyse). Kein/e TeilnehmerIn gab an, sich in den letzten drei Tagen einem der oben genannten Verfahren unterzogen zu haben.

### 3.1.2 Akute und chronische Erkrankungen

Über die Hälfte der ProbandInnen (n = 85) erkrankte bisher nie an einer Mittelohrentzündung. Mindestens einmal erkrankten daran 71 TeilnehmerInnen (45,4 %), 28 davon (11 Kinder) sogar 7- bis 100-mal. Insgesamt 5,8 % (n = 9) litten chronisch an Lungenasthma, darunter auch 2 Kinder (ein Mädchen und ein Bub; siehe Tabelle 14).

55 Personen (35,3 %) gaben an, eine Allergie zu haben, wobei in 34 Fällen die ProbandInnen mehrfach allergisch waren. Ein Mann und eine Frau litten laut eigenen Angaben an allergischen Reaktionen auf 5 Allergengruppen.

#### **Mittelohrentzündung**

#### **Allergien**

Allergie auf Blütenstaub/Pollenallergie war die häufigsten Allergieform bei den Männern und den Frauen (25 % bzw. 23,1 %), während bei den Kindern am erster Stelle die Hausstaub-/Milbenallergie stand (5 von 52 Kindern; 9,6 %). Diese nahm bei den Männern den zweiten Platz ein (mit 19,2 %), gefolgt von der Tierhaarallergie (17,3 %) (siehe Tabelle 14). Männer waren dreimal häufiger als Frauen von einer Tierhaarallergie betroffen. Allergien auf Metalle (n = 5) und Medikamente (n = 5) waren die zweithäufigsten Allergien bei den Frauen, während die zweithäufigste Form bei den Kindern die Tierhaarallergie war. Nahrungsmittelallergien betrafen keine Kinder und Männer in der Studiengruppe sondern nur Frauen (n = 4).

Tabelle 14: Anteil der ProbandInnen mit akuten und chronischen gesundheitlichen Beeinträchtigungen bzw. Erkrankungen (in %).

	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
Anzahl Mittelohrentzündungen bisher					
nie	55,8	65,4	42,3	54,5	0,076
selten (1- bis 3-mal)	26,9	17,3	26,9	23,7	
gelegentlich (4- bis 6-mal)	1,9	0,0	9,6	3,8	
häufig (> 6-mal)	15,4	17,3	21,2	17,9	
Asthma (Lungenasthma)	3,8	9,6	3,8	5,8	0,346
Ekzeme, Neurodermitis, Schuppenflechte	7,7	15,4	9,6	10,9	0,424
Heuschnupfen	17,3	13,5	3,8	11,5	0,086
Zuckerkrankheit	0,0	3,8	0,0	1,3	0,132
Andere	13,5	1,9	3,8	6,4	0,036*
Allergien	40,4	44,2	21,2	35,3	0,031*
Allergisch auf					
Nahrungsmittel	0,0	7,7	0,0	2,6	0,016*
Tierhaare	17,3	5,8	7,7	10,3	0,115
Blütenstaub/Pollen	25,0	23,1	5,8	17,9	0,038*
Hausstaub/Milben	19,2	5,8	9,6	11,5	0,086
Federn	1,9	0,0	0,0	0,6	0,366
Metalle (z. B. Schmuck, Nickel)	5,8	9,6	1,9	5,8	0,304
Insektenstiche (Bienen/Wespen)	3,8	1,9	0,0	1,9	0,361
Medikamente	1,9	9,6	1,9	4,5	0,141

\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,05 signifikant.

### 3.1.3 Hormonsystem, Schwangerschaft und Stillen

28,8 % der Frauen (n = 15) hatten irgendwann einmal hormonelle Probleme (z. B. längerer Zeitraum, bis es mit der Schwangerschaft geklappt hat); bei einer Frau (1,9 %) war eine künstliche Befruchtung durchgeführt worden (siehe Tabelle 15). 5 Frauen (9,6 %) litten an Endometriose (Wucherung der Gebärmutter-schleimhaut), 10 von 52 (19,2 %) verwendeten orale Verhütungsmittel.

Die Neugeborenen waren termingerecht in 88,5 % der Fälle (n = 46) auf die Welt gekommen, 5 Kinder (9,6 %, 2 Buben, 3 Mädchen) vor der 37. Schwangerschaftswoche (Frühgeburt). Kein Kind wurde nach der 42. Schwangerschaftswoche geboren. Ein Kind wurde adoptiert, daher waren die Schwangerschaftsdauer sowie das Geburtsgewicht nicht bekannt.

### **Angaben zu Neugeborenen**

Das durchschnittliche Geburtsgewicht der Neugeborenen betrug 3.245 g (Min 990 g, Max 5.000 g), wobei Mädchen durchschnittlich ein wenig mehr wogen (3.295,18 g ± 470,06 g) als Buben (3.207,21 g ± 785,01 g). Über der 90. Perzentile (4.000 g; MÜLLER 2007) in der 40. SSW lagen ein Bub mit 5.000 g und ein Mädchen mit 4.300 g, unter der 10. Perzentile (3.100 g) drei termingeborene Buben und ein Mädchen.

Gestillt haben 90,4 % (n = 47) der Mütter, ein Drittel davon über 6 Monate (n = 14).

Ein einziges Mädchen hatte bereits die erste Menstruation (im Alter von 11 Jahren) bekommen.

*Tabelle 15: Angaben der Mütter zu geschlechtsspezifischen Fragen (in %).*

<b>Hormonsystem/Schwangerschaft/Stillen</b>	
Irgendwann einmal hormonelle Probleme	28,8
Verwendung oraler Verhütungsmittel	19,2
Wie regelmäßig ist im letzten Jahr ihr Zyklus?	
kein Zyklus	5,8
sehr regelmäßig	61,5
eher regelmäßig	23,1
eher unregelmäßig	5,8
sehr unregelmäßig	3,8
Endometriose	9,6
jemals künstliche Befruchtung	1,9
Dauer der Schwangerschaft in Wochen mit dem hier erfassten Kind	
< 37 Wochen (Frühgeburt)	9,6
38–42 Wochen (termingeboren)	88,5
> 42 Wochen (Spätgeburt)	–
nicht bekannt	1,9
Kind wurde gestillt (Dauer)	
< 2 Monate	8,7
2–4 Monate	13,0
5–6 Monate	47,8
> 6 Monate	30,4

Drei Männer (5,8 %) im Alter zwischen 29 und 42 Jahren gaben an, ein stärkeres Bartwachstum im letzten Jahr bemerkt zu haben, während sich beim Rest der Befragten nichts geändert hat. Bei 86,2 % (n = 25) der Buben waren zum Zeitpunkt der Geburt die Hoden im Hodensack.

### 3.1.4 Lebensstil, Ernährung, Bildung und Beruf

**Zahnfüllungen** Höchst signifikant waren (erwartungsgemäß) die Unterschiede zwischen den ProbandInnen bezüglich bestehender Zahnfüllungen: 14 Kinder hatten Kunststoffplomben, 6 Plomben aus Amalgam. Hingegen dominierten bei den Erwachsenen die Amalgamplomben (78,8 % Amalgam-, 48,1 % Kunststofffüllungen; siehe Tabelle 16).

Bei den Männern war die Anzahl der Füllungen am höchsten, sie nahm mit dem Alter zu.

**Haarfärbemittel** Ein einziger Mann (1,9 %) und kein Bub gaben an, Haarfärbemittel zu verwenden, während 41 Frauen (78,8 %) und 8 Mädchen (34,8 % der Mädchen) diese benutzten, davon 35 Frauen und 5 Mädchen in den letzten 3 Monaten.

**Körperpflegeprodukte** Zur Untersuchung der möglichen Aufnahmequellen von Phthalaten wurden auch die Gewohnheiten bezüglich des Gebrauchs von Kosmetikprodukten, Deodorants, Aftershaves und Parfums erfragt.

Männer bevorzugten Deodorants, Aftershaves und Parfums: Über die Hälfte der Probanden (55,8 %) verwendeten sie täglich. Bei den Frauen waren es fast 70 %, bei den Kindern 3,8 %, die diese Produkte täglich benutzten. An erster Stelle bei den Frauen standen Hautcremen und Bodylotions, welche von 71,2 % (n = 37) täglich verwendet wurden. Make-up wurde eher selten aufgetragen: Im gesamten Kollektiv verwendeten nur 9 Frauen täglich Make-up; ein Mann (1,9 %), 15 Frauen (28,8 %) und 4 Mädchen im Alter zwischen 7 und 10 Jahren (17,4 %) gaben an, seltener als zweimal in der Woche Make-up zu verwenden. Haar-Schaum, -Gel und -Sprays kamen bei 30 Frauen sowie 11 Männern regelmäßig (täglich oder mindestens 2-mal in der Woche) zum Einsatz. 25 Frauen (48,1 %) färbten die Nägel, jedoch seltener als 2-mal in der Woche, 26 Frauen gaben an, nie Nagellack zu verwenden. 82,6 % der Mädchen (n = 19) färbten gelegentlich die Nägel (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Angaben der ProbandInnen zum Lebensstil (in %).

	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
Amalgam-Plomben	76,9	80,8	11,8	56,8	< 0,001**
Anzahl Füllungen					
0	23,1	19,2	88,2	43,2	< 0,001**
1–5	32,7	44,2	11,8	29,7	
6–10	23,1	17,3	0,0	13,5	
11–15	19,2	19,2	0,0	12,9	
16–20	1,9	0,0	0,0	0,6	
Andere Zahnfüllungen	72,5	75,0	31,4	59,7	< 0,001**
Keramik	36,5	23,1	1,9	20,5	< 0,001**
Kunststoff	46,2	50,0	26,9	41,0	0,037*
Gold	7,7	11,5	0,0	6,4	0,05*

	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
Verwendung v. Haarfärbemitteln	1,9	78,8	15,4	32,1	< 0,001**
Wurden in den letzten 3 Monaten die Haare gefärbt?	0,0	67,3	9,6	25,6	< 0,001**
Wann das letzte Mal? (in Wochen)					
keine Färbung durchgeführt	100	34,6	92,3	75,6	< 0,001**
1- bis 3-mal	0,0	23,8	5,8	9,6	
4- bis 6-mal	0,0	25	1,9	9,0	
> 6-mal	0,0	17,3	0,0	5,8	
Verwendung von Make-up					
täglich	0,0	17,3	0,0	5,8	< 0,001**
2-mal/Woche	0,0	7,7	0,0	2,6	
seltener	1,9	28,8	7,7	12,8	
nie	98,1	46,2	92,3	78,8	
Verwendung von Parfum, Aftershave, Deodorant, ...					
täglich	55,8	69,2	3,8	42,9	< 0,001**
2-mal/Woche	11,5	17,3	1,9	10,3	
seltener	17,3	7,7	21,2	15,4	
nie	15,4	5,8	73,1	31,4	
Verwendung von Haar-Schaum, -Gel oder -Spray					
täglich	13,5	26,9	0,0	13,5	< 0,001**
2-mal/Woche	7,7	30,8	0,0	12,8	
seltener	19,2	23,1	34,6	25,6	
nie	59,6	19,2	65,4	48,1	
Verwendung von Hautcremen, Bodylotions					
täglich	30,8	71,2	19,2	40,4	< 0,001**
2-mal/Woche	13,5	17,3	25,0	18,6	
seltener	34,6	9,6	38,5	27,6	
nie	21,2	1,9	17,3	13,5	
Verwendung von Nagellack					
täglich	0,0	0,0	0,0	0,0	< 0,001**
2-mal/Woche	0,0	1,9	0,0	0,6	
seltener	0,0	48,1	36,5	28,2	
nie	100,0	50,0	63,5	71,2	

\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,05 signifikant.

\*\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,001 signifikant.

Da die Untersuchung im Winter bzw. zu Beginn des Frühjahrs (Februar bis März) durchgeführt wurde, wurden seitens der ProbandInnen keine Insektensprays, Repellents oder Gelsenstecker in den letzten 48 Stunden sowie Unkrautvernichter in den letzten 3 Monaten verwendet. In 7 Haushalten (13,5 %) wurden in den letzten 3 Monaten Mottenkugeln und -streifen verwendet, Schädlingsbekämpfungsmittel wurden im selben Zeitraum in 3 Haushalten (5,8 %) benützt.

### Schädlings- bekämpfungsmittel

### 3.1.5 Ernährungsgewohnheiten

#### **häufig verwendete Nahrungsmittel**

Milch und Milchprodukte (Butter, Käse, Joghurt) waren die am häufigsten konsumierten Produkte – 150 Personen (96,2 %) gaben an, sie täglich zu verzehren (siehe Tabelle 17). Es folgten Eier, welche täglich von fast 70 % der Kinder, 67,3 % der Frauen und 65,4 % der Männer konsumiert wurden. Täglich Fleisch aßen 62,8 % (n = 98) der Personen, wobei kein Unterschied zwischen den Gruppen bestand. Der Großteil der TeilnehmerInnen aß Süßwasser- bzw. Meeresfische. Etwa drei Viertel der ProbandInnen aßen mindestens zweimal in der Woche Blatt- sowie Wurzelgemüse (siehe Tabelle 17).

110 Personen (70,5 %) gaben an, Konserven mit einer Häufigkeit von unter 2-mal in der Woche zu konsumieren. Kaugummi wurde von 26 Personen (16,7 %) täglich verwendet.

Der Großteil der ProbandInnen (n = 85) trank zwischen 1 und 2 Liter pro Tag, 7 Personen (davon 2 Kinder) tranken kein Leitungswasser.

#### **Getränke aus PET-Flaschen**

Getränke aus PET-Flaschen wurden von 45,5 % der TeilnehmerInnen (n = 71) mindestens 2-mal wöchentlich konsumiert (siehe Tabelle 17).

*Tabelle 17: Angaben der ProbandInnen zur Ernährung (Angaben in % zur Häufigkeit des Lebensmittelkonsums).*

	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
<b>Blattgemüse</b>					
täglich	28,8	30,8	30,8	30,1	0,286
2-mal/Woche	55,8	57,7	46,2	53,2	
seltener	15,4	11,5	17,3	14,7	
nie	0,0	0,0	5,8	1,9	
<b>Wurzelgemüse</b>					
täglich	13,5	23,1	17,3	17,9	0,707
2-mal/Woche	61,5	55,8	55,8	57,7	
seltener	25,0	21,2	25,0	23,7	
nie	0,0	0,0	1,9	0,6	
<b>Milch und Milchprodukte</b>					
täglich	94,2	96,2	98,1	96,2	0,728
2-mal/Woche	1,9	1,9	1,9	1,9	
seltener	3,8	1,9	0,0	1,9	
nie	0,0	0,0	0,0	0,0	
<b>Eier</b>					
täglich	65,4	67,3	69,2	67,3	0,718
2-mal/Woche	32,7	32,7	30,8	32,1	
seltener	1,9	0,0	0,0	0,6	
nie	0,0	0,0	0,0	0,0	

	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
<b>Fleisch</b>					
täglich	71,2	57,7	59,6	62,8	0,628
2-mal/Woche	25,0	32,7	32,7	30,1	
seltener	3,8	7,7	7,7	6,4	
nie	0,0	1,9	0,0	0,6	
<b>Süßwasserfisch</b>					
täglich	0,0	0,0	0,0	0,0	0,166
2-mal/Woche	5,8	3,8	3,8	4,5	
seltener	86,5	86,5	73,1	82,1	
nie	7,7	9,6	23,1	13,5	
<b>Meeresfisch</b>					
täglich	0,0	1,9	0,0	0,6	0,640
2-mal/Woche	13,5	9,6	9,6	10,9	
seltener	76,9	78,8	73,1	76,3	
nie	9,6	9,6	17,3	12,2	
<b>Konserven</b>					
täglich	5,8	5,8	5,8	5,8	0,918
2-mal/Woche	23,1	23,1	23,1	23,1	
seltener	69,2	71,2	71,2	70,5	
nie	0,0	1,9	0,0	0,0	
<b>Kaugummi</b>					
täglich	19,2	13,5	17,3	16,7	0,081
2-mal/Woche	15,4	17,3	30,8	21,2	
seltener	40,4	53,8	46,2	46,8	
nie	25,0	15,4	5,8	15,4	
Gemüse aus eigenem Garten	50,0	50,0	50,0	50,0	1
<b>Leitungswasser/Tag</b>					
keines	7,7	1,9	3,8	4,5	< 0,001*
< 1 Liter	25,0	15,4	59,6	33,3	
1–2 Liter	57,7	69,2	36,5	54,5	
> 2 Liter	9,6	13,5	0,0	7,7	
<b>Wasser, Limonaden, Cola etc. aus PET-Flaschen</b>					
täglich	36,5	26,9	38,5	34,0	0,163
2-mal/Woche	11,5	11,5	11,5	11,5	
seltener	50,0	48,1	48,1	48,7	
nie	1,9	13,5	1,9	5,8	
In den letzten 48 Stunden Fisch/Fleisch konsumiert	98,1	92,3	94,2	94,9	0,398

\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,001 signifikant.

In den untersuchten Studiengruppen lebten durchschnittlich  $4,5 \pm 1,7$  Personen ständig im Haushalt (Minimum 3, Maximum 8 Personen).

**Rauchverhalten** Einige Ergebnisse zu verschiedenen Aspekten des Rauchverhaltens wurden in Tabelle 18 zusammengestellt. 23 Erwachsene (22,1 %) gaben an zu rauchen. Im Durchschnitt wurden fast 10 Zigaretten pro Tag geraucht (Maximum: 35 pro Tag). Die Anzahl der rauchenden Männer war mehr als doppelt so hoch wie die der Frauen (16 Männer gegenüber 7 Frauen). Dieser Unterschied war statistisch signifikant.

19 Kinder lebten mit Raucherinnen/Rauchern zusammen (36,5 %), davon 5 Kinder mit 2 rauchenden Erwachsenen. In diesen 5 Fällen werden laut Elternangaben keine Zigaretten im Wohnungsbereich geraucht.

Tabelle 18: Angaben der ProbandInnen zu den Rauchgewohnheiten (in %).

	Männer	Frauen	Gesamt	Signifikanz
Raucher/in	30,8	13,5	22,1	0,033
Anzahl der gerauchten Zigaretten				
1–10	17,6	7,8	12,7	0,133
11–20	7,8	3,9	5,9	
> 20	3,9	0,0	2,0	

In über 90 % der Haushalte (47 von 52) wurde in der Wohnung nicht geraucht, in 5 Haushalten rauchte eine Person 2 bis 10 Zigaretten pro Tag. Signifikante Unterschiede wurden hinsichtlich Rauchern/Raucherinnen im Haushalt bzw. gerauchten Zigaretten in der Wohnung nach dem Wohnort gefunden (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Angaben der ProbandInnen zu den Rauchgewohnheiten (in % nach Ort).

	Linz	Ried	St. Pölten	Tamsweg	Wien	Gesamt	Signifikanz
Anzahl RaucherInnen im Haushalt							
0	80,0	54,5	50,0	72,7	60,0	63,5	0,001**
1	20,0	36,4	20,0	18,2	40,0	26,9	
2	0,0	9,1	30,0	9,1	0,0	9,6	
Anzahl gerauchter Zigaretten in Wohnung***							
keine	90,0	81,8	90,0	90,9	100,0	90,0	0,004*
2	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	2,0	
5	10,0	0,0	10,0	9,1	0,0	6,0	
10	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	2,0	

\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,01 signifikant.

\*\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,001 signifikant. Angaben in %

\*\*\* insgesamt pro Tag alle RaucherInnen zusammen

**Bildungsniveau** Das Bildungsniveau der Erwachsenen ist zwischen Frauen und Männern nicht signifikant verschieden: 4 Personen besuchten die Hauptschule (3,8 %), 26 (je 13 Männer und Frauen) die Berufsschule (25 %), 15 (davon 6 Männer und 9 Frauen) die allgemeinbildende mittlere Schule, 14 (davon 6 Männer und 8 Frauen) die allgemeinbildende höhere Schule, 17 (davon 11 Männer und 6 Frauen) die berufsbildende höhere Schule (z. B. HTL). 28 Personen hatten eine Universitätsausbildung (26,9 %) (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Angaben der ProbandInnen zu Bildung und Risikoberufen (in %).

	Männer	Frauen	Gesamt	Signifikanz
<b>Schulbildung</b>				
Hauptschule	3,8	3,8	3,8	0,798
Berufsschule	25,0	25,0	25,0	
allgemeinbildende mittlere Schule	11,5	17,3	14,4	
allgemeinbildende höhere Schule (AHS)	11,5	15,4	13,5	
berufsbildende höhere Schule	21,2	11,5	16,3	
Hochschule/Universität	26,9	26,9	26,9	
<b>Haben Sie in Ihrem Beruf mit den angegebenen Materialien zu tun?</b>				
nicht berufstätig	3,8	15,4	9,6	0,046
mit Klebern (Tischler, Tapezierer)	5,8	3,8	4,8	0,647
mit Montageschäumen, Schäumen, Polstermöbeln etc.	5,8	0,0	2,9	0,079
mit Farben (Maler, Typograph)	5,8	0,0	2,9	0,079
PVC-Bearbeitung	1,9	0,0	1,0	0,315
Produktion von PVC enthaltenden Produkten (direkter Kontakt)	0,0	0,0	0,0	–
mit Erzeugung und Umgang mit Gummiprodukten	0,0	0,0	0,0	–
mit Kunstleder-Produktion	0,0	0,0	0,0	–
in Landwirtschaft tätig	11,5	11,5	11,5	1

Die Berufe wurden nach dem möglichen Kontakt mit Phthalaten ausgewählt: Speziell wurde erfragt, ob im Beruf Kontakt mit Klebern, Montageschäumen, Schäumen, Polstermöbeln, Farben, PVC, Gummiprodukten oder Kunstleder besteht. Da Phthalate auch in Pestiziden enthalten sein können, ist auch Arbeit in der Landwirtschaft als Risikoberuf zu betrachten.

### **berufsbedingte Kontakte mit Phthalaten**

Drei Männer (5,8 %) gaben an, jeweils mit Klebern, Schäumen und Montageschäumen bzw. Farben beruflich zu tun zu haben. In der PVC-Bearbeitung war ein Mann tätig (1,9 %), während die meisten Männer mit einem Risikoberuf (n = 6, 11,5 %) in der Landwirtschaft beschäftigt waren.

## **3.1.6 Wohnen und Freizeit**

### **3.1.6.1 Angaben der ProbandInnen**

Der am häufigsten verwendete Bodenbelag waren mit 62,2 % Holzböden (Erwachsenenschlafzimmer: 65,4 %; Kinderschlafzimmer: 55,8 %). Der zweithäufigste Bodenbelag war Melan, mit jeweils 7 Angaben (13,5 %). Teppiche und PVC-Fußböden fanden sich in je 9 Schlafräumen (8,3 %) (davon 4 der Erwachsenen und 5 der Kinder). Eine Übersicht findet sich in Tabelle 21.

### **Bodenbeläge**

Bewusstes Einkaufen von PVC-freiem Spielzeug für das Kind gaben 11 Männer (21,2 %) und 9 Frauen (17,6 %) an.

Hinsichtlich des Freizeitverhaltens ist vor allem die Zeit, die vor Fernsehern und Computern verbracht wird, von Interesse (mögliche Exposition gegenüber Emissionen aus den Geräten). Männer investierten sowohl vor dem Fernseher als auch vor dem Computer deutlich mehr Zeit pro Tag als der Rest der Familie.

### **Freizeitverhalten**

Insbesondere hinsichtlich der Nutzung des Computers unterschied sich das Verhalten der Männer innerhalb der Familie hochsignifikant. Kinder hielten sich die geringste Zeit vor diesen Geräten auf (siehe Tabelle 21).

Tabelle 21: Angaben der ProbandInnen zu Bodenbelägen in der Wohnung (in %).

	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
<b>Bodenbelag im Schlafraum</b>					
Holzparkett, Holzdielen, Schiffboden	65,4	65,4	55,8	62,2	0,979
Melan	13,5	13,5	13,5	13,5	
Teppich (Kokosfaser, etc.)	7,7	7,7	9,6	8,3	
PVC	7,7	7,7	9,6	8,3	
Kork	5,8	5,8	11,5	7,7	
Linoleum	–	–	–	–	

Tabelle 22: Angaben der ProbandInnen zum Freizeitverhalten (in %).

