

A close-up portrait of a young woman with light skin and blue eyes. A rectangular stamp with a blue border is placed on her forehead, containing the text "ENDSTATION MENSCH" in bold, blue, sans-serif capital letters. The left side of the image has a torn paper edge effect.

**ENDSTATION
MENSCH**

**Über 300 Schadstoffe in der Muttermilch.
Zeit für eine neue Chemikalienpolitik.**

Glossar

Chemikalien

DDE = Dichlor-Diphenyl-Dichlorethylen
(Abbauprodukt von DDT)

DDT = Dichlor-Diphenyl-Trichloroethan

BBP = Butylbenzylphthalat

DBP = Dibutylphthalat

DEHP = Di-ethyl-hexyl-phthalat

DIBP = Di-iso-butyl-phthalat

DIDP = Di-iso-decyl-phthalat

DINP = Di-iso-nonyl-phthalat

DNOP = Di-n-octylphthalat

HCB = Hexachlorbenzol

HCH = Hexachlorcyclohexan

PBDE = polybromierte Diphenylether
(Polybromierte Flammschutzmittel)

DecaBDE = Decabromdiphenylether

OctaBDE = Octabromdiphenylether

PentaBDE = Pentabromdiphenylether

TetraBDE = Tetrabromdiphenylether

HBCD = Hexabromcyclododecan

TBBA = Tetrabrombisphenol A

PCB = Polychlorierte Biphenyle

PCDD/PCDF = Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine/
Polychlorierte Dibenzofurane

TCDD = Tetrachlordibenzo-p-dioxin

POP = Persistent Organic Pollutants = langlebige
organische Schadstoffe

Definitionen

BCF = Biokonzentrationsfaktor

bioakkumulativ = sich anreichernd

Biozide = Schädlingsbekämpfungsmittel in nicht
landwirtschaftlichen Bereichen

CMR = carcinogen (karzinogen/Krebs erregend),
mutagen (Erbgut schädigend), reprotoxisch (Fort-
pflanzungsfähigkeit beeinträchtigend)

endokrin = hormonell

Exposition = Schadstoffen ausgesetzt sein

Halbwertszeit = Zeit, die dafür notwendig ist, um die
Menge einer Substanz um die Hälfte zu reduzieren

inhärente Eigenschaften = die einer Substanz inne-
wohnenden, chemisch-physikalischen Eigenschaften

lipophil = fettliebend

Metabolite = Abbauprodukte

Monitoring = Überwachung

NOAEL = no observed adverse effect level
(Dosis ohne nachteilige Wirkung)

Kongenere = Einzelsubstanzen

persistent = langlebig

Pestizide = Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämp-
fungsmittel in der Landwirtschaft

REACH = Registrierung, Evaluierung (= Bewertung
und Autorisierung (= Zulassung) von Chemikalien

TDI/TWI = Tolerable Daily/Weekly Intake = tolerier-
bare tägliche/wöchentliche Aufnahmemenge

TEQ/TEF = Toxizitätsäquivalent/Toxizitätsäquivalenz-
faktoren, abgeleitet von Dioxin 2,3,7,8-TCDD mit TEF 1

Institutionen

AGLBM = Ausschuss für Umwelthygiene der Arbeits-
gemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamten

APUG = Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit

BfR = Bundesinstitut für Risikobewertung
(früher: BgVV)

BgVV = Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbrau-
cherschutz und Veterinärmedizin (heute: BfR)

BMU = Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

CTSEE = Wissenschaftlicher Ausschuss für Toxizität,
Ökotoxizität und Umwelt der EU

DFG = Deutsche Forschungsgemeinschaft

HBM-Kommission = Human-Biomonitoring-
Kommission

IRK = Innenraumluftthygiene-Kommission

SCF = Wissenschaftlicher Ausschuss für
Lebensmittel der EU

UBA = Umweltbundesamt

US EPA = Environmental Protection Agency
(US-amerikanische Umweltbehörde)

WHO = World Health Organisation = Weltgesund-
heitsorganisation

Maßeinheiten

1 Kilogramm (kg) = 1.000 Gramm (g) =

1.000.000 Milligramm (mg)

1 Milligramm (mg) = 1.000 Mikrogramm (µg) =

1.000.000 Nanogramm (ng) = 1.000.000.000 Piko-
gramm (pg)

Politisches Vorwort

Dr. Angelika Zahrnt

|BUND-Vorsitzende



Über 300 Schadstoffe in der Muttermilch. Auch ohne gesundheitliche Risikobewertung ist diese Zahl Besorgnis erregend. Und sie ist das Ergebnis einer verfehlten Chemikalienpolitik.

Seit Beginn der Massenproduktion synthetischer Chemikalien in den 1940er Jahren sind wir der Einwirkung tausender neuer Substanzen ausgesetzt. Damals dachte niemand an schädliche Langzeitwirkungen: Chemische Stoffe wurden ohne amtliche Prüfungen in die Umwelt entlassen. Erst 1981 trat ein Chemikaliengesetz in Kraft, das vor der Vermarktung der Substanzen die verbindliche Prüfung auf Umwelt- und Gesundheitsgefahren vorschrieb. Die rund 100.000 verschiedenen „Altstoffe“, die vor diesem Gesetz in Verkehr gebracht wurden, haben vorher keinerlei Risikobewertung durchlaufen. Seit 1993 gibt es die EU-Altstoffverordnung, die den Schutz von Mensch und Umwelt vor Risiken durch diese Stoffe nachträglich gewährleisten soll. Hierfür werden alle Substanzen nachuntersucht und entweder für die Nutzung freigegeben oder mit bestimmten Beschränkungen versehen. 2005 lagen lediglich für 300 Stoffe abgeschlossene Risikobewertungen vor – eine Voraussetzung für gesetzgeberische Maßnahmen. Damit fehlen über zehn Jahre nach Einführung des Systems noch immer grundlegende Informationen über die Gefahren und die Verwendung der meisten vermarkteten Substanzen. Das System ist demnach nicht geeignet, einen angemessenen Schutz von Mensch und Umwelt vor gefährlichen Chemikalien zu gewährleisten.

Das neue EU-Chemikaliengesetz REACH soll dieses Defizit endlich beseitigen. Es ist die bisher bedeutendste Reform zum Umwelt- und Gesundheitsschutz in Europa, wird z.Zt. vom EU-Parlament beraten und soll Ende 2006 als Verordnung in Kraft treten. Damit muss die Industrie in Zukunft vor einer Vermarktung die Unbedenklichkeit

ihrer Chemikalien nachweisen und nicht mehr die Behörden deren Gefährlichkeit, wenn das Kind bereits in den Brunnen gefallen ist. Ein zentraler Bestandteil des neuen Systems: Die Firmen sind verpflichtet, alle Stoffe, die in einer Menge von über einer Tonne pro Jahr hergestellt werden, vor der Vermarktung mit Angaben zu deren Sicherheit behördlich registrieren zu lassen. Das aber ist der Chemieindustrie zu teuer. Und so hat sie durch aggressive Lobbyarbeit („Zu hohe Kosten gefährden Arbeitsplätze.“) eine starke Verwässerung des an sich guten Ansatzes erreicht – der in der vorliegenden Form unsere Kinder nicht mehr vor Schadstoffen in der Muttermilch schützen wird. Die beispiellos übertriebenen Kostenargumente von Wirtschafts- und Industrieverbänden wurden selbst in einer industrieeigenen Studie widerlegt. Dennoch haben führende konservative deutsche EU-Parlamentarier die Änderungsvorschläge der Chemieindustrie 1:1 übernommen, statt sich für einen wirksamen Gesundheitsschutz ihrer WählerInnen einzusetzen. Und die Positionen diverser konservativer und liberaler Landespolitiker im Rahmen der REACH-Debatte lassen erahnen, was zu erwarten wäre, würden sie uns auch im EU-Ministerrat vertreten. Wenn nur noch ökonomische Interessen der Industrie das politische Handeln bestimmen und unkalkulierbare Risiken in Kauf genommen werden.

Arbeitsplätze sind wichtig, aber nicht auf Kosten langfristiger und irreversibler Gesundheitsschäden. Außerdem sollen mit REACH Innovationen angeschoben und neue Arbeitsplätze geschaffen werden, die Europa zum führenden Standort für umwelt- und gesundheitsverträgliche Produkte machen – wenn die Industrie endlich ihren Widerstand aufgeben und ihre Chancen in dieser Entwicklung sehen würde.

Angelika Zahrnt

Kurzfassung

In Europa hat die Produktion synthetischer Chemikalien seit den 1940er Jahren explosionsartig zugenommen – bis 1980 kamen 106.000 Stoffe auf den Markt. Bereits 1950 wurde das Insektenvernichtungsmittel DDT in der Muttermilch nachgewiesen. Aber erst 1981 trat ein Chemikaliengesetz in Kraft, das vor der Vermarktung der Stoffe eine Prüfung auf Umwelt- und Gesundheitsgefahren vorschrieb. Alle „Altstoffe“, die vor diesem Gesetz in Verkehr gebracht wurden – ca. 97% der Substanzen – haben vorher keinerlei Risikobewertung durchlaufen. Das bedeutet, dass fast alle Stoffe in Kosmetika, Möbeln, Elektronikware usw. niemals auf Risiken für Mensch und Umwelt untersucht wurden.

Viele dieser Chemikalien sind heute im Menschen nachweisbar. Besonders Besorgnis erregend sind die langlebigen und Fett liebenden Stoffe, die nicht abgebaut werden und sich in fetthaltigen Geweben anreichern. Muttermilch ist ein besonders gut geeigneter Indikator für die Belastung mit diesen Chemikalien, da die angereicherten Substanzen während der Milchbildungsphase aus den Fettdepots in die Milch transportiert werden. In Deutschland wurden seit 1980 mehr als 40.000 Muttermilchproben auf Chemikalienrückstände untersucht. Viele giftige Stoffe, die bereits seit den 1970er Jahren verboten sind, z.B. PCB, werden noch immer in der Muttermilch nachgewiesen, wenn auch in abnehmender Menge. Andererseits werden immer mehr neue Stoffgruppen gefunden, z.B. Flammschutzmittel, Duftstoffe und Weichmacher, die heute noch weit verbreitet im Einsatz sind – das zeigt diese Studie, die die aktuellen Daten zur Muttermilchbelastung darstellt und analysiert.

Mütter übertragen durch das Stillen einen Großteil der gespeicherten Fremdstoffe auf ihr Kind. Inzwischen wurden mehr als 350 Schadstoffe nachgewiesen, die der Säugling mit der Muttermilch aufnehmen kann. Dabei beginnen die Be-

lastungen nicht erst mit dem Stillen, sondern bereits im Mutterleib. Viele der Chemikalien, mit denen die Mutter belastet ist, können aus ihrem Blut in das ungeborene Kind gelangen. Ungeborene und Kleinkinder sind besonders gefährdet, da sie sich in empfindlichen Entwicklungsstadien befinden, in denen die Stoffe langfristige Schäden anrichten können. Die Folgen sind vielfältig und reichen von Allergien über Störungen des Immunsystems, verminderter Fruchtbarkeit und Krebs bis zu Verhaltensstörungen durch Beeinträchtigungen der Gehirnentwicklung.

Insbesondere die hormonellen Schadstoffe können bereits in winzigen Mengen in entscheidende Stoffwechselvorgänge eingreifen und zu schwerwiegenden Schäden führen. Neben den langlebigen und sich anreichernden Substanzen ist diese Stoffgruppe besonders Besorgnis erregend. Hinzu kommt, dass man von den meisten der Altstoffe nicht weiß, welche möglichen Schäden sie auf den Menschen haben können – sie wurden schlichtweg vorher nie getestet. Die neue EU-Chemikaliengesetzgebung REACH (Registrierung, Evaluierung und Autorisierung von Chemikalien) soll dieses Defizit beseitigen. Sie ist die bisher bedeutendste Reform zum Umwelt- und Gesundheitsschutz in Europa, wird z. Zt. vom EU-Parlament beraten und soll Ende 2006 als Verordnung in Kraft treten. Mit REACH soll die Industrie alle vor 1981 auf den EU-Markt gebrachten Stoffe innerhalb bestimmter Fristen mit Angaben zur Sicherheit bei den Behörden melden. Nur jene Substanzen, die sich bei der folgenden Bewertung als ungefährlich herausstellen, dürfen weiter vertrieben werden. Für bedenkliche Stoffe müssen Sondergenehmigungen zur Nutzung beantragt und behördlich genehmigt werden. REACH bietet die große Chance, alte Fehlentwicklungen zu korrigieren und endlich einen vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutz gesetzlich zu verankern.

Muttermilch versorgt den Säugling mit lebenswichtigen Nährstoffen und stärkt seine Abwehrkräfte. Stillen lässt zudem eine enge Mutter-Kind-Bindung entstehen, eine wichtige Voraussetzung für gesunde Entwicklung. Die Belastung der Muttermilch mit synthetischen Chemikalien ist daher ein besonders heikles Thema. Sie sollte

nicht vom Stillen abhalten, sondern vor allem die Dringlichkeit einer Reform der Chemiepoltik betonen. Der aktuelle REACH-Entwurf weist jedoch deutliche Defizite auf, zurückzuführen auf den Einfluss der Chemieindustrie. Umweltverbände fordern daher Nachbesserungen und haben fünf Hauptforderungen aufgestellt.

Die fünf Hauptforderungen der Umweltverbände an die Reform der EU-Chemikalienpolitik

- 1. Sehr Besorgnis erregende Chemikalien dürfen nicht zugelassen werden, wenn ihr Gebrauch nicht zwingend gesellschaftlich notwendig ist oder sicherere Alternativen verfügbar sind. Substitution muss verpflichtend sein.**

Nur wenn die Hintertür der „adäquaten Kontrolle“ geschlossen wird, kann von REACH ein klares Signal ausgehen, welche Chemikalien wir weniger oder nicht mehr am Markt sehen wollen. Ansonsten werden akzeptable Alternativen außer Acht gelassen und von potenziellen Anwendern ferngehalten und Verbraucher nach wie vor unakzeptablen Risiken ausgesetzt.

- 2. Die Registrierung muss die Lücke bei den Sicherheitsinformationen schließen.**

Im jetzigen REACH-Entwurf sind 20.000 Stoffe von einer ausreichenden Sicherheitsbeurteilung ausgenommen. Ohne Tests zur biologischen Abbaubarkeit und Expositionsabschätzungen können Chemikalien weder eingestuft noch für weitere Maßnahmen priorisiert werden.

- 3. Eine Qualitätssicherung für die von der Industrie gelieferten Sicherheitsinformationen ist unerlässlich.**

REACH gibt der Industrie die einmalige Chance, die Verantwortung für die Chemikaliensicherheit selbst zu übernehmen. Dies ist jedoch nur zusammen mit einer ausreichenden Qualitätssicherung und offiziellen Qualitätskontrolle sinnvoll. Die Qualitätssicherung für sämtliche Registrierungsdossiers sollte von einem unabhängigen Dritten oder einer zertifizierten Organisation übernommen werden. Mindestens 5% aller Dossiers sollten von den nationalen Behörden bewertet werden.

