

Originalarbeiten

Bestimmung von Phthalsäureestern in Lebensmitteln, Frauenmilch, Hausstaub und Textilien

Elke Bruns-Weller, Jürgen Pfordt

Staatliches Lebensmitteluntersuchungsamt Oldenburg, Postfach 2462, D-26014 Oldenburg

Korrespondenzautorin: Dr. Elke Bruns-Weller; e-mail: Elke.Bruns-Weller@lua-ol.niedersachsen.de

DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/uwsf2000.02.003>

Zusammenfassung. Es wurden 25 Lebensmittel-, 5 Frauenmilch-, 4 Staub- und 16 Textilproben auf Phthalsäureester untersucht. In allen Proben waren Phthalate nachweisbar, wobei Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) und Di-n-butylphthalat (DBP) am häufigsten gefunden wurden.

In Rohmilchproben lagen die Gesamtphtalat-Konzentrationen im Mittel bei 0,1 mg/kg. Konsummilch wies keine höhere Belastung als Rohmilch auf, auch die Lagerung von Milchproben bis zum Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums führte nicht zu höheren Gehalten. Fettarme Milch war weniger belastet als Vollmilch. Die in Sahneproben gefundenen höheren DEHP- sowie Gesamtphtalatchealte lassen sich durch den höheren Fettgehalt erklären.

Mit Konzentrationen von bis zu 1,54 mg/kg zeigten gemahlene Haselnüsse, Mandeln und Muskatnüsse, die in Kunststoffolie verpackt waren, eine vergleichsweise hohe Belastung. In Säuglingsnahrung waren nur Spuren von DEHP und DBP zu finden, weitere Phthalsäureester konnten nicht nachgewiesen werden. Auch die Frauenmilchproben wiesen nur geringe Gehalte von ca. 0,1 mg/kg auf, eine Akkumulation der Phthalate im menschlichen Körper scheint also nicht stattzufinden.

Außergewöhnlich hohe Konzentrationen wurden in Staubproben gefunden; die Werte lagen zwischen 300 und 5370 mg/kg Staub, wobei DEHP die Hauptkomponente darstellte. Die Belastung des Staubes lässt auf eine erhebliche Bedeutung des Luftpfades beim Transfer der Phthalsäureester schließen. Da Staub erhebliche Anteile an Textilfasern enthält, wurden auch Textilien untersucht. Die Phthalsäureester-Gehalte in den Textilproben reichten von 3,42 bis 34,44 mg/kg. Die hohen Phthalate-Kontaminationen des Staubes können daher nicht durch Textilfasern erklärt werden.

Schlagwörter: Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP); Di-n-butylphthalat (DBP); Frauenmilch; Hausstaub; Heimtextilien; Lebensmittel; Phthalsäureester

Einleitung

Zu den Chemikalien, die in den Verdacht geraten sind, eine hormonelle oder fruchtbarkeitshemmende Wirkung zu besitzen, gehört auch die Substanzgruppe der Phthalsäureester. Während sich bei den *In-vitro*-Untersuchungen zur Östrogenität teilweise widersprüchliche Befunde ergaben (z.B. [1-3]), wurden *in vivo* für verschiedene Phthalsäureester reproduktionstoxische Effekte festgestellt (z.B. [4,5]). Über den Wirkungsmechanismus besteht dabei noch weitgehend Unklarheit. *In-vivo*-Experimente, bei denen auf eine östrogene Wirkung geprüft wurde, verliefen ausnahmslos negativ [3].

Abstract: Determination of Phthalic Acid Esters in Foodstuffs, Mother's Milk, Dust, and Textiles (Research Article)

25 food samples, 5 mother's milk specimens, 4 dust samples, and 16 textiles were analysed for phthalic acid esters. Phthalic acid esters were detected in all samples, with di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) and di-n-butyl phthalate (DBP) being the most abundant phthalates.

Raw milk samples revealed average concentrations of total phthalate of 0.1 mg/kg. Retail milk did not contain higher loads than raw milk, even storing samples until their "best-before" date did not result in elevated levels. Skimmed milk was less contaminated than whole milk. The higher concentrations of DEHP and total phthalates in cream samples are due to their higher fat content.

With concentrations up to 1.54 mg/kg, ground hazelnuts, almonds, and nutmeg in plastic packagings showed relatively high levels. In infant food, only traces of DEHP and DBP could be found while other phthalic acid esters were not detectable. The mother's milk samples also exhibited only low amounts of approx. 0.1 mg/kg, thus indicating that there is no accumulation of phthalate esters in the human body.