	Männer	Frauen	Kinder	Gesamt	Signifikanz
<b>Zeit vor dem Fernseher</b>					
< 1 Std./Tag	15,4	17,3	25,0	19,2	0,390
1–3 Std./Tag	75,0	76,9	73,1	75,0	
> 3 Std./Tag	9,6	5,8	1,9	5,8	
<b>Zeit vor dem Computer</b>					
< 1 Std./Tag	15,4	40,4	76,9	44,2	< 0,001*
1–3 Std./Tag	26,9	38,5	23,1	29,5	
> 3 Std./Tag	57,7	21,2	0,0	26,3	
<b>Stunden pro Tag bei schönem Wetter im Sommer im Freien</b>					
< 1 Std./Tag	1,9	0,0	0,0	0,6	0,011
1–3 Std./Tag	51,9	29,4	23,1	34,8	
> 3 Std./Tag	46,2	70,6	76,9	64,5	
<b>Stunden pro Tag bei schönem Wetter im Winter im Freien</b>					
< 1 Std./Tag	15,4	17,6	7,7	13,5	0,101
1–3 Std./Tag	69,2	78,4	86,5	78,1	
> 3 Std./Tag	15,4	3,9	5,8	8,4	

\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,05 signifikant.

### 3.1.6.2 Angaben der ProbandInnen (nach Untersuchungsort)

#### **Wohnfläche und Anzahl der Personen**

Der Anteil jener TeilnehmerInnen, die in großen Wohnungen bzw. Häusern ( $\geq 100 \text{ m}^2$ ) lebten, war in Ried und St. Pölten am größten (90 %) und in Linz am geringsten (50 %). Im Haushalt wohnten durchschnittlich ständig 4,5 Personen, wobei die größten Familien in Ried zu finden waren (MW: 5,3) (siehe Tabelle 23).

#### **Heizung und Energiebedarf**

Bei der Heizform dominierten Zentralheizungen ( $n = 153$ , 98,1 %). Bezüglich der Energieform wurde Fernwärme im Großteil (60 %) der Wohnungen in Linz eingesetzt, während in den befragten Wiener Haushalten meistens Gas ver-

wendet wurde (70 %). In St. Pölten waren die Wohnungen zu 40 % mit Gas und zu 30 % mit Fernwärme geheizt. Holz war die meist eingesetzte Energieform in Ried und Tamsweg (72,7 % bzw. 81,8 %), mit jeweils 8 von 11 Haushalten. Als einzige Energieart wurde Holz allerdings nur in 7 Haushalten verwendet (1 in Linz, 1 in Tamsweg und 5 in Ried), in allen anderen Fällen wurde Holz mit Heizöl (n = 6), Gas (n = 3) oder Fernwärme (n = 3) kombiniert. Einen Elektroherd zum Kochen hatten 96,2 % der Haushalte (n = 50), mit Gas wurde in 4 Haushalten (7,7 %) gekocht, während 2 Haushalte sowohl Elektro- wie Gasherd hatten. Ein Holzherd war in 9 Haushalten zu finden, wobei diese traditionelle Alternative sich in Ried (3 Haushalte) und in über der Hälfte der Haushalte in Tamsweg (n = 6) fand. Die Haushalte unterschieden sich hinsichtlich der Heiz- und Energieform sowie in der Art der Herde zum Kochen hoch signifikant (siehe Tabelle 23).

Die Luftqualität wurde in den ländlichen Wohngebieten Ried und Tamsweg zu 100 % (je n = 11) als sehr bzw. eher zufriedenstellend beurteilt. Jeweils 20 % (n = 2) der Befragten aus Wien, St. Pölten und Linz beurteilten die Luft als eher nicht zufriedenstellend. Als „gar nicht zufriedenstellend“ wurde die Luftqualität von keinem Haushalt bewertet. Die Gebiete unterschieden sich hinsichtlich der Einschätzung der Luftqualität signifikant. Das Verkehrsaufkommen in der näheren Umgebung wurde von 3 Haushalten in Linz und 4 in Wien als stark beurteilt (Wohnsituation an stark befahrenen Straßen). Hinsichtlich der Wohnsituation in St. Pölten, Ried und Tamsweg wurde der Verkehr großteils als mäßig beurteilt.

### Luftqualität im Wohnumfeld

Tabelle 23: Angaben der ProbandInnen zu Wohnung (in % nach Ort).

	Linz	Ried	St. Pölten	Tamsweg	Wien	Gesamt	Signifikanz
<b>Errichtungsjahr Wohn-/Einfamilienhaus</b>							
vor 1960	30,0	36,4	10,0	20,0	30,0	25,5	0,832
1960–1979	50,0	9,1	30,0	30,0	30,0	29,4	
1980–1999	10,0	36,4	40,0	30,0	20,0	27,5	
nach 2000	10,0	18,2	20,0	20,0	20,0	17,6	
<b>ungefähre Wohnfläche</b>							
< 70 m <sup>2</sup>	10,0	0,0	0,0	0,0	10,0	3,8	0,268
70–79 m <sup>2</sup>	0,0	0,0	10,0	9,1	0,0	3,8	
80–99 m <sup>2</sup>	40,0	9,1	,0	9,1	30,0	17,3	
≥ 100 m <sup>2</sup>	50,0	90,9	90,0	81,8	60,0	75,0	
<b>Anzahl der Personen ständig im Haushalt</b>							
MW	3,9	5,3	4,1	4,9	4,5	4,5	
Min	3	4	3	4	3	3	
Max	5	7	6	8	6	8	

	Linz	Ried	St. Pölten	Tamsweg	Wien	Gesamt	Signifikanz
<b>Überwiegende Heizungsart der Wohnung</b>							
Zentralheizung	90,0	100,0	100,0	100,0	100,0	98,1	0,012*
Einzelofenheizung	10,0	9,1	30,0	36,4	0,0	17,3	< 0,001**
Sonstiges (z. B. Kachelofen)	0,0	9,1	0,0	0,0	0,0	1,9	0,022*
<b>Brennstoff bzw. Energieart zum Heizen der Wohnung</b>							
Elektrizität	10,0	0,0	10,0	0,0	0,0	3,8	0,041*
Fernwärme	60,0	0,0	30,0	45,5	30,0	32,7	< 0,001**
Gas	20,0	36,4	40,0	0,0	70,0	32,7	< 0,001**
Heizöl	0,0	18,2	10,0	36,4	0,0	13,5	< 0,001**
Holz, Pellets	10,0	72,7	20,0	81,8	10,0	40,4	< 0,001**
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Sonstiges: Warmwasserkollektor	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,012*
Pflanzenöl	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	1,9	0,012*
<b>Herd zum Kochen</b>							
Elektroherd	100,0	100,0	100,0	100,0	80,0	96,2	< 0,001**
Gasherd	0,0	9,1	10,0	0,0	20,0	7,7	0,018*
Holzherd	0,0	27,3	0,0	54,5	0,0	17,3	< 0,001**
<b>Art des Bodenbelages im Schlafraum</b>							
Holzparkett, Holzdielen, Schiffboden	70,0	36,3	56,7	72,7	76,7	62,2	< 0,001**
Melan	0,0	30,3	23,3	9,1	3,3	13,5	
Teppich	10,0	6,1	13,3	3,0	10,0	8,3	
PVC	20,0	9,1	3,3	0,0	10,0	8,3	
Linoleum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Sonstiges: Kork	0,0	18,2	3,3	15,2	0,0	7,7	

\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,05 signifikant.

\*\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,01 signifikant.

Tabelle 24: Angaben der ProbandInnen zu Freizeitverhalten (in % nach Ort).

	Linz	Ried	St. Pölten	Tamsweg	Wien	Gesamt	Signifikanz
<b>Zeit vor dem Fernseher</b>							
< 1 Std./Tag	30,0	12,1	13,3	12,1	30,0	19,2	0,363
1–3 Std./Tag	63,3	78,8	80,0	84,8	66,7	75,0	
> 3 Std./Tag	6,7	9,1	6,7	3,0	3,3	5,8	
<b>Zeit vor dem Computer</b>							
< 1 Std./Tag	50,0	54,5	40,0	33,3	43,3	44,2	0,209
1–3 Std./Tag	13,3	27,3	26,7	45,5	33,3	29,5	
> 3 Std./Tag	36,7	18,2	33,3	21,2	23,3	26,3	

	Linz	Ried	St. Pölten	Tamsweg	Wien	Gesamt	Signifikanz
Anzahl PC-Monitore und Fernseher im Haushalt							
≤ 1	20,0	0,0	10,0	0,0	10,0	7,8	0,774
2–3	40,0	50,0	50,0	63,6	40,0	49,0	
> 3	40,0	50,0	40,0	36,4	50,0	43,1	
bewusstes Einkaufen von PVC-freiem Spielzeug für Kind	30,0	13,6	15,8	18,2	20,0	19,4	0,72
Kontakt mit Tieren in Wohnung							
nie	70,0	45,5	20,0	81,8	60,0	55,8	0,061
ja, manchmal	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	
ja, oft	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ja, ständig	20,0	54,5	80,0	18,2	40,0	42,3	
Kontakt mit Tieren außerhalb der Wohnung							
nie	60,0	9,1	10,0	9,1	40,0	25,0	0,045*
ja, manchmal	30,0	45,5	20,0	45,5	50,0	38,5	
ja, oft	0,0	9,1	40,0	27,3	10,0	17,3	
ja, ständig	10,0	36,4	30,0	18,2	0,0	19,2	
Stunden pro Tag bei schönem Wetter im Sommer im Freien							
< 1 Std./Tag	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,6	< 0,001***
1–3 Std./Tag	62,1	18,2	30,0	15,2	53,3	34,8	
> 3 Std./Tag	37,9	81,8	66,7	84,8	46,7	64,5	
Stunden pro Tag bei schönem Wetter im Winter im Freien							
< 1 Std./Tag	20,7	15,2	13,3	6,1	13,3	13,5	0,008**
1–3 Std./Tag	79,3	60,6	86,7	81,8	83,3	78,1	
> 3 Std./Tag	0,0	24,2	0,0	12,1	3,3	8,4	

\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,05 signifikant.

\*\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,01 signifikant.

\*\*\* Die ProbandInnen unterschieden auf dem Niveau von 0,001 signifikant.

Tabelle 25: Angaben der ProbandInnen zu Wohnsituation und Luftqualität (in % nach Ort).

	Linz	Ried	St. Pölten	Tamsweg	Wien	Gesamt	Signifikanz
Wohnsituation							
dicht verbaut, stark befahrene Straße	20,0	0,0	0,0	0,0	30,0	9,6	< 0,001**
dicht verbaut, mäßig befahrene Straße	30,0	0,0	20,0	0,0	50,0	19,2	
locker verbaut, stark befahrene Straße	10,0	9,1	0,0	0,0	10,0	5,8	
locker verbaut, mäßig befahrene Straße	30,0	9,1	60,0	45,5	10,0	30,8	
ländlich, stark befahrene Straße	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
ländlich, mäßig befahrene Straße	10,0	81,8	20,0	54,5	0,0	34,6	

	Linz	Ried	St. Pölten	Tamsweg	Wien	Gesamt	Signifikanz
Luftqualität im Wohngebiet							
sehr zufrieden	20,0	72,7	20,0	72,7	20,0	42,3	0,047*
eher zufrieden	60,0	27,3	60,0	27,3	60,0	46,2	
eher nicht zufrieden	20,0	0,0	20,0	0,0	20,0	11,5	
gar nicht zufrieden	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,05 signifikant.

\*\* Die ProbandInnen unterschieden sich auf dem Niveau von 0,01 signifikant.

### 3.2 Analytische Ergebnisse

Aus den Einzelergebnissen wurden statistische Kenndaten errechnet und diese deskriptive Statistik wurde in Tabellen zusammengefasst. In Tabelle 27 bis Tabelle 37 werden die statistischen Kenndaten für das gesamte untersuchte Kollektiv sowie für etwaige Untergruppen (z. B. Harn/Kinder) dargestellt. Bei den Harnproben werden die Ergebnisse in  $\mu\text{g/l}$  Harnprobe sowie in  $\text{mg/g}$  Kreatinin einander gegenübergestellt. In einigen Fällen konnten aufgrund zu geringer Probenmenge nicht alle Parameter analysiert werden. Dadurch weicht die Anzahl der Proben von der Zahl der gewonnenen Proben mitunter ab.

Die Berechnung des Mittelwertes (MW), 50. Perzentils (Median) und 95. Perzentils erfolgte nur bei jenen Parametern, bei denen mehr als 50 % positive Messwerte zur Verfügung standen. Die Tabellen enthalten die folgenden Angaben:

- NG: entspricht der Nachweisgrenze, bezogen auf die Messlösung ( $\mu\text{g/l}$ )<sup>10</sup>
- BG: entspricht der Bestimmungsgrenze, bezogen auf die Messlösung ( $\mu\text{g/l}$ )<sup>1</sup>
- Anzahl Proben: entspricht der Gesamtzahl der Proben dieser Auswahl
- Anz. > BG: entspricht der Anzahl der Ergebnisse, die höher als der Wert der Bestimmungsgrenze waren
- Min: entspricht dem Minimum dieses Kollektivs
- Max: entspricht dem Maximum dieses Kollektivs
- MW: entspricht dem (arithmetischen) Mittelwert dieses Kollektivs
- 50. Perz.: entspricht der Mitte der Zahlenreihe dieses Kollektivs
- 95. Perz.: entspricht dem 95. Perzentil

Wo sinnvoll und umsetzbar wurden für Untergruppen der Kollektive spezifische Kenndaten errechnet und die Ergebnisse interpretiert.

<sup>10</sup> Die NG und BG werden nur in Bezug zu den Harnproben und nicht in Bezug zu Kreatinin angegeben.

Tabelle 26: Definition der einzelnen Kollektive.

<b>Parameter</b>	<b>Medium</b>	<b>Kollektiv</b>
Phthalat-Metaboliten	Harn	100 Frauen und Kinder
Phthalat-Metaboliten	Harn	50 Frauen
Phthalat-Metaboliten	Harn	50 Kinder
PBDE	Plasma	100 Frauen und Männer
Trisphosphate	Harn	100 Frauen und Kinder
NP, OP, BPA	Harn	25 Frauen und Kinder, Auswahl einer Untergruppe
Methylquecksilber	Haare	100 Frauen und Kinder

Die Ergebnisse werden in den folgenden Tabellen in einem Block dargestellt und im nächsten Kapitel stoffweise beleuchtet.

### 3.2.1 Phthalat-Metaboliten

Tabelle 27: Phthalat-Metaboliten im Harn, gesamtes Kollektiv (in µg/l). Sekundäre Metaboliten sind kursiv angeführt.

Phthalat-Metabolit	NG	BG	Anz.	Anz. > BG	Min	Max	MW	50. Perz.	95. Perz.
Mono-ethylphthalat (MEP)	0,5	1,0	92	92	4,1	480	59	33	214
Mono-benzylphthalat (MBzP)	0,4	0,8	92	78	n.n.	29	2,7	2,1	6,2
Mono-cyclohexylphthalat (MCHP)	0,3	0,6	92	1	n.n.	0,61	–	–	–
Mono-iso-butylphthalat (MiBP)	0,5	1,0	92	85	n.n.	120	13	9,7	25
Mono-n-butylphthalat (MnBP)	0,5	0,8	92	92	1,5	32	9,6	8,5	22
<i>3-carboxy-monopropylphthalat (3cx-MPP)</i>	0,5	1,0	92	90	< BG	230	9,0	5,1	16
Mono-n-pentylphthalat (MnPeP)	0,5	1,0	92	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono(2-ethylhexyl)phthalat (MEHP)	0,2	0,81	99	64	n.n.	30	1,9	1,2	5,2
<i>5OH-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5OH-MEHP)</i>	0,06	0,24	100	99	< BG	140	6,2	3,7	14
<i>5carboxy-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5cx-MEPP)</i>	0,35	1,3	100	100	4,0	810	43	25	121
<i>5oxo-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5oxo-MEHP)</i>	0,25	0,5	92	89	< BG	67	3,6	2,2	8,7
Mono-n-octylphthalat (MnOP)	0,3	0,6	92	0	n.n.	< BG	–	–	–
Mono-isononylphthalat (MiNP)	0,4	0,8	92	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono-isodecylphthalat (MiDP)	0,5	1,0	92	0	n.n.	n.n.	–	–	–

Tabelle 28: Phthalat-Metaboliten im Harn, gesamtes Kollektiv (in µg/g Kreatinin). Sekundäre Metaboliten sind kursiv angeführt.

Phthalat-Metabolit	Anz.	Anz. > BG	Min	Max	MW	50. Perz.	95. Perz.
Mono-ethylphthalat (MEP)	92	92	3,6	437	53	27	195
Mono-benzylphthalat (MBzP)	92	78	n.n.	23	2,4	1,6	6,7
Mono-cyclohexylphthalat (MCHP)	92	1	n.n.	0,49	–	–	–
Mono-iso-butylphthalat (MiBP)	92	85	n.n.	87	11	9,1	28
Mono-n-butylphthalat (MnBP)	92	92	1,1	42	8,6	6,6	24
<i>3-carboxy-monopropylphthalat (3cx-MPP)</i>	92	90	< BG	251	8,2	4,0	15
Mono-n-pentylphthalat (MnPeP)	92	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono(2-ethylhexyl)phthalat (MEHP)	99	64	n.n.	39	1,8	0,89	6,1
<i>5OH-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5OH-MEHP)</i>	100	99	< BG	183	6,0	3,4	11
<i>5carboxy-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5cx-MEPP)</i>	100	100	3,1	1.057	40	19	89
<i>5oxo-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5oxo-MEHP)</i>	92	89	< BG	87	3,5	1,9	6,4
Mono-n-octylphthalat (MnOP)	92	0	n.n.	< BG	–	–	–
Mono-isononylphthalat (MiNP)	92	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono-isodecylphthalat (MiDP)	92	0	n.n.	n.n.	–	–	–

Tabelle 29: Phthalat-Metaboliten im Harn, Frauen (in µg/l). Sekundäre Metaboliten sind kursiv angeführt.

Phthalat-Metabolit	NG	BG	Anz. Proben	Anz. > BG	Min	Max	MW	50. Perz.	95. Perz.
Mono-ethylphthalat (MEP)	0,5	1,0	48	48	4,8	480	74	38	280
Mono-benzylphthalat (MBzP)	0,4	0,8	48	37	n.n.	5,7	1,8	1,6	4,2
Mono-cyclohexylphthalat (MCHP)	0,3	0,6	48	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono-iso-butylphthalat (MiBP)	0,5	1,0	48	43	n.n.	27	9,1	8,5	22
Mono-n-butylphthalat (MnBP)	0,5	0,8	48	48	1,5	30	8,5	7	21
<i>3-carboxy-monopropylphthalat (3cx-MPP)</i>	0,5	1,0	48	46	< BG	26	4,9	3	13
Mono-n-pentylphthalat (MnPeP)	0,5	1,0	48	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono(2-ethylhexyl)phthalat (MEHP)	0,2	0,81	50	32	n.n.	30	2, 2	1,2	5,4
<i>5OH-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5OH-MEHP)</i>	0,06	0,24	50	49	< BG	140	6, 4	3	18
<i>5carboxy-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5cx-MEPP)</i>	0,35	1,3	50	50	4,0	810	44	14	147
<i>5oxo-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5oxo-MEHP)</i>	0,25	0,5	48	45	< BG	67	3,8	1,6	12
Mono-n-octylphthalat (MnOP)	0,3	0,6	48	0	n.n.	< BG	–	–	–
Mono-isononylphthalat (MiNP)	0,4	0,8	48	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono-isodecylphthalat (MiDP)	0,5	1,0	48	0	n.n.	n.n.	–	–	–

Tabelle 30: Phthalat-Metaboliten im Harn, Frauen (in µg/g Kreatinin). Sekundäre Metaboliten sind kursiv angeführt.

Phthalat-Metabolit	Anz. Proben	Anz. > BG	Min	Max	MW	50. Perz.	95. Perz.
Mono-ethylphthalat (MEP)	48	48	3,9	437	60	35	165
Mono-benzylphthalat (MBzP)	48	37	n.n.	6,2	1,6	1,3	3,6
Mono-cyclohexylphthalat (MCHP)	48	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono-iso-butylphthalat (MiBP)	48	43	n.n.	20	7,8	8	15
Mono-n-butylphthalat (MnBP)	48	48	1,1	30	7,3	5,6	18
<i>3-carboxy-monopropylphthalat (3cx-MPP)</i>	48	46	< BG	15	4	2,8	11
Mono-n-pentylphthalat (MnPeP)	48	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono(2-ethylhexyl)phthalat (MEHP)	50	32	n.n.	39	2,1	0,80	5,3
<i>5OH-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5OH-MEHP)</i>	50	49	< BG	183	6,9	2,3	10
<i>5carboxy-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5cx-MEPP)</i>	50	50	3,1	1.057	42	12	95
<i>5oxo-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5oxo-MEHP)</i>	48	45	< BG	87	3,8	1,5	6,1
Mono-n-octylphthalat (MnOP)	48	0	n.n.	< BG	–	–	–
Mono-isononylphthalat (MiNP)	48	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono-isodecylphthalat (MiDP)	48	0	n.n.	n.n.	–	–	–

Tabelle 31: Phthalat-Metaboliten im Harn, Kinder (in µg/l). Sekundäre Metaboliten sind kursiv angeführt

Phthalat-Metabolit	NG	BG	Anz. Proben	Anz. > BG	Min	Max	MW	50. Perz.	95. Perz.
Mono-ethylphthalat (MEP)	0,5	1,0	44	44	4,1	190	43	29	140
Mono-benzylphthalat (MBzP)	0,4	0,8	44	41	n.n.	29	3,7	2,6	8,6
Mono-cyclohexylphthalat (MCHP)	0,3	0,6	44	1	n.n.	< BG	–	–	–
Mono-iso-butylphthalat (MiBP)	0,5	1,0	44	42	n.n.	120	17	12	33
Mono-n-butylphthalat (MnBP)	0,5	0,8	44	44	1,5	32	11	9,1	22
<i>3-carboxy-monopropylphthalat (3cx-MPP)</i>	0,5	1,0	44	44	1,6	230	14	7,0	20
Mono-n-pentylphthalat (MnPeP)	0,5	1,0	44	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono(2-ethylhexyl)phthalat (MEHP)	0,2	0,81	49	32	n.n.	9,6	1,6	1,1	4,6
<i>5OH-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5OH-MEHP)</i>	0,06	0,24	50	50	1,1	25	5,5	4,6	8,9
<i>5carboxy-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5cx-MEPP)</i>	0,35	1,3	50	50	9,0	120	41	33	105
<i>5oxo-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5oxo-MEHP)</i>	0,25	0,5	44	44	0,80	11	3,4	2,9	6,6
Mono-n-octylphthalat (MnOP)	0,3	0,6	44	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono-isononylphthalat (MiNP)	0,4	0,8	44	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono-isodecylphthalat (MiDP)	0,5	1,0	44	0	n.n.	n.n.	–	–	–

Tabelle 32: Phthalat-Metaboliten im Harn, Kinder (in µg/g Kreatinin). Sekundäre Metaboliten sind kursiv angeführt.

Phthalat-Metabolit	Anz. Proben	Anz. > BG	Min	Max	MW	50. Perz.	95. Perz.
Mono-ethylphthalat (MEP)	44	44	3,6	340	45	25	212
Mono-benzylphthalat (MBzP)	44	41	n.n.	23	3,3	2,0	9,3
Mono-cyclohexylphthalat (MCHP)	44	1	n.n.	< BG	–	–	–
Mono-iso-butylphthalat (MiBP)	44	42	n.n.	87	15	10	36
Mono-n-butylphthalat (MnBP)	44	44	1,1	42	10	7,9	25
<i>3-carboxy-monopropylphthalat (3cx-MPP)</i>	44	44	1,8	251	13	5,9	20
Mono-n-pentylphthalat (MnPeP)	44	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono(2-ethylhexyl)phthalat (MEHP)	49	44	n.n.	11,1	1,7	0,90	7,9
<i>5OH-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5OH-MEHP)</i>	50	50	0,7	27	5,1	4,4	10
<i>5carboxy-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5cx-MEPP)</i>	50	50	6,9	120	37	28	83
<i>5oxo-Mono(2-ethylhexyl)phthalat (5oxo-MEHP)</i>	44	32	0,2	12	3,2	2,9	6,2
Mono-n-octylphthalat (MnOP)	44	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono-isononylphthalat (MiNP)	44	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Mono-isodecylphthalat (MiDP)	44	0	n.n.	n.n.	–	–	–

Tabelle 33: Phthalat-Metaboliten im Harn, Frauen und Kinder (in µg/l). Regionale Aufstellung der Medianwerte.