- 4. Chemikalien, die über importierte Produkte in die EU gelangen, müssen dieselben Teststandards durchlaufen wie die in der EU produzierten Artikel.**

Die im momentanen Entwurf enthaltenen Bestimmungen für importierte Produkte sind unzureichend und würden für bestimmte Industriesektoren in der EU ein Ungleichgewicht bei den Wettbewerbsbedingungen zur Folge haben. Verbraucher blieben weiterhin ohne Schutz vor gefährlichen Chemikalien in importierten Produkten. Wir müssen diese Sicherheitslücke schließen, auch auf die Gefahr eines Konflikts mit der WTO hin. Die EU ist der größte Markt der Welt und sollte nicht davor zurückschrecken, neue globale Sicherheitsstandards zu setzen.

- 5. Informationen müssen für die Öffentlichkeit zugänglich sein.**

Es muss sichergestellt sein, dass alle Interessenten ausreichenden Zugang zu den Sicherheitsdaten haben, um ihre eigenen Risikobeurteilungen vorzunehmen. Dies gilt für Anwender von Chemikalien, die den Markt nach besseren Alternativen absuchen und für Verbraucher, die sich über gefährliche Substanzen in Konsumerzeugnissen informieren wollen. Die Liste der nicht-vertraulichen Geschäftsinformationen muss um die Namen der Stoffhersteller oder Importeure, die Produktionsmengen nach Kategorien und die Expositionsabschätzung erweitert werden. Die Sicherheitsdatenblätter müssen in der ganzen Lieferkette weitergegeben werden, um auch Händlern und Verbrauchern zu ermöglichen, sich darüber zu informieren, ob Endprodukte gefährliche Chemikalien enthalten.

Inhalt

1. Einleitung	7
2. Muttermilchbelastung mit „alten Sünden“	9
3. Zur Risikobewertung von Schadstoffen	16
3.1 Wie kommt die Chemikalie in den Körper?	16
3.2 Einflussfaktoren auf die Rückstandsgehalte	18
3.3 Zum Umgang mit Nichtwissen	19
4. „Neue Sünden“: Von Flammschutzmitteln und mehr in der Muttermilch	23
4.1 Flammschutzmittel	23
4.2 Duftstoffe	28
4.3 Weichmacher	31
5. Gefährdung der Kindergesundheit	37
6. Die Reform der EU-Chemikalienpolitik – eine Lösung?	39
7. Literatur	45

1. Einleitung

Wir Menschen und unsere Umwelt sind seit langem tausenden synthetischen Chemikalien ausgesetzt, die vor der Industrialisierung noch nicht existierten. Zumeist wird uns diese Tatsache erst dann bewusst, wenn extreme Schadstoffbelastungen – z.B. mit PCB verseuchte Schulgebäude oder sehr hohe Pestizidrückstände in Erdbeeren oder Salat – zum Skandal werden. Es gibt zahlreiche Hinweise darauf, dass die Zunahme bestimmter Erkrankungen in den Industriestaaten mit dem unüberschaubaren Cocktail synthetischer Stoffe zusammenhängt, dem wir tagtäglich ausgesetzt sind: Allergien, Krebserkrankungen und Verhaltensstörungen bei Kindern nehmen zu, Spermienqualität und Fruchtbarkeit nehmen ab.

In Europa hat die Produktion synthetischer Chemikalien seit ca. 1940 explosionsartig zugenommen. Das „Europäische Verzeichnis der Altstoffe“ gibt an, dass im Zeitraum bis 1980 – also in nur vier Jahrzehnten – 106.000 Chemikalien auf den europäischen Markt kamen. Bereits 1950 wurde das Insektenvernichtungsmittel DDT in der Muttermilch nachgewiesen. Aber erst 1981 trat ein Chemikaliengesetz in Kraft, das erstmals vor der Vermarktung der Chemikalien die verbindliche Prüfung auf Umwelt- und Gesundheitsgefahren vorschrieb. So genannte „Altstoffe“ – d.h. nahezu alle Stoffe, die vor diesem Chemikaliengesetz in Verkehr gebracht wurden – haben vorher keinerlei Risikobewertung durchlaufen. Das bedeutet, dass fast alle Chemikalien in Kosmetika, Möbeln, usw. niemals auf ihre Risiken für Mensch und Umwelt untersucht worden sind. Viele dieser Chemikalien sind heute in den verschiedenen Organen des Menschen nachweisbar. Besonders Besorgnis erregend sind dabei die langlebigen (persistenten) und Fett liebenden (lipophilen) Chemikalien, die in der Natur nicht abgebaut werden und sich in fetthaltigen Geweben anreichern. Einige kennt man unter dem Namen „POP“ (Persistent Organic Pollutants = langlebige organische Schadstoffe). Sie verteilen sich über die

Luft, das Wasser oder in Organismen über den ganzen Erdball. Dadurch sind mittlerweile nicht nur Menschen in den Industrienationen, sondern auch Bewohner entfernter Regionen mit „POP“ belastet. Je höher ein Lebewesen in der Nahrungskette steht, desto stärker ist seine Belastung, da die Schadstoffe über die Nahrung weitergereicht werden. Verbote und Regulierungen zur Verminderung von Produktion oder Nutzung dieser Chemikalien sorgen zwar dafür, dass die Belastung mit Altstoffen kontinuierlich sinkt – trotzdem sind sie weiterhin weltweit vorhanden. Schlimmer noch: Viele Substanzen mit ähnlichen Eigenschaften werden nach wie vor produziert und eingesetzt. Sie sind in Konsumerzeugnissen genauso wie in menschlichen und tierischen Geweben zu finden und unterliegen bisher keinen oder nur geringfügigen gesetzlichen Beschränkungen.

Ein großes Problem ist zudem, dass einige Chemikalien in das Hormonsystem von Mensch und Tier eingreifen. Von ihnen gehen Gefahren aus, die kaum bekannt sind und die sich der traditionellen Risikobewertung entziehen. Diese Stoffe wirken bereits in extrem winzigen Mengen, die man bisher nicht für möglich gehalten hatte. Besonders tückisch ist, dass sie in empfindliche Stoffwechsel- und Entwicklungsvorgänge im Mutterleib oder in die frühkindliche Reifung eingreifen.

Muttermilch ist ein besonders geeigneter Bioindikator für die Belastung mit langlebigen und Fett liebenden Chemikalien, da die angereicherten Substanzen während der Milchbildungsphase aus den Fettdepots in die Milch transportiert werden. Mütter übertragen durch das Stillen einen erheblichen Teil der Stoffe auf ihr Kind: Die Mutter wird entgiftet, der Säugling belastet. Inzwischen wurden bereits mehr als 350 Schadstoffe nachgewiesen, die der Säugling mit der Muttermilch aufnehmen kann (Lyons, 1999). Auch ohne gesundheitliche Risikobewertung ist diese Zahl Be-

sorgnis erregend. Hinzu kommt, dass die möglichen Kombinationswirkungen der verschiedenen Substanzen so gut wie unerforscht sind.

Die „Nationale Stillkommission“ analysiert seit 1994 die Belastung der Muttermilch deutscher Frauen, bewertet gesundheitliche Risiken für die Säuglinge und veröffentlicht Stillempfehlungen. Bis 1995 wurde geraten, die Muttermilch bei einer Stilldauer von mehr als vier Monaten auf Rückstände untersuchen zu lassen. Weil inzwischen immer weniger Pestizide, Dioxine und PCB in der Muttermilch nachgewiesen werden, spricht sich die „Nationale Stillkommission“ seit 1995 für das Stillen ohne Einschränkung aus. Grundsätzlich ist erfreulich, dass die Belastungen mit den „alten“ Umweltchemikalien Jahrzehnte nach ihrem Verbot nur noch in Konzentrationen vorliegen, die diese Empfehlung erlauben. Doch wie bei vielen anderen umweltpolitischen Entscheidungen auch, basiert dieser Ratschlag auf der vergleichenden Betrachtung von Risiko und Nutzen. Das bedeutet, dass die Experten nach derzeitigem wissenschaftlichen Erkenntnisstand den gesundheitlichen und emotionalen Nutzen des Stillens für die Säuglinge höher einschätzen als die bisher bekannten Gefahren. Allerdings werden Risiken, die derzeit noch überprüft werden und solche, die noch unbekannt sind, nicht mit in die Abwägung einbezogen. Daher betont die Nationale Stillkommission, dass synthetische Chemikalien in der Muttermilch grundsätzlich unerwünscht sind. Dies ist besonders wichtig vor dem Hintergrund, dass in letzter Zeit in der Muttermilch neue synthetische Stoffe mit vergleichbaren Risiken identifiziert wurden. Eine Entwarnung sollte deshalb keineswegs gegeben werden. Das Ziel muss sein: Weniger langlebige und Fett liebende Chemikalien in der Umwelt, Verminderung der Einwirkung dieser Stoffe auf den Menschen und damit ihre Minimierung auch in der Muttermilch. Die beste aller Maßnahmen bleibt jedoch, künftig vernünftige Strategien zu entwickeln, die solche Belastungen von vornherein vermeiden.

Die Studie fasst die aktuellen Daten zur Belastung der Muttermilch mit verschiedenen „Altstoffen“ zusammen, die heute zumeist verboten sind, sich jedoch noch immer im Menschen finden lassen. Es werden die allgemeinen Voraussetzungen beschrieben, die die Aufnahme von Chemikalien und deren Anreicherung im Körper ermöglichen und jene Faktoren aufgezeigt, die die Schadstoffmengen in der Muttermilch beeinflussen. Am Beispiel von PCB wird auf die Langzeitwirkung von Stoffen mit besonderen Eigenschaften eingegangen und Probleme der gängigen Risikobewertung und der Unsicherheiten bei der Stoffbewertung werden dargestellt. Im Kapitel „Neue Sünden“ werden die Belastungsdaten solcher Stoffe dargestellt, die erst seit vergleichsweise kurzer Zeit als Problemstoffe identifiziert sind. Ein weiteres Kapitel widmet sich der besonderen Gefährdung der Kindergesundheit.

Zur Zeit steht die europäische Chemikalienpolitik vor einer umfassenden Reform. Die EU-Kommission hat ein Gesetz entworfen, das den Umgang mit Chemikalien neu regeln soll. Mit REACH (Registrierung, Evaluierung und Autorisierung von Chemikalien) muss die Industrie alle vor 1981 auf den europäischen Markt gebrachten Chemikalien bei den Behörden melden – bei Nichteinhaltung der Fristen drohen Vermarktungsverbote. Nur Substanzen, die sich bei der Bewertung als ungefährlich herausstellen, dürfen weiterhin vertrieben werden, für die Nutzung bedenklicher Stoffe müssen Sondergenehmigungen beantragt werden. Damit muss die Industrie in Zukunft vor einer Vermarktung die Unbedenklichkeit ihrer Stoffe nachweisen und nicht, wie bisher, die Behörden deren Gefährlichkeit. Es bietet sich die große Chance, alte Fehlentwicklungen zu korrigieren und endlich einen vorsorgenden Gesundheits- und Umweltschutz gesetzlich zu verankern. Gerade die Belastung der Muttermilch mit synthetischen Chemikalien zeigt die dringende Notwendigkeit der Reform. Im letzten Teil dieser Studie werden Forderungen an den Reformprozess diskutiert, die aus Sicht des Umwelt- und Verbraucherschutzes dringend erforderlich sind.

2. Muttermilchbelastung mit „alten Sünden“

Insgesamt wurden in Muttermilch bereits mehr als 350 Schadstoffe nachgewiesen (Lyons, 1999). Es gibt nur vergleichsweise wenige Chemikalien oder Stoffgruppen, für die regelmäßig und langjährig erhobene Daten aus Muttermilchanalysen und anderen Humanproben vorliegen und die ein einigermaßen gesichertes Bild zur Belastungssituation der Bevölkerung erlauben sowie Trendaussagen zulassen. Besonders gut untersucht wurden im Wesentlichen einige Vertreter der so genannten POP (Persistent Organic Pollutants = langlebige, organische Schadstoffe), wie die Gruppe der polychlorierten Biphenyle (PCB), das Insektizid DDT, Hexachlorbenzol (HCB) sowie die giftigen Verbrennungsprodukte Dioxine (PCDD = polychlorierte Dibenzo-p-dioxine) und Furane (PCDF = polychlorierte Dibenzofurane), die aufgrund ihrer starken Persistenz, Bioakkumulierbarkeit, weltweiten Verbreitung und hohen Toxizität 2004 als erste Chemikalien durch die Vereinten Nationen im Rahmen der so genannten UN-POP-Konvention (auch Stockholm-Konvention) weltweit verboten wurden.

In Deutschland werden Muttermilch-, Urin- und Blutproben von den Untersuchungsämtern der Bundesländer seit langer Zeit auf bestimmte Pestizide wie DDT, PCB sowie Dioxine und Furane untersucht. Bei den DDT-Messungen handelt es sich um den Gesamt-DDT-Gehalt (Σ DDT) einschließlich seines persistenten Abbauproduktes DDE, zu dem DDT im Körper durch Stoffwechselvorgänge abgebaut wird. Bei den PCB handelt es sich um Stoffgemische mit insgesamt 209 möglichen Einzelsubstanzen (Kongeneren), die sich in der Anzahl der Chloratome und ihrer Position am Biphenylring unterscheiden. Für die PCB-Messungen werden in Standardmessverfahren sechs Leitkongeneren (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) analysiert und mit einem Multiplikationsfaktor auf den Gesamt-PCB-Gehalt (Σ PCB) extrapoliert (nach DIN 51527 und Schadstoff-Höchstmengen-Verordnung). Der Gesamt-PCB-Gehalt in

den Muttermilchproben bzw. im Blut bezieht sich jeweils nur auf die Gehalte der drei PCB-Kongeneren 138, 153 und 180. Die 17 im menschlichen Körperfett gespeicherten Dioxine und Furane werden summarisch als Internationale Toxizitätsäquivalente (I-TEQ) angegeben. Das Datenmaterial wird seit 2000 in der zentralen – für die Öffentlichkeit aber unzugänglichen – „Frauenmilch- und Dioxin-Humandatenbank“ des Bundes und der Länder am Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV) (seit November 2002 Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)) zusammengetragen.

Mehr als 40.000 Muttermilchproben wurden seit 1980 analysiert. Trotz der Verbote der meisten dieser Stoffe in den 1970er Jahren sind in fast allen Proben viele Stoffe noch immer in gut messbaren Konzentrationsbereichen nachweisbar. Dabei handelt es sich um Σ DDT, HCB, β -HCH und Σ PCB. Auch α - und γ -HCH (Lindan), cis-Heptachlorperoxid (Abbauprodukt von Heptachlor) und Dieldrin sind heute noch in 10–50% der Muttermilchproben messbar. Viele andere – hier nicht aufgeführte Chemikalien – sind ebenfalls noch immer in fast allen Proben in gut erfassbaren Konzentrationsbereichen nachzuweisen.

