



## Konsumenten-Exposition gegenüber Phthalaten in Europa: Identifizierung der wichtigen Quellen

Matthias Wormuth, Martin Scheringer, Konrad Hungerbühler; Zürich, [matthias.wormuth@chem.ethz.ch](mailto:matthias.wormuth@chem.ethz.ch)

### Kurzfassung

Dieser Artikel fasst Ergebnisse der Dissertation von M. Wormuth über die menschliche Exposition gegenüber in Verbrauchsgegenständen enthaltenen Chemikalien zusammen, die in Zusammenarbeit mit dem Schweizer Bundesamt für Gesundheit (BAG) entstanden ist (Wormuth 2006). Anhand von Szenarien, die typische Expositionssituationen wiedergeben, wird die Exposition von sieben europäischen Konsumenten-Gruppen gegenüber Phthalaten untersucht. Die Studie betrachtet 15 Aufnahmepfade, von denen einige für die Konsumenten-Exposition bedeutend sind: kontaminierte Nahrungsmittel, Innenraumluft, Hausstaub, Plastikspielzeuge, kosmetische Produkte. Kleinkinder sind bezogen auf ihr Körpergewicht den höchsten Mengen der häufig gebrauchten Dibutyl-, Di-2-ethylhexyl- und Diisononylphthalate (DnBP, DEHP, DINP) ausgesetzt. Deutlich unterscheiden sich die Quellen der Exposition von Kleinkindern auf der einen und Jugendlichen und Erwachsenen auf der anderen Seite für Benzylbutyl-, DINP und Diisodecylphthalat (BBP, DIDP). Ähnliche Quellen verursachen die Exposition gegenüber Dimethyl-, Diethyl-, Diisobutylphthalat, DnBP und DEHP (DMP, DEP, DiBP). Der Beitrag von Hausstaub zur Exposition gegenüber Phthalaten nimmt mit zunehmendem Alter ab. Für DMP und DnBP nimmt die Bedeutung von Körperpflegeprodukten für die Exposition mit zunehmendem Alter zu.

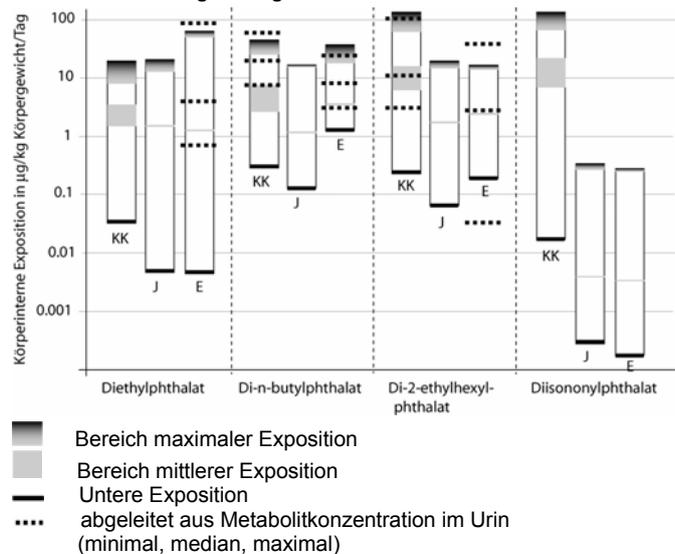
### Szenarien-basierte Expositionsanalyse