Extraordinarily high concentrations were found in dust samples; with the levels ranging from 300 to 5370 mg/kg and DEHP being the major compound. This leads to the conclusion that the air path must play a considerable role in the transfer of phthalic acid esters. As dust contains considerable amounts of textile fibres, textiles were also included in the investigation. The phthalic ester levels in the textile samples ranged from 3.42 to 34.44 mg/kg. Therefore, the high phthalate contaminations of dust cannot be explained by textile fibres.

Keywords: Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP); di-n-butyl phthalate (DBP); dust; foodstuffs; mother's milk; phthalic acid esters; textiles

In jüngerer Zeit wird für Di-n-butylphthalat ein antiandrogener Mechanismus diskutiert [6] (für eine Zusammenstellung der Befunde siehe z.B. [7]).

Mit weltweiten Produktionsraten von mehreren Millionen Tonnen pro Jahr besitzen die Phthalsäureester eine große wirtschaftliche Bedeutung. Sie kommen heute in allen Umweltmedien und damit in allen Bereichen des täglichen Lebens vor, auch in Lebensmitteln sind sie nachweisbar. Über die Lebensmittel erreichen die Phthalsäureester den Men-

schen als Endglied der Nahrungskette. Neben der oralen Aufnahme spielen auch andere Expositionswege wie die dermale Resorption (durch Textilien) und Inhalation (durch Stäube) für den Menschen eine Rolle.

Wegen der toxikologischen Relevanz der Phthalester ist es von Interesse, die aufgenommenen Mengen zu kennen. Die hier vorgestellten Untersuchungen sollen helfen, die Datenbasis für eine entsprechende Abschätzung zu verbreitern. Dabei decken Lebensmittel, Staubproben und Heim- und Bekleidungstextilien die drei genannten Aufnahmepfade ab, und die Untersuchung der Frauenmilchproben ermöglicht nicht nur eine Aussage über die orale Aufnahme bei Säuglingen, sondern auch eine Beurteilung der Speicherung und Akkumulation von Phthalsäureestern im menschlichen Organismus.

1 Material und Methoden

1.1 Untersuchungsmaterial

Alle Lebensmittelproben stammten aus der Staatlichen Lebensmittelüberwachung. Die Probenahme der Rohmilchproben (Hofsammelmilch und Tankwagensammelmilch) erfolgte im Rahmen spezieller Untersuchungsprogramme, alle weiteren Lebensmittel wurden aus dem Handel entnommen.

Die Frauenmilchproben wurden im Rahmen des niedersächsischen Programms zur Untersuchung von Frauenmilch auf Umweltschadstoffe zur Verfügung gestellt.

Die Bekleidungstextilien wurden größtenteils im Rahmen der Staatlichen Bedarfsgegenständeüberwachung entnommen, die Polsterstoffe stammten aus einem niedersächsischen Betrieb und die Teppichbodenproben aus Privathaushalten. Eine Probe Windeln und eine Probe Bekleidungstextilien wurden vor der Untersuchung jeweils dreimal mit handelsüblichen Waschmitteln (Vollwaschmittel für die Windel, Buntwaschmittel für Bekleidungstextilien) in der Waschmaschine gewaschen.

Die Probenahme von Staubproben unterlagen keinen standardisierten Bedingungen; die Untersuchungen sollten nur einen grob orientierenden Charakter besitzen. Bei den Staubuntersuchungen wurde zum einen auf den Inhalt eines Staubsaugerbeutels und zum anderen auf Wischproben aus Privathaushalten zurückgegriffen. Letztere wurden mit einem Metallspatel oder -löffel in Räumen genommen, in denen keine Teppichböden verlegt waren. Abgewischt wurden glatte Oberflächen wie Regale, Schränke, Heizkörper usw.

1.2 Aufarbeitung und Messung

Die Aufarbeitung der Lebensmittelproben erfolgte – mit Modifikationen in einigen Details – nach einer Literaturvorschrift [8].

Eine je nach Probenart unterschiedliche Menge Probenmaterial wurde mit Wasser und Aceton vermengt. Nach Zugabe eines internen Standards aus isotope markierten Phthalsäureestern (d_4 -DEP, d_4 -DBP, d_4 -DEHP) wurde homogenisiert und filtriert. Dem Filtrat wurden Kochsalz und Dichlormethan zugesetzt und dann wurde ausgeschüttelt. Dem Einengen des Dichlormethanextraktes folgte eine weitere Aufreinigung durch Gelpermeationschromatographie (GPC). Das Eluat wurde ein-

geengt und der Rückstand in Cyclohexan gelöst. Zur Überprüfung der Wiederfindung wurde den Probenextrakten Benzylbenzoat als interner Standard zugesetzt.