Allerdings ist in Deutschland gleichzeitig eine kontinuierliche Abnahme in der Belastungshöhe der Muttermilch festzustellen (Tab. 1): Von 1980 bis 1997 ging die Belastung mit Organochlor-Pestiziden und PCB zurück, seit den 1990er Jahren zeigt sich auch ein Rückgang der Dioxine und Furane. So hat das PCB-Verbot zu einer rund 70%igen Reduktion der Muttermilchgehalte an PCB geführt, auf mittlere 0,49 Milligramm pro Kilogramm (mg/kg) Fett. Allerdings überschritten bei den 1997 untersuchten Proben immerhin noch 4,3% den festgelegten Referenzwert von 1,2 mg/kg Fett. Dies bedeutet, dass 4,3% der untersuchten Frauen deutlich höher mit PCB be-

lastet waren als der obere Bereich der Hintergrundbelastung (BgVV, 2000; Vieth, 2002). Um eine Aussage darüber zu treffen, ob ein individueller Rückstandsgehalt in dem für Deutschland charakteristischen Bereich der Hintergrundbelastung liegt, werden von der Kommission „Human-Biomonitoring“ (HBM) des Umweltbundesamtes Referenzwerte festgelegt (HBM-Kommission, 2000). Sie basieren auf den 1994 ermittelten 95. Perzentilwerten, die den oberen Bereich der Muttermilchbelastung in der deutschen Bevölkerung widerspiegeln. Referenzwerte, die es auch für die Rückstandsgehalte im Blut gibt, lassen grundsätzlich keine gesundheitliche Bewertung zu.

PCB wurden in den 1950er bis 1970er Jahren von der Industrie als Allround-Chemikalien massenhaft in Deutschland und vielen anderen Ländern eingesetzt. Sie fanden Verwendung als technische Gemische, u.a. als Weichmacher in Kunststoffen und Fugendichtungsmassen, zum Bau von Plattenbetongebäuden, als Flammschutzmittel in Farben und Lacken, als Di-elektrikum in Kondensatoren (z.B. in Leuchtstoffröhren) und Transformatoren, in Isolier-, Kühl- oder Hydraulikflüssigkeiten oder als Zusatzstoffe in Nagellacken oder Textilien. Nach einigen schweren Unfällen in Asien in den 1970er Jahren, bei denen PCB Reisöl kontaminierte und schwere Erkrankungen bei vielen Menschen auslöste (Chlorakne,

Krebs), sowie nach der Erkenntnis, dass sich PCB inzwischen weltweit in allen Umwelt- und Humanproben finden ließen, erfolgte 1978 zunächst das Verbot für den offenen Einsatz. Seit 1989 ist die Produktion, das In-Verkehr-bringen und die Verwendung von PCB in Deutschland endlich vollständig verboten. Im Mai 2004 erging schließlich das weltweite Verbot für die Produktion und die Anwendung aller PCB durch die UN.

PCB werden in zwei Gruppen unterteilt, in die dioxin-ähnlichen und die nicht-dioxinähnlichen PCB. Zwölf der 209 PCB sind aufgrund ihrer chemischen Struktur und Form den Dioxinen ähnlich. Von einer Expertengruppe der WHO wurden 1998 für diese dioxin-ähnlichen PCB Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) festgelegt, welche die dioxin-ähnliche Wirksamkeit relativ zum giftigsten Dioxin 2,3,7,8-TCDD gewichten (Körner, 2003). PCB 126 steht damit in der toxischen Wirksamkeit auf gleicher Stufe mit den meisten Dioxinen und Furanen und ist nur 10-mal geringer toxisch als das giftigste der Dioxine, das so genannte Seveso-Dioxin.

Dioxine besitzen ein breites Spektrum toxischer und biochemischer Wirkungen; einige von ihnen sind als krebserregend für den Menschen bekannt. Bekannt ist auch ihre hormonelle (endokrine) Wirksamkeit. Bei Labortieren wurde ein Zusammenhang zwischen Dioxinen und Endo-

Tabelle 1:
Mittelwerte und
Referenzwerte
persistenter
Organochlor-
verbindungen
in Frauenmilch
aus Deutschland
in mg/kg
Milchfett.

Rückstand	Mittlerer Gehalt 1979/81	Mittlerer Gehalt 1997	95. Perzentil 1997	Referenzwert ³⁾
Σ DDT	1,83	0,30 ¹⁾	0,86 ¹⁾	0,9 ¹⁾
HCB	1,14	0,07	0,17	0,3
β-HCH	0,33	0,04	0,11	0,1
Σ PCB	1,72	0,49 ¹⁾	0,94 ¹⁾	1,2 ¹⁾
PCDD/PCDF	30,6 ²⁾ ng I-TEQ/kg Fett	12,9 ³⁾ ng I-TEQ/kg Fett	23,0 ³⁾ ng I-TEQ/kg Fett	keiner

1) Nur Werte aus den alten Bundesländern enthalten; 2) Daten für den Zeitraum 1986–1990; 3) Daten aus 1998

metriose (Wucherungen am Eierstock), Entwicklungsstörungen und neurologisch bedingten Verhaltensstörungen (Lernstörungen), Wirkungen auf Entwicklung und Reproduktion (geringe Spermienanzahl, genitale Missbildungen) sowie immuntoxischen Wirkungen beobachtet. Diese Effekte treten bereits bei deutlich geringeren Expositionshöhen auf als die krebserregende Effekte (Europäische Union, 2001).

Die Toxizität der dioxin-ähnlichen PCB ähnelt derjenigen der hochtoxischen Dioxine, da sie sich an den gleichen subzellularen Einheiten anbinden und somit die gleichen Prozesse in der Zelle beeinflussen. Im Tierexperiment sind sie kanzerogen, neuro-, immuno-, reproduktions- und entwicklungstoxisch und können auf das Hormonsystem einwirken, z.B. stören sie die Schilddrüsenfunktion, die Reproduktion und den Kohlehydratstoffwechsel. Nicht-dioxinähnliche PCB sind als eigene Wirkgruppe weitaus weniger erforscht. Sie beeinflussen andere subzelluläre Prozesse, die daraus resultierenden Effekte sind aber wiederum sehr ähnlich (Schoeters & Birnbaum, 2004; Schrenk, 2004); neben den bereits genannten Effekten können sie Verhaltensstörungen auslösen (Schrenk, 2003). Umfangreiche Übersichten und Bewertungen zu den hormonellen Effekten der PCB und anderer Umweltschadstoffe bieten u.a. das Umweltbundesamt (Gies et al., 2001) und die WHO (2002).

Bei berufsbedingt PCB-belasteten Frauen wurden Verkürzungen der Schwangerschaftsdauer beobachtet (Taylor et al., 1989). Gesundheitliche Beeinträchtigungen treten beim Menschen aber auch schon in Konzentrationsbereichen auf, wie sie in der Umwelt vorkommen. Beispielsweise zeigten Kinder von Müttern, die hoch belasteten Fisch gegessen hatten, in einer Langzeitstudie aus Michigan (USA) verminderte Geburtsgewichte sowie neuropsychologische Auffälligkeiten in den durchgeführten Intelligenz-, Sprach- und Gedächtnistests (Jacobson et al., 1985; Jacobson & Jacobson, 1996). Zwei epidemiologische Studien aus Deutschland („Düsseldorfer Kohorte“)

und Holland untersuchten die vorgeburtlichen (pränatalen) und nachgeburtlichen (postnatalen) Einflüsse von PCB-Hintergrundbelastungen auf Kinder bis zum Alter von 72 Monaten. In beiden Studien wurden mentale Entwicklungsstörungen bei den Kleinkindern festgestellt.

Die PCB-Aufnahme (Exposition) erfolgt zu gut 90% über die Nahrung, die Aufnahme über die Atemluft wird auf unter 10% geschätzt. Bei 25-jährigen gehen 12–14% der im Körper enthaltenen PCB-Mengen noch auf die Aufnahme durch die Muttermilch zurück (Patandin et al., 1999). PCB werden von der so genannten Plazenta-Schranke nicht zurückgehalten, Menschen werden diesen Stoffen daher bereits vor ihrer Geburt als Föten ausgesetzt. Die Hintergrundbelastung der Außenluft liegt bei 1–10 Nanogramm pro Kubikmeter (ng/m³). In den letzten Jahren und Jahrzehnten zeigten sich die Folgen der PCB-Verwendung in Gebäuden in erhöhten Belastungen der Innenraumluft, vornehmlich in öffentlichen Gebäuden wie Schulen und Kindergärten. Häufig wurden diese Betonwände innen nicht verputzt, so dass PCB aus den Fugendichtungsmassen in die Innenraumluft entweichen konnten oder es wurden PCB-haltige Brandschutz-Deckenplatten oder Leuchtstoffröhren eingebaut (VUA & BUB, 1999).

Größtenteils unbekannt ist die Expositionssituation im Detail. Diese Informationen sind jedoch dringend notwendig, da die PCB in unterschiedliche Wirkungsgruppen untergliedert werden, die sich in Luft, Boden, Wasser oder Lebewesen unterschiedlich verhalten. Auch ist das Mengenverhältnis von niederchlorierten (weniger Chloratome im Molekül) zu höherchlorierten (mehr Chloratome) PCB in der Innenraumluft, im Blut oder im Fettgewebe jeweils ein anderes und mit ihrer Zusammensetzung im ursprünglichen PCB-Produkt nicht mehr identisch. Die Rückstandsgelhalte der dioxin-ähnlichen PCB werden in Human-, Umwelt- oder Lebensmittelproben in der Regel nicht gesondert analysiert. Die tägliche tolerierbare Aufnahme (Tolerable Daily Intake =

TDI) gemäß den Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEF) in Toxizitätsäquivalenten (TEQ) angegeben. Der TDI-Wert beziffert die akzeptable tägliche Aufnahmemenge eines Stoffes in Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht, welche ein Mensch lebenslanglich täglich verzehren kann, ohne gesundheitliche Schäden davonzutragen. Basis für die Festlegung dieses Wertes sind in der Regel Fütterungsversuche mit Ratten oder Mäusen.

Ein Report der Generaldirektion Gesundheit und Verbraucherschutz der Europäischen Kommission fasst alle verfügbaren Daten an Rückstandgehalten von dioxin-ähnlichen PCB und Dioxinen in Lebensmitteln zusammen (European Commission, 2000). Die Datenlage weist darauf hin, dass dioxin-ähnliche PCB im Vergleich zu den Dioxinen etwa denselben bis den doppelten TEQ-Beitrag leisten (Tab. 2). Neuere Untersuchungen von Milchprodukten aus Deutschland kamen zu dem Ergebnis, dass Dioxine nur zu knapp 30% zum Gesamt-TEQ beitragen, den restlichen Beitrag liefern die dioxin-ähnlichen PCB (Malisch, 2003).

Nach der Generaldirektion Gesundheit und Verbraucherschutz liegt der durchschnittliche Gehalt von Dioxinen und Furanen in der Muttermilch in verschiedenen Mitgliedsländern bei 8–16 Pikogramm Internationales Toxizitätsäquivalent pro Gramm (pg I-TEQ/g) Fett. Die Belastung der Muttermilch liegt somit in der gleichen Größenordnung wie im höchstbelasteten Lebensmittel, dem Fisch. Wurden parallele Analysen auf Dioxine und dioxin-ähnliche PCB vorgenommen, schwankte der mittlere PCB-TEQ-Gehalt zwischen der gleichen Größenordnung und den

3-fachen Gehalten. Im Ländervergleich liegt Deutschland mit den Plätzen vier und fünf im oberen Drittel bei der Muttermilchbelastung mit diesen Substanzen (Malisch 2003) (Abb. 1 und 2).

Ein Säugling nimmt während der Stillperiode 2 bis 4-mal mehr an Gesamt-PCB auf als es der zur Zeit provisorische Wert für die tägliche tolerierbare Aufnahme (TDI) zulässt und die Belastung mit Dioxinen und dioxin-ähnlichen PCB ist rund eine Größenordnung höher als bei Erwachsenen. Von offizieller Seite wird dies als nicht Besorgnis erregend bewertet, da eine Stilldauer von sechs Monaten weniger als 1% der durchschnittlichen Lebenserwartung entspricht und sich der TDI-Wert auf eine lebenslange Fremdstoffaufnahme bezieht (Vieth & Przyrembel, 2003). Diese Sichtweise negiert völlig die höchst sensiblen Entwicklungsstadien bei Kindern und somit die vollständig anderen und wesentlich gravierenderen Konsequenzen einer Schadstoffeinwirkung (siehe dazu Kap. 5).

Eine aktuelle deutsche Studie untersuchte erstmals sowohl das Blut von 169 schwangeren Frauen als auch ihre Muttermilch ca. zwei Wochen nach der Entbindung (Wittsiepe et al., 2004). Die Wissenschaftler fanden vergleichbare Gehalte wie in anderen Studien und gute Korrelationen zwischen Blut- und Milchkonzentrationen sowohl bei den Dioxinen als auch bei den dioxin-ähnlichen PCB (Tab. 3). Die gefundenen Hauptkongenere in Blut und Milch sind PCB 126 (das giftigste PCB-Kongener) und 156. Bezogen auf die Toxizitätsäquivalente liegt der Anteil von PCB im Blut bei 40%, in der Muttermilch bei 48%.

Tabelle 2:
Mittlere Belastung von Lebensmitteln in der EU mit Dioxinen (PCDD/ PCDF) und dioxin-ähnlichen PCB.

Lebensmittel	PCDD/PCDF (pg TEQ/g Fett)	dioxin-ähnliche PCB (pg TEQ/g Fett)
Fisch	10	30
Fleisch	0,4–0,7	0,3–1,5
Milch/Milchprodukte	0,6–1,0	0,6–1,3
Pflanzliche Lebensmittel, Eier	Differenzierung ist nicht möglich aufgrund unzureichender Datenbasis.	

Kinder, die gestillt werden, weisen im Mittel mit 0,25 bzw. 0,4 Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g/l}$) höhere DDE- und PCB-Gehalte im Blut auf als Kinder, die nicht gestillt werden (0,17 bzw. 0,27 $\mu\text{g/l}$). Statistische Auswertungen belegen eine signifikant positive Beziehung der Rückstandswerte im Blut der Kinder mit der Stilldauer insbesondere für PCB, DDE und HCB, d.h. je länger gestillt wur-

de, desto höher die Schadstoffbelastung. Die Referenzwerte im Blut, in Abhängigkeit vom Lebensalter, sind Abb. 3 zu entnehmen. Für alle Stoffe bzw. Stoffgruppen lässt sich eine deutliche Zunahme mit ansteigendem Alter von 9 bis 69 Jahre ausmachen, ein klares Zeichen für die Persistenz und Bioakkumulierbarkeit dieser Substanzen. Die vergleichsweise hohen DDE-Refe-

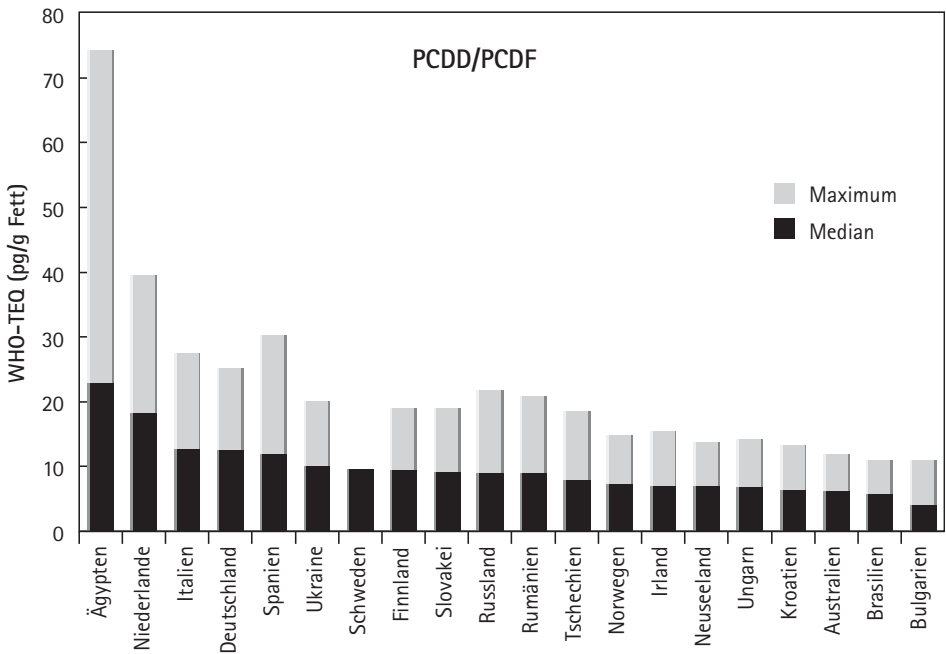


Abbildung 1:
Gehalte von
Dioxinen und
Furanen in der
Muttermilch.