Region	MEHP	OH-MEHP	5cx-MEHO	oxo-MEHP	MEP	MiBP	MnBP
<b>Frauen</b>							
Wien	1,15	3,35	15,5	1,5	38	9,4	11
St. Pölten	0,85	2,05	9,5	1,3	35	5,25	6,45
Linz	<b>3,1</b>	3,4	15,5	<b>2,4</b>	<b>66</b>	<b>10</b>	<b>8,8</b>
Tamsweg	1,1	<b>4,7</b>	<b>26</b>	2,25	32	8,2	4,65
Ried	0,4	1,65	10,5	1,03	15,5	9	4,6
<b>Kinder</b>							
Wien	1,5	4,4	30,5	2,1	18	11	<b>13</b>
St. Pölten	1,2	4,35	33	2,65	28	<b>15</b>	12
Linz	<b>3,1</b>	<b>5,55</b>	24	3,5	34	12	11
Tamsweg	0,4	5,0	<b>49</b>	<b>3,9</b>	27	10	6
Ried	0,4	4,5	36,5	3,6	<b>36</b>	8,5	6,6

### 3.2.2 PBDE

Tabelle 34: PBDE im Plasma, gesamtes Kollektiv (in ng/l).

PBDE	Anzahl Proben	Anz. > BG	Min	Max	MW	50. Perz.	95. Perz.
#28	99	4	n.n.	36	–	–	–
#47	99	0	n.n.	18	–	–	–
#49	99	2	n.n.	11	–	–	–
#66	99	4	n.n.	46	–	–	–
#77	97	5	n.n.	12	–	–	–
#85	99	3	n.n.	36	–	–	–
#99	99	5	n.n.	16	–	–	–
#100	99	3	n.n.	12	–	–	–
#118	99	1	n.n.	32	–	–	–
#126	99	2	n.n.	6,0	–	–	–
#139	99	3	n.n.	7,1	–	–	–
#153	99	80	n.n.	36	8,0	5,5	9,1
#154	99	2	n.n.	8,8	–	–	–
#181	99	0	n.n.	n.n.	–	–	–
#183	98	1	n.n.	16	–	–	–
#196	86	4	n.n.	9,3	–	–	–
#197	86	45	n.n.	27	6,0	5,8	8,3
#203	86	5	n.n.	9,0	–	–	–

### 3.2.3 Trisphosphate

Tabelle 35: Trisphosphate im Harn, gesamtes Kollektiv (in µg/l).

Trisphosphate	NG	BG	Anzahl Proben	Anz. > BG	Min	Max	MW	50. Perz.	95. Perz.
Tributylphosphat (TBP)	0,30	1,1	99	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Triphenylphosphat (TPP)	0,52	0,11	100	0	n.n.	< BG	–	–	–
Tris(2-butoxyethyl)phosphat (TBoEP)	0,31	1,1	97	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	12	24	98	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Tris(2-chlorpropyl)phosphat (TCPP)	5,0	9,9	88	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Tris(1,3-dichlor-2-propyl)phosphat (TDCPP)	0,27	1,0	93	2	n.n.	2,5	–	–	–
Tris(2-ethylhexyl)phosphat (TEHP)	1,8	6,7	100	0	n.n.	n.n.	–	–	–
Trikresylphosphat (TKP)	0,27	0,53	100	1	n.n.	0,63	–	–	–
Tetrabrombisphenol A (TBrBPA)	0,53	2,1	93	0	n.n.	n.n.	–	–	–

Triethylphosphat wurde zwar mitbestimmt, konnte aber in keiner der Proben ausgewertet werden.

### 3.2.4 Nonylphenol, Octylphenol, Bisphenol A

Tabelle 36: NP, OP, BPA im Harn, gesamtes Kollektiv (in µg/l).

NP, OP, BPA	NG	BG	Anzahl Proben	Anz. > BG	Min	Max	MW	50. Perz.	95. Perz.
Octylphenol (OP)	0,09	0,19	25	2	n.n.	0,30	–	–	–
Nonylphenol (NP)	2,4	4,9	25	1	n.n.	5,8	–	–	–
Bisphenol A (BPA)	0,30	0,60	25	4	n.n.	11	–	–	–

Tabelle 37: NP, OP, BPA im Harn, gesamtes Kollektiv (in µg/g Kreatinin).

NP, OP, BPA	Anzahl Proben	Anz. > BG	Min	Max	MW	50. Perz.	95. Perz.
Octylphenol (OP)	25	2	n.n.	0,21	–	–	–
Nonylphenol (NP)	25	1	n.n.	3,3	–	–	–
Bisphenol A (BPA)	25	4	n.n.	4,9	0,36	0,15	0,69

### 3.2.5 Methylquecksilber

Tabelle 38: Methylquecksilber in Haarproben (als Hg), gesamtes Kollektiv (in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Hg).

	<b>NG</b>	<b>BG</b>	<b>Anzahl Proben</b>	<b>Anz. &gt; BG</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>MW</b>	<b>50. Perz.</b>	<b>95. Perz.</b>
Methylquecksilber (Me-Hg)	4–63	15–250	104	51	n.n.	341	46	17	196

Tabelle 39: Methylquecksilber in Haarproben (als Hg), Frauen (in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Hg).

	<b>NG</b>	<b>BG</b>	<b>Anzahl Proben</b>	<b>Anz. &gt; BG</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>MW</b>	<b>50. Perz.</b>	<b>95. Perz.</b>
Methylquecksilber (Me-Hg)	4–28	17–114	50	38	n.n.	341	78	64	221

Tabelle 40: Methylquecksilber in Haarproben (als Hg), Kinder (in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Hg).

	<b>NG</b>	<b>BG</b>	<b>Anzahl Proben</b>	<b>Anz. &gt; BG</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>MW</b>	<b>50. Perz.</b>	<b>95. Perz.</b>
Methylquecksilber (Me-Hg)	3,9–63	15–250	50	13	n.n.	160	17	6	65

### 3.3 Interpretation der Messergebnisse

Im Folgenden werden die Messergebnisse interpretiert und mit international publizierten Studien sowie mit eigenen, unveröffentlichten Ergebnissen verglichen.

#### 3.3.1 Phthalate bzw. deren Metaboliten

Es wurden primäre Metaboliten von insgesamt 10 Phthalaten untersucht. Von zwei Substanzen wurden insgesamt auch vier sekundäre Metaboliten analysiert. Die Ergebnisse sind in Gruppen aufgeteilt:

- Gesamtkollektiv (Frauen und Kinder)
- Frauen
- Kinder

Die wichtigsten Ergebnisse:

- Die meisten Metaboliten (9 von 14) wurden in Konzentrationen über der BG gemessen; diese Metaboliten wurden häufig (= in den meisten Proben) bestimmt.
- Fünf Metaboliten (MCHP, MnPeP, MnOP, MiNP, MiDP) konnten in keiner Probe über der BG gemessen werden.
- Die sekundären Metaboliten (wo vorhanden) wurden in höheren Konzentrationen bestimmt, als die Monoester.
- Im Literaturvergleich wurden ähnliche oder niedrigere Konzentrationen ermittelt. Eine weitere Human-Biomonitoring-Studie des Umweltbundesamt (nicht veröffentlicht) zeigt ähnliche Konzentrationen.
- Die gemessenen Werte liegen deutlich unter den HBM I-Werten der deutschen Kommission für Human-Biomonitoring. Der niedrigste der HBM I-Werte wurde für die Summe aus 5-oxo- und 5-OH-MEHP mit 300 µg/l für Frauen festgelegt. Der höchste Summenwert in dieser Studie beträgt 210 µg/l (1 Probandin).
- Es besteht zwischen den Studien ein hoher Streubereich bei den einzelnen Parametern, selbst bei vergleichbaren Kollektiven.
- Kinder sind auch in dieser Studie höher belastet als Erwachsene. Dies wird als Hinweis auf die Nahrung als Hauptquelle beschrieben.
- Monoester von DiNP und DiDP, welche schon seit Jahren als Ersatz für DEHP eingesetzt werden, konnten nicht nachgewiesen werden. Dies unterstreicht die Bedeutung der sekundären Metaboliten, die in der Regel in höheren Konzentrationen und mit größerer Halbwertszeit vorliegen. Dennoch ist der Trend der Substitution von DEHP durch DiNP und DiDP durch interne Produktanalysen nicht nachvollziehbar.

#### *Messergebnisse*

#### **Gesamtkollektiv**

Das Kollektiv umfasste 100 ProbandInnen (50 Frauen und 50 Kinder). Aufgrund notwendiger Wiederholungsmessungen und der dadurch bedingten Materialknappheit konnten in acht Proben nicht alle Metaboliten bestimmt werden. Zwei Metaboliten (5OH-MEHP und 5cx-MEHP) wurden in allen 100 Proben analysiert, ein Metabolit (MEHP) wurde in 99 Proben bestimmt. Somit konnten alle Metaboliten in 92 Proben gemessen werden.

**MEP und MnBP in allen Proben gefunden**

MEP und MnBP wurden als primäre Metaboliten in allen Proben über der BG gemessen. MEHP wurde in rund 65 % der Proben über der BG gefunden. Deren sekundäre (oxidative) Metaboliten 5OH-MEHP und 5cx-MEHP waren in 99 % bzw. 100 % der gemessenen Proben positiv, 5oxo-MEHP in 97 %.

Die höchste Mediankonzentration war bei MEP (33 µg/l) zu beobachten. Des Weiteren wiesen MiBP und MnBP 9,7 µg/l bzw. 8,5 µg/l auf. Der Median dessen sekundären Metaboliten 3cx-MPP betrug 5,1 µg/l.

**Metaboliten von DEHP**

Die Metaboliten von DEHP zeigten, dass der primäre Metabolit mit 1,2 µg/l einen geringeren Medianwert im Vergleich zu den sekundären Metaboliten aufwies. 5-cx-MEPP wurde mit 25 µg/l im Median bestimmt. Außerdem waren die sekundären Metaboliten in allen oder fast allen Proben über der BG messbar, der Monoester MEHP nur in 64 von 99 Proben. DEHP wird sehr rasch zum Monoester MEHP metabolisiert, welcher oxidativ weiter zerlegt wird. Die oxidativen Metaboliten haben eine weitaus höhere Halbwertszeit und sind in vielfachen Konzentrationen der MEHP-Konzentration in Harnproben anzutreffen. MEHP wies ein Dosis-Inkrement < 10 % auf, die oxidativen Metaboliten zwischen 15 % und 25 % (ANGERER et al. 2005, KOCH et al. 2003).

**Vergleich mit internationalen Studien**

Der Medianwert der CDC aus der NHANES-Studie 1999–2000 (SILVA et al. 2004) betrug für das gesamte Kollektiv (Männer und Frauen) 3,2 µg/l. In der vorliegenden Studie (Frauen und Kinder) wurden 1,2 µg/l ermittelt. Auch weitere Monoester lagen im Vergleich niedriger (siehe Tabelle 41). Die Studie von KOCH et al. (2003) wurde an 85 Personen (7–64 Jahre) durchgeführt, die beruflich nicht exponiert waren. Der Autor beschreibt, dass es sowohl zwischen den Phthalaten als auch zwischen den Einzelpersonen deutliche Konzentrationsunterschiede gab. Dies zeigte sich auch bei den Medianwerten (siehe Tabelle 41) vergleichbarer Studien.

Tabelle 41: Vergleich von Studienergebnissen (jeweils Medianwerte in µg/l).

Metabolit	diese Studie	USA NHANES <sup>1)</sup>	Deutschland <sup>2)</sup>
MBP	7,0	26	181
MBzP	1,6	17	21
MEP	38	164	90
MiBP	8,5	–	–
MEHP	1,2	3,2	10

<sup>1)</sup> SILVA et al. (2004)

<sup>2)</sup> KOCH et al. (2003)

**Frauen (20–50 Jahre)****Vergleich mit internationalen Studien**

In einer schwedischen Studie bei 42 erstgebärenden Frauen wurden Phthalat-Metaboliten im Harn bestimmt (HÖGBERG et al. 2008). Die Autoren gehen von mit anderen Studien vergleichbaren Konzentrationen aus. Auch in der vorliegenden Untersuchung liegen die Konzentrationen in einem vergleichbaren Bereich, wobei MEHP mit 9 µg/l in einer höheren Konzentration gefunden wurde als in allen anderen Studien. MEP wurde – ebenso wie bei HÖGBERG et al. (2008) – in deutlich geringeren Mengen gefunden als in den restlichen verglichenen Studien.

SWAN et al. (2005) zeigten in einer Studie zur Veränderung der anogenitalen Distanz bei Neugeborenen, dass pränatale Exposition zu Phthalaten Einfluss auf diese Größe haben kann. In 85 Harnproben von Müttern wurde während der Schwangerschaft Monoester bestimmt. Die Messergebnisse lagen geringfügig höher als in der gegenständlichen Studie (siehe Tabelle 42, USA ADG).

In einer Untergruppe der weiblichen Teilnehmerinnen der NHANES-Studie wurden bei den verglichenen Parametern ebenso höhere Messwerte bestimmt wie in der vorliegenden Studie. Bei MEHP sind die Medianwerte allerdings vergleichbar (SILVA et al. 2004).

BERMAN et al. (2009) untersuchten in Israel verschiedene Phthalat-Metaboliten an 19 Schwangeren.

Eine Studie aus den USA an 46 Afro-Amerikanerinnen (35–49 Jahre; HOPPIN 2002) zeigte ebenfalls höhere Werte als die vorliegende Untersuchung.

In Tabelle 42 sind die Messwerte der verschiedenen Studien einander gegenübergestellt.

Tabelle 42: Vergleich der Phthalat-Metaboliten in verschiedenen Studien (jeweils Medianwerte in µg/l).

Phthalat-Metaboliten	diese Studie	Schweden (HÖGBERG 2008)	USA (SWAN 2005)	USA NHANES (SILVA 2004)	Israel (BERMAN 2009)	USA (HOPPIN 2002)
MnBP	7,0	45	13	30	31	53
MBzP	1,6	13	8	16	5,3	32
MEP	38	35	128	174	165	211
MiBP	8,5	16	2,5	–	16	–
MEHP	1,2	9	3,3	3	6,8	7,3

In BERMAN et al. (2009) ist ein weiterer Vergleich der sekundären DEHP-Metaboliten mit anderen Phthalat-Metaboliten dargestellt. Die Werte dieser Studie liegen bei den DEHP-Metaboliten niedriger als die Ergebnisse der Vergleichsstudien. 3cx-MPP (Metabolit von MnBP und MiBP) wurde in vergleichbaren Konzentrationen gemessen.

Tabelle 43: Vergleich des Kollektivs „Frauen“ mit anderen Studien (Metaboliten, Median in µg/l).

Phthalat-Metaboliten	diese Studie (n = 50)	BERMAN et al. (2009) n = 19	CDC (2005) n = 1.411
MEHP	1,2	6,8	4,1
5OH-MEHP	3,0	22	18
5-oxo-MEHP	1,6	18	13
3cx-MPP	3,0	1,3	3,0

## Kinder

Kinder im Alter von 6–11 Jahren sind eine Untergruppe des beobachteten Kollektivs.

### Messergebnisse

Die sekundären Metaboliten des DEHP bzw. MnPP waren in allen Proben über der BG vorhanden. MEHP als primärer Metabolit des DEHP wurde allerdings in nur 32 (von 49) Proben positiv bestimmt. Einzelne weitere Monoester wurden in allen Proben über der BG gemessen (MEP, MnBP). MPeP, MnOP, MiNP und MiDP wurden in keiner Probe positiv registriert, MCHP in einer. Die oxidativen Metaboliten von DEHP wurden in einem geringeren Verhältnis zu MEHP ermittelt als dies bei BECKER et al. (2009) bei einem vergleichbaren Kollektiv zitiert ist.

Tabelle 44: Vergleich des Kollektivs „Kinder“ mit anderen Studien (Metaboliten, Median in µg/l).

Phthalat-Metaboliten	diese Studie (n = 50)	KUS 2003/6 gesamt (BECKER et al 2009)	KUS 2003/06 6–8 Jahre (BECKER et al 2009)	KUS 2003/06 9–11 Jahre (BECKER et al 2009)
MEHP	1,1	6,7	6,2	6,8
5OH-MEHP	4,6	46	51	46
5oxo-MEHP	2,9	36	42	39
5cx-MEPP	33	61	65	58
MnBP	9,1	93	101	92
MiBP	12	88	90	91
MBzP	2,6	18	18	16

KUS...Kinder-Umwelt-Survey

### Kinder weisen höhere Phthalat-Konzentrationen auf

Die Messergebnisse der Kinder sind im Vergleich zu den Müttern deutlich höher. Dies deutet darauf hin, dass Phthalate maßgeblich mit der Nahrung aufgenommen werden. Kinder nehmen je kg Körpergewicht größere Mengen Nahrung zu sich als Erwachsene. Spezifische Verhaltensmuster wie das Spielen am Boden (Hausstaub) und das „in den Mund nehmen“ von Gegenständen können weitere Faktoren sein.

## Regionale Auswertung

Tabelle 33 zeigt, dass auch regional unterschiedliche Mediankonzentrationen vorliegen. Mit Ausnahme von MEP sind Kinder höher belastet. Das Vorkommen von MEP wird v. a. in Arzneimitteln berichtet, was die höhere Belastung der Mütter erklären kann. Eine gewisse Varianz in den Ergebnissen ist erkennbar. Aufgrund der geringen Anzahl an Proben ist aber eine besonders belastete oder unbelastete Region nicht ableitbar.

### 3.3.2 PBDE

#### Messergebnisse

Aus der gemessenen Palette von 18 Kongeneren der polybromierten Diphenylether wurden 16 Kongenere zumindest in einer Probe über der BG gemessen, 2 Kongenere (#47 und #181) konnten in keiner Probe über der BG gefunden werden. #153 wurde in 80 von 99 Proben positiv bestimmt, #197 in 45 von 86 Proben. Die gemessenen Konzentrationen betragen für #153 5,5 ng/l (Median) bzw. bei #197 5,8 ng/l.

Aus Analysen von Hausstaub ist bekannt, dass diese Stoffgruppe zumindest für den Innenraum relevant ist. Zwei österreichische Studien zeigten, dass sowohl im häuslichen Staub wie auch im Staub von Schulen einige Kongenere in bedeutenden Konzentrationen auftreten. Die gemessenen Konzentrationen im Staub sind allerdings niedriger als in amerikanischen Studien (bis zu zwei Zehnerpotenzen). Dies ist auf unterschiedliche Einsatzmengen zurückzuführen. Auch bei Muttermilch sind in amerikanischen Studien 75-fach höhere Messwerte zu finden, als in europäischen Untersuchungen (RUDEL et al. 2002, UMWELTBUNDESAMT 2004, 2008a, b, ENVIRONMENTAL WORKING GROUP 2003).

### 3.3.3 Trisphosphate

Trisphosphate wurden in früheren Studien des Umweltbundesamt (UMWELTBUNDESAMT 2004, 2008a, b) in auffälligen Konzentrationen im Hausstaub bestimmt (0,1–10 mg/kg). Die Konzentrationen sind damit um eine Größenordnung höher als jene der PBDE (0,1–10 µg/kg). Aus diesem Befund entstand der Verdacht, dass diese Stoffgruppe in entsprechenden Konzentrationen im Körper nachweisbar sein muss.

Zwei Trisphosphate konnten in insgesamt drei Proben über der BG ermittelt werden. In den restlichen Proben waren die untersuchten Substanzen nicht nachweisbar.

***kaum Trisphosphate  
gefunden***

Tetrabrombisphenol A, welches in die Messmethode integriert wurde, konnte in keiner Probe über der BG nachgewiesen werden.

Da diese Substanzen im Körper sehr rasch metabolisiert werden, ist es nicht ausgeschlossen, dass sie (bzw. ihre Metaboliten) aufgrund der geringen Halbwertszeit derzeit nicht erfasst werden können.

### 3.3.4 Nonyl- und Octylphenol, Bisphenol A

25 Proben wurden auf Nonylphenol, Octylphenol und Bisphenol A untersucht. Die Auswahl der ProbandInnen erfolgte aufgrund von Fragebogenangaben der untersuchten Personen. Kriterium war im Wesentlichen ein enger Kunststoffkontakt, wie Konsumation von abgepacktem Mineralwasser, Dosennahrung etc.

Untersuchungen zur Bisphenol A-Belastung zeigen durchgehend eine sehr häufige Kontamination der untersuchten Kollektive (bis zu 90 %). In der gegenwärtigen Studie konnten nur 4 von 25 Proben über der Bestimmungsgrenze (in vergleichbarer Höhe) ermittelt werden. Diese vereinzelt Befunde liegen in vergleichsweise niedrigen Konzentrationen. Internationale ExpertInnen sind der Meinung, dass positive Literaturwerte oftmals auf Blindwerte zurückzuführen sind. Die Blindwertproblematik ist dem Umweltbundesamt bekannt. Durch Verwendung frisch destillierter Lösungsmittel und speziell gereinigter und ausgeheizter Probenvorbereitungsapparaturen wird diesem Umstand Sorge getragen (VÖLKELE et al. 2008).

***geringe Belastung  
mit Bisphenol A***

OP und NP wurden in 1 bzw. 2 Proben über der BG gemessen.

### 3.3.5 Methylquecksilber

#### **Ergebnisse internationaler Studien**

Folgende Hintergrundwerte für die Belastung von Haaren mit Methylquecksilber werden in der Literatur berichtet: Deutschland 250 µg/kg (DRASCH et al. 1997), Dänemark 800 µg/kg (GRANDJEAN et al. 1992), 280 µg/kg in Schweden (OSKARSSON et al. 1996) bzw. Hong-Kong 380 µg/kg (DICKMAN & LEUNG 1998). Höhere Werte wurden bei mehrmaliger Fischmahlzeit pro Woche beschrieben: Faroerinseln 1.600 bis 5.200 µg/kg (GRANDJEAN et al. 1992) sowie bei Fischern auf Madeira mit bis zu 39.000 µg/kg (RENZONI et al. 1998).

Die in dieser Studie beobachteten Messwerte liegen im Bereich von n.n. bis 340 µg/kg. Mütter sind dabei deutlich höher (Median: 64 µg/kg) belastet als deren Kinder (Median: 6 µg/kg). Für das Gesamtkollektiv wurde ein Median von 17 µg/kg berechnet. Die Medianwerte liegen unter den oben zitierten Hintergrundmesswerten.

## 3.4 Ergebnisse der statistischen Auswertung

### 3.4.1 Vorgehen bei der statistischen Auswertung

#### **Auswahl der Indikatoren**

Die rund 200 Items (Merkmale) aus dem Fragebogen wurden in Analysegruppen zusammengefasst. Diese unterteilten sich in Expositionsindikatoren (Nahrungsmittel, Verwendung von Materialien im Haushalt/Beruf, Kosmetik und Pflegeartikel, Nutzung von Computer und anderen Geräten) und Wirkungsindikatoren (respiratorische Symptome, Haut- und Schleimhautreizungen, Verdauungsbeschwerden, hormonelle Probleme, spezifische allergische Reaktionen).

#### **analytische Daten**

Von den analytischen Daten aus Blut und Harn wurden jene herangezogen, bei denen eine ausreichende interindividuelle Varianz vorlag. Diese wurde für jeden Parameter auf der Basis der jeweiligen Nachweisgrenze bestimmt. Bei den PBDE-Kongeneren wurde keine Einzelanalyse durchgeführt, sondern es wurde die Summe der gemessenen Werte für jede/n Probanden/in herangezogen. Die Blut- bzw. Harnkonzentrationen (Kreatinin-korrigiert) wurden zur Erzielung einer angenäherten Normalverteilung Quadratwurzel-transformiert. Aus den einzelnen Variablengruppen wurden einerseits Leitindikatoren aufgrund sachlicher Erwägungen ausgewählt und andererseits Gesamtscores gebildet. Wegen der besseren Interpretierbarkeit werden im Folgenden jedoch nur die Auswertungen nach den Leitindikatoren dargestellt. Die statistischen Analysen wurden mittels Varianzanalysen durchgeführt, wobei bei allen Analysen das Geschlecht und das Alter (sofern anwendbar) einbezogen wurden.