Die Aufarbeitung der Staub- und Textilproben erfolgte in analoger Weise. Durch Sieben des Staubsaugerbeutel-Inhalts wurde eine Staubfraktion mit Teilchengrößen von weniger als 125 μm für die Untersuchung abgetrennt.

Nachweis und quantitative Bestimmung der Phthalsäureester erfolgten mittels GC/MS (Hochauflösungsmassenspektrometrie bei einer Massenauflösung von ca. 7000). Für die quantitative Bestimmung wurde nach der Isotopenverdünnungsmethode mit am Ring deuterierten Phthalsäureestern (d_4 -DEP, d_4 -DBP, d_4 -DEHP) gearbeitet.

Die Untersuchungen umfassten insgesamt 16 verschiedene Phthalsäureester, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind. Werte, die unter der Nachweisgrenze von in der Regel 0,01 mg/kg lagen, erscheinen in den Ergebnistabellen als "n. n." (nicht nachweisbar), sie wurden bei der Ermittlung der Gesamtphtalathalte nicht berücksichtigt.

Tabelle 1: Liste der Phthalsäureester, auf die untersucht wurde

Substanzname	Abkürzung	CAS-Nr.
Dimethylphthalat	DMP	131-11-3
Diethylphthalat	DEP	84-66-2
Diisobutylphthalat	DIBP	84-69-5
Di-n-butylphthalat	DBP	84-74-2
Bis(2-methoxyethyl)phthalat	BMEP	117-82-8
Bis(4-methyl-2-pentyl)phthalat	BMPP	84-63-9
Bis(2-ethoxyethyl)phthalat	BEEP	605-54-9
Dipentylphthalat	DPP	131-18-0
Dihexylphthalat	DHP	84-75-3
Benzylbutylphthalat	BBP	85-68-7
Hexyl-2-ethylhexylphthalat	HEHP	75673-16-4
Bis(2-n-butoxyethyl)phthalat	BBEP	117-83-9
Dicyclohexylphthalat	DCP	84-61-7
Di(2-ethylhexyl)phthalat	DEHP	117-81-7
Di-n-octylphthalat	DOP	117-84-0
Dinonylphthalat	DNP	84-76-4

1.3 Blindwerte

Aufgrund des ubiquitären Vorkommens der Phthalsäureester muss der Kontaminationsproblematik besonderes Augenmerk geschenkt werden. Um den Eintrag aus Lösungsmitteln und Adsorptionsmitteln, Dichtungsmaterialien etc. reproduzierbar und möglichst niedrig zu halten, mussten spezielle Reinigungsmaßnahmen für Chemikalien und alle sonstigen Geräte und Materialien getroffen werden. So wurden z.B. alle Glasgeräte bei 400°C ausgeheizt.

Trotz dieser Maßnahmen lagen die Phthalester-Blindwerte bei niedrig belasteten Proben oft im Bereich der zu messenden Probenkonzentrationen. Um in solchen Fällen möglichst

zuverlässige Befunde zu gewährleisten, wurden bei jeder Probe Dreifachbestimmungen durchgeführt, wobei zu jeder Probenserie jeweils zwei Blindwerte des Gesamtanalysenverfahrens bestimmt wurden. Die so ermittelten Blindwertkonzentrationen wurden von den Analysenwerten der jeweiligen Serie abgezogen.

Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP), Di-n-butylphthalat (DBP), Dimethylphthalat (DMP), Diethylphthalat (DEP) und Diisobutylphthalat (DIBP) wurden häufig als Kontaminationen gefunden. Die Blindwertgehalte an diesen Verbindungen waren nicht stabil genug, um Schwankungsbereiche angeben zu können.