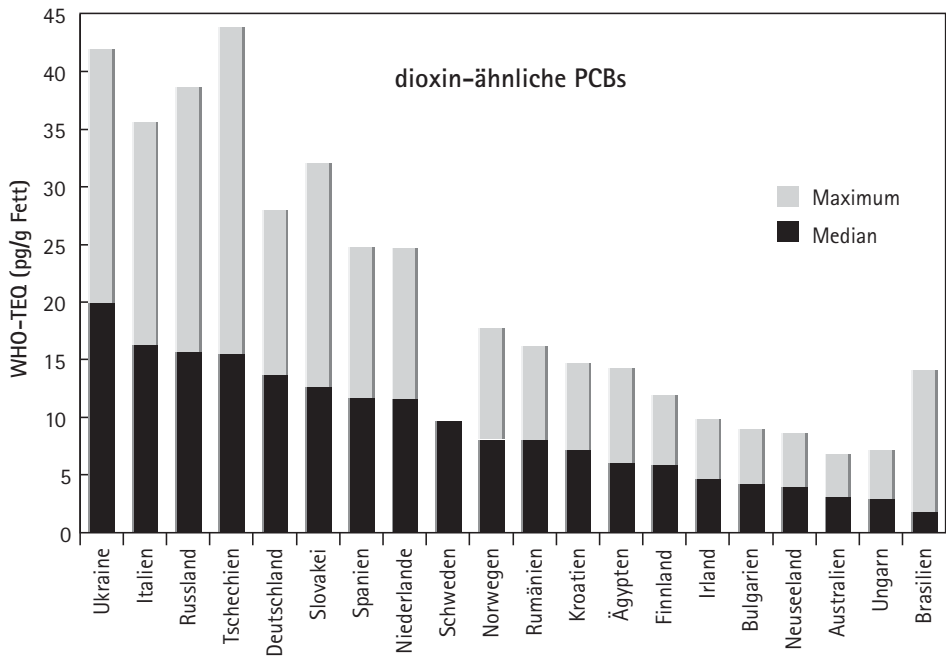


Abbildung 2:
Gehalte von
dioxin-ähnlichen
PCB in der
Muttermilch.

renzwerte im Blut bei Bewohnern der neuen Bundesländer (doppelt bis fast 4-fache Werte gegenüber den alten Bundesländern) sind vermutlich auf den noch längeren Einsatz des Insektizids DDT in der DDR bis 1989 zurückzuführen. Obgleich dort in den 1970er Jahren wie auch in Westdeutschland (1972) ein DDT-Verbot erlassen wurde, wurde der Stoff aufgrund zahlreicher Ausnahmegenehmigungen weiter eingesetzt. Die PCB- und HCB-Referenzwerte sanken im Vergleich zur letzten Bewertung 1999 für die Altersgruppe bis 49 Jahre um bis zu 30% (HBM-Kommission, 2003).

Studien aus Deutschland und anderen Ländern belegen auch das Auftreten einiger Pestizide und Biozide der älteren Generation in der Muttermilch und anderen Humanproben. Auch sie finden sich als globale Umweltschadstoffe in der UN-POP-Konvention, sind in Deutschland bereits lange verboten oder hatten als Pestizidwirkstoff hier keine Bedeutung. Sie sind zumeist als giftig oder sehr giftig eingestuft und für die meisten ist auch eine hormonelle Wirksamkeit belegt.

Die DDT-Gehalte in deutscher Muttermilch sind in Tabelle 1 (S. 10) dargestellt. Auch in diesem Fall sind die Werte deutlich zurückgegangen. Neben zahlreichen anderen toxischen Eigenschaften, die letztlich zu dem DDT-Verbot führten, ist mittlerweile auch dessen hormonelle Wirksamkeit erwiesen. In einer aktuellen Untersuchung von EU-Parlamentariern konnte bei allen 47 Probanden DDE im Blutserum nachgewiesen werden. Es zeigte die höchste mittlere Konzentration im Blutserum unter den insgesamt in der Untersuchung nachgewiesenen 76 Substanzen (WWF, 2004).

Das technische Hexachlorcyclohexan (HCH) setzt sich aus 65–70% α -HCH, 7–10% γ -HCH, 14–15% γ -HCH und 10% anderen Isomeren zusammen. Durch Reinigungsverfahren wird aus HCH Lindan gewonnen, das zu mehr als 99% aus γ -HCH besteht. Lindan kann in Spuren mit β -HCH verunreinigt sein. Lindan zeigt sich im Tierexperiment krebserregend (carcinogen), erbgutschädigend (mutagen) und giftig für die Fortpflanzungsfähigkeit (reproduktionsschädigend) (CMR-Stoff), bei β -HCH deuten Studien auf die Entstehung von Brustkrebs hin. Laut Europäischer Kommission ist Lindan erwiesenermaßen hormonell wirksam und damit im Rahmen der Bewertung hormoneller Schadstoffe als hoch prioritär eingestuft (Gies et al., 2001; WWF, 2002). Lindan ist seit 1998 in Pflanzenschutzmitteln auf dem deutschen Markt nicht mehr zugelassen. Nach der EU-Pestizidzulassung (Richtlinie 91/414) darf Lindan als Pestizidwirkstoff in der EU seit Juni 2002 ebenfalls nicht mehr zugelassen werden. Noch bis in die 1980er Jahre hinein war Lindan in Holzschutzmitteln enthalten. Es findet sich aber bis heute noch weltweit einschließlich in Deutschland als Biozidwirkstoff in Läusemitteln für Menschen (meist als Shampoo bei Kindern eingesetzt) und in Insektenbekämpfungsmitteln für Haustiere, z.B. in „Jacutin“-Produkten. HCH-Rückstände finden sich in zahlreichen tierischen Lebensmitteln (vgl. Berichte des Lebensmittelmonitorings des BgVV bzw. BfR) und Lindan-Rückstände waren bis 1998 auch in pflanzlichen Produkten deutscher Herkunft nachzuweisen (PAN, 2001). Einen Vorstoß für ein sofortiges EU-Verbot für HCH inklusive Lindan hat der Ausschuss für Umweltfragen, Volksgesundheit und Verbraucherschutz des EU-Parlaments in einer Stellungnahme zur Umsetzung der UN-POP-Konvention in die EU-Gesetzgebung unternommen.

Tabelle 3:
Konzentrationen
von Dioxinen und
Furanen sowie
PCB in Blut und
Milch deutscher
Mütter von Sep-
tember 2000 bis
Januar 2003.

WHO-TEQ (pg/g Fett)	Blut			Milch		
	Median	Min.	Max.	Median	Min.	Max.
PCDD/PCDF	15,32	2,73	55,07	13,30	1,80	34,70
PCB	10,81	1,40	42,23	13,00	1,21	50,10
PCDD/PCDF+PCB	26,37	4,34	97,30	26,40	3,01	78,70

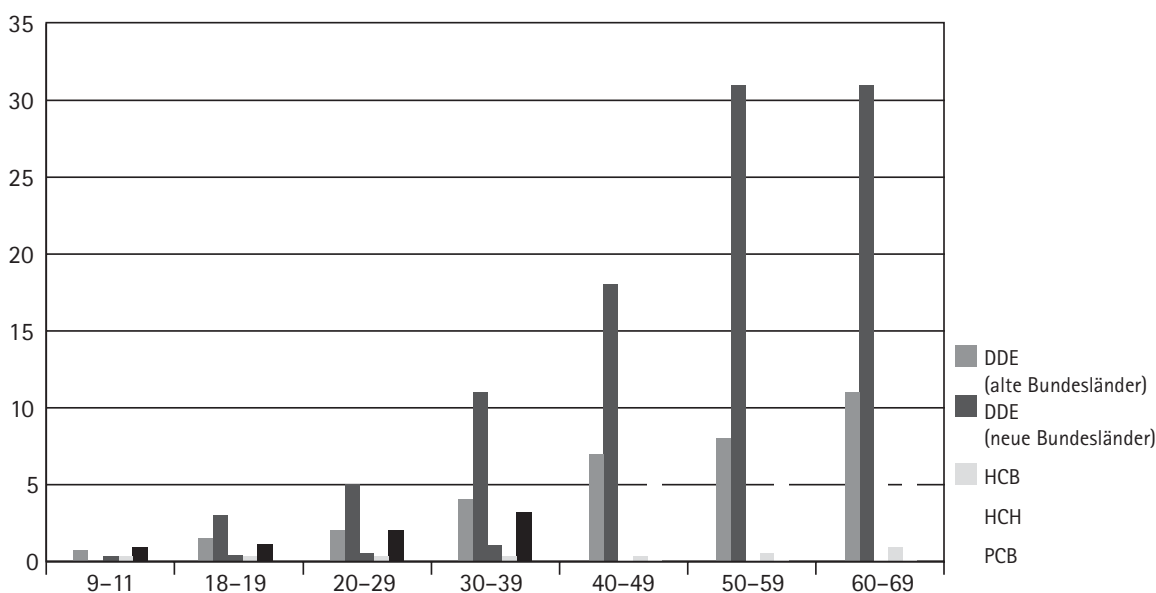


Abb. 3. Referenzwerte für verschiedene Organochlorverbindungen im Blut ($\mu\text{g/l}$) in Abhängigkeit vom Lebensalter

In der Muttermilch und im Blut dominiert das β -HCH, da es sich um das Isomer mit der höchsten Langlebigkeit und stärksten Bioakkumulation handelt. Die Werte für Deutschland finden sich in Tabelle 1 (S. 10). Im Rahmen des deutschen Human-Biomonitoring konnten bei 1,7% der Erwachsenen α -HCH, bei 5,2% γ -HCH (Lindan) und bei 34% β -HCH im Blut nachgewiesen werden. Bei nahezu allen untersuchten Kindern, nämlich bei 92,3%, wurde β -HCH im Blut gefunden (HBM-Kommission, 2003). Bei einer Untersuchung von EU-Parlamentariern wiesen die Proben des Blutserums von über 90% der 47 untersuchten Personen β -HCH auf (WWF, 2004).

Hexachlorbenzol (HCB) wurde einerseits direkt als Pestizid (Fungizid) verwendet, findet sich aber auch als Verunreinigung in anderen Pestiziden. Es wurde aber auch als Industriechemikalie, z.B. bei der Gummierstellung, eingesetzt und wird noch bis heute bei der Lösungsmittelherstellung verwendet. In Großbritannien wurde 1998 ein atmosphärischer Eintrag von immerhin 0,9 Tonnen gemessen (WWF, 2004). Als Pestizid ist es in Deutschland und der EU seit 1988 verboten: Der Stoff wird als sehr giftig und wahrscheinlich krebserregend klassifiziert. Studien weisen auf

eine hormonelle Wirksamkeit (WHO, 2002) und in diesem Bezug auf ein erhöhtes Brustkrebsrisiko (Gies et al., 2001) hin. Der Verzehr von mit HCB gebeiztem Saatweizen Mitte der 1950er Jahre in der Türkei verursachte schwerste Vergiftungen und Todesfälle. Bei betroffenen Müttern wurden sehr hohe HCB-Konzentrationen von 15–20 Mikrogramm pro Gramm ($\mu\text{g/g}$) in der Muttermilch nachgewiesen (Jensen & Slorach, 1991).

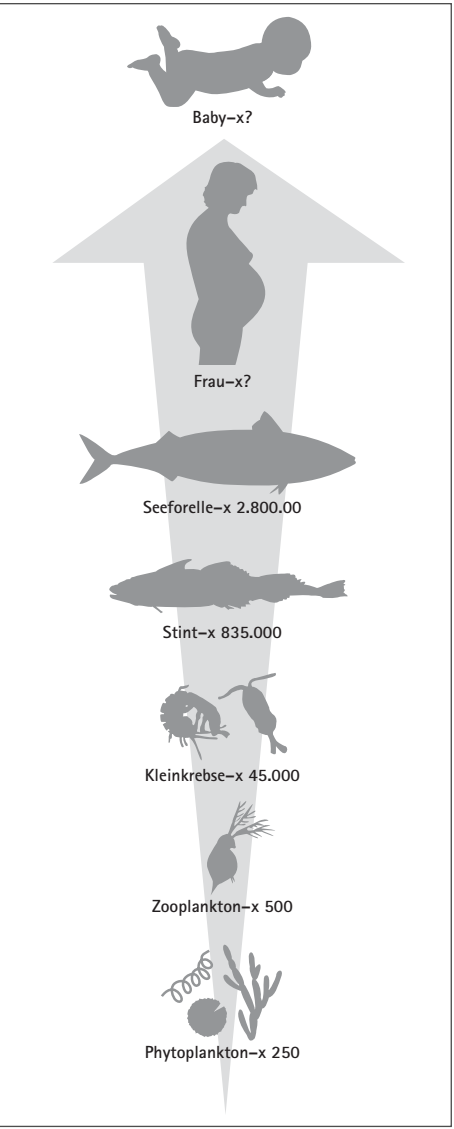
Durch das Pestizidverbot und technische Verbesserungen bei industriellen Produktionsprozessen konnte in Deutschland eine drastische Reduzierung der Rückstandsgehalte in der Muttermilch und im Blut erreicht werden (Tab. 1, S. 10). Allerdings kann auch bei den aktuellen Rückstandsgehalten in der Muttermilch die tägliche Aufnahmemenge von HCB für den gestillten Säugling die festgelegte akzeptable tägliche Aufnahmemenge (TDI-Wert) übersteigen (Vieth & Przyrembel, 2003). Bei den aktuellen Untersuchungen der EU-Parlamentarier konnte bei allen Personen HCB im Blutserum nachgewiesen werden (WWF, 2004).