Der Farbsinn ist ein bekannt guter Indikator für neurotoxische Effekte. Die gewählte Methode – Farbsinnprüfung nach Ishihara – war jedoch zu wenig sensitiv.

### 3.4.2 Mögliche Zusammenhänge zwischen biologischen Konzentrationen von Phthalaten und PBDE sowie gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Symptomen)

Wie oben ausgeführt, wurden Symptome/Beeinträchtigungen mit Analyseergebnissen (Phthalate, PBDE) statistisch korreliert. In Tabelle 45 findet sich eine Übersicht über signifikante Beziehungen zwischen den sechs Symptomen/Beeinträchtigungen Kopfschmerzen, Asthmaanfälle, Husten, Juckreiz, Durchfall und hormonelle Probleme und drei Phthalat-Metaboliten (Monoethylphthalat MEP, Monobenzylphthalat MBzP, Mono-2-ethylhexylphthalat MEHP) sowie der Summe PBDE.

Tabelle 45: Signifikante Korrelationen zwischen einzelnen Symptomen und primären Phthalat-Metaboliten (MEP, MBz und MEHP) sowie der Summe polybromierter Diphenylether.

Symptome	MEP	MBzP	MEHP	Summe PBDE
Kopfschmerzen	X	–	–	X
wiederholtes Husten	X	X	–	–
Juckreiz	–	–	X	–
Durchfall	X	–	–	–
hormonelle Probleme	X	–	–	–
Asthmaanfälle	–	–	–	X

MEP...Monoethylphthalat

MBzP...Monobenzylphthalat

MEHP...Mono-2-ethylhexylphthalat

PBDE...Polybromierte Diphenylether

Die meisten signifikanten Zusammenhänge mit einzelnen subjektiven Symptomen bzw. Beeinträchtigungen fanden sich mit Konzentrationen von MEP im Harn. Mit steigenden Konzentrationen wurden die Symptome entweder häufiger berichtet oder es wurde angegeben, dass sie überhaupt aufgetreten sind (Antwortmöglichkeit: ja – nein). Dasselbe gilt auch für die anderen Beschwerden. Die Ergebnisse zu „Kopfschmerzen“, „wiederholtes Husten“, „Durchfall“ und „hormonelle Probleme“ sind in den Abbildung 2 bis Abbildung 5 dargestellt.

Der Komplex „hormonelle Probleme“ wurde geschlechtsspezifisch behandelt. Bei Frauen wurden Regelmäßigkeit des Zyklus, Anwendung von Kontrazeptiva, Endometriose, künstliche Befruchtung und Stillen erfasst. Bei Männern wurden Änderung in der Bartbehaarung sowie bei Kindern das Alter der Menarche (wenn schon aufgetreten) oder Kryptorchismus (Lageanomalie des Hodens) bei der Geburt erhoben. In die Ergebnisse gehen v. a. die Antworten auf die Frage „Hatten Sie irgendwann einmal hormonelle Probleme (z. B. längerer Zeitraum, bis es mit der Schwangerschaft geklappt hat)?“ ein, da sich bei den anderen Fragen nur sehr vereinzelt Angaben fanden (z. B. ein Mädchen Menarche mit 11).

**signifikante  
Korrelationen mit  
MEP**

**hormonelle  
Probleme**

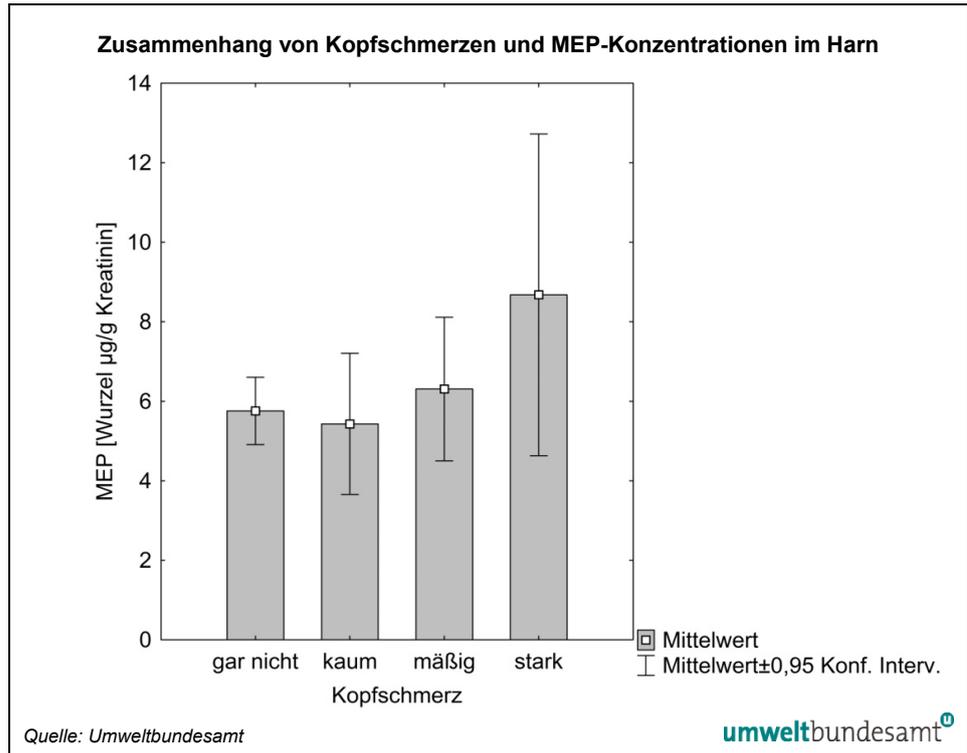


Abbildung 2: Auftreten von Kopfschmerzen und MEP-Konzentrationen im Harn.

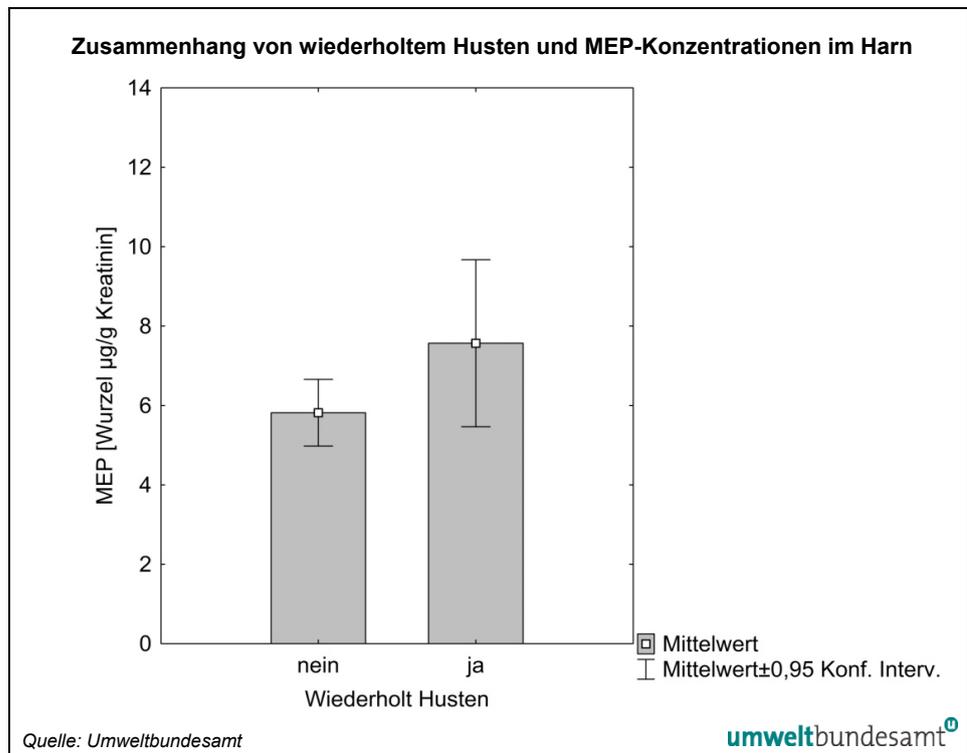


Abbildung 3: Auftreten von wiederholtem Husten und MEP-Konzentrationen im Harn.

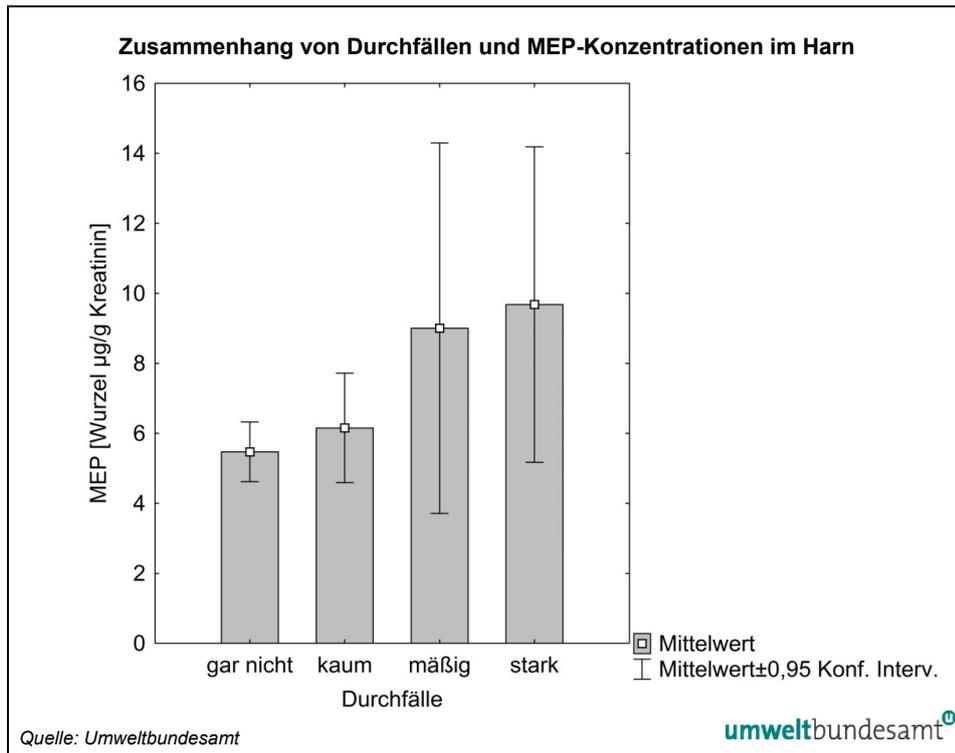


Abbildung 4: Auftreten von Durchfällen und MEP-Konzentrationen im Harn.

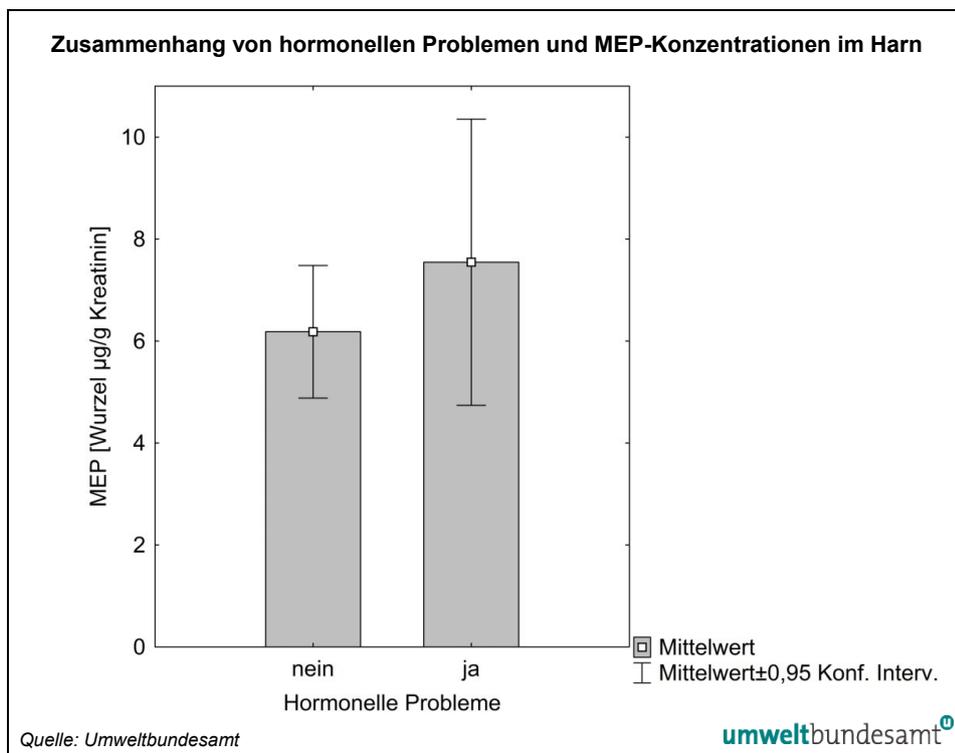


Abbildung 5: Auftreten von hormonellen Problemen und MEP-Konzentrationen im Harn.

Wie für den Phthalat-Metaboliten MEP wurde auch für MBzP ein signifikanter Zusammenhang mit dem Symptom „wiederholtes Husten“ (siehe Abbildung 6) gefunden. Für diese Substanz konnten ansonsten keine weiteren Korrelationen

mit Symptomen/Beeinträchtigungen beobachtet werden. Des Weiteren wurde bei steigenden MEHP-Konzentrationen häufigeres Auftreten von Juckreiz angegeben (siehe Abbildung 7).

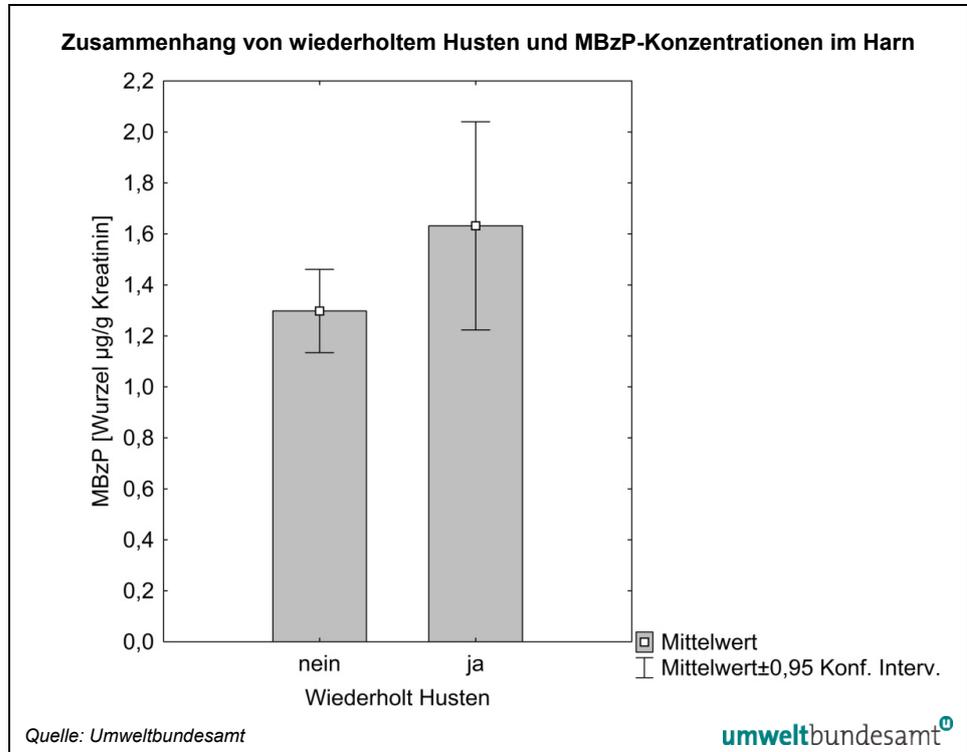


Abbildung 6: Auftreten von wiederholtem Husten und MBzP-Konzentrationen im Harn.

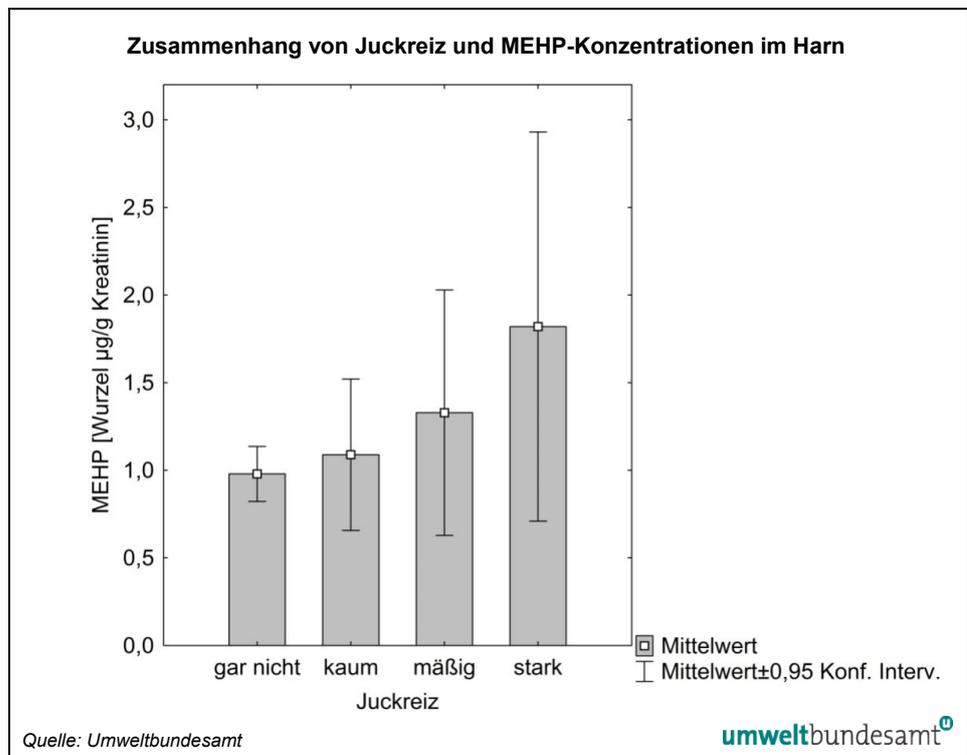


Abbildung 7: Auftreten von Juckreiz und MEHP-Konzentrationen im Harn.

Hinsichtlich der nachgewiesenen PBDE-Konzentrationen im Blut der Frauen und ihrer Partner wurden für zwei subjektive Symptome signifikante Zusammenhänge gefunden. Mit steigenden PBDE-Konzentrationen werden „Kopfschmerzen“ häufiger und „Anfälle von Asthma“ treten auf (siehe Abbildung 8 und Abbildung 9).

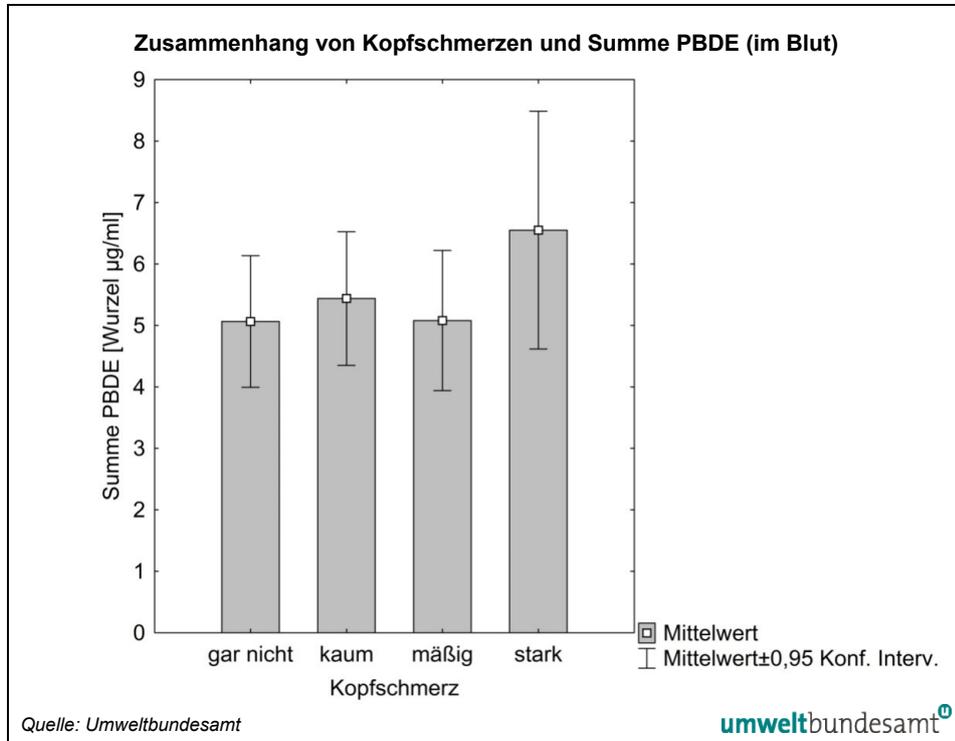


Abbildung 8: Auftreten von Kopfschmerzen und Summe PBDE (im Blut).

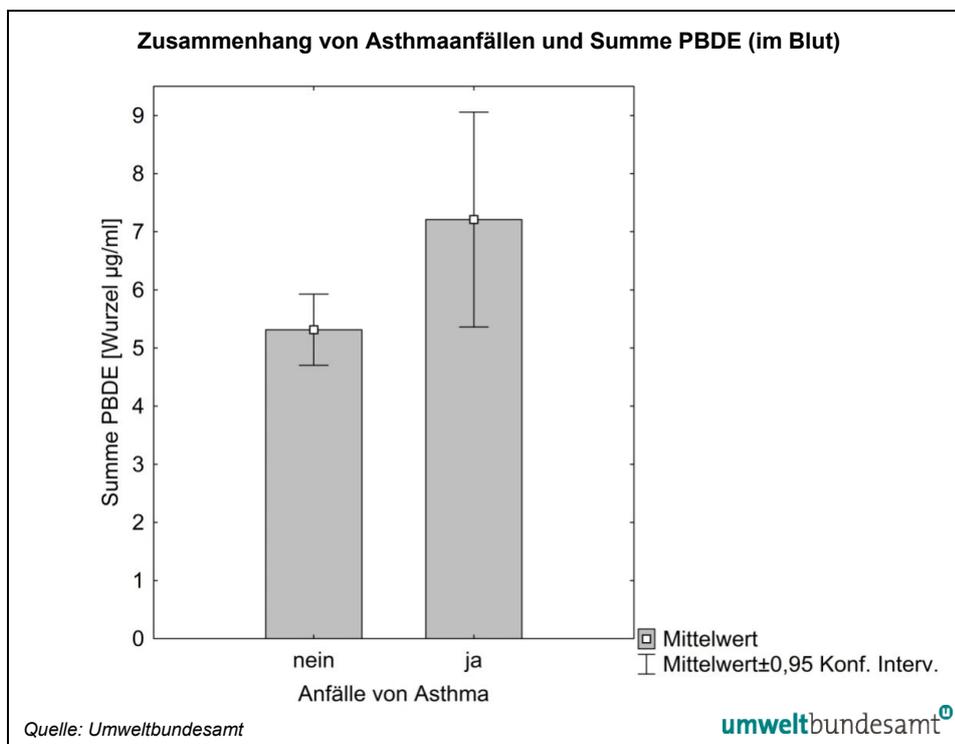


Abbildung 9: Auftreten von Asthmaanfällen und Summe PBDE (im Blut).

### 3.4.3 Geschlecht, Alter und Verhaltensweisen: Auswirkungen auf Konzentrationen von Phthalaten

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse aus den Analysen bezüglich eventueller Auswirkungen von Geschlecht und Verhaltensweisen dargestellt.

In Tabelle 46 findet sich eine Übersicht über signifikante Korrelationen zwischen Geschlecht und Alter sowie fünf verwendeten Produkten (Haarschaum und -färbemittel, Make-up, Kaugummi, PET-Flaschen) und den drei Phthalat-Metaboliten Monoethylphthalat (MEP), Monobenzylphthalat (MBzP) und Monoisobutylphthalat (MiBP).

Tabelle 46: Signifikante Korrelationen zwischen Alter, Geschlecht sowie Verwendung bestimmter Produkte und primären Phthalat-Metaboliten (MEP, MBzP und MiBP).

	MEP	MBzP	MiBP
Alter (Erwachsene/Kinder), Geschlecht	–	X	X
Haarschaum	X	–	–
Haarfärbemittel	X	–	–
Make-up	X	–	–
Kaugummi	X	–	–
PET-Flaschen	X	–	–

MEP...Monoethylphthalat

MBzP...Monobenzylphthalat

MiBP...Monoisobutylphthalat

#### Unterschiede nach Geschlecht und Alter

Hinsichtlich des Vorkommens von Phthalat-Metaboliten im Harn der ProbandInnen zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Generationen und den Geschlechtern. Bei den Kindern konnten höhere MBzP- und MiBP-Konzentrationen nachgewiesen werden (siehe Abbildung 10, Abbildung 11). Des Weiteren wiesen Personen männlichen Geschlechts höhere Belastungen auf.