2 Ergebnisse und Diskussion

Zunächst wurden verschiedene Lebensmittelgruppen auf ihre Belastung mit Phthalsäureestern untersucht. Ausgehend von Rohmilchuntersuchungen wurden Milchprodukte in verschiedenen Verarbeitungsstadien ausgewählt, die aufgrund des höheren Fettgehaltes und herstellungs- oder verpackungsbedingt stärker mit Phthalsäureestern belastet sein können, z.B. Konsummilch und Sahne. Dazu kamen Lebensmittel, die bekannterweise stärker mit Phthalsäureestern belastet sind, z.B. gemahlene Nüsse und Gewürze in Folienverpackungen. Aufgrund ihrer besonderen Bedeutung für den Säuglingsorganismus wurden auch Babynahrungsmittel in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Für einen ersten Überblick der Phthalsäureesterkonzentration in menschlichen Körperfetten wurden in einem weiteren Schritt Frauenmilchproben untersucht. Um eine Abschätzung der in der Innenraumluft vorhandenen Phthalsäureesterkonzentration vornehmen zu können, wurden weiterhin der aus Staubsaugerbeuteln zugängliche Hausstaub und Hausstaub aus Wischproben auf Phthalsäureester untersucht. Schließlich gelangten auch Textilien (Bekleidung, Polsterstoffe und Teppichböden) zur Untersuchung.

In nahezu allen Proben fanden sich die Phthalsäureester DEHP und DBP, während andere Phthalester nur vereinzelt nachgewiesen werden konnten. Aus diesem Grund sind Einzelergebnisse in der Regel nur für diese beiden Substanzen angegeben, alle anderen Phthalsäureester sind in den Ergebnistabellen als "sonstige PE" zusammengefasst.

2.1 Milch und Milchprodukte

Die Ergebnisse der Untersuchungen von Hof- und Tankwagensammelmilch, Konsummilch und Sahne sind in **Tabelle 2** wiedergegeben. Für die Vollmilchproben wurde eine mittlere Phthalester-Belastung (Gesamt-PE) von etwa 0,1 mg/kg gemessen – in diesem Bereich liegen auch ganz überwiegend die Vergleichswerte aus der Literatur [8-13]. Zwischen Roh- und Konsummilch konnten keine Gehaltsunterschiede festgestellt werden, die Migration von Phthalsäureestern aus Kunststoffverpackungen in die Milch scheint demnach gering zu sein. Die Konsummilch wurde teilweise bis zum Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums (MHD) gelagert und dann untersucht. Auch in diesen Proben war kein Anstieg der Phthalestergehalte nachweisbar (→ *Tabelle 2*).

Eine Probe fettarme Milch (Konsummilch) enthielt nur Spuren an DBP (0,01 mg/kg), andere Phthalsäureester fanden sich hier nicht.

Bei den Untersuchungen von Sahne ergaben sich Phthalsäureestergehalte von 0,19 - 0,40 mg/kg mit einem Mittelwert von 0,26 mg/kg, wobei wiederum DEHP mengenmäßig überwog. In Spuren wurden teilweise DIBP und DBP, in einem Fall außerdem BBP gefunden. Die im Vergleich zu Milch erhöhten Phthalestergehalte lassen sich durch die Aufkonzentrierung des MilCHFettes in der Sahne erklären, weitere Kontaminationen durch die Weiterverarbeitung oder durch die Kunststoffverpackung scheinen keine Rolle zu spielen. Im Einklang hiermit stehen die Ergebnisse der Untersuchung einer Sahneprobe, die in Glasflaschen in den Verkehr gebracht wurde: Hier ergaben sich ähnlich hohe Gehalte an Phthalsäureestern wie in Sahne aus Kunststoffbechern oder Tetrapackverpackungen.

Tabelle 2: Phthalsäureester in Milch und Milchprodukten (jeweils in mg/kg)

Probe	DBP	DEHP	sonstige PE	Summe
Tankwagensammelmilch, Probe 1	0,02	0,02	0,08	0,12
Tankwagensammelmilch, Probe 2	0,02	0,02	n. n.	0,04
Tankwagensammelmilch, Probe 3	0,02	0,02	n. n.	0,04
Hofsammelmilch, Probe 1	n. n.	0,15	n. n.	0,15
Hofsammelmilch, Probe 2	0,02	0,10	n. n.	0,12
Hofsammelmilch, Probe 3	0,03	0,11	n. n.	0,14
Vollmilch (3,5% Fett), Kunststoffschlauch, MHD abgelaufen	0,05	0,04	0,03	0,12
Vollmilch (3,5% Fett), Tetrapack	n. n.	0,03	n. n.	0,03
UHT-Milch (1,5% Fett), Tetrapack	0,01	n. n.	n. n.	0,01
UHT-Milch (3,5% Fett), Tetrapack, Probe 1	0,02	0,04	n. n.	0,06
UHT-Milch (3,5% Fett), Tetrapack, Probe 2 MHD abgelaufen	0,02	0,01	n. n.	0,03
Sahne, Kunststoffbecher, Probe 1	0,07	0,18	0,01	0,26
Sahne, Kunststoffbecher, Probe 2	n. n.	0,19	n. n.	0,19
Sahne, Kunststoffbecher, Probe 3	0,05	0,32	0,03	0,40
Sahne, Kunststoffbecher, Probe 4	0,01	0,19	n. n.	0,20
Sahne, Tetrapack, Probe 5	0,07	0,23	n. n.	0,30
Sahne, Glasflasche, Probe 6	0,02	0,21	n. n.	0,23