3. Zur Risikobewertung von Schadstoffen

Damit chemische Stoffe in Mensch und Tier nachgewiesen werden können, müssen sie zunächst in den Körper gelangen und von bestimmten Geweben aufgenommen werden. Diesen Vorgang des „In-Kontakt-kommens“ bezeichnet man als Exposition. Die Konzentration der im Gewebe vorgefundenen Schadstoffe hängt danach nicht nur von der Menge ab, die wir mit einmaligem Kontakt aufnehmen, sondern auch von den chemisch-physikalischen Eigen-

schaften der Substanzen, den so genannten inhärenten Eigenschaften. Kann eine Substanz wieder ausgeschieden werden und/oder sich durch Stoffwechselvorgänge im Körper abbauen (also „biologisch abbaubar“ sein), wird sie in der Tendenz eher in geringeren Mengen zu finden sein – kann sie das nicht (ist sie also persistent), wird ihre Aufnahme in den Körper im Laufe der Zeit zu immer höheren Konzentrationen im Gewebe führen: Der Stoff reichert sich an bzw. ist bioakkumulativ. Aus der Kombination einer möglichen Exposition in Verbindung mit bestimmten Eigenschaften der Substanz ergibt sich damit das von einer Chemikalie ausgehende Gefahrenpotenzial. So wird z.B. ein offen angewendeter Stoff, der bioakkumulative Eigenschaften hat, sich mit Sicherheit in allen mit ihm in Kontakt kommenden Geweben wiederfinden lassen – man muss nur danach suchen und die Analytik muss existent sein.

Abbildung 4:
Anreicherung
von Schadstoffen
entlang der Nah-
rungskette.



3.1 Wie kommt die Chemikalie in den Körper?

Grundvoraussetzung für die Aufnahme von Fremdstoffen in den Körper ist das „In-Kontakt-kommen“ – die so genannte Exposition mit dem chemischen Stoff. Synthetische Stoffe gelangen auf unterschiedlichen Wegen und aus unterschiedlichen Gründen in die Umwelt: bei ihrer Produktion, als Neben-, Abbau- oder Abfallprodukte anderer Chemikalien, bei ihrem Transport durch Unfälle und bei der unsachgemäßen Lagerung und Entsorgung. Außerdem gelangen sie bei der alltäglichen Nutzung von Produkten und Gegenständen, die diese Stoffe enthalten, in die Umwelt oder durch bewusste Freisetzung wie bei dem Einsatz von Pestiziden (Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel in der Landwirtschaft) und Bioziden (Schädlingsbekämpfungsmittel in nicht landwirtschaftlichen Bereichen). Für die Freisetzung von Pestiziden und Bioziden existieren gesetzliche Beschränkungen und Grenzwerte. Besonders problematisch ist die

ungewollte und ungeplante Freisetzung synthetischer Chemikalien aus Alltagsprodukten, da man über diesen Vorgang sehr wenig weiß und er gesetzlich nicht geregelt ist, weil angeblich nicht existent. Es ist jedoch so, dass viele Chemikalien nicht fest in einem Konsumartikel gebunden sind, sondern sich über verschiedene Mechanismen (Ausgasen, Ausschwitzen, Auswaschen etc.) aus diesem lösen und so vom Menschen über die Atmung (inhalativ), die Haut (dermal) und die Nahrung (oral) aufgenommen werden können.

Eine für die Verwendung und Nutzung gewünschte und eigentlich günstige physikalisch-chemische Eigenschaft von Stoffen (inhärente Stoffeigenschaft), nämlich die Langlebigkeit der Chemikalien (Persistenz), wird unter diesen Bedingungen zu einem großen Risiko. Persistente Stoffe werden nur sehr langsam in Gewässern, Böden oder in Geweben auf chemischem oder biologischem Wege (z.B. durch Mikroorganismen, Stoffwechselvorgänge) umgewandelt und abgebaut. Die Dauer dieses Vorganges wird als so genannte Halbwertszeit angegeben, das ist die Zeit, die dafür notwendig ist, um die Menge der Substanz um die Hälfte zu reduzieren. Es besteht dabei außerdem die Gefahr, dass sich Umwandlungs- bzw. Abbauprodukte (Metabolite) bilden, die sogar noch persistenter sind als die Ursprungssubstanz und zudem andere, unter Umständen noch giftigere Eigenschaften besitzen. Als gegenwärtig in der EU verwendeter Schwellenwert für unerwünschte Persistenz gilt eine Halbwertszeit von 40–60 Tagen.

Ein weiteres, für die Produktverwendung ebenfalls meist positives Stoffverhalten, ist die physikalisch-chemische Eigenschaft, sich in organischen Lösungsmitteln besser zu lösen als im Wasser. Stoffe mit dieser Eigenschaft werden als lipophil (=Fett liebend) oder hydrophob (=Wasser abweisend) bezeichnet. Diese Stoffeigenschaften lassen sich einfach im Labor ermitteln. In der Regel wird die Substanz in einen Kolben gegeben, der zu gleichen Teilen mit Wasser und dem organischen Lösungsmittel Oktanol gefüllt

ist. Nach kräftigen Schütteln und einer Wartezeit bis zum Erreichen eines Verteilungsgleichgewichts werden die Stoffkonzentrationen in der wässrigen und in der Oktanolphase gemessen. Je lipophiler die Substanz, desto höher ist die Konzentration im Oktanol im Vergleich zur Konzentration im Wasser. Als Standardmaß wird der Oktanol-Wasser-Verteilungskoeffizient $= P_{OW}$ errechnet (P = Partition = Verteilung). Ein P_{OW} von 1000 bedeutet eine 1000-fach höhere Stoffkonzentration in der Oktanolphase als in der wässrigen Phase.

Der gleiche Mechanismus dieser Stoffverteilung ist auch in Gewässern zu beobachten. Die organischen Träger können organische Bestandteile im Sediment oder in Schwebstoffen sein, aber auch Algen, Krebse, Fische und alle anderen Wasserlebewesen. Bei Organismen wird, analog zum P_{OW} , der Begriff der Biokonzentration bzw. der Biokonzentrationsfaktor (BCF) verwendet. Dieser kann entweder theoretisch abgeschätzt werden (z.B. aus dem P_{OW}) oder mit Hilfe von Laborexperimenten an Testorganismen praktisch bestimmt werden. Der Einfachheit halber wird der BCF, der streng genommen nur für Wasserlebewesen gültig ist, als Bewertungsmaßstab für die Bioakkumulierbarkeit, also die Fähigkeit eines chemischen Stoffes zur Anreicherung in einem Organismus, herangezogen. Je höher der Fettgehalt eines Organismus, desto mehr an lipophilen Schadstoffen kann er aufnehmen. Dabei geht man bei einem Biokonzentrationsfaktor über 2.000 von einer Fähigkeit der Substanz zur Bioakkumulation aus, die zur Anreicherung potentiell gefährlicher Substanzen im Verlauf der Nahrungskette führen kann (Europäische Kommission, 2001). Die z.B. in einem Krebs enthaltenen Schadstoffe addieren sich im Fisch um die Menge der von ihm gefressenen Krebse, entsprechendes geschieht dann z.B. auf dem Weg vom Fisch zum Seehund und von diesem zum Eisbär. Je höher ein Lebewesen in der Nahrungskette steht, desto stärker seine Belastung (Abb. 4). Der oben beschriebene Verteilungsmechanismus und die Stoffanreicherung über die Nahrungskette

sind dafür verantwortlich, dass persistente, lipophile Stoffe in fettreichen Lebensmitteln (wie Milchprodukten, Fleisch und Fisch) auf die Teller der Bevölkerung und damit in den Menschen gelangen. Dieser Verteilungsmechanismus sorgt auch im Menschen für unterschiedliche Konzentrationsverhältnisse, je nach Fettanteil der Organe. Mit einem hohen Fettanteil sind hier die Leber und das Gehirn, aber auch die Muttermilch zu nennen. Dabei wird das MilCHFett, das ca. 3,5% der Muttermilch ausmacht, während der Schwangerschaft aus dem Fettgewebe des Körpers gebildet. So werden auch die im Fettdepot der Mutter gespeicherten fettlöslichen Schadstoffe in die Milch transportiert.

3.2 Einflussfaktoren auf die Rückstandsgehalte

Da ein Großteil der für die Muttermilch relevanten Fremdstoffe über die Nahrung aufgenommen wird, spielen Ernährungsgewohnheiten eine bedeutende Rolle. Insbesondere der regelmäßige und andauernde Verzehr von fettreicher Nahrung führt zu erhöhten Belastungen. Hinzu kommt die Belastung von Obst und Gemüse mit Pestiziden. Neben dem Weg über die Nahrungskette gelangen die Schadstoffe außerdem über die Verpackungsmaterialien in die Lebensmittel und somit in den Körper der Menschen. Die synthetischen Chemikalien können aber auch über die Atemluft oder über die Haut aufgenommen werden. So können zum Beispiel bromierte Flammenschutzmittel (siehe Kap. 4.1) aus Elektrogeräten wie Fernsehern oder Computern ausdünsten oder synthetische Moschusverbindungen (siehe Kap. 4.2), die in Körperlotionen oder Reinigern enthalten sind, kommen direkt mit der Haut in Kontakt. Die Bedeutung dieser Belastungspfade ist für die meisten Stoffe nur ungenügend erforscht. Daher werden sie in der Regel nicht in offiziellen Stoffklassifizierungen berücksichtigt, wie beispielsweise bei der Festlegung der akzeptablen täglichen Aufnahmemenge (ADI-Wert) durch die Weltgesundheitsorganisation.

Der Faktor Zeit spielt ebenfalls eine bedeutende Rolle. Im Körperfett und Blut älterer Menschen finden sich meist höhere Konzentrationen von Umweltchemikalien als bei jüngeren Menschen. So zeigen Mütter über 39 Jahre statistisch gesehen eine 3-mal höhere Schadstoffbelastung als Mütter unter 25 Jahre, weil sie die Gifte im Laufe des Lebens angereichert haben (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2003). Ein weiterer Grund für die Werte könnte außerdem in der höheren Belastungssituation in der Vergangenheit liegen. Die Chemikalien werden sowohl während der Schwangerschaft als auch über das Stillen von der Mutter auf das Kind übertragen. Dabei werden dem Kind die höchsten Stoffmengen in den ersten Wochen des Stillens zugeführt, so z.B. 10–20% aller gespeicherten Organochlorverbindungen während der ersten drei Monate des Stillens (Mersch-Sundermann et al., 2000). Die Rückstandsgehalte im Säugling steigen bei längerer Stilldauer. Mit der Stilldauer und der Anzahl gestillter Kinder nimmt die Fremdstoffmenge in der Muttermilch ab. Betroffen sind somit insbesondere erstgeborene Kinder von älteren Müttern. Die Mutter entgiftet sich sozusagen selbst über ihr Kind.

Zur Beurteilung der Fremdstoffbelastung der deutschen Bevölkerung werden in der Regel Mittelwerte amtlicher Veröffentlichungen zugrunde gelegt. Belastungsspitzen, z.B. in der Umgebung von Altlaststandorten oder ehemaligen Produktionsstätten wie Bitterfeld (Benkwitz et al., 2002) werden im Allgemeinen ignoriert. Auch sind Personen aus ländlichen Gebieten mit geringer landwirtschaftlicher Nutzung in der Regel niedriger belastet als Personen aus industrialisierten Gebieten. Die Belastungswerte können daher zwischen Personen aus verschiedenen Regionen beachtlich variieren (Schmid et al., 1997). In den 1990er Jahren des letzten Jahrhunderts konnten zudem deutliche Unterschiede zwischen alten und neuen Bundesländern ausgemacht werden. Zum Beispiel blieben die Bürger der DDR von hohen Belastungen durch PCB verschont, da dort kein PCB verwendet wurde. Dafür wurde in der

DDR noch bis Ende der 1980er Jahre das Insektizid DDT in Forstgebieten eingesetzt, während es in Westdeutschland bereits 1972 verboten war. Des Weiteren können die Herkunft eines Menschen oder längere Auslandsaufenthalte zu höheren Rückstandsgehalten führen.

3.3 Zum Umgang mit Nichtwissen

Problematische Eigenschaften sind vor allem die Persistenz (= P), die Bioakkumulierbarkeit (= B), die Giftigkeit (Toxizität = T) sowie die Möglichkeit eines globalen Transportes und damit die Belastung auch ferner, nicht industrialisierter Regionen. Die Giftigkeit (Toxizität) wird meist mit einem Schwellenwert wie der „No Observed Effect Concentration“ (NOEC) oder auch dem „No Observed Adverse Effect Level“ (NOAEL) angegeben, den Konzentrationen ohne nachteilige Wirkungen. Neben den akut toxischen Effekten werden chronische Schäden in erster Linie als entweder Krebs auslösend (carcinogen = c), Schädigungen des Erbguts hervorruhend (mutagen = m) oder zu Beeinträchtigungen der Fortpflanzungsfähigkeit führend (reproduktionsstoxisch = r) beurteilt (CMR-Stoffe).

Besonders problematisch wird es, wenn Stoffe eine Reihe sehr schädlicher Eigenschaften in sich vereinen. Aus der Kombination dieser Eigenschaften ergeben sich die verschieden definierten Substanzgruppen der POP (Persistent Organic Pollutant), der PBT (Persistente, bioakkumulierende und toxische Substanzen) sowie der vPvB (very Persistent = sehr persistent, very Bioaccumulative = sehr bioakkumulierbar). Bei den POP handelt es sich um zwölf Schadstoffe (die Liste ist später erweiterbar), für die im Rahmen der 2001 verabschiedeten Stockholm-Konvention (UN-POP-Konvention) ein weltweites Verbot beschlossen wurde. Diese Substanzen, die verschiedenen chemischen Gruppen angehören, sind extrem langlebig und breiten sich über die Atmosphäre, Binnengewässer und Meere weltweit aus. Durch ihre Anreicherung in Organismen und ihre toxischen Eigenschaften können sie zu

verschiedensten Schäden bei Lebewesen und ihren Nachkommen führen oder sich in Störungen ganzer Lebensgemeinschaften manifestieren. Einige der POP waren zumindest in den westlichen Industrieregionen schon lange vor der Stockholm-Konvention verboten – eines der bekanntesten Beispiele ist das PCB. Die Anreicherung mit POP belegt, dass sie, auch wenn ihr Eintrag unterbunden oder stark reduziert wird, auch noch nach Jahrzehnten in der Umwelt und im Gewebe von Tieren und Menschen nachgewiesen werden können und dort noch lange bleiben werden.