Wir haben die durchschnittliche Höhe und die Bandbreite der chronischen Exposition der europäischen Bevölkerung gegenüber acht häufig benutzten Phthalaten untersucht, indem typische Expositionssituationen mit Hilfe von Szenarien abgebildet wurden. Eine chronische Exposition der Bevölkerung könnte kritisch sein, da für wichtige Phthalate bedenkliche gesundheitliche Nebenwirkungen bekannt sind (Duty et al. 2005, Swan et al. 2005). Die Exposition wurde mit Modellen simuliert, für die eine begrenzte Anzahl von Eingabeparametern benötigt wurde. Betrachtet wurden einerseits Pfade, die zu einer direkten Exposition gegenüber Phthalaten führen, z.B. die Verwendung von Sprühdosen oder Gummihandschuhen. Andererseits war es notwendig, indirekte Expositionspfade einzubeziehen, da Nahrungsmittel, Innenraumluft und Hausstaub durch die Nutzung verschiedener Produkte und die Ausgasung aus diversen Verbrauchsgegenständen kontaminiert sein können (Afshari et al. 2004, Fromme et al. 2004, Pfordt und Brunsweller 1999, UBA 2002). Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Pfade und die Parametrisierung der entsprechenden Modelle findet sich bei Wormuth et al. (2006).

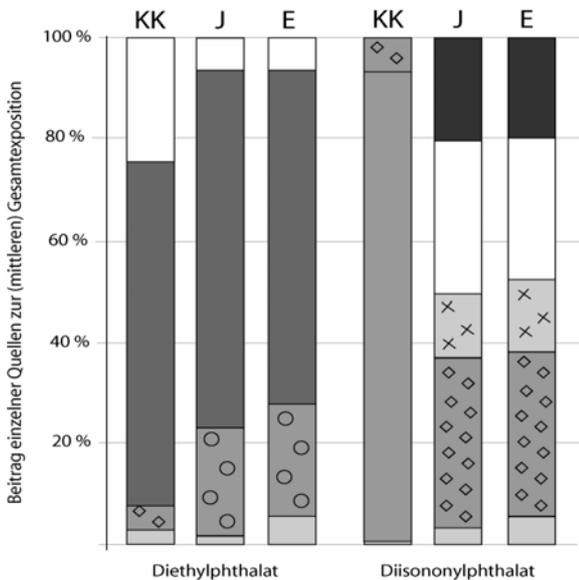
Die europäische Bevölkerung wurde für diese Studie in sieben Alters- und Geschlechtsgruppen unterteilt. Diese Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer körperlichen Merkmale (z.B. Körpergewicht, Atemvolumen). Noch wichtiger ist die Unterscheidung ihrer täglichen Gewohnheiten mit Blick auf die Ernährung, die Verwendung von Produkten, die Aufenthaltsdauer in unterschiedlichen Umgebungen und die physischen Aktivitäten. Kleinkinder verzehren andere und im Hinblick auf ihr Körpergewicht mehr Nahrungsmittel als Jugendliche oder Erwachsene. Sie führen diverse Gegenstände zum Mund und kauen oder lutschen ausgiebig an diesen. Sie krabbeln auf dem Boden und kommen dadurch in stärkerer Masse mit Hausstaub in Kontakt. Auf der anderen Seite nutzen Kinder, Jugendliche und Erwachsene täglich eine grosse Zahl unterschiedlichster Verbrauchsgegenstände, deren Nutzung Kleinkindern vorenthalten bleibt.

### Wie hoch und wodurch Verbraucher exponiert sind

Exemplarisch werden hier die Expositionen von Kleinkindern, Jugendlichen und Erwachsenen gegenüber 4 Phthalaten gezeigt (Abbildung 1). Die modellierten Expositionen werden mit aus Konzentrationen der Metabolite im menschlichen Urin abgeleiteten Expositionshöhen verglichen, wo solche Daten vorhanden sind (Koch et al. 2003, Koch et al. 2004, Koch et al. 2005). Die Quellen der Exposition werden für DEP und DINP in Abbildung 2 dargestellt.



**Abb 1:** Vergleich der Exposition europäischer Kleinkinder (KK), Jugendlicher (J) und Erwachsener (E) gegenüber gebräuchlichen Phthalaten.



### Quellen der Konsumenten-Exposition

- Innenraumluft
- Sprühdarben
- Körperpflegemittel: dermal
- ⊗ Gummihandschuhe
- ◇ Hausstaub: oral
- Körperpflegemittel: oral
- Kinderspielzeuge: oral
- Nahrungsmittel

**Abb. 2:** Quellen der (mittleren) Exposition von Kleinkindern (KK), Jugendlichen (J) und Erwachsenen (E) gegenüber DEP und DINP. Zu erkennen ist, dass die jüngsten Verbraucher im Durchschnitt höheren Mengen der Phthalate ausgesetzt sind als andere Verbrauchergruppen (siehe auch Tabelle 1).