(n. n. = nicht nachweisbar)

2.2 Gemahlene Nüsse, Muskatnuss

Es wurden verschiedene, in Kunststoffolie verpackte, gemahlene Nussorten untersucht. Die Untersuchung dieser Proben wie auch die von Gewürzen erwies sich als sehr problematisch, eine Quantifizierung war aufgrund von Störungen durch Matrixbestandteile bei der GC/MS-Bestimmung nur bedingt möglich. Deshalb werden hier nur die Ergebnisse zweier Nussproben und einer Muskatnuss vorgestellt (→ *Tabelle 3*).

Die relativ hohen Gehalte in diesen Proben decken sich mit früheren Beobachtungen [8]. Lebensmittel in Pulver- oder Granulatform werden offenbar durch Migration der Weichmacher aus dem Verpackungsmaterial besonders stark kontaminiert [14].

Tabelle 3: Phthalsäureester in Mandeln, Haselnüssen und Muskatnüssen (jeweils in mg/kg)

Probe	DBP	DEHP	sonstige PE	Summe
Mandeln, gemahlen, Kunststoffolie	0,57	0,80	0,17	1,54
Haselnüsse, gemahlen, Kunststoffolie	0,24	0,08	0,19	0,51
Muskatnüsse, gemahlen, Kunststoffolie	0,12	0,22	0,34	0,68

2.3 Babynahrung

Da der kindliche Organismus besonders empfindlich auf Umweltkontaminanten reagieren kann, wurde auch Babynahrung aus Gläschen auf Phthalsäureester untersucht (→ *Tabelle 4*). Bei der Babynahrung handelte es sich um Getränke und um Kinder-Menüs aus Gemüse, Reis, Kartoffeln und Fleisch.

Tabelle 4: Phthalsäureester in Babynahrung (jeweils in mg/kg)

Probe	DBP	DEHP	sonstige PE	Summe
Gemüse-Allerlei	0,03	0,02	n. n.	0,05
Reiner Karottensaft	n. n.	0,01	n. n.	0,01
Milder Karottensaft	0,01	0,02	n. n.	0,03
Gemüsereis mit Putenfleisch	0,02	0,01	n. n.	0,03
Gartengemüse mit Kartoffeln und Rindfleisch	0,03	0,02	n. n.	0,05

(n. n. = nicht nachweisbar)

Tabelle 5: Phthalsäureester in Frauenmilch (jeweils in mg/kg)

Probe	Alter d. Mutter	Anzahl d. Kinder	DBP	DEHP	sonstige PE	Summe
Probe 1	24 Jahre	2	0,04	0,02	n. n.	0,06
Probe 2	36 Jahre	2	0,01	0,02	0,01	0,04
Probe 3	36 Jahre	1	0,01	0,11	n. n.	0,12
Probe 4	32 Jahre	1	0,03	0,01	n. n.	0,04
Probe 5	29 Jahre	2	0,05	0,01	0,01	0,07

(n. n. = nicht nachweisbar)

Alle Proben wiesen einen sehr geringen Gehalt an Phthalsäureestern auf: Es wurden nur Spuren von DBP (<0,01 - 0,03 mg/kg) und DEHP (0,01 - 0,02 mg/kg) gefunden. Die Gesamtphthalsäureestergehalte lagen zwischen 0,01 und 0,05 mg/kg. In der Literatur finden sich für derartige Proben teils ähnliche [8], teils etwas höhere [13] Werte.

2.4 Frauenmilch

Es wurden fünf Frauenmilchproben auf Phthalsäureester untersucht. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 5* zusammengefasst.

Während Probe 3 mit einer nur aus Glas bestehenden Milchpumpe abgenommen wurde (nur der Blasebalg bestand aus Kunststoff), wurden die übrigen Frauenmilchproben unter Verwendung handelsüblicher Milchpumpen mit Kunststoffschläuchen gewonnen. Entgegen den Erwartungen wies Probe 3 mit 0,12 mg/kg den höchsten Phthalsäureester-Gehalt auf, während die anderen Proben zwischen 0,04 und 0,07 mg/kg lagen. Eine Erklärung für diesen Befund konnte nicht gefunden werden. Literaturwerte für Phthalsäureester in Frauenmilch liegen zwischen 0,08 und 0,21 mg/kg [13].