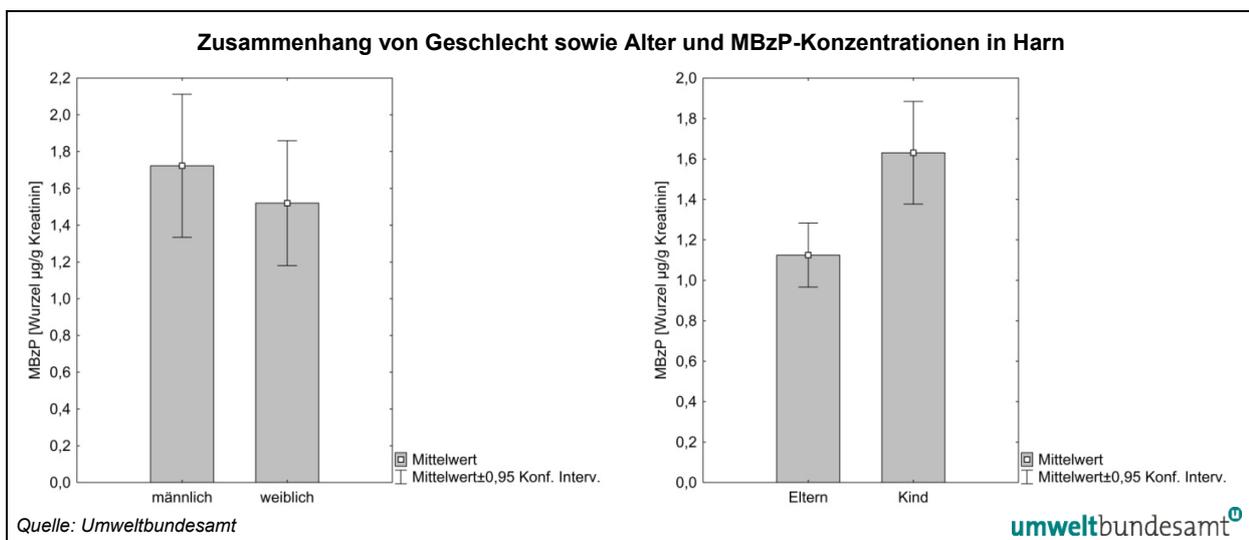


Abbildung 10: Zusammenhang von Geschlecht sowie Alter und MBzP-Konzentrationen in Harn.

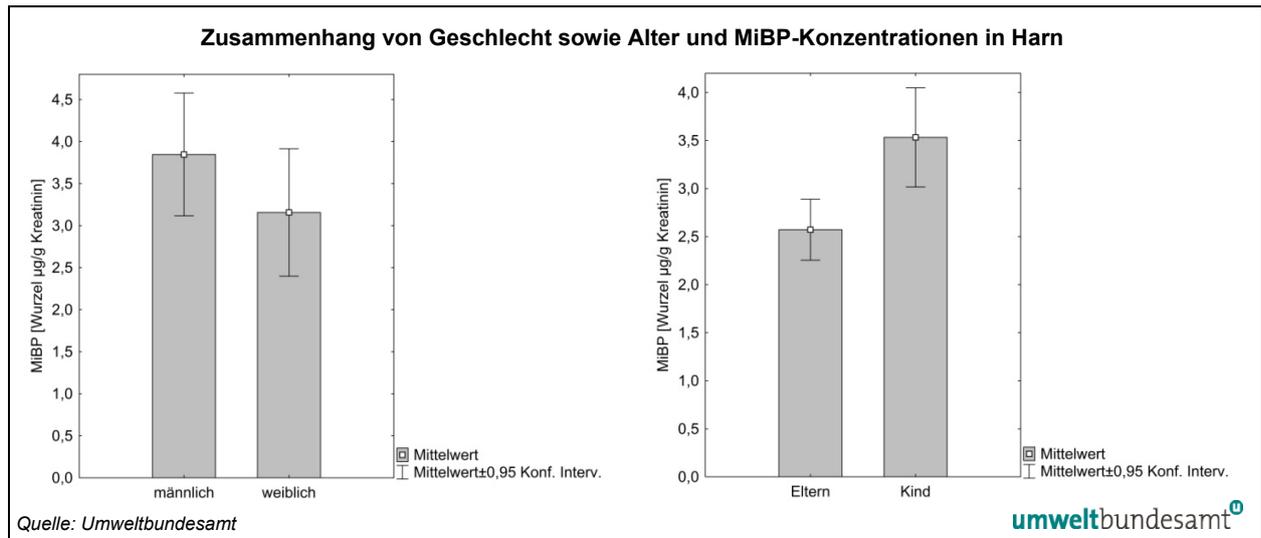


Abbildung 11: Zusammenhang von Geschlecht sowie Alter und MiBP-Konzentrationen in Harn.

Hinsichtlich einzelner Verhaltensweisen (Verwendung bestimmter Produkte) fanden sich nur Zusammenhänge mit dem Metaboliten MEP (siehe Abbildung 12 bis Abbildung 15). Mit (häufigerer) Verwendung von Haarschaum bzw. -färbemitteln und Make-up, häufigerem Genuss von Kaugummi oder Trinken aus PET-Flaschen (hinsichtlich MBzP, siehe Abbildung 16) fanden sich signifikant höhere MEP-Konzentrationen im Harn der Untersuchungspersonen.

**MEP-Konzentrationen abhängig vom Konsum**

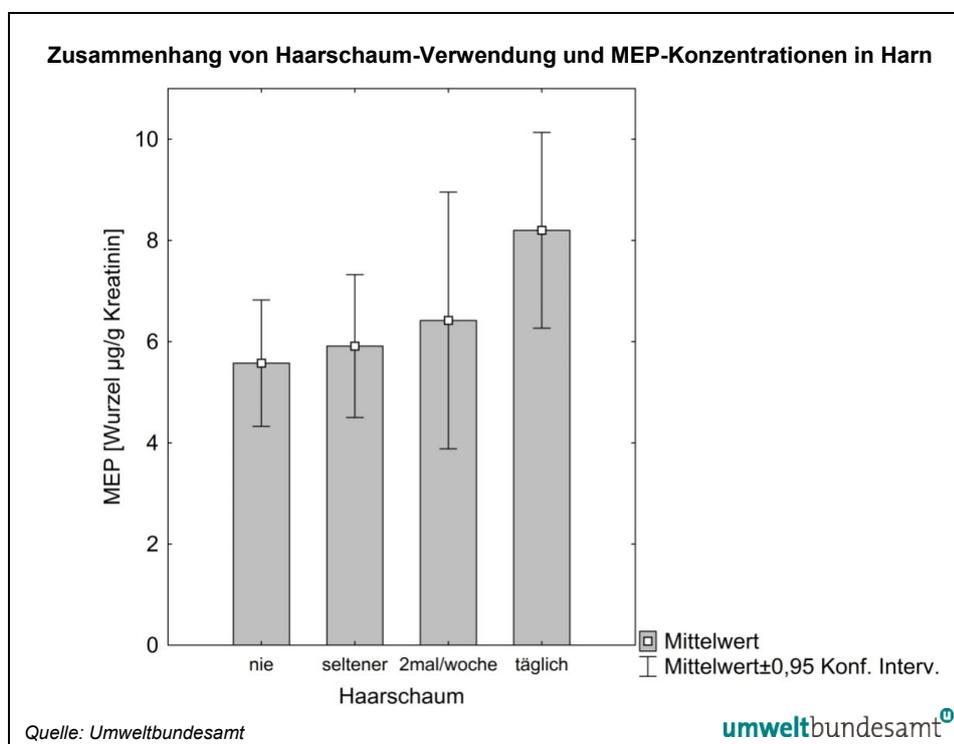


Abbildung 12: Zusammenhang von Haarschaum-Verwendung und MEP-Konzentrationen in Harn.

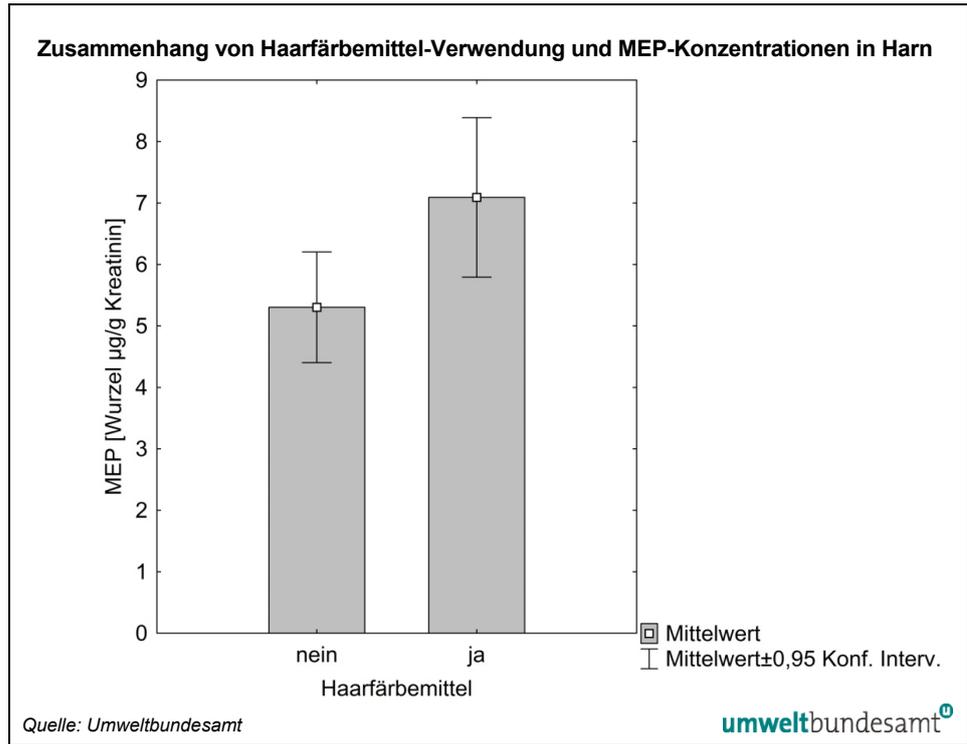


Abbildung 13: Zusammenhang von Haarfärbemittel-Verwendung und MEP-Konzentrationen in Harn.

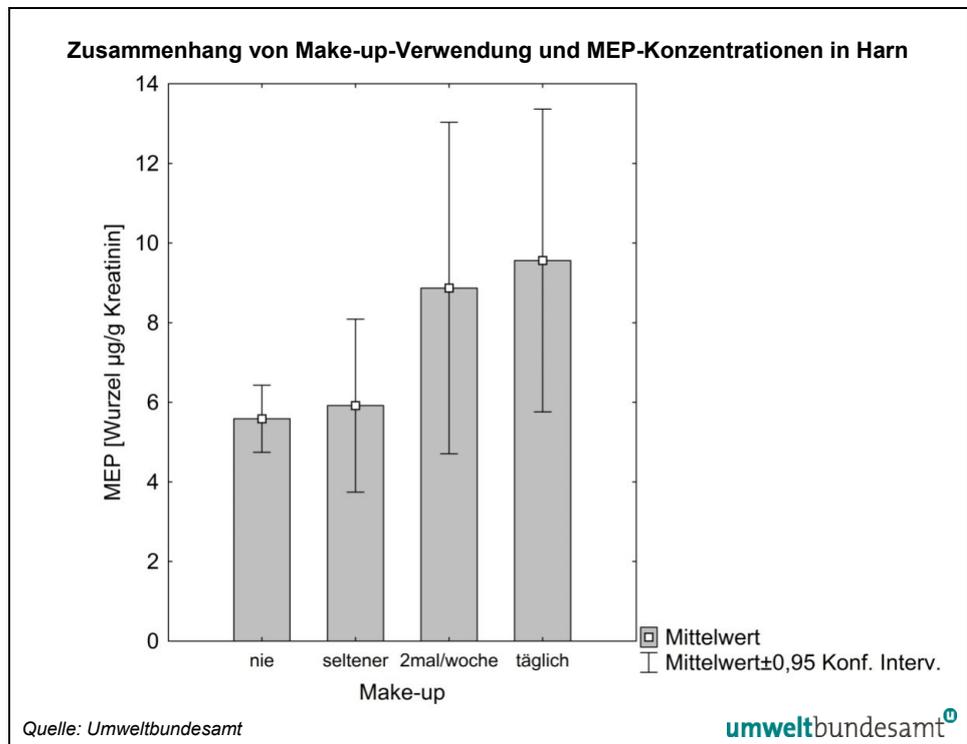


Abbildung 14: Zusammenhang von Make-up-Verwendung und MEP-Konzentrationen in Harn.

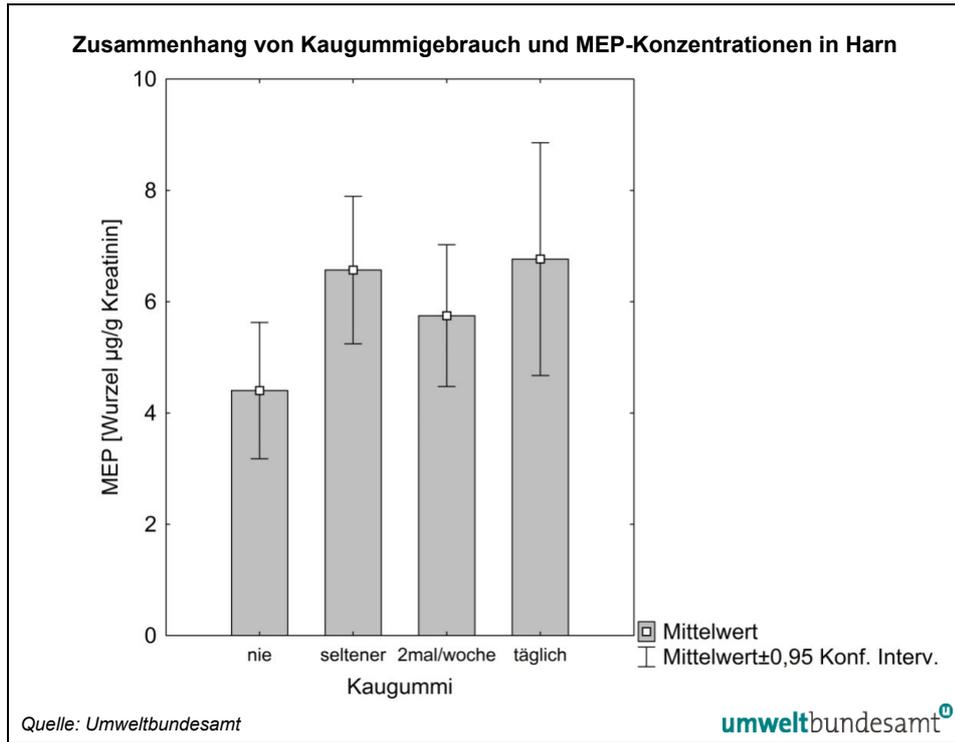


Abbildung 15: Zusammenhang von Kaugummigebrauch und MEP-Konzentrationen in Harn.

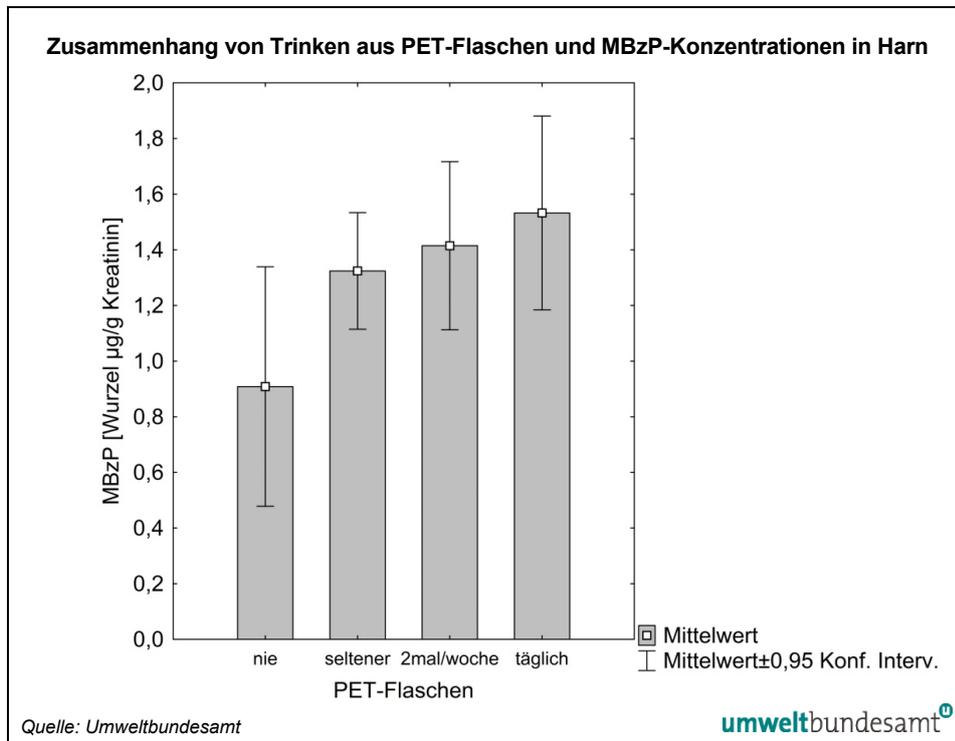


Abbildung 16: Zusammenhang von Trinken aus PET-Flaschen und MBzP-Konzentrationen in Harn.

### 3.4.4 Mögliche Zusammenhänge von Methylquecksilber-Konzentrationen im Haar und gesundheitlichen Beeinträchtigungen (Symptomen) sowie Verhaltensweisen

Es wurden jeweils 50 Haarproben von Frauen und Kindern auf den Methylquecksilbergehalt untersucht. In 47 (94 %) mütterlichen und in 34 (68 %) kindlichen Proben wurden Me-Hg-Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen.

In Abbildung 17 bis Abbildung 24 sind die Ergebnisse der statistischen Analysen dargestellt. Abbildung 17 zeigt signifikant höhere Me-Hg-Gehalte in den Haaren der Erwachsenen im Vergleich zu den Kindern.

In Abbildung 18 bis Abbildung 24 sind Zusammenhänge zwischen dem Auftreten verschiedener Symptome (Müdigkeit, Sehstörungen, Allergie, Metallallergie), der Anzahl/dem Vorhandensein von Amalgamfüllungen sowie von Ernährungsgewohnheiten (Fleisch- und Meeresfischkonsum) und den Me-Hg-Gehalten in den Haaren der Mütter dargestellt. Aufgrund der niedrigeren Konzentrationen in den Haaren der Kinder wurden die Analysen auf die Mütter beschränkt.

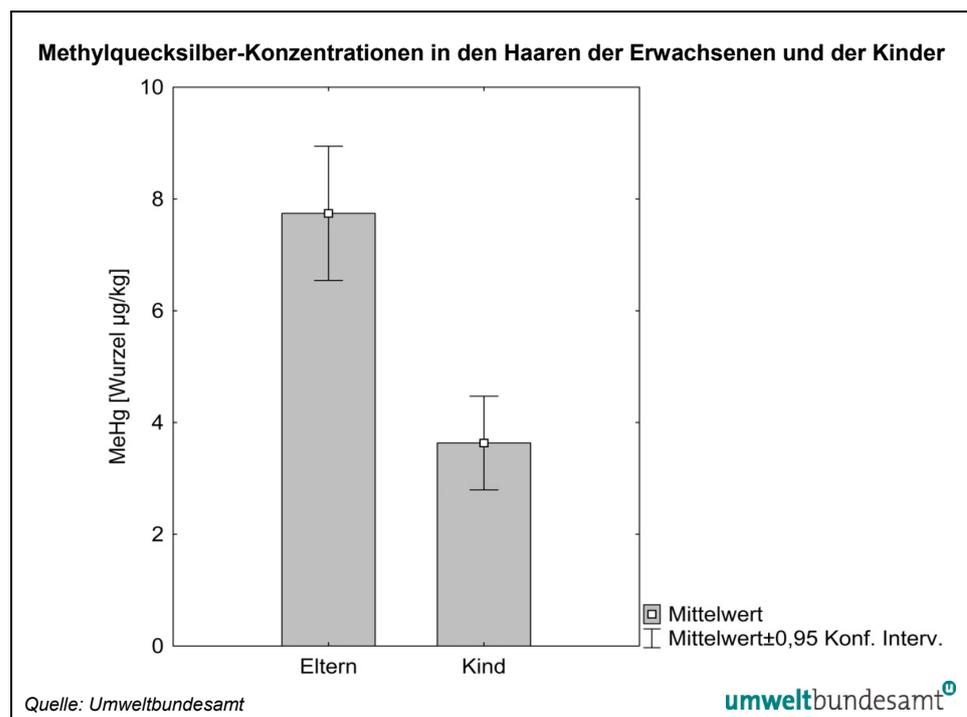


Abbildung 17: Methylquecksilber-Konzentrationen in den Haaren der Erwachsenen und der Kinder.

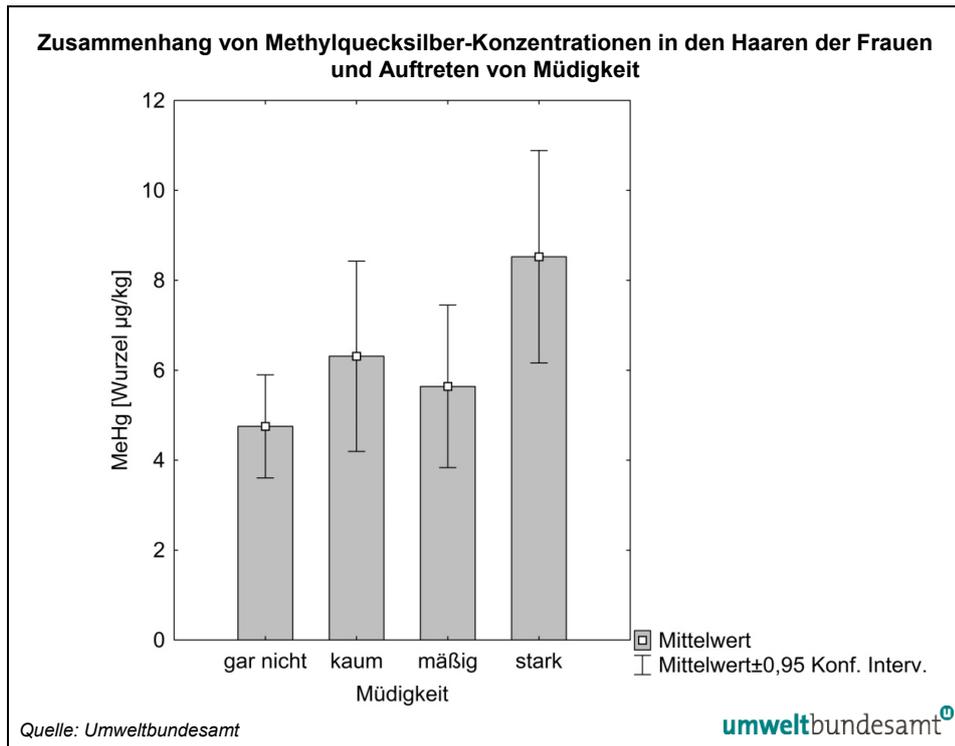


Abbildung 18: Zusammenhang von Methylquecksilber-Konzentrationen in den Haaren der Frauen und Auftreten von Müdigkeit.

Die Symptome „Müdigkeit“ und „Sehstörungen“ wurden von Frauen mit höheren Me-Hg-Gehalten häufiger genannt (siehe Abbildung 18, Abbildung 19).