Die PBT und vPvB wurden im Technischen Leitfaden der EU für die Risikobewertung von Chemikalien definiert. Sie sind verschieden stark persistent und bioakkumulativ, die PBT zudem noch toxisch. Hierzu kann man verschiedene Stoffe der jüngeren Generation, wie z.B. die bromierten Flammschutzmittel zählen (Kap. 4. 1). Aber auch die extrem langlebigen und bioakkumulativen Substanzen, die so genannten vPvB (very persistent, very bioaccumulative), bergen ein erhebliches Gefährdungspotenzial für Mensch und Umwelt, da ihr Risiko in den (noch) nicht erkannten giftigen Wirkungen besteht. Da diese Stoffe – einmal freigesetzt – Jahrzehnte, wenn nicht gar Jahrhunderte in der Umwelt präsent sind und sich auch beim späteren Feststellen einer hohen Giftigkeit nicht wieder aus der Umwelt entfernen lassen, dürfen diese Substanzen im Sinne des Vorsorgeprinzips keineswegs in die Umwelt gelangen. Es gibt aber auch Fälle, bei denen eines der drei Kriterien nicht oder nicht eindeutig erfüllt ist, die aber dennoch ähnlichen Anlass zur Besorgnis geben. Dazu gehören z.B. Stoffe, die das Persistenz- und Bioakkumulationskriterium der vorliegenden Definitionen nicht vollständig erfüllen, aber in so großen Mengen freigesetzt werden, dass kritische Konzentrationen in Organismen erreicht werden können, wie es z.B. bei dem Weichmacher DEHP der Fall ist (Kap. 4. 3). Ein gutes Beispiel, wie schnell sich der Kenntnisstand zur Toxikologie von Chemikalien verändern kann, zeigen die hormonell wirksamen Stoffe. Die

besondere Stoffeigenschaft der hormonellen Wirksamkeit war noch vor einem Jahrzehnt so gut wie unbekannt, beziehungsweise wurde ihr von Seiten der Toxikologie keine Bedeutung beigemessen. Es handelt sich hierbei um Substanzen, die bereits in sehr geringen Konzentrationen auf das Hormonsystem von Mensch und Tier einwirken können und daher als hormonell wirksame Stoffe bezeichnet werden. Diese Stoffe imitieren die natürlich vorkommenden Hormone, blockieren sie oder greifen in die Hormonsynthese ein. Eine Veränderung im Hormonsystem kann, insbesondere in sensiblen Lebensphasen, zu nachhaltigen Schäden führen. Belastungen während der embryonalen Entwicklung oder im frühen Kindesalter sind besonders gefährlich, da in dieser Lebensphase die Regulierung wichtiger physiologischer und morphologischer Entwicklungsprozesse mit Hilfe des Hormonsystems stattfindet. Geschlechtsorgane, Bereiche des Gehirns und die Funktionsfähigkeit des Immunsystems werden ausgebildet, so dass Missbildungen, Unfruchtbarkeit, Immunstörungen oder Verhaltensänderungen die Folge sein können (WWF, 2002). Eine Liste der Europäischen Kommission zählt 564 chemische Verbindungen auf, bei denen der Verdacht besteht, dass sie hormonell wirksam sind (European Commission, 2000a).

Ein weiteres Beispiel stellen die synthetischen Moschusverbindungen dar, die noch bis vor kurzer Zeit als gesundheitlich verhältnismäßig unbedenklich im Vergleich mit anderen Gruppen bewertet wurden, was sicherlich auch darin begründet liegt, dass bisher wenige wissenschaftliche Erkenntnisse dazu vorlagen. Gerade in jüngster Zeit wurden neue Untersuchungsergebnisse veröffentlicht (Luckenbach & Epel, 2005), die die ganze Gruppe in einem komplett anderen Licht erscheinen lässt. Danach sollen Nitromoschus- wie auch polyzyklische Moschusverbindungen in der Lage sein, die Transportmechanismen zum Entfernen anderer gefährlicher Schadstoffe aus den Zellen langfristig zu hemmen, wodurch diese erst befähigt werden, dort ihre schädliche Wirkung zu entfalten (Kap. 4. 2).

Als Beispiel für die extrem schwierige Risikobewertung einer gefährlichen Chemikalie (vor allem im Hinblick auf die Unzulänglichkeit der jeweiligen wissenschaftlichen Erkenntnisse) soll die Gruppe der polychlorierten Biphenyle (PCB) noch einmal intensiver betrachtet werden. PCB werden in zwei Gruppen unterteilt, in die dioxin-ähnlichen und die nicht-dioxin-ähnlichen PCB. Ob separate Bewertungsgrundsätze zwischen dioxin-ähnlichen und nicht-dioxin-ähnlichen PCB notwendig sind und welche Gruppe letztlich gefährlicher für Mensch und Umwelt ist, ist bislang noch nicht geklärt. Obwohl es wohl keine andere derart umfangreich untersuchte Chemikalie gibt, ist die Bewertung von PCB aufgrund stetig neuer Erkenntnisse zu ihrer Wirkungsweise immer noch nicht gesichert abgeschlossen. Vielmehr findet von Seiten der EU und der WHO derzeit eine toxikologische Neubewertung der PCB statt (BgVV 2001; Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2003; Vieth & Przyrembel, 2003).

Mittlerweile werden für Dioxine und dioxin-ähnliche Verbindungen auf der Basis der Toxizitätsäquivalente (TEQ) Summengrenzwerte festgelegt. Nach Expertenkonsultationen schlug die WHO 1998 einen TDI von 1–4 Pikogramm Toxizitätsäquivalent pro Kilogramm Körpergewicht pro Tag (pg TEQ/kg KG/Tag) vor (WHO, 2000). Von dem wissenschaftlichen Ausschuss für Lebensmittel der EU (Scientific Committee on Food = SCF) wurde ein vergleichbarer vorläufiger Wert genannt, der sich allerdings auf die wöchentliche akzeptable Aufnahme an TEQ bezieht, ein Tolerable Weekly Intake (TWI) von 7 pg TEQ/kg KG (SCF, 2000). Nur sechs Monate später wurde aufgrund der Einbeziehung weiterer Studien vom gleichen Gremium der Wert auf 14 pg TEQ/kg KG pro Woche verdoppelt (SCF, 2001). Auch die WHO änderte ihre Bewertung und kam auf eine Empfehlung von 70 pg TEQ/kg KG im Monat (JECFA, 2001).

Die Kritik des Umweltbundesamtes (UBA) an der Hochsetzung des TDI durch das SCF ist umfassend, da Erkenntnisse oder Unsicherheiten in der wissenschaftlichen Beurteilung unzureichend be-

rücksichtigt würden (UBA, 2002; Gies et al., 2004). Die wesentlichen Kritikpunkte sind: Die Aufnahme der Stoffe in den Körper wird auf 50% festgelegt, dabei zeigen Studien weitaus höhere Raten (bis 89%) und es ist bekannt, dass Kinder in ihrem Körper besonders effizient und schnell Stoffe aufnehmen. Die Bewertungsgrundlage für die Grenzwerte bilden Tierexperimente zu Fortpflanzungseffekten an männlichen Ratten. Andere Studien zu hormonellen, immunologischen Effekten, Verhaltensstudien, epidemiologische Studien und die krebserregenden Eigenschaften der Stoffe bleiben unberücksichtigt. Empfindliche Subpopulationen werden nicht berücksichtigt, wie die hohe Belastung von Kindern durch die Muttermilch und die Gefahr, dass im Körper ein Reservoir gebildet wird, das auf die spätere tägliche Aufnahme hinzugerechnet werden müsste. Außerdem wird auf der Basis einer Halbwertszeit des Toxizitätsäquivalents (TEQ) von 15 Jahren kalkuliert, obwohl neue deutsche Studien belegen, dass gestillte Kinder noch im Alter von 9–11 Jahren zu 20% höher belastet sind als nicht gestillte Kinder gleichen Alters (BMU, 2002). Zudem berücksichtigt der TEQ derzeit nur Dioxine, Furane und dioxin-ähnliche PCB, wobei die reale Aufnahme von TEQ jedoch unterschätzt wird, da es noch andere dioxin-ähnliche Verbindungen gibt, z. B. Hexachlorbenzol (HCB), polychlorierte Naphthalene oder polybromierte Diphenylether. Diese Unterschätzung sollte im Bewertungsprozess durch das Einberechnen weiterer Sicherheitsfaktoren berücksichtigt werden. Aus diesen Gründen wird von Seiten des UBA und des BfR der untere von der WHO vorgeschlagene TDI von 1 pg TEQ/kg KG/Tag favorisiert. Zudem sollte nach dem von der WHO gesetzten Ziel gehandelt werden, nämlich die tatsächliche tägliche Aufnahme an Dioxinen und dioxin-ähnlichen Substanzen bei der Bevölkerung auf unter 1 pg TEQ/kg KG/Tag zu reduzieren (Gies, et al. 2004; Mathar, 2003; UBA, 2001).

Ausgehend von neueren Befunden nach 1995 beträgt die durchschnittliche durch Ernährung bedingte Aufnahme an Gesamt-TEQ in der EU

1,2–3 pg TEQ/kg KG pro Tag (Europäische Kommission, 2001). Die derzeitigen EU-Rückstands-Höchstgehalte in Lebensmitteln schneiden damit nur unzumutbare Spitzenbelastungen ab und sind daher insgesamt als recht hoch anzusehen (Mathar, 2003). Bis Ende 2004 sollten die festgesetzten Rückstands-Höchstmengen für Dioxine und Furane in Lebensmitteln unter Berücksichtigung der dioxin-ähnliche PCB vom SCF neu überprüft werden. Leider wurde dabei jedoch der deutschen Linie und dem WHO-Ziel durch schärfere Rückstands-Höchstmengen nicht gefolgt. Die erlaubten Rückstände in Nahrungsmitteln bleiben auf der Basis des TDI von 2 pg TEQ/kg KG/Tag bestehen.

Eine Überprüfung und ggf. eine Korrektur steht auch bei den Richtwertempfehlungen für die PCB-Belastung der Innenraumluft an. Momentan gilt ein Vorsorgewert von 300 ng/m³ Gesamt-PCB nach DIN und ein Gefahrenwert von 3000 ng/m³. In der Untersuchung von Körner & Kerst (2003) wurden dioxin-ähnliche PCB gesondert in der Innenraumluft gemessen. Auf der Basis des vom UBA vorgeschlagenen TDI von 1 pg TEQ/kg KG/Tag ergab sich, dass der Gefahrenwert für dioxin-ähnliche PCB schon überschritten wurde, als der Gefahrenwert der Gesamt-PCB erst zu 40% ausgeschöpft war. Inwieweit die Berücksichtigung der dioxin-ähnlichen PCB die neuen Richtwertempfehlungen beeinflusst, ist derzeit noch ungewiss (Schwenk, 2003; Körner & Kerst, 2003). Andererseits stehen die Richtwertempfehlungen aber auf dem Prüfstand, da auch die Kenntnisse zu den Risiken der nicht dioxin-ähnlichen PCB noch begrenzt sind. Sie werden bisher nicht in das Bewertungskonzept eingeschlossen und es ist nicht geklärt, ob deshalb die gesundheitlichen Risiken durch die Gesamt-PCB unterschätzt werden. So liegt bislang kein TDI-Wert für nicht-dioxinähnliche PCB vor. Zur Zeit arbeiten sowohl bundesdeutsche Behörden als auch Experten der EU und der WHO an der Frage, ob und welche separaten Bewertungsmaßstäbe hier notwendig sind.

Da eine gesicherte toxikologische Bewertung der PCB immer noch aussteht, gibt es auch kein adäquates Risikomanagement, das Mensch und Umwelt vor möglichen Gefahren zu schützen vermag. Es fehlen Warn- oder Eingriffsschwellen für umweltmedizinisch relevante Konzentrationen, bei denen Maßnahmen zur Minimierung der Belastungssituation durchgeführt werden müssten. Diese Werte werden als HBM-Werte bezeichnet und von der Human-BioMonitoring-Kommission des Umweltbundesamtes festgelegt. Im Falle der PCB sieht sich die Kommission derzeit nicht in der Lage, wissenschaftlich ausreichend begründete HBM-Werte abzuleiten, da hierfür gesicherte Kenntnisse zur Beziehung zwischen Dosis und Wirkung vorliegen müssten. Nach Auffassung der Kommission zeigen die vorliegenden Untersuchungen allerdings, dass der Abstand zwischen den Referenzwerten (im Blut) und dem Beginn des Wirkungsbereiches wahrscheinlich gering sein dürfte (HBM-Kommission, 2003). Betont werden muss hierbei insbesondere, dass diese besorgniserregende Aussage sich auf die aktuelle Belastungssituation der Bevölkerung bezieht, der 25 Jahre PCB-Verbot und drastisch gesunkene Rückstandsgehalte vorausgehen.

Ein ähnliches Beispiel aus der jüngeren Stoffgeneration stellen die Phthalate (Kunststoff-Weichmacher) und hierbei insbesondere das DEHP dar (Kap. 4. 3). Obwohl es von den neueren Substanzen wohl wenige schon so weitreichend untersuchte Chemikalien gibt, streiten sich die Expertengruppen seit langem und immer noch um die gesundheitliche Bewertung der vielfältigen wissenschaftlichen Befunde, was trotz riesiger Gesundheits- und Umweltprobleme zu einer bis heute völlig unzureichenden Regulierung führt. Die aus Tierversuchen hergeleiteten Belastungsdaten für den Menschen und die daraus berechneten TDI-Werte unterscheiden sich um das 1000-fache voneinander, je nach dem, welche Tierart zum Experiment herangezogen und welcher schädliche Effekt zur Bemessung betrachtet wurde. Wie man auf der Basis derartiger Risikobewertungen einen wirksamen Gesundheits-

schutz betreiben will, ist mehr als fraglich. Hier müsste ganz klar dem Vorsorgeprinzip Rechnung getragen werden, nach dem Maßnahmen bereits dann zu ergreifen sind, wenn es wissenschaftlich noch nicht zweifelsfrei geklärt ist, in welchem Ausmaß welche schädlichen Effekte tatsächlich eintreten können.

Fazit

PCB gehören zu den am längsten und am besten untersuchten Umweltschadstoffen überhaupt. Sie sind nicht nur ein Beispiel dafür, wie lange persistente, lipophile Substanzen Mensch und Umwelt belasten können, sondern sie geben auch ein eindrucksvolles Beispiel dafür ab, wie lange die Wissenschaft benötigt, um eine sichere gesundheitliche Bewertung dieser Belastung zu erarbeiten. Dieser Prozess ist noch lange nicht abgeschlossen und es bleibt zu befürchten, dass sich gewisse Grenzen der wissenschaftlichen Erkenntnis niemals überwinden lassen. Die PCB sind auch ein Beispiel dafür, dass politische Entscheidungsträger aufgrund möglicher wirtschaftlicher Konsequenzen vor Maßnahmen zurückschrecken, die ein klares Bekenntnis zum Vorsorgeprinzip wären. Beispielsweise würde die Festsetzung strengerer Rückstand-Höchstmengen entsprechende marktwirtschaftliche Folgen, z.B. für die Fischindustrie verursachen oder die drastische Reduzierung der Innenraumluft-Richtwerte zu umfassenden Sanierungsmaßnahmen an öffentlichen Gebäuden führen müssen. So sind die abnehmenden Rückstandgehalte in Deutschland, z.B. in der Muttermilch (Kapitel 2) zwar erfreulich, aber beileibe keine Erfolgsstory und sie ist schon gar nicht abgeschlossen.

4. „Neue Sünden“: Von Flammschutzmitteln und mehr in der Muttermilch

Während die Gehalte der PCB und anderer Altstoffe in der Muttermilch durch ihre Produktions- und Anwendungsverbote kontinuierlich absinken, treten nun neue Stoffgruppen – für die kontinuierlich ansteigende Werte ermittelt werden – ins Blickfeld von Wissenschaft und Öffentlichkeit. Ein Beispiel hierfür sind die bromierten Flammschutzmittel (Abb. 5). Ein Grund liegt darin, dass einige Chemikalien als Ersatzstoffe für die gefährliche alte Stoffgeneration dienen. Die neuen Stoffe haben meist die gleichen oder ähnlich problematische Eigenschaften wie die Altstoffe, d.h. sie sind langlebig, fettliebend und/oder bioakkumulativ. Viele haben sich auch be-

reits als giftig und/oder hormonell wirksam herausgestellt. Im Gegensatz zu den Altchemikalien werden sie jedoch gegenwärtig trotzdem noch in zahlreichen Produkten und Konsumgütern eingesetzt. Obwohl die neuen Stoffe auch heute schon eine Belastung für Menschen darstellen und in der Muttermilch und anderen Humanproben nachgewiesen wurden, sind bisher keine umfassenden Verbote oder Reglementierungen für sie erlassen worden. Es ist somit offensichtlich, dass die derzeitige Chemikalienpolitik nicht in der Lage ist, Verbraucher und Umwelt vor gefährlichen Chemikalien zu schützen.