2.5 Hausstaub

Die Ergebnisse der Staubuntersuchungen finden sich in *Tabelle 6*. Die Phthalesterkonzentrationen der vier Proben unterschieden sich stark, alle waren aber mit Werten im Bereich von Gramm pro Kilogramm auffällig hoch belastet. Der Staub aus dem Staubsaugerbeutel enthielt – trotz Siebens – noch sichtbare Fasern. Ob der extrem hohe Gesamtphthalatgehalt dieses Staubes von ca. 0,5% auf phthalsäureesterhaltige Teppichbodenfasern zurückzuführen ist, lässt sich nicht entscheiden. Gegen diese Annahme spricht, dass die Staubproben aus Haushalten ohne Teppichböden teilweise vergleichbare Belastungen aufwiesen.

Tabelle 6: Phthalsäureester in Hausstaub (jeweils in mg/kg)

Probe	DIBP	DBP	DEHP	sonstige PE	Summe
Staubsaugerbeutelinhalt	150	250	4580	390	5370
Hausstaub, Wischprobe 1	30	80	770	20	900
Hausstaub, Wischprobe 2	10	40	2840	600	3490
Hausstaub, Wischprobe 3	40	40	190	30	300

Die erzielten Ergebnisse weichen je nach Probenahme und Haushalt stark voneinander ab. Diese Schwankungen können auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein. Eine repräsentative Probenahme ist äußerst schwierig, da es sich bei den Wischproben um sehr geringe Mengen Staub handelt und das gesamte Verfahren der Probenahme noch nicht standardisiert ist. Ferner spielen auch kaum beeinflussbare individuelle Verhaltensweisen der Bewohner eine wesentliche Rolle. Daher können die hier vorgestellten Resultate nicht den Anspruch erheben, repräsentativ zu sein. Die hohen Belastungen der wenigen untersuchten Staubproben lassen aber immerhin vermuten, dass dem Luftpfad eine erhebliche Bedeutung beim Transfer der Phthalsäureester zukommt und dass möglicherweise die Phthalester-Mengen, die der Mensch auf diesem Wege aufnimmt, bisher eher unterschätzt wurden.

2.6 Textilien

Da im Staub neben verschiedenen organischen und anorganischen Materialien wie Haaren, Sandkörnchen, Rußpartikeln usw. besonders Textilfasern anteilmäßig eine wesentliche Rolle spielen, wurden verschiedene Textilien auf ihre Belastung mit Phthalsäureestern untersucht. Zwei Proben Bekleidungstextilien wurden ungewaschen und gewaschen, sieben weitere Proben wurden nur ungewaschen untersucht. Die Bekleidungstextilien bestanden aus Baumwollgewebe oder Mischgewebe aus Baumwolle mit Polyester oder Polyamid, eine Feinstrumpfhose bestand aus Polyamid und Elasthan. Bei den ausgewählten Bekleidungstextilien kann von einer großen Kontaktfläche und Kontaktzeit zur menschl-

chen Haut ausgegangen werden, so dass auch die dermale Aufnahme von Bedeutung sein kann.

Die Ergebnisse der Bekleidungstextilien finden sich in **Tabelle 7**. Die vergleichsweise hohen Gehalte an DBP sind wohl damit zu erklären, dass DBP Verwendung als Färbebeschleuniger für Polyester-Baumwoll-Mischgewebe findet. Dennoch wurde der mit 30,43 mg/kg höchste DBP-Gehalt ausgerechnet in einer – weißen – Baumwollwindel gefunden.

Die Untersuchungsergebnisse waren bei den Textilien oft schlecht reproduzierbar. Gründe dafür könnten eine inhomogene Verteilung der Phthalsäureester im Textilgewebe oder Extraktionsprobleme sein. Durch haushaltsübliches Waschen von Textilien ließ sich der Gesamtphthalsäureestergehalt eindeutig senken (→ **Tabelle 7**), bei den einzelnen Verbindungen war jedoch teilweise ein Anstieg der Gehalte zu verzeichnen. Diese Unstimmigkeit lässt sich vermutlich zum einen durch inhomogenes Ausgangsmaterial erklären, eventuell spielen aber auch noch nicht untersuchte Kontaminationen beim Waschvorgang eine Rolle.