### **Müdigkeit und Sehstörungen**

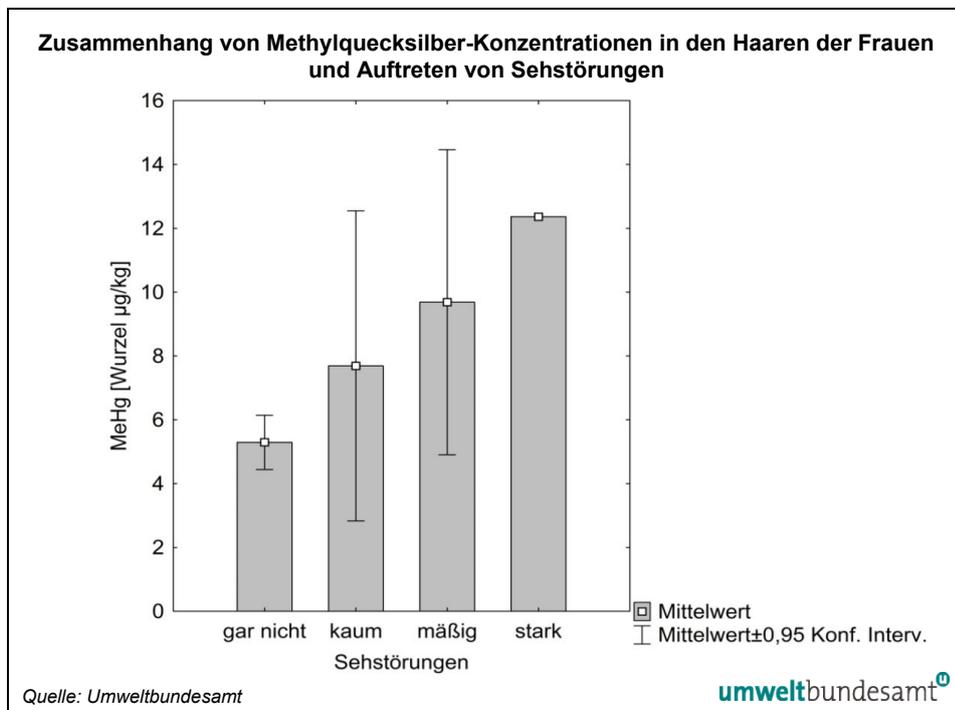


Abbildung 19: Zusammenhang von Methylquecksilber-Konzentrationen in den Haaren der Frauen und Auftreten von Sehstörungen.

**Allergien** Das Auftreten von Allergien (gesamt) sowie insbesondere Allergien auf Metalle fanden sich signifikant häufiger bei Frauen mit höheren Me-Hg-Gehalten (siehe Abbildung 20, Abbildung 21).

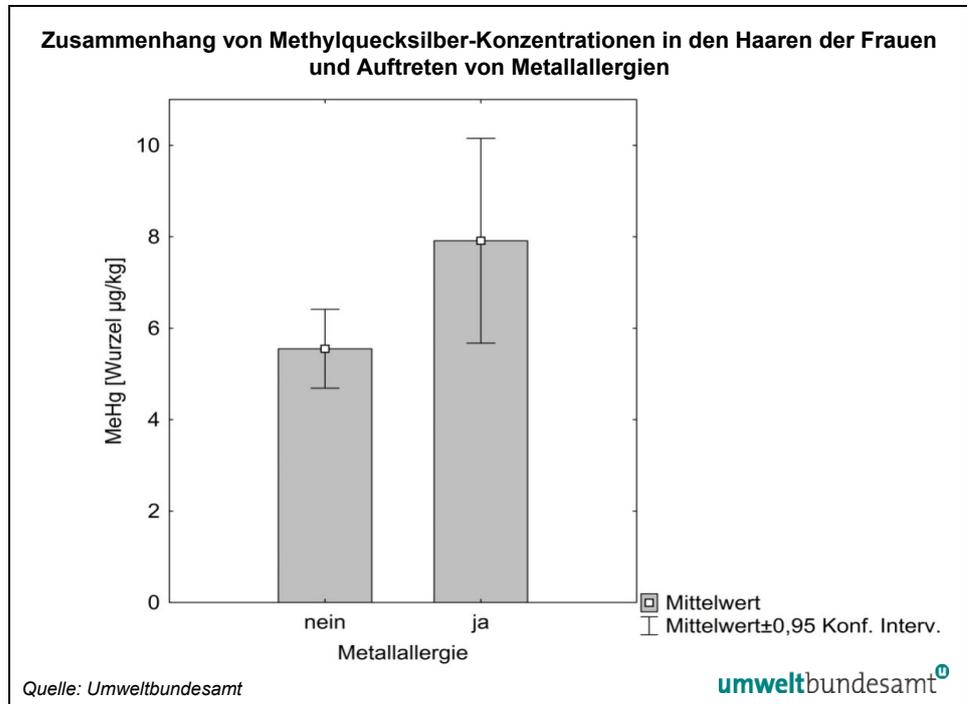


Abbildung 20: Zusammenhang von Methylquecksilber-Konzentrationen in den Haaren der Frauen und Auftreten von Metallallergien.

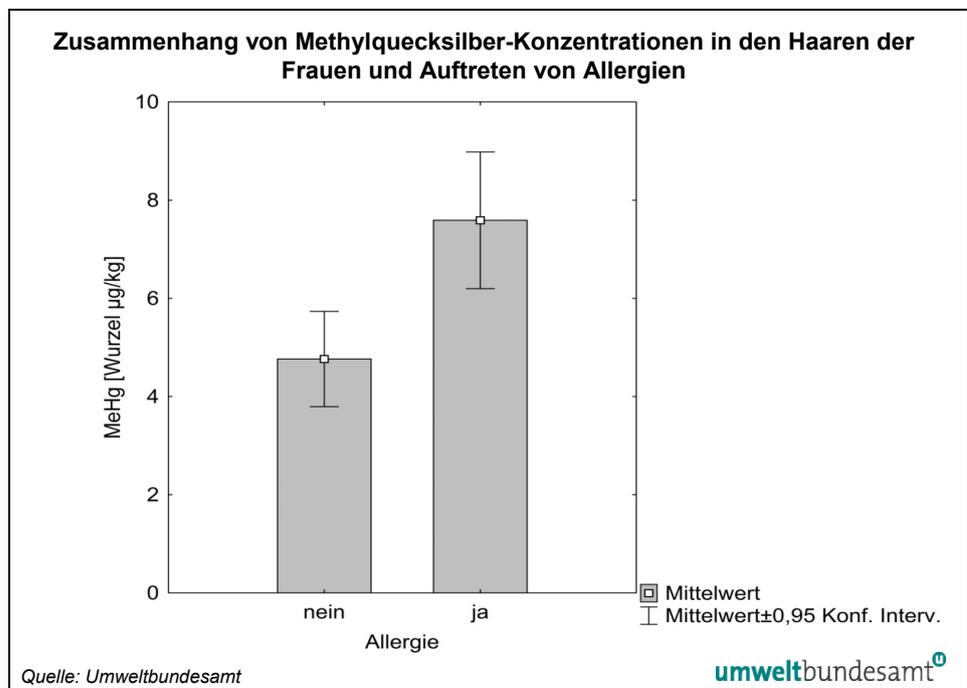


Abbildung 21: Zusammenhang von Methylquecksilber-Konzentrationen in den Haaren der Frauen und Auftreten von Allergien.

Das Vorhandensein (unabhängig von der Anzahl) von Amalgamfüllungen zeigte ebenso wie stärkerer Fleisch- und Fischverzehr (Meeresfische) einen signifikanten Zusammenhang mit höheren Me-Hg-Konzentrationen in Haaren der Probandinnen (siehe Abbildung 22, Abbildung 24).

### Amalgamfüllungen und Ernährung

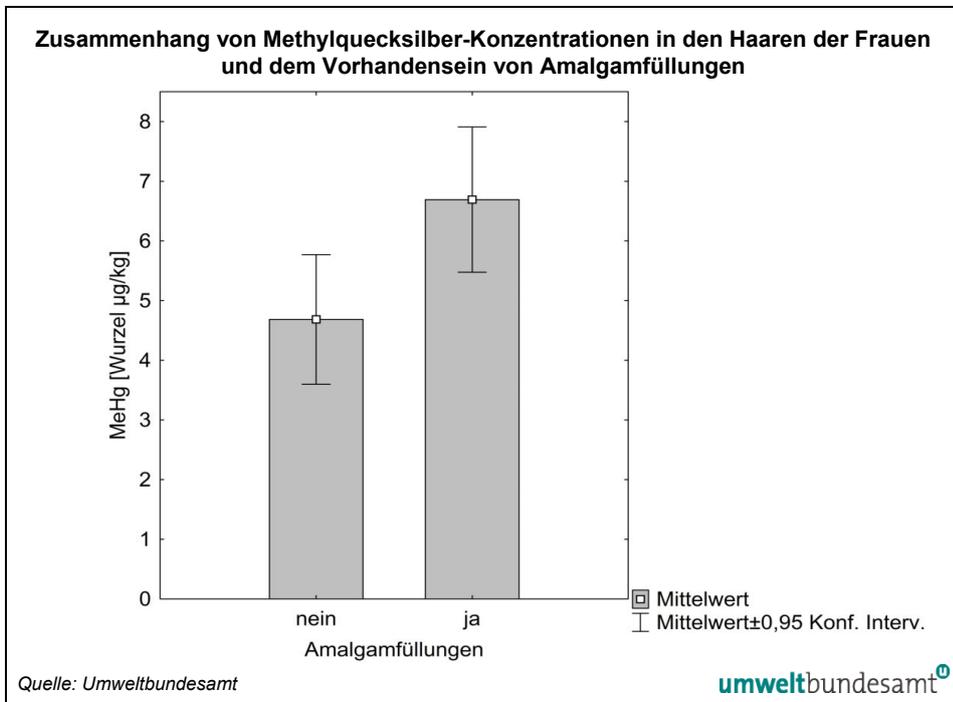


Abbildung 22: Zusammenhang von Methylquecksilber-Konzentrationen in den Haaren der Frauen und dem Vorhandensein von Amalgamfüllungen.

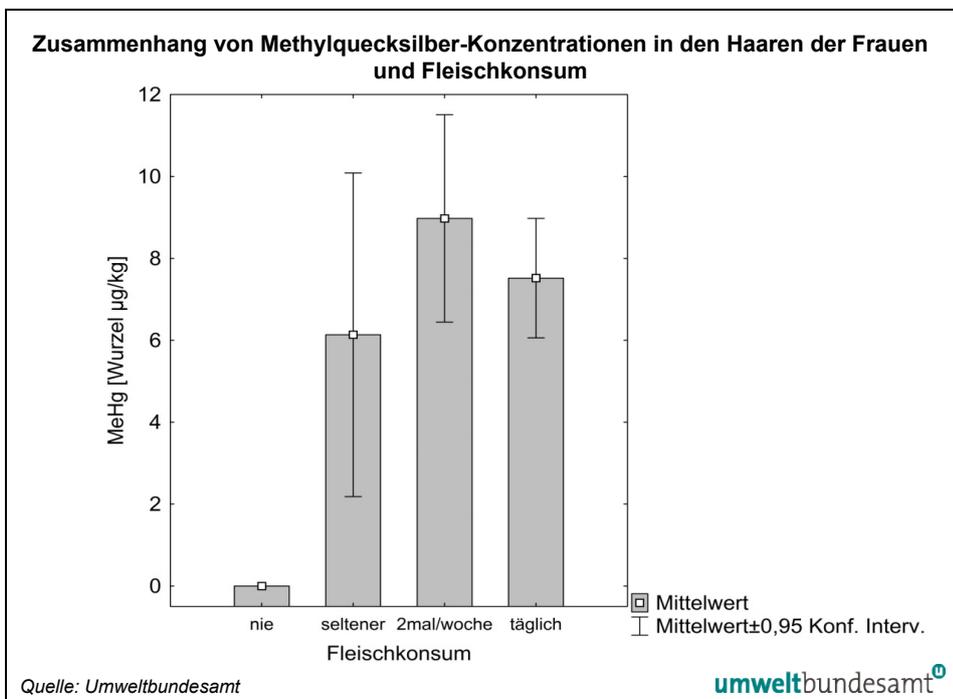


Abbildung 23: Zusammenhang von Methylquecksilber-Konzentrationen in den Haaren der Frauen und Fleischkonsum.

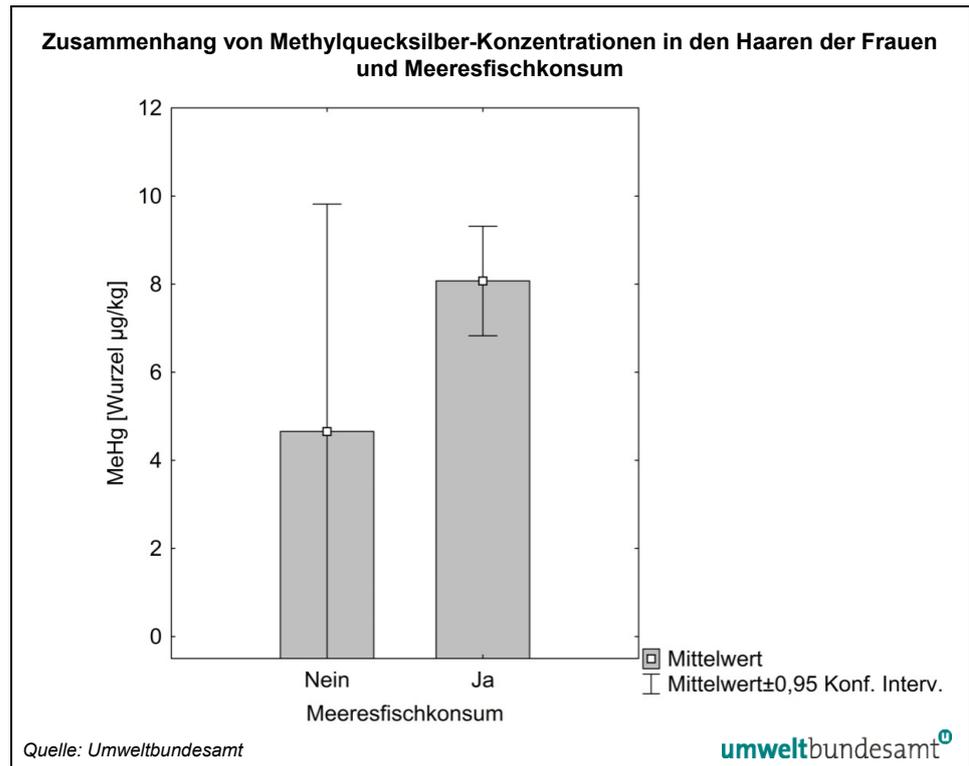


Abbildung 24: Zusammenhang von Methylquecksilber-Konzentrationen in den Haaren der Frauen und Meeresfischkonsum.

## 4 DISKUSSION UND INTERPRETATION

In der vorliegenden Human-Biomonitoring-Studie wurden Blut, Harn und Haare auf das Vorhandensein von Industriechemikalien und Schwermetallen getestet. Mögliche Belastungsfaktoren und Expositionsindikatoren wurden mittels Fragebogen erhoben und der Farbsinn nach Ishihara geprüft.

Es wurden 156 freiwillige ProbandInnen aus fünf Regionen in Österreich (Linz, Ried, St. Pölten, Tamsweg, Wien) angeworben und 150 ProbandInnen in die Untersuchung eingeschlossen. Die Rekrutierung erfolgte telefonisch per Zufall. Von insgesamt 5.821 Angerufenen konnten 1.225 (21 %) nach ein- bis dreimaligem Anruf nicht erreicht werden, lehnten 1.276 (22 %) eine Teilnahme ab und entsprachen 3.269 (56 %) nicht den Einschlusskriterien. Dies zeigt bereits bei der Rekrutierung den beträchtlichen zeitlichen, organisatorischen Aufwand einer solchen Studie auf, der sich auch in der Erhebungsphase widerspiegelt (Organisation der Termine, Anreise zu den ProbandInnen in unterschiedlich entfernten Regionen etc.).

Das Durchschnittsalter der Frauen lag bei etwa 38 Jahren, jenes ihrer Partner bei etwa 40 Jahren. Von den insgesamt 52 untersuchten Kindern (Alter 6 bis 11 Jahre) waren 29 Buben und 23 Mädchen.

Die in der Untersuchung gefundenen Messergebnisse sowie Zusammenhänge zwischen gesundheitlichen Symptomen und der Belastung mit Chemikalien werden im Folgenden diskutiert.

### 4.1 Phthalate

#### 4.1.1 Subjektive Symptome bzw. gesundheitliche Beeinträchtigungen

Signifikante Zusammenhänge mit verschiedenen subjektiven Symptomen bzw. gesundheitlichen Beeinträchtigungen wurden vor allem mit Konzentrationen von Mono-ethylphthalat (MEP) im Harn beobachtet. MEP ist als Marker (Hauptmetabolit) von Diethylphthalat (DEP) von Bedeutung. Mono(2-ethylhexyl)phthalat (MEHP) ist ein Marker von Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) und Mono-benzylphthalat (MBzP) einer von Butyl-benzylphthalat (BBzP).

**Korrelation v. a. mit  
MEP, MEHP und  
MBzP**

Insgesamt wurden mit höheren MEP-, MBzP- und MEHP-Konzentrationen die Symptome „Kopfschmerzen“, „wiederholtes Husten“, „Juckreiz“, „Durchfall“ und „hormonelle Probleme“ entweder häufiger berichtet oder sind überhaupt aufgetreten (Antwortmöglichkeit: ja – nein).

Der Zusammenhang zwischen Phthalatexposition und den Symptomen „Kopfschmerzen“, „Juckreiz“ und „Durchfall“ wurde unserer Kenntnis nach bisher in keiner umweltmedizinischen Studie beobachtet.

Erklärungsansätze, auf welche Weise Phthalate Kopfschmerzen und Durchfall hervorrufen können, stehen bis dato aus. Allerdings ist aus der Literatur bekannt, dass bei hohen Dosen (Arbeitsplatz, Tierversuch etc.) Kopfschmerzen und Durchfall auftreten können (KRAUSKOPF et al. 1973, UNEP 2004, NEW JERSEY 2010).

**Schadstoffe in  
Innenräumen**

Zum Auftreten von Kopfschmerzen ist anzumerken, dass dieses Symptom häufig im Zusammenhang mit Expositionen gegenüber Innenraumluftschadstoffen berichtet wird (ÄGU 2003). Eventuell haben auch in diesen Fällen Phthalate einen gewissen Beitrag zum Auftreten von Kopfschmerzen geleistet oder können als Indikatoren für Innenraumluftverunreinigungen dienen.

**Phthalat-  
Konzentrationen  
verstärken Juckreiz**

Zu den durch den altersbedingten Östrogenmangel verursachten postmenopausalen Beschwerden zählt Trockenheit der Haut/Schleimhäute, die häufig mit Juckreiz verbunden ist. Therapeutisch sind östrogenhaltige Salben etc. indiziert. In diesem Kontext wirken Östrogene dem Juckreiz entgegen. Eine Erklärung, warum in der vorliegenden Studie mit den höheren Phthalat-Konzentrationen im Harn vermehrt Juckreiz auftritt, könnte an der kompetitiven Konkurrenz mit den natürlichen Hormonen liegen. Da Phthalate mit schwächerer Hormonwirkung an die Östrogenrezeptoren binden, kann der Effekt (Auftreten von Juckreiz) evtl. so erklärt werden, dass für die körpereigenen Östrogene aufgrund der kompetitiven Besetzung durch die Phthalate nun eine geringere Anzahl an Rezeptoren zur Verfügung steht. Da sich so nur noch wenige körpereigene Hormone an die entsprechenden Zielstrukturen binden können, können eigene Östrogene ihre physiologische Wirkung (Juckreiz vermindern) auch nur noch in geringerem Ausmaß entfalten.

Das Auftreten von Juckreiz könnte zudem auch mit dem aus epidemiologischen Studien bekannten Zusammenhang von Phthalatexposition mit Allergien erklärt werden (JAAKKOLA & KNIGHT 2008, KOLARIK et al. 2008). Es könnte als Begleitsymptom von Ekzemen (im Rahmen von allergischen Reaktionen der Haut) interpretiert werden. Solche Reaktionen (auf DEHP) sind auch aus dem Tierversuch bekannt (TAKANO et al. 2006).

Die Aufnahme über die Atemwege stellt einen wichtigen Aufnahmepfad dar. In Innenräumen befinden sich in der Regel zahlreiche Materialien, die Phthalate in die Innenraumluft und den Hausstaub abgeben.

**Auswirkungen auf  
Atemungsorgane**

Verschiedene Studien befassten sich mit den Auswirkungen von Phthalaten auf die Lungenfunktion bzw. mit möglichen entzündlichen Effekten bei Einatmung. So zeigte sich u. a. ein deutlicher Zusammenhang zwischen Phthalat-Konzentrationen (u. a. DEHP) im Hausstaub aus Kinderzimmern und dem Auftreten von Asthma, Hautekzemen und Katarrh der Nasenschleimhaut bei den betroffenen Kindern (BORNEHAG et al. 2004). In der österreichischen Schulstudie „Luft und Kinder“ fanden sich signifikante Zusammenhänge zwischen dem Weichmacher Benzylbutylphthalat (im Hausstaub) mit der Lungenfunktion (Verringerung der Flusswerte MEF75, MEF50) der Schulkinder (UMWELTBUNDESAMT 2008a, b). Andere Studien fanden Zusammenhänge mit Asthma (JAAKKOLA & KNIGHT 2008).

Die beobachteten Zusammenhänge mit den Metaboliten MEP und MBzP erscheinen daher plausibel und sind auch als weiteres Indiz für die Effekte von Weichmachern auf den Respirationstrakt zu sehen.

**hormonaktive  
Weichmacher**

Hinsichtlich der Auswirkungen von Weichmachern auf die Gesundheit stehen Beeinträchtigungen der Fortpflanzungsfähigkeit und hormonelle Wirkungen im Vordergrund. DEHP führte im Tierversuch u. a. zu Hodenschädigungen (LI et al. 1998, POON et al. 1997). Daten aus epidemiologischen Studien erbrachten Hinweise u. a. auf Beeinträchtigung der Samenqualität bei Männern durch Phthalate (DUTY et al. 2003) und vorzeitige Geschlechtsentwicklung bei Mädchen (COLON et al. 2000). Des Weiteren existieren Hinweise auf fetale Schäden.

DEHP und DBP werden von der EU auf Grundlage der vorhandenen tierexperimentellen Studien als „fortpflanzungsgefährdend“ eingestuft. Adverse Effekte auf endokrine und reproduktive Funktionen beim Menschen müssen angenommen werden. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen erhöhten MEP-Konzentrationen und dem häufigeren Auftreten von hormonellen Problemen war festzustellen. Hier gilt es v. a. die Ergebnisse/Antworten auf die Frage „Hatten Sie irgendwann einmal hormonelle Probleme (z. B. längerer Zeitraum, bis es mit der Schwangerschaft geklappt hat)?“ zu beurteilen. Dabei ist davon auszugehen, dass die Probandinnen die Frage vorwiegend hinsichtlich der Probleme einer verzögerten Schwangerschaft beantworteten. Andere hormonelle Auffälligkeiten wurden nicht genannt (Ausnahme: ein Fall von früher Menarche).

Diese Befunde passen in das Bild der hormonaktiven Weichmacher. Hinsichtlich des Metaboliten MEP konnte in einer schwedischen Studie nachgewiesen werden, dass Versuchspersonen mit den höchsten MEP-Konzentrationen im Harn einen geringeren Prozentsatz progressiv beweglicher Spermien sowie niedrigere Konzentrationen des luteinisierenden Hormons (LH) aufwiesen (JÖNSSON et al. 2005). LH ist ein zentrales Steuerhormon der Geschlechtshormone. Es ist beim Mann für die Spermienreifung und bei der Frau für die Ovulation zuständig. Ist die LH-Ausschüttung zu gering, ist eine Schwangerschaft nicht möglich.

#### 4.1.2 Verhaltensweisen, Alter, Geschlecht

Hinsichtlich des Vorkommens von drei primären Phthalat-Metaboliten im Harn der ProbandInnen (Frauen, Kinder) zeigte sich, dass die Kinder höhere MBzP- und MiBP-Konzentrationen aufwiesen. Des Weiteren wiesen Buben höhere Belastungen als Mädchen auf. Diese Befunde sind aufgrund des ubiquitären Vorkommens von Weichmachern schwer zu interpretieren. Ein Kontakt zu phthalathaltigen Produkten besteht wohl bei allen Personen, unabhängig von ihrem Alter und Geschlecht. Erwähnt sei, dass auch in anderen Studien Kinder höhere MBzP-Werte aufwiesen. Ebenso sind auch geschlechtsbezogene Unterschiede bei den Phthalat-Metaboliten bekannt (BLOUNT et al. 2000, KOCH et al. 2003).