Mittlere bzw. maximale Exposition von Kleinkindern im Vergleich zur ...	DEP	DnBP	DEHP
mittleren Exposition Jugendlicher	2.3	6.5	9.5
maximalen Exposition Jugendlicher	2.7	2.1	6.0
mittleren Exposition Erwachsener	1.0	2.8	6.8
maximalen Exposition Erwachsener	0.3	1.2	8.3

**Tabelle 1:** Vergleich der mittleren und maximalen Expositionen von Kleinkindern mit denjenigen Jugendlicher und Erwachsener

Bei DEHP und DINP kann die Exposition unter Annahme realistischer Bedingungen die gültigen TDI-Werte (Tolerable Daily Intake) von 10 bzw. 150  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Körpergewicht/Tag für Kleinkinder deutlich überschreiten. Tendenziell ist eine Abnahme der Expositionshöhe mit steigendem Alter der Verbraucher zu beobachten. Dies gilt nicht für DEP und DnBP, da diese Phthalate in kosmetischen Produkten für Jugendliche und Erwachsene enthalten sind.

Für verschiedene Phthalate sind unterschiedliche Quellen von Bedeutung, und die Exposition verschiedener Konsumentengruppen gegenüber demselben Phthalat rührt von unterschiedlichen Quellen her. Dies gilt besonders für DINP, das bisher in Weichspielzeugen für Kinder eingesetzt wurde. Dieser Pfad stellt für die Exposition von Kleinkindern die wichtigste Quelle dar, da im Mund grosse Mengen des Weich-

makers freigesetzt werden. Die Anwendung von DINP und anderen Phthalaten in Spielzeugen wurde in der EU stark eingeschränkt (COM 1999). Dennoch finden sich noch immer Plastikspielzeuge und andere Gegenstände auf dem Markt, die von Kleinkindern in den Mund genommen werden können und Phthalate in hohen Konzentrationen enthalten (Peters 2003, Stringer et al. 2000). Von Bedeutung für die Exposition von Kindern gegenüber DINP ist auch Hausstaub. Die Vermutung liegt nahe, dass die Kontamination von Hausstaub mit DINP auf die Freisetzung dieses Phthalats aus diversen Baumaterialien und anderen Gebrauchsgegenständen zurückzuführen ist, die sich in jedem Haushalt finden. Da DINP zudem der bevorzugte Ersatz für das umstrittene DEHP ist, muss damit gerechnet werden, dass die Bedeutung der Nahrung als Expositionsquelle für DINP an Bedeutung künftig zunehmen wird (Nahrung ist die mit Abstand wichtigste Quelle von DEHP in europäischen Konsumenten). In welchem Mass Emissionen von Phthalaten während der Produktion und Verarbeitung zur Belastung von Lebensmitteln beitragen, und welcher Anteil von Phthalaten in Lebensmitteln der Verwendung der Weichmacher in Geräten zur Nahrungsmittelproduktion und in Verpackungen, Klebstoffen und Druckfarben zugeschrieben werden muss, wurde bisher nicht umfassend geklärt.

### Welche Schlussfolgerungen lassen sich ableiten?

Unsere Untersuchung zeigt, dass Verbraucher in Europa chronisch gegenüber acht Phthalaten exponiert sind, die in diversen Gebrauchsgegenständen und Baumaterialien verwendet werden. Modellierte Expositionen stimmen sehr gut mit solchen überein, die aus Metabolit-Konzentrationen im Urin abgeleitet werden können (Koch et al. 2003, Koch et al. 2004, Koch et al. 2005). Mit Hilfe geeigneter Szenarien werden wenige Quellen identifiziert, die ursächlich für die chronische Exposition sind. Besonders für die jüngsten Verbraucher werden bestehende (empfohlene) Grenzwerte überschritten. Hier müssen Massnahmen zur Expositionsminde rung getroffen werden, was im Fall der Verwendung von Phthalaten in Kinderspielzeugen in Europa schon geschehen ist. Allerdings müssen solche Massnahmen auch eingehalten werden, was nur durch gezielte Kontrollen überprüft werden kann.