An Heimtextilien wurden vier Polsterstoffe und drei Teppichböden untersucht (→ **Tabelle 7**). Ähnlich wie bei den Bekleidungstextilien waren die DBP-Gehalte erhöht und teilweise im Bereich der DEHP-Konzentrationen. Auch hier lassen die geringen Probenzahlen noch keine endgültige Aussage zu, doch da sich diese höheren DBP-Anteile nicht im Staub wiederfinden (wo ein anderes Phthalester-Muster vorherrscht), kann man vermuten, dass die erhebliche Belastung des Hausstaubs mit Phthalsäureestern wohl nicht auf Fasern von Teppichböden zurückzuführen ist.

Tabelle 7: Phthalsäureester in Bekleidungstextilien, Polsterstoffen und Teppichböden (jeweils in mg/kg)

Probe	DIBP	DBP	DEHP	sonstige PE	Summe
Windeln, weiß, ungewaschen (Baumwolle)	1,15	30,43	2,21	0,65	34,44
Windeln, weiß, gewaschen (Baumwolle)	3,28	6,35	4,21	0,27	14,11
Bademantel, blau, ungewaschen (90% Baumwolle, 10% Polyester)	0,56	5,36	10,02	0,35	16,29
Bademantel, blau, gewaschen (90% Baumwolle, 10% Polyester)	0,65	6,26	3,26	0,26	10,43
T-Shirt, blau	0,44	5,62	1,78	1,01	8,85
T-Shirt, hellblau	0,06	3,42	0,49	0,09	4,06
T-Shirt, rot	0,19	6,36	0,98	0,06	7,59
T-Shirt, blau	1,12	6,98	0,90	1,20	10,20
Bademantel, weiß	0,36	6,06	4,33	0,36	11,11
Strandkleid, blau	0,48	7,92	1,67	0,46	10,53
Feinstrumpfhose	2,21	9,16	1,63	1,03	14,03
Polsterstoff, bunt	0,72	1,11	1,13	0,09	3,05
Polsterstoff, blau/bunt	1,71	1,68	1,03	0,55	4,97
Polsterstoff, weinrot	0,91	1,74	1,22	0,60	4,47
Polsterstoff, graublau/rosa	0,56	2,67	1,77	0,37	5,37
Teppichboden, grau/grün	1,02	2,84	2,67	0,55	7,08
Teppichboden, blau/grün/rot	0,39	0,66	1,91	0,21	3,17
Teppichboden, dunkelblau/bunt	0,56	1,14	2,36	0,33	4,39

Literatur

- [1] JOBLING, S.; REYNOLDS, T.; WHITE, R.; PARKER, M. G.; SUMPTER, J. P.: A Variety of Environmentally Persistent Chemicals, Including Some Phthalate Plasticizers, Are Weakly Estrogenic. *Environ. Health Perspect.* 103 (1995) 582-587
- [2] HARRIS, C. A.; HENTTU, P.; PARKER, M. G.; SUMPTER, J. P.: The Estrogenic Activity of Phthalate Esters In Vitro. *Environ. Health Perspect.* 105 (1997) 802-811
- [3] ZACHAREWSKI, T. R.; MEEK, M. D.; CLEMONS, J. H.; WU, Z. F.; FIELDEN, M. R.; MATTHEWS, J. B.: Examination of the in Vitro and in Vivo Estrogenic Activities of Eight Commercial Phthalate Esters. *Toxicol. Sci.* 46 (1998) 282-293
- [4] GANGOLLI, S. D.: Testicular Effects of Phthalate Esters. *Environ. Health Perspect.* 45 (1982) 77-84
- [5] LAMB, J. C., IV; CHAPIN, R. E.; TEAGUE, J.; LAWTON, A. D.; REEL, J. R.: Reproductive Effects of Four Phthalic Acid Esters in the Mouse. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 88 (1987) 255-269
- [6] MYLCHREEST, E.; CATTLEY, R. C.; FOSTER, P. M. D.: Male Reproductive Tract Malformations in Rats Following Gestational and Lactational Exposure to Di(n-butyl) Phthalate: An Antiandrogenic Mechanism? *Toxicol. Sci.* 43 (1998) 47-60
- [7] PFORDT, J.; BRUNS-WELLER, E.: Die Phthalsäureester als eine Gruppe von Umweltchemikalien mit endokrinem Potential. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), Hannover (1999)
- [8] PFANNHAUSER, W.; LEITNER, E.; SIEGL, H.: Phthalate in Lebensmitteln. Österreichisches Bundesministerium für Gesundheit und Konsumentenschutz (Hrsg.), Forschungsberichte – Sektion III. Wien (o. J.)
- [9] CASTLE, L.; GILBERT, J.; EKLUND, T.: Migration of plasticizer from poly(vinyl chloride) milk tubing. *Food Additives Contam.* 7 (1990) 591-596
- [10] PETERSEN, J. H.: Survey of di-(2-ethylhexyl)phthalate plasticizer contamination of retail Danish milks. *Food Additives Contam.* 8 (1991) 701-706
- [11] SHARMAN, M.; READ, W. A.; CASTLE, L.; GILBERT, J.: Levels of di-(2-ethylhexyl)phthalate and total phthalate esters in milk, cream, butter and cheese. *Food Additives Contam.* 11 (1994) 375-385
- [12] PAGE, B. D.; LACROIX, G. M.: The occurrence of phthalate ester and di-2-ethylhexyl adipate plasticizers in Canadian packaging and food sampled in 1985 – 1989: a survey. *Food Additives Contam.* 12 (1995) 129-151
- [13] GRUBER, L.; WOLZ, G.; PIRINGER, O.: Untersuchung von Phthalaten in Baby-Nahrung. *Dtsch. Lebensm. Rundsch.* 94 (1998) 177-179
- [14] TOMITA, I.; NAKAMURA, Y.; YAGI, Y.: Phthalic Acid Esters in Various Foodstuffs and Biological Materials. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 1 (1977) 275-287