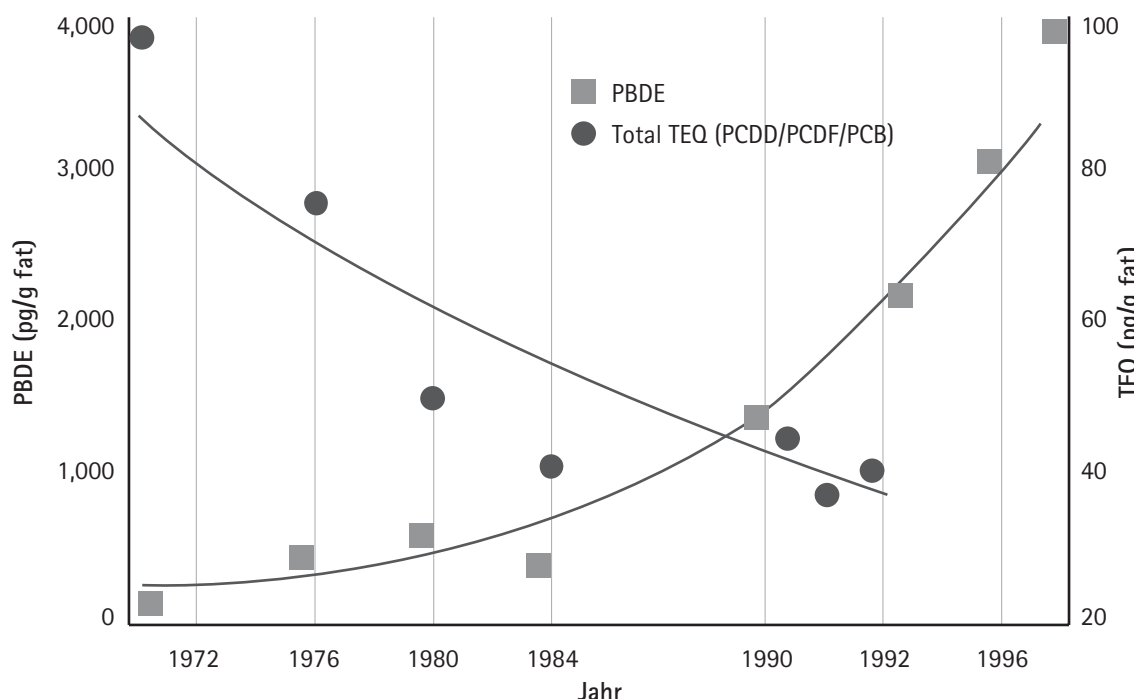


Abbildung 5: Vergleich der Gehalte an bromierten Flammschutzmitteln (PBDE) und Toxizitätsäquivalenten (TEQ) für PCB, Dioxine und Furane in der Muttermilch 1972-1996.

4.1 Flammschutzmittel

Zum Flammschutz, d.h. zur Verhinderung von Bränden, werden Kunststoffen polybromierte Diphenylether (PBDE) als so genannte „additive Flammschutzmittel“ zugesetzt. Sie finden sich bevorzugt in Elektronikartikeln, z.B. in Computern, Fernsehern oder Kabeln, können aber auch in anderen Konsumartikeln enthalten sein, wie Textilien oder Stoffspielzeugen. In der Stoffgruppe der PBDE werden Verbindungen gleichen Aufbaus, aber mit unterschiedlicher Anzahl an Bromatomen zusammengefasst. Von kommerzieller Bedeutung sind dabei die Verbindungen mit 5, 8 und 10 Bromatomen (Penta-, Octa- und Deca-BDE). Sie bestehen wie PCB-Produkte jeweils aus einem Gemisch mehrerer Kongenere: PentaBDE mit den Hauptkongeneren 47, 99, 100, 153, 154, OctaBDE mit den Hauptkongeneren 183 und 153 sowie DecaBDE mit dem Hauptkongener 209. In Europa entfallen 75% des jährlichen Verbrauchs an PBDE auf DecaBDE, das entspricht 8.200 Tonnen. Der übrige Anteil am Gesamtverbrauch entfällt zu etwa gleichen Teilen auf PentaBDE (10%) und OctaBDE (15%). Mengenmäßig bedeutend in Europa sind außerdem noch die bromierten Flammschutzmittel Tetrabrombisphenol A (TBBA) sowie das Hexabromcyclododecan (HBCD).

Erst 1999 wurden diese Stoffe überraschend als neue Klasse von lipophilen Umweltchemikalien in der Muttermilch nachgewiesen. Dabei gab es bereits Anfang der 1980er Jahre Anzeichen dafür, dass es sich bei polybromierten Flammschutzmitteln um langlebige und sich in Organismen anreichende Stoffe handelt. Sie wurden damals in der Arktis, weitab von ihrer Produktion und Nutzung, u. a. in Robben und Walen gefunden (de Wit et al., 2004). Ungeachtet dieser Befunde blieben in der darauf folgenden Zeit systematische Untersuchungen zur Belastung von Natur und Mensch aus. Mittlerweile zählen die PBDE zu den allgegenwärtig verbreiteten Umweltschadstoffen. Sie finden sich überall, in der Luft, im Hausstaub, im Boden, im Wasser, in Sedimenten, in Lebewesen und Lebensmitteln wie Fisch, Fleisch, Milch und

Eiern – mit zunehmender Tendenz. Dass sich diese Chemikalien nun auch in der Muttermilch nachweisen lassen, kommt also nicht ganz überraschend. PBDE haben die Fähigkeit, sich im Fettgewebe anzureichern. Einmal in die Umwelt freigesetzt, reichern sie sich also „entsprechend ihrer Natur“ in organischen, fettreichen Geweben an – und folgerichtig auch in der Muttermilch.

Der wichtigste Aufnahmeweg für den Menschen ist der über die Nahrung. Bromierte Flammschutzmittel wurden in Fisch und anderen Meeresfrüchten gefunden, aber auch in Kuhmilch nachgewiesen (3,6 Mikrogramm pro Kilogramm ($\mu\text{g/kg}$ Fett) (IPCS, 1994). Da durch Waschvorgänge Flammschutzmittel aus Kunststofftextilien ausgewaschen werden können, finden sie sich auch im Klärschlamm wieder und landen so über die Düngung ebenfalls in unserer Nahrung. Die geschätzte tägliche Aufnahmemenge für PentaBDE über die Wege Nahrung, Trinkwasser und Atemluft ergibt eine tägliche Dosis von 0,8 $\mu\text{g/kg}$ Körpergewicht. Neben anderen bromierten Flammschutzmitteln wurde PentaBDE mit bis zu 100 $\mu\text{g/kg}$ in menschlichem Fettgewebe nachgewiesen.

TetraBDE, ein Bestandteil des Handelsproduktes PentaBDE, wird über den Magen-Darmtrakt aufgenommen und im Körper durch die Überwindung der Blut-Hirn-Schranke, dem natürlichen Schutzwall des Gehirns, bis in das Gehirn und das Rückenmark transportiert (Bureau & Broman, 1998). Versuche an Mäusen legen nahe, dass bromierte Flammschutzmittel die Entwicklung des Gehirns nachhaltig stören können. Mäuse, denen im Alter von zehn Tagen eine einmalige Dosis verabreicht wurde, zeigten im Alter von 2–4 Monaten Lernschwierigkeiten und Verhaltensauffälligkeiten wie Hyperaktivität und Anpassungsschwierigkeiten an neue Umgebungen. Dabei nahmen die Störungen mit fortschreitendem Alter zu (Eriksson et al., 1998). In Leberzellen männlicher Ratten wurde durch TetraBDE eine chemische Veränderung des weiblichen Hormons Östradiol beobachtet – ein Auslöser für

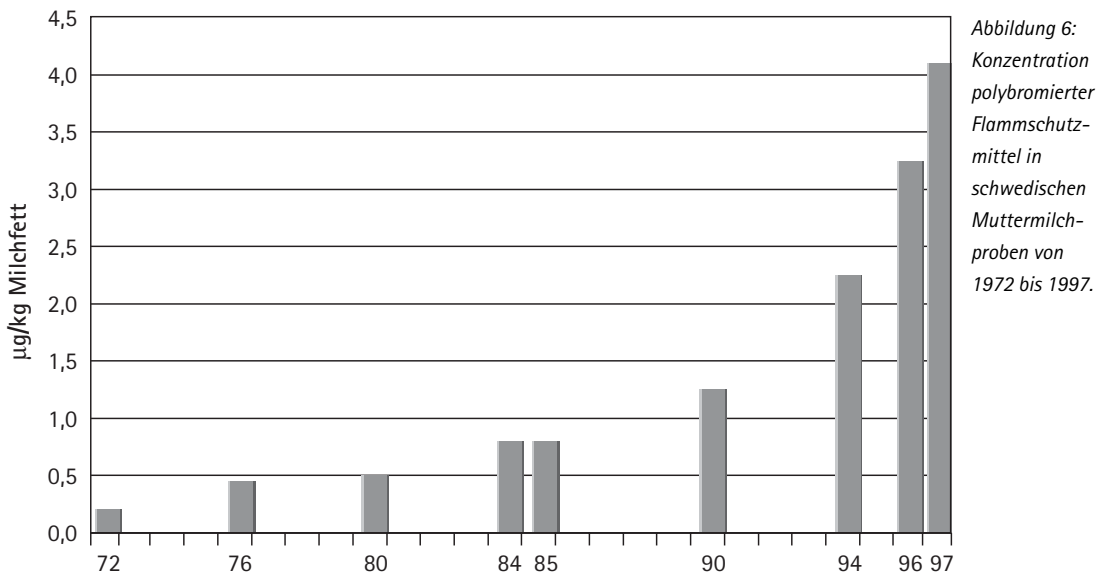


Abbildung 6:
Konzentration
polybromierter
Flammschutz-
mittel in
schwedischen
Muttermilch-
proben von
1972 bis 1997.

die Bildung von Krebsgeschwüren (Segura-Aguilar et al., 1997). Auch im Menschen stehen PBDE unter Verdacht, Krebs auszulösen (Vieth et al., 2004). Für OctaBDE wurde in Tierversuchen eine Störung der Fortpflanzungsprozesse nachgewiesen. Es führt z.B. zu verringertem Geburtsgewicht, zu Missbildungen und zum Absterben der Nachkommen.

Da von DecaBDE aufgrund der Größe seines Moleküls angenommen wurde, dass der Durchtritt durch die biologischen Zellmembranen der Lunge, des Verdauungstrakts und der Haut erschwert und die Anreicherung in Organismen deshalb geringer sein würde, galt es als nicht gefährlich und wurde, im Gegensatz zu PentaBDE und OctaBDE, bisher gesetzlich nicht reguliert. Und das, obwohl in Versuchen gezeigt werden konnte, dass sich DecaBDE unter dem Einfluss von Sonnenlicht zu bromierten Verbindungen mit einer geringeren Zahl von Bromatomen zersetzen kann (Sellström et al., 1998), die sich dann wieder leichter in Lebewesen anreichern können. Auch kann in Organismen durch Stoffwechselvorgänge ein Abbau von DecaBDE zu Verbindungen mit weniger Bromatomen stattfinden (Kierkegaard et al., 1997). Da es das men-

genmäßig am meisten eingesetzte bromierte Flammschutzmittel ist, ist der Widerstand der Bromindustrie gegen eine mögliche gesetzliche Beschränkung dieses Stoffes besonders groß.

Der Analyse von Muttermilch widmete sich zum ersten Mal eine schwedische Forschergruppe, als sie alte Proben aus den Jahren 1972-1997 auf diese Stoffgruppe untersuchte. Die Ergebnisse waren alarmierend: Die Belastung verdoppelte sich alle fünf Jahre. Die Gesamt-Konzentration stieg dabei von 0,07 auf 4 µg/kg Fett an (Norén & Meironyté, 1998; Meironyte et al., 1998, 1999; Abb. 6). Darnerud et al. (1998) ermittelten in 39 Muttermilchproben schwedischer Frauen eine mittlere Belastung von 3,4 µg/kg Fett. Als Spitzenkonzentrationen wurden 28,17 µg/kg Fett gemessen.

Besonders alarmierend waren Ergebnisse aus den USA. Hier gibt es sehr restriktive Brandschutzbestimmungen, weshalb zahlreiche Produkte des Alltags wie Matratzen, Vorhänge und sogar Bettwäsche mit entsprechenden Flammschutzmitteln ausgerüstet sind. Die Konsequenz sind 10 bis 70-fach höhere PBDE-Konzentrationen in der Milch US-amerikanischer Frauen im Vergleich zu europäischen Frauen (She et al., 2004). Die Un-

tersuchungen des Blutserums zeigen eine sehr breite Streuung der Belastung. Die Ursachen dafür ließen sich bislang nicht an unterschiedlichen Lebensgewohnheiten wie der Ernährung, dem Alter oder der beruflichen Situation festmachen. Auch neuere Untersuchungen zu Hausstaub zeigten keinen klaren Zusammenhang zwischen der Belastung des Staubes einerseits und dem Haustyp, der Wohnungseinrichtung oder der Anzahl der Fernseher und Computer andererseits. Allerdings hatten kleinere Wohnungen mit jüngeren Bewohnern, die regelmäßig ihren Computer benutzen (mehr als fünf Stunden pro Woche), einen höheren Anteil an DecaBDE an der Gesamtbelastung. Grundsätzlich gilt: Der häuslichen Umgebung bzw. dem Hausstaub kann eine signifikante Rolle bei der Exposition der Bevölkerung zukommen (Stapleton et al., 2004). In einer US-weiten Analyse des Staubs auf Computern in Universitäten und Büros wurden in allen Proben PBDE gefunden, davon DecaBDE in den höchsten Konzentrationen, bis zu 213 Pikogramm pro Kubikmeter (pg/m^3) (McPherson & Blake, 2004).