***erhöhte MBzP- und MiBP-Konzentrationen bei Kindern***

Signifikante Korrelationen fanden sich zwischen der Verwendung verschiedener Konsumartikel (Haarschaum, -färbemittel, Make-up, Kaugummi, PET-Flaschen) und dem Phthalat-Metaboliten Mono-ethylphthalat.

***Korrelation MEP und Konsumartikel***

Aus verschiedenen Produktuntersuchungen und Angaben der Industrie ist bekannt, dass Phthalate in kosmetischen Produkten breite Verwendung finden (WITTASSEK 2010). Des Weiteren zählen insbesondere Make-up, Haarfärbemittel und -schaum zu den häufig verwendeten Kosmetika. Da DEP kosmetischen Produkten zugesetzt wird, sind die dargestellten Zusammenhänge plausibel. Eine häufige Anwendung dieser Kosmetikprodukte führt über dermale Aufnahme zu einer höheren internen Belastung.

Auch häufiger Kaugummigenuss zeigte einen Zusammenhang mit der MEP-Konzentration im Harn. Phthalate können sich einerseits in der Kaumasse befinden. Dazu finden sich diverse Angaben (z. B. ENVIRONMENTAL WORKING GROUP 2000), die aber zum Teil nur schwer auf ihre Richtigkeit überprüft werden können. Andererseits ist auch denkbar, dass Weichmacher aus der Verpackung sowie aus Produktionsprozessen in den Kaugummi gelangen können. Ergänzende Untersuchungen an Papieren um Kaugummis bestätigten eine ge-

***Phthalate in Kaugummi***

wisse Hintergrundbelastung. Jedenfalls ist nach unserer Kenntnis dieses in der Studie gefundene Ergebnis bisher noch nicht in Fachzeitschriften publiziert worden.

**Phthalate in PET-Flaschen**

PET-Flaschen: PET ist die Abkürzung für Polyethylenterephthalat, einen Kunststoff, aus dem zum Beispiel Getränkeflaschen und andere Lebensmittelverpackungen hergestellt werden. Kunststoffflaschen werden mittlerweile in der Getränkeindustrie im Vergleich zu Glasflaschen verstärkt eingesetzt. In PET-Flaschen finden sich jedoch z. B. Katalysatoren, die aus dem Kunststoff gelöst werden und somit in das Getränk migrieren können.

Weichmacher werden bei der Produktion von PET-Flaschen nicht verwendet (BfR 2009). Dennoch konnten Phthalate in Flaschen (Sax 2010) und Mineralwasser (Montouri et al. 2008) nachgewiesen werden. Eine Studie, die die Migration von Phthalaten aus Kunststoffflaschen in Softdrinks und Mineralwasser (5 Kategorien) untersuchte, zeigte, dass in Kunststoffflaschen mit Softdrinks 7-fach höhere Phthalat-Mengen herausgelöst wurden als aus Flaschen mit Mineralwasser (Bosnir et al. 2007). Die Autoren führten dies v. a. auf den niedrigeren pH-Gehalt der Softdrinks zurück.

Es ist daher durchaus nachvollziehbar, dass sich bei Personen, die häufiger aus PET-Flaschen trinken, signifikant höhere MEP-Konzentrationen im Harn fanden.

**Phthalatbelastung durch Verpackungsmittel**

Produkt- und Umweltstudien am Umweltbundesamt, welche teilweise noch nicht veröffentlicht wurden, zeigen die Relevanz dieser Stoffgruppe. Sowohl im Hausstaub wie auch in weiteren Umweltmedien sind Phthalate in relevanten Mengen anzutreffen (Umweltbundesamt 2005, 2008a, b). Der Trend, dass DEHP durch andere Phthalate ersetzt wurde, lässt sich aus den Ergebnissen nur teilweise ableiten. DEHP wird immer noch häufig und in hohen Konzentrationen gemessen, die Substitutionsprodukte jedoch nicht. Die Messungen zeigen aber auch, dass Phthalate nicht ausschließlich in einer Konzentration gemessen werden, die dem eines Inhaltsstoffes entsprechen (0,1 % und mehr). Dies weist auf eine stetige Hintergrundbelastung auch in industriellen Prozessen hin. Produkte, Verpackungen, Papier etc. enthalten geringe Konzentrationen an Phthalaten, die in ihrer Summe durchaus Relevanz für die Belastung der Bevölkerung haben können. Dies vor allem, wo z. B. direkter Kontakt zu Lebens- oder Genussmitteln hergestellt ist (Verpackungspapier).

## 4.2 PBDE – subjektive Symptome bzw. gesundheitliche Beeinträchtigungen

**Korrelation mit Kopfschmerzen und Asthma**

Zur Analyse etwaiger Zusammenhänge von PBDE mit Symptomen/Beeinträchtigungen wurde die Summe der gemessenen Werte für jede/n Probanden/in herangezogen. Eine Analyse einzelner PBDE-Kongenere war aufgrund der stark variierenden Verteilung auf die einzelnen Kongenere nicht sinnvoll. In den statistischen Analysen zeigten sich signifikante Korrelationen zwischen höheren PBDE-Konzentrationen im Blut und den Symptomen „Kopfschmerzen“ und „Asthmaanfälle“.

Im Vordergrund möglicher toxischer Wirkungen von PBDE im Niedrigdosisbereich stehen neurotoxische und endokrine Effekte. Kopfschmerzen können neurologische oder auch endokrine Ursachen haben. Bei Frauen können sie beispielsweise aufgrund von Hormonschwankungen während des Zyklus auftreten.

Analog zu den Phthalaten kann das häufigere Auftreten von Kopfschmerzen generell im Zusammenhang mit Expositionen gegenüber Innenraumluftschadstoffen gesehen werden. Eventuell spielen auch PBDE dabei eine Rolle. Dies ist plausibel, da PBDE in der Luft in der Gasphase und auch partikelgebunden nachweisbar sind, wobei die partikelgebundenen Stoffkonzentrationen deutlich höher sind. Gerade im Hausstaub wurden zum Teil hohe PBDE-Werte nachgewiesen (STAPLETON et al. 2004, UMWELTBUNDESAMT 2004, 2008a, b). Sie stammen u. a. aus Elektrogeräten, Textilien oder Baumaterialien (PU-Schäume). Dies könnte erklären, warum PBDE-Belastungen im Menschen sehr unterschiedlich sein können (SJÖDIN et al. 2004). Höhere Staubbelastungen könnten auch für das häufigere Auftreten von Asthmaanfällen verantwortlich sein. In diesem Fall könnten die PBDE ein Indikator für eine höhere Staubbelastung gewesen sein.

#### ***PBDE im Hausstaub***

Für die Nutzung bestimmter Konsum-/Haushaltsprodukte bzw. für spezifische Verhaltensweisen konnten keine Zusammenhänge mit der Konzentration von Flammschutzmitteln im Blut gefunden werden. So wurden u. a. keine Effekte der Verwendung von elektronischen Geräten (PC, Fernseher), die erfahrungsgemäß Flammschutzmittel emittieren, beobachtet. Dies kann auf das Greifen der RoHS-VO (Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten) zurückzuführen sein, welche den Einsatz u. a. von PBDE in Elektronikprodukten reguliert.

#### ***keine Korrelation zu Kosumartikeln***

Ob dies damit zusammenhängt, dass solche Geräte in allen Haushalten anzutreffen waren und die Nutzungsdauer auf die Konzentration in der Luft und in biologischem Material wenig Einfluss hat, oder auf die große Zahl der Kongenere oder auf andere, mit der Metabolisierung zusammenhängende Faktoren kann derzeit nicht entschieden werden. Es ist auch denkbar, dass die PBDE-Emissionen nicht direkte Effekte auf die NutzerInnen haben, sondern erst gebunden an partikuläre Innenraumluftverunreinigungen entsprechende innenraumtypische Beschwerden – wie oben beschrieben – auslösen. Dies wird durch Studien gestützt, die PBDE im Hausstaub in relevanten Mengen in allen untersuchten Proben ermittelt haben (UMWELTBUNDESAMT 2004, 2008a). Zu bedenken ist auch, dass gerade die partikelgebundene Form (Hausstaub) eine Vielzahl von Stoffen enthält. Entsprechenden Cocktail-Effekten durch diese Ansammlung ist nur schwer auf den Grund zu gehen.

### 4.3 Methylquecksilber in den Haaren: Zusammenhänge mit dem Alter, gesundheitlichen Symptomen und Verhaltensweisen

#### **geringe Belastung mit Me-Hg**

Die Mütter waren zwar höher belastet als die Kinder, insgesamt wiesen die Probandinnen und die Kinder jedoch nur geringe Konzentrationen auf. Im Gegensatz zu den anderen Parametern, die in dieser Studie untersucht wurden, entsteht Methylquecksilber erst durch Biotransformation und wird als solches nicht oder kaum direkt in die Umwelt emittiert. Es ist ein Beispiel dafür, dass durch biologische Veränderung eines Stoffes eine für die Gesundheit viel problematischere Substanz entwickelt werden kann.

Zum häufigeren Auftreten der Symptome „Müdigkeit“ und „Sehstörungen“ (zentralnervöse Symptome) findet sich ebenso wie zum Einfluss von Amalgamfüllungen sowie und Fleisch- und Fischkonsum auf die Quecksilberbelastung ausreichende Evidenz in der Literatur (GRANDJEAN et al. 1992, RENZONI et al. 1998).

## 5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

### 5.1 Allgemeines

Der europäische Environment and Health Action Plan 2004–2010 sah vor, ein europaweit harmonisiertes Konzept für Human-Biomonitoring zu entwickeln, um (europaweit) vergleichbare Daten generieren zu können. Auch im österreichischen Kinder-Umwelt-Gesundheitsaktionsplan (CEHAP), Teil einer pan-europäischen Initiative der WHO, finden sich unter den vier Handlungsprioritäten Maßnahmen im Sinne des Human-Biomonitorings, die „zu einer Verringerung des Risikos von Erkrankungen oder Behinderung als Folge einer – auch bereits pränatalen – Belastung durch gefährliche Chemikalien“ beitragen sollen. Dieser wurde durch die Deklaration der Umwelt- und Gesundheitsminister der WHO Region Europa von Parma im März 2010 weiter bestärkt (WHO 2010).

Insgesamt gab es bis dato zur Fragestellung „Innere Belastung mit Industriechemikalien“ keine repräsentativen Daten für Österreich, sondern nur Befunde aus Anlassfällen. Diese Studie sollte erstmals die innere Exposition (Hintergrundbelastung) der österreichischen Bevölkerung gegenüber wesentlichen Industriechemikalien anhand eines repräsentativen Samples darstellen. Ein weiteres Ziel der deskriptiv epidemiologischen Untersuchung war die Identifikation möglicher Belastungspfade.

**erstmalig**  
**Untersuchung der**  
**Hintergrundbelastung**

Die Ergebnisse dieser als Machbarkeitsuntersuchung geplanten Studie (Teilnehmerzahl n = 150) sollten daher erste wertvolle Hinweise liefern, inwieweit eine Belastung in Österreich mit diesen Stoffen besteht und welche Einflüsse (Verhaltensweisen etc.) diese mitbestimmen. Ein zunehmender Trend zeigt sich bei der Exposition gegenüber Weichmachern, die in großem Umfang in der Kunststoffherstellung verwendet werden, oder gegenüber Flammschutzmitteln. Aus diesem Grund wurden die Stoffe bzw. Stoffgruppen Trisphosphate, Polybromierte Diphenylether (PBDE), Phthalate sowie Nonylphenol, Octylphenol und Bisphenol A aus Harn und Blut analysiert. Die Haare wurden zusätzlich auf ihren Gehalt an Methylquecksilber untersucht. Neben der chemischen Analyse der biologischen Materialien (Human-Biomonitoring) wurden Expositionsindikatoren mittels Fragebogen erhoben und eine Prüfung des Sehvermögens durch Farbtafeln nach Ishihara durchgeführt.

**Untersuchungs-**  
**umfang**

Insgesamt wurden 150 freiwillige ProbandInnen (Frauen und ihre Partner im Alter von 24 bis 50 Jahren sowie ihre Kinder im Alter von 6 bis 11 Jahren) aus fünf Regionen in Österreich untersucht (= geschichtete Zufallsstichprobe).

Die Untersuchungen der Erwachsenen umfassten Blutentnahmen (Frauen und Männer), Harnproben (Frauen) und Proben von Haupthaar (Frauen) sowie eine Befragung samt Prüfung der Farberkennung. Die Untersuchung der Kinder umfassten die Beprobung von Harn und Haupthaar. Alle TeilnehmerInnen wurden einem Sehtest mit Farbtafeln unterzogen. Die Untersuchungen waren gesundheitlich unbedenklich und mit Ausnahme der Blutabnahme nicht invasiv.

## 5.2 Analysen und Zusammenhänge

Aus analytischer Sicht war großes Augenmerk auf die prä-analytische Phase zu richten. Über die gewohnte Methodenadaptierung und entsprechende qualitätssichernde Maßnahmen hinaus waren weitere Punkte zu berücksichtigen:

Es galt, aufgrund der Toxikokinetik und der chemischen Eigenschaften der Stoffe geeignete Körpermatrices zu identifizieren, welche die Belastung aufzeigen können. Des Weiteren mussten geeignete Marker für die zu untersuchenden Substanzen (Metaboliten) identifiziert und deren Verfügbarkeit als Referenzsubstanz abgeklärt werden. Die Fragestellung, ob Stoffwechselprodukte (z. B. Glucuronide) oder freie Formen der Stoffe untersucht werden sollten, musste beantwortet werden. Für viele Stoffe sind Standard-Messmethoden nicht verfügbar; diese mussten in aufwändiger Kleinarbeit adaptiert werden. Schließlich ließ sich aber durch Human-Biomonitoring die Belastung des einzelnen Menschen, unabhängig von den vielen einzelnen Aufnahmewegen der Schadstoffe, erfassen.

### ***Phthalatbelastung des Menschen***

Die Analysenergebnisse zeigen, dass einzelne Phthalate in (fast) allen Harnproben nachweisbar waren. Die Messergebnisse wurden mit Werten aus internationalen Studien verglichen. Dabei zeigte sich, dass die gemessenen Konzentrationen vergleichsweise niedrig lagen. Die ubiquitäre Belastung mit Phthalaten wird durch weitere Untersuchungen (teils unveröffentlichte und ergänzende Studien des Umweltbundesamt) von Produkten und des Hausstaubs unterstützt. Die direkte Wohnumgebung, wie Innenräume oder Hausstaub, weist teils sehr hohe Konzentrationen an Phthalaten auf. Der Mensch steht auch durch diverse (Alltags-)Produkte in direktem Kontakt mit diesen Substanzen. Selbst Verpackungsmaterialien wie Papier enthalten geringe Mengen von Phthalaten, die in Lebensmittel und Genussmittel migrieren können.

### ***Phthalatbelastung von Kindern***

Phthalat-Metaboliten, vor allem von DEHP, waren in allen Proben der Kinder nachweisbar. Eine Exposition scheint daher bereits in jungen Jahren unvermeidbar.

Es konnte gezeigt werden, dass verschiedene gesundheitliche Symptome mit höherer innerer Exposition gegenüber Phthalaten korrelieren. Insbesondere die signifikanten Zusammenhänge mit respiratorischen Symptomen und hormonellen Problemen decken sich mit Befunden aus der Fachliteratur. Hinsichtlich Verhaltensweisen, die mit höherer Belastung korrelierten, steht die Nutzung/Verwendung von Konsumprodukten im Vordergrund, die Weichmacher enthalten (können). Neben der Verwendung diverser kosmetischer Produkte zählt dazu auch die Konsumation von Getränken aus PET-Flaschen. Der Zusammenhang einer höheren inneren Belastung mit Kaugummigenuss ist unserer Erkenntnis nach zum ersten Mal beobachtet worden. In ergänzenden Analysen konnte gezeigt werden, dass Verpackungsmaterialien (v. a. auch Recyclingmaterial) der genannten Produkte durchaus auch Phthalate enthalten. Eine Migration in das Produkt kann nicht ausgeschlossen werden.

Aufgrund ihres allgegenwärtigen Vorkommens, der zahlreichen Aufnahmepfade (Nahrungsmittel, Luft etc.) und der unterschiedlichen (unbekannten) Phthalat-Gehalte in Konsumprodukten ist es prinzipiell schwierig, einzelne Produkte als für die Belastung verantwortlich zu identifizieren. Stichprobenartige Analysen zeigen, dass Phthalate in a priori „unverdächtigen“ Produkten zumindest geringfügig vorhanden sind (z. B. Karton-Lebensmittelverpackungen). Sie leisten einen Beitrag zur Gesamtbelastung mit Phthalaten. Substitutionstrends z. B. von DEHP können aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sowie aus ergänzenden Produktuntersuchungen nicht oder nur bedingt nachvollzogen werden.

Bisphenol A wurde zwar in literaturkonformen Konzentrationen an einer Unterauswahl der ProbandInnen bestimmt, jedoch in geringerer Häufigkeit, was die Anzahl an positiven Proben betrifft. Besondere Maßnahmen zur Vermeidung von Blindwerten im Zuge der Analytik können hier ausschlaggebend sein.

***Belastung mit Bisphenol A***

PBDE wurden in geringer Konzentration und bei einer geringen Anzahl von ProbandInnen nachgewiesen. Dennoch zeigt sich auch hier, dass eine deutliche Hintergrundbelastung vorhanden ist.

***Belastung mit PBDE***

Von den PBDE wurden v. a. die Kongenere #99, #153, #196 und #197 in vergleichsweise geringen Konzentrationen bestimmt. Das Auftreten von Niesanfällen bei höherer innerer Exposition mit Flammschutzmitteln (als Summe) kann im Zusammenhang mit Expositionen gegenüber partikulären Innenraumluftschadstoffen gesehen werden. PBDE könnten dabei ein Indikator für eine höhere Staubbelastung gewesen sein. Hausstaub ist als Senke für u. a. PBDE bekannt. Studien des Umweltbundesamt (UMWELTBUNDESAMT 2005, 2008a, b) zeigen die Belastung des Staubs in Haushalten und Schulen auf. Da für öffentliche Gebäude entsprechend hohe Brandschutzstandards gelten, wurden in Schulen auch höhere PBDE-Belastungen festgestellt. Da Staub eine Senke für alle mittel- und schwerflüchtigen Chemikalien ist, können Cocktaileffekte bei der Vielzahl der Verbindungen nicht ausgeschlossen werden. Dazu gibt es bisher aber nur Vermutungen.

Trisphosphate wurden in keinem Fall nachgewiesen, obwohl Innenraumstudien eine sehr hohe Belastung (z. B. im Hausstaub) anzeigen. Ein möglicher rascher Metabolismus der Stoffe täuscht hier wahrscheinlich eine Nicht-Belastung der ProbandInnen vor.

***keine Belastung mit Trisphosphaten***

### 5.3 Ausblick

Eine der Aufgaben von HBM-Untersuchungen ist es, die innere Exposition der Bevölkerung gegenüber Chemikalien und anderen gesundheitlich bedenklichen Umwelteinflüssen zu erfassen. Im Rahmen dieser ersten repräsentativen Human-Biomonitoring-Studie der österreichischen Bevölkerung wurde eine fundierte, maßgeschneiderte und effiziente Herangehensweise entwickelt, um eine wissenschaftlich nachvollziehbare HBM-Untersuchung durchzuführen. Die Vorgangsweise garantiert die Generierung repräsentativer und belastbarer Daten. Dies ist allerdings mit einem entsprechenden hohen organisatorischen, zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden. Dies muss bei Planungen mit z. B. einem größeren Untersuchungskollektiv bedacht werden.

Die Studie hat gezeigt, dass eine innere Belastung mit PBDE und Phthalaten der österreichischen Bevölkerung vorliegt. Die Belastung mit Weichmachern ist deutlich ausgeprägt und betrifft in größerem Umfang auch Kinder. Trisphosphate waren nicht nachweisbar. Die Belastung der StudienteilnehmerInnen mit Methylquecksilber ist als gering zu bezeichnen, vor allem im Vergleich mit Studien aus Ländern, wo vorwiegend Meeresfisch und Meeresfrüchte verzehrt werden.

Es handelt sich bei den untersuchten Industriechemikalien zweifellos um Stoffe, die aufgrund ihres toxikologischen Profils (Reproduktions-, Neurotoxizität etc.) ein Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung darstellen. Die Belastung von Kindern mit Phthalaten und deren breite Wirkung – v. a. auf Hormonsystem und Respirationstrakt – ist dabei erneut zu unterstreichen.

**strengere  
Regelungen sind  
notwendig**

Im Besonderen zeigt die Phthalat-Problematik die dringende Notwendigkeit für strengere Regelungen auf. Bedingt durch das ubiquitäre Vorkommen in der Umwelt und die unterschiedlichen Gehalte in Konsumprodukten ist ein Rückschluss einer (inneren) Belastung auf eine spezielle Quelle/Ursache kaum möglich. Es muss daher auf die Dringlichkeit einer stärkeren Kontrolle der Freisetzung von Chemikalien hingewiesen und ein Bewusstsein für die gegenwärtige Hintergrundbelastung entwickelt werden. Dazu erklärte unlängst Jochen Flasbarth, Präsident des deutschen Umweltbundesamtes, anlässlich der Human-Biomonitoring Tagung in Berlin (UBA 2010): *„Viele Chemikalien werden heute weltweit eingesetzt; deshalb ist es wichtig, Belastungen bereits an der Quelle auszuschließen, indem problematische Stoffe gar nicht erst für Produkte zugelassen werden.“* Auch im Children Environment Health Action Plan (CEHAP) Österreich der WHO wird auf die Bedeutung von „Gesetze(n) zum Schutz der Kinder vor der Belastung durch gefährliche Chemikalien in Spielzeug und anderen Gebrauchsgegenständen“ hingewiesen.

**HBM als zentrales  
Informations- und  
Kontrollinstrument**

Die Etablierung von Human-Biomonitoring als Instrument zur Maßnahmenentwicklung und -bewertung zum (vorsorgenden) Schutz der Gesundheit ist auch in Österreich von großer Bedeutung. Fallbeispiele zeigen, dass die Umlegung internationaler Daten für die nationale Gesetzgebung nicht zulässig ist, da spezifische Expositionsunterschiede zwischen Ländern beobachtet werden. Human-Biomonitoring ist für den gesundheitsbezogenen Umweltschutz ein zentrales Informations- und Kontrollinstrument. Es liefert wissenschaftlich fundierte Daten, ob und in welchem Ausmaß Stoffe vom menschlichen Körper aufgenommen werden, ob es in der Bevölkerung Gruppen mit besonders hohen Belastungen gibt (Warnsystem) und ob chemikalienrechtliche Regulierungen (REACH) zum gewünschten Rückgang von Belastungen geführt haben.

Human-Biomonitoring bedarf einer interdisziplinären Planungs- und Vorgehensweise zwischen Chemikerinnen/Chemikern, ToxikologInnen, Medizinerinnen/Medizinern und der Verwaltung, um für relevante Stoffgruppen geeignete Marker (Metaboliten) zu identifizieren, diese messbar zu machen und anhand der Dateninterpretation geeignete Maßnahmen umsetzen zu können.