Eingegangen: 10. August 1999

Akzeptiert: 24. Dezember 1999

Online-Publikation: 07. Februar 2000

Neu: Zeitschrift für Ernährungsökologie**Inhalt 1 (1) 2000****Editorial**Ernährungsökologie
Volker Mersch-Sundermann**Grußwort**

Michael Kundi

MeldungenLebensmittelsicherheit: Weißbuch als Meilenstein einer EU-Lebensmittelpolitik
Dioxin-Skandal in Belgien: Über die Notwendigkeit eines internationalen Schadstoffmanagements diffuser Quellen
Aristolochia in Zubereitungen aus chinesischen Heilkräutern
Ethylcarbammat-Gehalte in Spirituosen**Standortbestimmungen**Orthomolekulare Medizin – Standortbestimmung
Thomas W. Gebel**Kommentare**Öko-logische Ernährungsweise: Aspekte der Umweltverträglichkeit im Ernährungssystem
Ingrid Hoffmann**Rezensionen**Lebensmittel tierischer Herkunft
Katharina Hoffmann
Das Heilfasten und seine Hilfsmethoden als biologischer Weg
Claus Leitzmann**Originalarbeiten**Einsatz humaner, metabolisch kompetenter Zellen (Hep G2) zur Identifikation mutagener, komutagener und antimutagener Substanzen in Lebensmitteln
Volker Mersch-Sundermann, Heidi Hölzke, Rosario Palmieri, Saied Sharifi, Cornelia Jenter, Beate TyminskiExtraktion von Weichmachern aus PVC-Infusionsschläuchen bei der langfristigen künstlichen Ernährung Neugeborener
Steffan Loff, Frank Kabs, Knut Witt, Stuart Hosie, Karl-Ludwig Waag
Bestimmung von Phthalsäureestern in Lebensmitteln und Frauenmilch
Elke Bruns-Weller, Jürgen Pfordt**Internet**

Internet-Adressen aus Medizin und Gesundheit

StatusberichteDioxine in Lebensmitteln – Eine Bilanzierung
Peter Fürst**Politik und Gesetzgebung**Die neue Lebensmittelzusatzstoff-Zulassungsverordnung
Renate Scherer**Übersichtsbeiträge**Zukunftsfähige Ernährung: Gesundheits-, Umwelt-, Wirtschafts- und Sozialverträglichkeit im Lebensmittelbereich
Karl von Koerber, Jürgen Kretschmer
Selen in der Nahrung – Krank durch zu viel, krank durch zu wenig?
Markus Letsche, Fritz Schweinsberg**Tagungsberichte**"Unser täglich Brot..." umweltmedizinische Probleme um unsere Ernährung
Sebastian Kevekordes**Übersichtsbeiträge**Gewürzinhaltstoffe: Kanzerogene und chemoprotektive Eigenschaften
Brenda Laky, Gerhard Hietsch, Siegfried Knasmüller**Institutionen**

Deutsches Institut für Ernährungsmedizin und Diätetik (D.I.E.T.)