Kontaminierte Nahrung wird in unserer Arbeit nicht als alleinige Quelle der Konsumenten-Exposition gegenüber Phthalaten identifiziert. Vielmehr haben der Gebrauch von Produkten und das individuelle Konsumverhalten einen massgeblichen Einfluss auf die Exposition gegenüber Phthalaten. Dies gilt besonders für DEP und DnBP, bei denen hohe Expositionen direkt mit der Nutzung von Körperpflegemitteln verbunden sind. Auch diffuse Quellen (z.B. die Freisetzung von Phthalaten aus Baumaterialien) haben einen wichtigen Einfluss auf die Konsumenten-Exposition. Dies wird deutlich durch die bedeutenden Beiträge der Innenraumluft oder des Hausstaubs zur Gesamtexposition von Konsumenten gegenüber Phthalaten.

Zuletzt können besondere Expositionssituationen zu einer dauerhaft hohen Expositionen gegenüber Phthalaten führen, z.B. medizinische Behandlungen oder die Einnahme von gewissen Medikamenten.

## Korrespondenzadresse

Dr. Matthias Wormuth, Institut für Chemie- und Bioingenieurswesen,  
ETH Zürich, Wolfgang-Pauli-Strasse 10, HCI G125, 8093  
Zürich, Schweiz

## Literaturangaben

- Afshari, A., Gunnarsen, L., Clausen, P.A. und Hansen, V. 2004. *Indoor Air* **14**(2): 120-128.
- COM, Europäische Kommission. 1999. *Official Journal L* **315**, 09/12/1999: 46-49.
- Duty, S.M., Calafat, A.M., Silva, M.J., Ryan, L. und Hauser, R. 2005. *Human Reproduction* **20**(3): 604-610.
- Fromme, H., Lahrz, T., Piloty, M., Gebhart, H., Oddoy, A. und Rüden, H. 2004. *Indoor Air* **14**(3): 188-195.
- Koch, H.M., Drexler, H. und Angerer, J. 2003. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **206**: 77-83.
- Koch, H.M., Drexler, H. und Angerer, J. 2004. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **207**(1): 15-22.
- Koch, H.M., Preuss, R., Drexler, H. und Angerer, J. 2005. *International Archives of Occupational and Environmental Health* **78**(3): 223-229.
- Peters, R.J.B. 2003. Apeldorn: TNO Nederlands Organisation for Applied Scientific Research, Niederlande.
- Pfordt, J. und Bruns-Weller, E. 1999. Hannover: Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- Stringer, R., Labunska, I., Santillo, D., Johnston, P., Siddorn, J. and Stephenson, A. 2000. *Environmental Science and Pollution Research* **7**(1): 27-36.
- Swan, S.H., Main, K.M., Liu, F., Stewart, S.L., Kruse, R.L., Calafat, A.M., Mao, C.S., Redmon, J.B., Ternand, C.L., Sullivan, S., Teague, J.L. und the Study for Future Families Research Team. 2005. *Environmental Health Perspectives* **113**(8): 1056-1061.
- UBA. 2002. Berlin: Umweltbundesamt. Zugänglich über <http://www.umweltbundesamt.de/survey/us98/biozide.htm>
- Wormuth, M. 2006. *Consumer exposure to chemical substances with diverse applications*. Dissertation No. **16252**: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Zugänglich via <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/cgi-bin/show.pl?type=diss&nr=16252>.
- Wormuth, M., Scheringer, M., Vollenweider, M. und Hungerbühler, K. 2006. *Risk Analysis* **26**(3): 803-824.