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- ÄGU – Ärzte und Ärztinnen für eine Gesunde Umwelt (2003): Wohnen und Gesundheit. Wien. ISBN 3-9501832-0-5.
- ANGERER, J.; PREUSS, R. & KOCH, H. (2005): Biological Monitoring of the five major metabolites of di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) in human urine using column switching liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 816 (1-2): 269–280.
- BECKER, K.; SEIWERT, M.; ANGERER, J.; HEGER, W.; KOCH, H.; NAGORKA, R.; ROßKAMP, E.; SCHLÜTER, C.; SEIFERT, B. & ULLRICH, D. (2004): DEHP metabolites in urine of children and DEHP in house dust. *Int. J. Hyg. Environ.* 2007: 409–417.
- BECKER, K.; SEIWERT, M.; ANGERER, J.; KOLOSSA-GEHRING, M.; HOPPE, H.-W.; BALL, M.; SCHULZ, C.; THUMULLA, J. & SEIFERT, B. (2006): GerES IV Pilot Study: assessment of the exposure of German children to organophosphorus and pyrethroid pesticides. *Int J Hyg Environ Health* 209: 221–233.
- BECKER, K.; CONRAD, A.; KIRSCH, N.; KOLOSSA-GEHRING, M.; SCHULZ, C.; SEIWERT, M. & SEIFERT, B. (2007): German Environmental Survey (GerES): Human Biomonitoring as a tool to identify exposure pathways. *Int J Hyg Environ Health* 2007 (submitted).
- BECKER, K.; PICK-FUß, H.; CONRAD, A.; ZIGELSKI, C.; KOLOSSA-GEHRING, M.; GÖEN, T. & SEIDEL, A. (2009): Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06. Human-Biomonitoring-Untersuchungen auf Phthalat und Phenanthrenmetabolite sowie Bisphenol A. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau. ISSN 1862-4340.
- BERGLUND, M.; LIND, B.; BJORNBERG, KA.; PALM, B.; EINARSSON, O. & VAHTER, M. (2005): Inter-individual variations of human mercury exposure biomarkers: a cross sectional assessment. *Environ. Health*, 4: 20–27.
- BERMAN, T.; HOCHNER-CELNIKIER, D.; CALAFAT, A.; NEEDHAM, L.; AMITAI, Y., WORMSER, U & RICHTER, E. (2009): Phthalate exposure among pregnant women in Jerusalem, Israel: Results of Pilot Study. *Environment International* 35: 353–357.
- BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (2009): Hormonell wirkende Substanzen in Mineralwasser aus PET-Flaschen. Information Nr. 006/2009 des BfR vom 18. März 2009.
- BLOUNT, B.C.; SILVA, M.J.; CAUDILL, S.P.; NEEDHAM, L.L.; PIRKLE, J.L.; SAMPSON, E.J.; LUCIER, G.W.; JACKSON, R.J. & BROCK, J.W. (2000): Levels of Seven Urinary Phthalate Metabolites in a Human Reference Population. *EHP* 108: 979–982.
- BORNEHAG, C.-G.; SUNDELL, J.; WESCHLER, C.; SIGSGAARD, T.; LUNDGREN, B.; HASSELGREN, M. & HÄGERHED-ENGMAN, L. (2004): The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: a nested case-control study. *Environmental Health Perspectives* 112: 1393–1398.
- BOSNIR, J.; PUNTARIC, D.; GALIC, A.; SKES, I.; DIJANIC, T.; KLARIC, M.; GRGIC, M.; CURKOVIC, M. & SMIT, Z. (2007): Migration of Phthalates from Plastic Containers into Soft Drinks and Mineral Water. *Food Technol. Biotechnol.* 45: 91–95.
- CALAFAT, A.M.; KUKLENYIK, Z.; REIDY, J.A.; CAUDILL, S.P.; EKONG, J. & NEEDHAM, L.L. (2005): Urinary Concentrations of Bisphenol A and 4-Nonylphenol in a Human Reference Population. *Environmental Health Perspectives* 113(4): 391–395.

- CALAFAT, A.M.; YE, X.; WONG, L.-Y.; REIDY, J.A. & NEEDHAM, L.L. (2008): Exposure of the U.S. Population to Bisphenol A and 4-tertiary-Octylphenol: 2003–2004. *Environmental Health Perspectives* 116(1): 39–44.
- CDC – Centre for Disease control (2005): Third National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention (CDC), Atlanta, GA.
- COLÓN, I.; CARO, D.; BOURDONY, C. & ROSARIO, O. (2000): Identification of Phthalate Esters in the Serum of Young Puerto Rican Girls with Premature Breast Development. *Environ Health Perspect* 108: 895–900.
- DEKANT, W. & VÖLKEL, W. (2008): Human exposure to bisphenol A by Biomonitoring: Methods, results and assessment of environmental exposures. *Toxicology and Applied Pharmacology* 228: 114–134.
- DICKMAN, M.D. & LEUNG, K.M. (1998): Mercury and organochlorine exposure from fish consumption in Hong Kong. *Chemosphere*, 37: 991–1015.
- DRASCH, G.; WANGHOFER, E. & ROIDER, G. (1997): Are blood, urine, hair, and muscle valid biomonitoring for the internal burden of men with the heavy metals: mercury, lead and cadmium?. *Trace Elements and Electrolytes*, 14: 116–123.
- DUTY, S.M.; SINGH, N.P.; SILVA, M.J.; BARR, D.B.; BROCK, J.W.; RYAN L.; HERRICK, R.F.; CHRISTIANI, D.C. & HAUSER, R. (2003): The relationship between environmental exposures to phthalates and DNA damage in human sperm using the neutral comet assay. *Environ Health Perspect* 111: 1164–1169.
- EC – European Commission (2002): Risk assessment for Nonylphenol:  
[http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK\\_ASSESSMENT/SUMMARY/4-nonylphenol\\_nonylphenolsum017.pdf](http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/SUMMARY/4-nonylphenol_nonylphenolsum017.pdf).
- EC – European Commission (2008a): Updated European Risk Assessment Report 4,4'-isopropylidenediphenol (Bisphenol A). European Chemicals Bureau: Existing Chemicals. European Communities.  
[http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK\\_ASSESSMENT/ADDENDUM/bisphenola\\_add\\_325.pdf](http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/ADDENDUM/bisphenola_add_325.pdf).
- EC – European Commission (2008b): Summary Risk Assessment Report for DEHP, final report, European Commission 2008, EUR 23384EN, European Union Risk Assessment Report, Volume 80, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ISSN 1018-5593.
- ECHA – European Chemicals Agency (2009): Background document for bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP). Document developed in the context of ECHA's first recommendation for the inclusion of substances in Annex XIV, 1 June 2009, available at:  
[http://echa.europa.eu/doc/authorisation/annex\\_xiv\\_rec/subs\\_spec\\_background\\_docs/dehp.pdf](http://echa.europa.eu/doc/authorisation/annex_xiv_rec/subs_spec_background_docs/dehp.pdf).
- ECHA – European Chemicals Agency (2010): Evaluation of new scientific evidence concerning the restriction contained in annex XVII to regulation (EC) No 1907/2006 (REACH): Review of new available information for bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP), review report.

- ECPI (2004): Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP): human metabolism and internal exposure – an update and latest results. In: Koch, H.M.; Angerer, J. & Preuss, R. (2006): Int. J. Androl. 29: 155-165. EFRA, European Flame Retardants Association, Juni 2008. [www.cefic-efra.eu](http://www.cefic-efra.eu).
- EFRA – European Flame Retardants Association (2006): Flame retardant market statistics CEFIC European Chemical Industry Council.  
<http://www.flameretardants.eu/Objects/2/Files/European%20FR%20Market.pdf>.
- EFSA – European Food Safety Authority (2006): Gutachten des Wissenschaftlichen Gremiums für Lebensmittelzusatzstoffe, Aromastoffe, Verarbeitungshilfsstoffe und Materialien, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen, auf Ersuchen der Kommission über 2,2-BIS(4-HYDROXYPHENYL)PROPAN (Bisphenol A). EFSA Journal 428 (2006).
- EFSA – European Food Safety Authority (2007) Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to 2,2-BIS(4-HYDROXYPHENYL)PROPANE:  
[http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa\\_locale-1178620753812\\_1178620772817.htm](http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1178620772817.htm).
- EK – Europäische Kommission (2003): Communication from the Commission to the Council, the European Parliament and the European Economic and Social Committee on a European Environment and Health Strategy (COM(2003)338 final) adopted by the Commission on 11 June 2003.
- EK – Europäische Kommission (2004): Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee: "The European Environment & Health Action Plan 2004–2010" COM(2004) 416 final.
- ENVIRONMENTAL WORKING GROUP (2003): <http://www.ewg.org/reports/mothersmilk>.
- EPA – Environmental Protection Agency (2007): METHOD 1614: Brominated Diphenyl Ethers in Water Soil, Sediment and Tissue by HRGC/HRMS, US Environmental Protection Agency, Washington DC.
- ESBIO – Expertteam to Support Biomonitoring in Europe (2007): Ergebnisse des FP6 Projektes: [www.eu-biomonitoring.org](http://www.eu-biomonitoring.org).
- FROMME, H.; BOLTE, G.; KOCH, H.; ANGERER, J.; BOEHMER, S.; DREXLER, H.; MAYER, R. & LIEBL, B. (2007): Occurrence and daily variation of phthalate metabolites in the urine of an adult population. Int. J. Hyg. Environ. Health 210 (1): 21–33.
- GRANDJEAN, P.; WEIHE, P. & JORGENSEN, P.J. (1992): Impact of maternal seafood diet on fetal exposure to mercury, selenium and lead. Arch Environ Health, 47: 185–195.
- HBM-KOMMISSION (2010): Gesundheit und Umwelthygiene. HBM- und Referenzwerte (Definitionen und Tabellen).  
<http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/monitor/definitionen.htm>.
- HÖGBERG, J.; HANBERG, A.; BERGLUND, M.; SKERFVING, S.; REMBERGER, M.; CALAFAT, A.; FILIPSON, A.; JANSSON, N.; JOHANSSON, N.; APPELGREN, M. & HAKANSSON, H. (2008): Phthalate diesters and their metabolites in human breast milk, blood or Serum, and urine as biomarkers of exposure in vulnerable populations. Environmental Health Perspectives, 116,3: 334–339.
- HOPPIN, J.A.; BROCK, J.W.; DAVIS, B.J. & BAIRD, D.D. (2002): Reproducibility of Urinary Phthalate Metabolites in First Morning Urine Samples. Environmental Health Perspectives 110: 515–518.

- HOPPIN, J.A., ULMER, R. & LONDON, S.D. (2004): Phthalate exposure and pulmonary function. *Environ Health Perspect.* 112: 571-4.
- INOUE, S.; SAITO, T.; MASE, H.; SUZUKI, Y.; TAKAZAWA, K.; YAMAMOTO, I. & INOKUCHO, S. (2007): Rapid simultaneous determination for organophosphorous pesticides in human serum by LC-MS. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 44n (1): 258–264.
- JAAKKOLA, J.J. & KNIGHT, T.L. (2008): The role of exposure to phthalates from polyvinyl chloride products in the development of asthma and allergies: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 116: 845–53.
- JAAKKOLA, J.J.; VERKASALO, P.K. & JAAKKOLA, N. (2000): Plastic wall materials in the home and respiratory health in young children. *Am J Public Health* 90: 797–799.
- JÖNSSON, B.; RICHTHOFF, J.; RYLANDER, L.; GIWERCMAN, A. & HAGMAR, L. (2005): Urinary Phthalate Metabolites and Biomarkers of Reproductive Function in Young Men. *Epidemiology* 16: 487–493.
- KOCH, H. & ANGERER, J. (2007): Di-iso-Nonylphthalate (DiNP) metabolites in human urine after a single oral dose of deuterium-labelled DiNP. *Int. J. Hyg. Environ.-Health* 210: 9–19.
- KOCH, H.; ROSSBACH, B.; DREXLER, H. & ANGERER, J. (2003): Internal exposure of the general population to DEHP and other phthalates – determination of secondary and primary phthalate monoester metabolites in urine. *Environ Res* 93(2): 177–185.
- KOCH, H.; BOLT, H.; PREUSS, R.; ECKSTEIN, R.; WEISBACH, V. & ANGERER, J. (2005): Intravenous exposure to di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP): metabolites of DEHP in urine after a voluntary platelet donation. *Arch. Toxicol.* 79: 689–693.
- KOCH, H.; MÜLLER, J. & ANGERER, J. (2007): Determination of secondary, oxidized di-isononylphthalate (DiNP) metabolites in human urine representative for the exposure to commercial DiNP plasticizers. *J. Chromatography B*, 847: 114–125.
- KOCH, H.N.; BECKER, K.; WITTASSEK, M.; SEIWERT, M.; ANGERER, J. & KOLOSSA-GEHRING, M. (2006): Di-n-butylphthalate and Butylbenzylphthalate (BBzP) – urinary metabolite levels and estimated daily intakes: pilot study for the German Environmental Survey on children (GerES IV). *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2006, Sep 27.
- KOLARIK, B.; NAYDENOV, K.; LARSSON, M.; BORNEHAG, C.G. & SUNDELL, J. (2008): The association between phthalates in dust and allergic diseases among Bulgarian children. *Environmental Health Perspectives* 116: 98–103.
- KOLOSSA-GEHRING, M. (2006): Problems and deficits in conducting HBM. *ESBIO Conference on „State of the art of Human Biomonitoring within Europe. Lisbon, Portugal, March 19–21, 2006.*
- KOLOSSA-GEHRING, M. & BECKER, K. (2006): GERMAN ENVIRONMENTAL SURVEY FOR CHILDREN (2006): Symposium: Human Biomonitoring (HBM) as a key tool in environment and health. *ISEA 2006, Paris, France, September 2–6, 2006. Abstract Book, p. 307.*
- KOLOSSA-GEHRING, M.; BECKER, K.; CONRAD, A.; SCHULZ, C. & SEIWERT, M. (2006a): Pollution from house dust and children's exposure to chemicals/effects of passive smoking. *Expert Meeting on Children's Behaviour and Exposure to Chemicals. Tokyo, Japan, February 23, 2006.*

- KOLOSSA-GEHRING, M.; BECKER, K.; CONRAD, A.; SCHULZ, C. & SEIWERT, M. (2006b): GerES IV Pilot Study: The latest report from GerES IV for Children in Germany. International Symposium on Children's Environmental Health, Tokyo, Japan, February 24, 2006.
- KRAUSKOPF, L.G. (1973): Studies on the toxicity of phthalates via ingestion. *Environ Health Perspect* 3: 61–72.
- LI, L.H.; JESTER, F. & ORTH, M. (1998): Effects of relatively low levels of mono-(2-ethylhexyl) phthalate on cocultured Sertolicells and gonocytes from neonatal rats. *Toxicol Sci* 153: 258–265.
- MONTUORI, P.; JOVER, E.; MORGANTINI, M.; BAYONA, J.M. & TRIASSI, M. (2008): Assessing human exposure to phthalic acid and phthalate esters from mineral water stored in polyethylene terephthalate and glass bottles. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 25: 511–518.
- MÜLLER, M.J. (2007): *Ernährungsmedizinische Praxis*. Springer Medizin Verlag, Heidelberg.
- NEW JERSEY DEPARTMENT OF HEALTH AND SENIOR SERVICES (2010): Right to know hazardous Substances Fact Sheet: Di-n-butyl-phthalate.
- NTP – National Toxicology Program (2008): NTP-CERHR Monograph on the potential human and reproductive and developmental effects of Bisphenol A: NIH Publication 08-5994. <http://cerhr.niehs.nih.gov/chemicals/bisphenol/bisphenol.pdf>.
- ORMOND, G.; NIEUWENHUIJSEN, M.J.; NELSON, P.; TOLEDANO, M.B.; ISZATT, N.; GENELETTI, S. & ELLIOTT, P. (2009): Endocrine disruptors in the workplace, hair spray, folate supplementation, and risk of hypospadias: case-control study. *Environmental Health Perspectives* 117: 303-7.
- OSKARSSON, A.; SCHULTZ, A.; SKERFVING, S.; HALLEN, I.P.; OHLIN, B. & LAGERKVIST, B.J. (1996): Total and inorganic mercury in breast milk in relation to fish consumption and amalgam in lactating women. *Arch Environ Health* 51: 234–241.
- POON, R.; LECAVALIER, P.; MUELLER, R.; VALLI, V.E.; PROCTER, B. & CHU, I. (1997): Sub-chronic oral toxicity of di-n-octyl phthalate and di(2-ethylhexyl)phthalate in the rat. *Food Chem Toxicol*, 35: 225–239.
- RENZONI, A.; ZINO, F. & FRANCHI, E. (1998): Mercury levels along the food chain and risk for exposed populations. *Environ. Res.*, 77: 68–72.
- RUDEL, R.A.; CAMANN, D.E.; SPENGLER, J.D.; KORN, L.R. & BRODY, J.G. (2002): Phthalates, Alkyl phenols, Pesticides, polybrominated Diphenyl Ethers, and other Endocrine-Disrupting Compounds in Indoor Air and Dust. *Environmental Science and Technology* online. <http://www.mindfully.org/pesticide/2003/Phthalates-Indoor-Air-Dust13sep03.htm>.
- SAX, L. (2010): Polyethylene terephthalate may yield endocrine disruptors. *Environ Health Perspect* 118: 445–448.
- SCHINDLER, B. (2009): Erarbeitung und Anwendung einer Methode zur Bestimmung der Metaboliten von Flammschutzmitteln auf Basis von Phosphorsäuretriestern in menschlichen Körperflüssigkeiten. Dissertation Universität Nürnberg-Erlangen.
- SCHULZ, C.; ANGERER, J.; EWERS, U. & KOLOSSA-GEHRING, M. (2007a): The German Human Biomonitoring Commission. *Int J Hyg Environ Health*. 210: 373–382.

- SCHULZ, C.; CONRAD, A.; BECKER, K.; KOLOSSA-GEHRING, M.; SEIWERT, M. & SEIFERT, B. (2007b): Twenty years of German Environmental Surveys (GerES): Human biomonitoring – Temporal and spatial (West Germany/East Germany) differences in population exposure. *Int J Hyg Environ Health*. (211) Mar 6.
- SEXTON, K.; NEEDHAM, L.L. & PIRKEL, J.L. (2004): Human Biomonitoring of Environmental Chemicals. Measuring chemicals in human tissues is the „golden standard“ for assessing people`s exposure to pollution. *American Scientist* 92: 38–45.  
[http://www.cdc.gov/biomonitoring/pdf/AS\\_article\\_biomonitoring.pdf](http://www.cdc.gov/biomonitoring/pdf/AS_article_biomonitoring.pdf).
- SILVA, M.; BARR, D.; REIDY, J.; MALEK, N.; HODGE, C.; CAUDILL, S.; BROCK, J.; NEEDHAM, L. & CALAFAT, A. (2004): Urinary Levels of Seven Phthalate Metabolites in the U.S. Populations from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999–2000. *Environmental Health Perspectives* 112: 331–338.
- SJÖDIN, A.; PÄPKE, O.; MCGAHEE, E.; JONES, R.; FOANT, J-F.; PLESS-MULLOLI, T.; TOMS, L.-M.; WANG, R.; ZHANG, Y.; NEEDHAM, L.; HERRMANN, T. & PATTERSON, D. (2004): Concentration of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in house hold dust – inhalation a potential route of human exposure. *Organohalogen Compd*. 66, 2004b: 3770–3775.
- STAPLETON, H.M.; SCHANTZ, M. & WISE, S. (2004): Polybrominated diphenyl ether measurements in household dust. [BFR 2004, www.bfr2004.com](http://www.bfr2004.com).
- STATISTIK AUSTRIA (2003): Konjunkturerhebung im produzierenden Bereich 2002: Band 2: Produktionsergebnisse nach CPA 1996 und ÖPRODCOM.
- SVERDRUP, H.: Three simple methods for calculating critical loads for mercury in forest and aquatic eco systems. In: *Proceedings of Expert Meeting on Critical Limits for Heavy Metals and Methods for their Application*. Berlin, 2–4 December 2002. Umweltbundesamt, Berlin, 2003.
- SWAN, S.; MAIN, K.; STEWARD, S.; KRUSE, R. & CALAFAT, A. (2005): Decrease and anogenital distance among male infants with prenatal phthalate exposure. *Environ. Health Perspect*. 113: 1056–1061.
- TAKANO, H.; YANAGISAWA, R.; INOUE, K.; ICHINOSE, T.; SADAKANE, K. & YOSHIKAWA, T. (2006): Di-(2-ethylhexyl)phthalate enhances atopic dermatitis-like skin lesion in mice. *Environ Health Perspect* 114: 1266–1269.
- UMWELTBUNDESAMT (2004): Uhl, M.; Hohenblum, P. & Scharf, S.: Hausstaub, ein Indikator für die Innenraumbelastung. *Berichte*, Bd. BE-258. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2008a): Hohenblum, P.; Kundi, M.; Gundacker, C.; Hutter, H.P.; Jansson, M.; Moosmann, L.; Scharf, S.; Tappler, P. & Uhl, M.: LUKI – Luft und Kinder. Einfluss der Innenraumluft auf die Gesundheit von Kindern in Ganztages-schulen. Kurzfassung. *Berichte*, Bd. REP-0181. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2008b): Hohenblum, P.; Kundi, M.; Gundacker, C.; Hutter, H.P.; Jansson, M.; Moosmann, L.; Scharf, S.; Tappler, P. & Uhl, M.: LUKI – Luft und Kinder. Einfluss der Innenraumluft auf die Gesundheit von Kindern in Ganztages-schulen. Langfassung. *Berichte*, Bd. REP-0182. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT BERLIN (2001): Umwelt- und gesundheitsschädliche Flammschutzmittel: Einsatz mindern und ersetzen. Pressemitteilung des Umweltbundesamtes Berlin am 24. August 2001.
- UMWELTBUNDESAMT DESSAU (2008): Bromierte Flammschutzmittel mit schlechten Eigenschaften. Pressemitteilung des Umweltbundesamtes.  
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/flammschutzmittel.pdf>.

- UNEP CHEMICALS BRANCH (2004): OECD Screening Information Data Set SIDS: Diallyl Phthaltate. <http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/ocedsids/131179.pdf>.
- VÖLKE, W.; KIRANOGLU, M. & FROMME, H. (2008): Determination of free and total bisphenol A in human urine to assess daily uptake as a basis for valid risk assessment. Toxicology Letters 179: 155–162.
- WHO – World Health Organization & ICPS – International Classification for Patient Safety (1990): Methyl mercury. Environm. Health Criteria 101: 76–99.
- WHO – World Health Organisation (2010): Fünfte Ministerkonferenz Umwelt und Gesundheit „Schutz der Gesundheit der Kinder in einer sich verändernden Umwelt“ Parma (Italien), 10.–12. März 2010. EUR/55934/5.1 Rev.2.
- WITTASSEK, M.; KOCH, H.; ANGERER, J. & BRÜNING, T. (2010): Assessing exposure to phthalates – The human biomonitoring approach. Mol. Nutr. Food Res. 54: 1–25.
- WWF – World Wildlife Found (2004): Bad Blood: A Survey of Chemicals in the Blood of European Ministers. WWF DetoX Campaign. Safer Chemicals for a Healthy Future. <http://assets.panda.org/downloads/badbloodoctober2004.pdf>.
- WWF – World Wildlife Found (2005): Generation X Report: Results of WWF's European Family Biomonitoring Survey. WWF DetoX Campaign. Brussels. <http://assets.panda.org/downloads/badbloodoctober2004.pdf>.
- AUGE-ONLINE: <http://www.auge-online.de/Diagnostik/Farb- und Kontrastsehen/farb- und kontrastsehen.html>.
- ZERSEN, D.V. & KOELLER, D.M. (1975): Die Beschwerdeliste. Berlitztest.

## Rechtsnormen und Leitlinien

- GHS-Verordnung (VO (EG) Nr. 1272/2008): Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) No. 1907/2006.
- ÖNORM EN ISO 17294-2 (2003): Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) – Part 2: Determination of 62 elements.
- RoHS-VO (RL 2002/95/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2002 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten. ABl. Nr. L 37.
- Stockholm Convention (2009): UNEP/POPS/COP.4/SC-4/14 Listing of hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether sowie UNEP/POPS/COP.4/SC-4/18 Listing of tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether.
- VO (EG) Nr. 552/2009: Verordnung der Kommission vom 22. Juni 2009 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) hinsichtlich Anhang XVII.
- RL (EU) Nr. 8/2011: Richtlinie der Kommission vom 28. Jänner 2011 zur Änderung der RL 2002/72/EG hinsichtlich der Beschränkung der Verwendung von Bisphenol A in Säuglingsfläschchen aus Kunststoff.

**Umweltbundesamt GmbH**

Spittelauer Lände 5  
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

**Der massive Einsatz von Weichmachern oder Flammschutzmitteln führt zu einer zunehmenden Belastung des Menschen mit Industriechemikalien.**

**In dieser erstmals in Österreich durchgeführten Human-Biomonitoring-Studie untersucht das Umweltbundesamt, ob und in welchem Ausmaß Schadstoffe vom menschlichen Körper aufgenommen werden.**

**Es wurden Blut-, Harn- und Haarproben von 150 Personen auf das Vorhandensein einer Reihe von Industriechemikalien sowie die Schwermetallverbindung Methylquecksilber getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Belastung der österreichischen Bevölkerung, insbesondere von Kindern, mit Polybromierten Diphenylethern (PBDE) und Phthalaten vorliegt.**

**Des Weiteren konnte ein Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Beschwerden der Testpersonen und deren Schadstoffkonzentrationen im Körper hergestellt werden.**