Im Jahre 2003 wurde eine Untersuchung des Blutserums von 155 Probanden auf PBDE und andere Organohalogene in verschiedenen Regionen Großbritanniens vorgenommen (WWF-UK, 2004). Im Gegensatz zu anderen Studien konnten erhebliche regionale Unterschiede bei PentaBDE ausgemacht werden, die im Gesamtbild jedoch zu der bekannten breiten Konzentrationsverteilung führten. Es scheint eine Gruppe geringer und eine Gruppe höher belasteter Menschen zu geben, wobei die Ursachen dafür noch unbekannt sind. Mütter mit mehreren Kindern zeigten leicht geringere Belastungen gegenüber Frauen ohne Kinder in derselben Altersgruppe. In der Größenordnung waren die Konzentrationen von PentaBDE und OctaBDE mit denen aus anderen europäischen Ländern vergleichbar und belegen eine weit verbreitete Kontamination. Bei einer kleinen Gruppe von elf Personen, allerdings aus fünf verschiedenen Städten, konnten auch Rückstände von DecaBDE nachgewiesen werden. Dabei lag der Spitzenwert mit 240 Nanogramm pro

Gramm (ng/g) Fett im Bereich der schwedischen Untersuchungen, allerdings mit dem Unterschied, dass es sich hier nicht um Personen handelte, die beruflich mit dem Stoff in Berührung gekommen waren. Dieses Ergebnis ist insofern bedenklich, da es auf eine unspezifische, von Regionen unabhängige Kontamination der Allgemeinbevölkerung mit DecaBDE in zum Teil erheblichen Höhen hindeutet (Tab. 4). Bestätigt wurde diese Erkenntnis durch eine europaweite Untersuchung von Blutproben auf 101 Substanzen, in der DecaBDE in 34% der Probanden entdeckt wurde und die gemessenen Werte die höchste Konzentration aller Substanzen aufwiesen. Dabei ist besonders alarmierend, dass die gefundene Größenordnung um das 10-fache über derjenigen liegt, die bei berufsbedingt exponierten Menschen gefunden wurde – dasselbe Ergebnis gab es im Übrigen auch für TBBA. Erstmals nachgewiesen in einer menschlichen Blutprobe wurde auch HBCD (WWF, 2004). Bei einer weiteren Blutuntersuchung wurden jeweils Proben von drei Generationen einer Familie genommen und festgestellt, dass für die erst neuerdings in unserer Umwelt zu findenden Chemikalien (wie PBDE) die Konzentrationen im Blut der Kinder die der erwachsenen Familienmitglieder überschritten. 75% der untersuchten Personen, in denen DecaBDE gefunden wurden, waren Kinder (WWF-UK, 2004a).

In Deutschland liegen bislang nur wenige Daten zur Belastung der Bevölkerung mit PBDE vor. Die gemessenen Konzentrationen in deutschen Blutproben belegen allerdings ebenfalls einen Anstieg der Belastung von 1985 ($3,1 \text{ ng}/\text{g}$) bis 1999 ($3,9 \text{ ng}/\text{g}$) (Schröter-Kermani et al., 2000) (Tab. 4). Nach der Erhebung des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin lag der mittlere Gehalt 1999 bei $5,5 \mu\text{g}/\text{kg}$ Fett, und im Vergleich über den Werten schwedischer Blutproben (BgVV, 2002).

Im Jahr 2001 initiierte das BgVV eine Studie, in der die Gehalte der PBDE in Frauenmilchproben aus dem Berliner Raum ermittelt werden sollten.

Region	Jahr	Probe	Median (Bereich)		
			Σ BDE	Octa-BDE 183	Deca-BDE 209
Großbritannien	2003	Serum	4,6 (0,52-420)	0,59 (0,19-1,8) ^a	83 (35-240) ^b
London & Lancaster	2001-2003	Milch	6,6 (0,3-69) **		
Schweden	2001/2002	Blut	4,9* ^c		
Finnland	1994-1998	Milch	2,1*		
Deutschland ^d	1985	Blut	3,1*		
	1990		3,6*		
	1995		3,7*		
	1999		3,9*		
Schweden	1972	Milch	0,07*		
	1980		0,45*		
	1990		1,2*		
	2000		2,6*		
Norwegen	1977	Serum	0,44*		
	1986		1,1*		
	1995		3,1*		
	1999		3,1*		
Schweden	1997	Serum		11 (3,0-25) E	4,8 (<0,29-9,5) E
	1999			1,2 (0,23-6,1) C	1,5 (<0,96-6,8) C
	2000			< 1,9 G	34 (6,7-280) G

Tabelle 4:
PBDE-Konzentrationen in Muttermilch, Blut und Serum der Bevölkerung aus verschiedenen Ländern Europas (ng/g).

Σ BDE = BDE 47, 99, 100, 153, 154; a = nur Proben mit positivem BDE-Nachweis (n=85); b = nur Proben mit positivem BDE-Nachweis (n=11); c = Σ BDE 47, 99, 153; d = nur BDE 47; * = Arithmetischer Mittelwert; ** = 95. Perzentilwert; Probanden: E = Elektronikschrott-Demontage, C = Computertechniker, G = Gummikabel-Produktion

Ein Ziel war es, Kenntnisse zu den möglichen Einflussfaktoren (z.B. Beruf) und den relevanten Aufnahmewegen (z.B. Nahrung) zu gewinnen und der Frage nachzugehen, ob das Stillen die Gesamtbelastung der Frau vermindert, d.h. ob somit erhebliche Mengen der gespeicherten Schadstoffe auf das Kind übertragen werden. Bislang wurden 93 Proben aus den Jahren 2001 bis 2003 von Vegetarierinnen/Veganerinnen und Nicht-Vegetarierinnen auf 9 BDE-Kongener untersucht (Tab. 5). Der durchschnittliche PBDE-Wert von 2,2 Nanogramm pro Gramm (ng/g) Fett (Bereich 0,6-7,25 ng/g Fett) kann als Grundbelastung deutscher Frauen bewertet werden, er liegt im Bereich anderer europäischer Studien (siehe Tab. 4) und um den Faktor 10-100 unter den Werten US-amerikanischer Befunde (Vieth et al., 2004). Die Durchschnittswerte sind mit einer weiteren deutschen Studie vergleichbar (2,4 ng/g Fett), eine andere Studie ermittelte dagegen

einen höheren Mittelwert (7,2 ng/g Fett) (Fürst, 2001; Weber & Hesecker, 2004).

Aus Tabelle 5 wird ersichtlich, dass die Ernährungsgewohnheiten die PBDE-Gehalte beeinflussen. Vegetarierinnen/Veganerinnen haben eine 30% geringere mittlere PBDE-Belastung. Eine signifikante Abnahme der Gehalte während der untersuchten zehnwöchigen Stillphase konnte nicht beobachtet werden. Allerdings deuten die Befunde darauf hin, dass Frauen bei dem zweiten oder dritten Kind eine signifikant geringere mittlere PBDE-Konzentration in der Milch aufweisen.

Bedeutsam ist wiederum der Nachweis von DecaBDE (BDE 209). In 40% der untersuchten 62 Proben lagen die Werte über der Nachweisgrenze. Dies ist der erste Beweis einer Hintergrundbelastung mit DecaBDE, denn bislang wurde dieses Kongener nur in vereinzelten Humanproben

Tabelle 5:
Mittlere PBDE-Konzentration in deutscher Frauenmilch (ng/g Fett), differenziert nach Ernährungsverhalten, von November 2001 bis Dezember 2003.

Ernährungsverhalten von Frauen	Fleischesser und Vegetarierer/Veganer	Fleischesser	Vegetarier/Veganer
Anzahl der Proben	62	37	25
BDE-28	0,04	0,05	0,04
BDE-47	0,82	0,99	0,58
BDE-66	0,01	0,02	0,01
BDE-99	0,25	0,30	0,16
BDE-100	0,21	0,23	0,18
BDE-153	0,63	0,66	0,57
BDE-154	0,02	0,03	0,02
BDE-183	0,09	0,10	0,07
BDE-209	0,17	0,17	0,17
Σ BDE	2,23	2,54	1,78

bei beruflich belasteten Personen und in vereinzelten US-amerikanischen Muttermilchproben nachgewiesen. Hieran wird erneut deutlich, wie wenig überzeugend eine Substitution in der gleichen Stoffgruppe ist.

Mittlerweile hat die EU durch eine Richtlinie, die am 15. August 2004 in Kraft trat, die Verwendung der technischen Produkte Penta- und Octa-BDE verboten. Regulationen zu DecaBDE stehen bislang aus, begründet wird dies mit Datenmangel bzw. widersprüchlichen und noch ausstehenden abschließenden Bewertungen im Rahmen der EU-Risikobewertung. Die neuesten Untersuchungen aus Deutschland zur Menge messbarer Rückstände in Muttermilch (Vieth et al., 2004), das Auftreten in Hausstäuben (Stapleton et al., 2004) und Computerstäuben (McPherson & Blake, 2004) sowie die Tatsache des Auftretens der Verbindung in Sedimenten arktischer Seen (de Wit et al., 2004) sowie im Blut von Eisbären (WWF, 2005) ist ein deutliches Indiz für die Persistenz, Bioakkumulierbarkeit sowie die Verteilung und den Transport über weite Entfernungen – die charakteristischen Eigenschaften der POP. Auch ergaben die Blutuntersuchungen an den europäischen Probanden für DecaBDE höhere Konzentrationen als für Penta- und OctaBDE (WWF, 2004). Die Gesetzgeber sollten schnellstmöglich auch bei diesem technischen Flamm-schutzmittel eine weitere Freisetzung durch Pro-

duktions- und Anwendungsverbote verhindern. PentaBDE wird bereits als einer der Kandidaten für die Erweiterung der UN-POP-Konvention ge-handelt, aber auch andere Vertreter der bromier-ten Flamm-schutzmittel sollten hier noch Auf-nahme finden.

4.2 Duftstoffe

Eine weitere Produktgruppe, die sich in Mutter-milchproben und anderen Humanproben nach-weisen lässt, sind synthetische Moschusverbin-dungen. Da natürlicher Moschus in der Vergan-genheit zu einem immer teureren Duftstoff der Parfüm- und Kosmetikindustrie wurde und die Moschushirsche, aus deren Drüsen das Moschus gewonnen wird, in Asien fast ausgerottet sind, entwickelte die chemische Industrie synthetische Moschusverbindungen als Ersatzstoffe. Heute gibt es ca. 1.000 Ersatzstoffe mit moschusähnli-chem Duft, wirtschaftlich bedeutsam sind davon aber nur ungefähr 30 Verbindungen. Die Mo-schusverbindungen werden hauptsächlich in Kosmetika, Waschmitteln, Weichspülern, Haus-haltsreinigern, industriellen und vielen anderen Duftprodukten eingesetzt und gelangen im Wesentlichen über die Haut in den Körper. Die beiden wirtschaftlich wichtigsten Stoffgruppen unter den synthetisch hergestellten Moschus-verbindungen sind die Nitromoschusverbindungen (Moschusxylol und Moschusketon) und die poly-

Jahr	Nitromoschusverbindungen		Polyzyklische Moschusverbindungen	
	Moschusxylol	Moschusketon	Galaxolide (HHCB)	Tonalide (AHTN)
1993	56	18		
1995	26	12	03	78
1997	18	10	39	36

Tabelle 6:
Mittlere Gehalte
von syntheti-
schen Moschus-
verbindungen in
Frauenmilch aus
Deutschland
(µg/kg Fett).

zyklischen Moschusverbindungen Galaxolide (HHCB) und Tonalide (AHTN). Nitromoschusverbindungen konnten in der Innenraumluft und in Staubpartikeln in Kindergärten und Wohnungen in Berlin nachgewiesen werden (Fromme et al., 2004).

Im Jahr 1993 wurden erstmals die beiden Nitromoschus-Verbindungen Moschusxylol und Moschusketon in Muttermilchproben nachgewiesen. Die gemessenen Konzentrationen lagen bei 5–190 Mikrogramm pro Kilogramm (µg/kg) Milchfett (Rimkus et al., 1993, 1994). Die Identifizierung der zweiten Klasse von synthetischen Duftstoffen in Frauenmilch, den polyzyklischen Moschusverbindungen, gelang Eschke et al. 1995.

Aus den Erhebungen der Frauenmilch- und Dioxin-Human-Datenbank des BgVV stammen die in Tabelle 6 dargestellten mittleren Gehalte an synthetischen Moschusverbindungen in deutschen Frauenmilchproben (Vieth, 2002). Die von 1993 auf 1997 abnehmenden Gehalte von Nitromoschusverbindungen im Vergleich zu den zunehmenden Werten für die beiden polyzyklischen Moschusverbindungen spiegeln deutlich die Verschiebung der Marktanteile wieder. Auf Basis dieser Rückstandsgehalte zeigt Tabelle 7 die Mengen, die ein Säugling im Durchschnitt während des Stillens aufnimmt. Dafür werden ein Al-

ter des Säuglings von vier Monaten, eine mittlere Stillmenge von 821 ml (voll gestillt), ein mittleres Körpergewicht des Säuglings von 6,5 kg und ein mittlerer Fettgehalt der Frauenmilch von 3,5% zugrunde gelegt (Vieth & Przyrembel, 2003).

Untersuchungen von 105 Muttermilchproben in den Jahren 1999/2000 von Frauen aus Bitterfeld-Wolfen in Sachsen-Anhalt zeigen vergleichbare Werte zu den 1997er Daten bzw. bestätigen die abnehmende Tendenz bei den Rückstandgehalten der Nitromoschusverbindungen: Die Mittelwerte von Moschusxylol lagen bei 12 µg/kg Milchfett, für Moschusketon bei 6 µg/kg Fett (Benkewitz et al., 2002). In der Studie von Ott et al. (1999) wurden Frauenmilchproben aus Mittelhessen auf Nitromoschusverbindungen hin untersucht. Bei 100% der untersuchten 55 Proben aus dem Jahr 1995 konnte Moschusxylol nachgewiesen werden. Der mittlere Gehalt betrug 41 µg/kg Fett. Die Proben liegen somit rund 58% über dem ermittelten Bundesdurchschnitt von 26 µg/kg Fett. In 87% der Proben wurde ebenfalls Moschusketon mit einem mittleren Gehalt von 10 µg/kg Fett gefunden. Diese Befunde spiegeln die weit verbreitete Belastung der Bevölkerung mit Nitromoschusverbindungen wieder. In der Fachliteratur werden verschiedene Gründe angeführt, warum die Moschusketone nicht in allen Proben bzw. in gerin-

Ermittelte tägl. Aufnahmemenge	Rückstand Nitromoschusverbindungen		Rückstand Polyzyklische Moschusverbindungen	
	Moschusxylol	Moschusketon	Galaxolide (HHCB)	Tonalide (AHTN)
Mittelwert	0,08	0,04	0,17	0,16
95. Perzentil	0,18	0,14	0,40	0,26

Tabelle 7:
Tägliche Auf-
nahmemenge
von syntheti-
schen Moschus-
verbindungen
für einen vier
Monate alten,
voll gestillten
Säugling (µg/kg
Körpergewicht).

gerer Konzentration nachzuweisen sind. Zum einen scheint eine schnellere Biotransformation (Umwandlung) und Ausscheidung bei dieser Verbindung zu erfolgen, zum anderen ist Moschusketon sechsmal weniger lipophil als Moschusxylol, was zu einer geringeren Anreicherung führt. Außerdem liegt der Anteil der Xylolverbindung in synthetischen Duftstoffen zwischen 1–20%, für die Ketonverbindung aber nur bei 0,5–10%, so dass die freigesetzten bzw. aufnehmbaren Mengen unterschiedlich groß sind.

Die Autoren kalkulierten aus den Daten die Menge an Moschusxylol, die ein gestilltes Baby in den ersten Wochen über die Muttermilch aufnimmt. Mit 0,742 µg/kg Fett pro Tag wird der Richtwert für ein „akzeptables Risiko“ von 0,003 µg/kg Körpergewicht pro Tag um das 50-fache überschritten. Da sich jedoch das akzeptable Risiko auf eine lebenslange Aufnahme bezieht, bei der eine Person von einer Million einen gesundheitlichen Schaden erleidet, bewerten die Autoren diese Überschreitung für wenig relevant, da die Stillzeit nur rund 1% eines Menschenlebens ausmacht. Leider werden bei dieser rein mathematischen Berechnung andere und spätere Expositionen mit der Chemikalie außer Acht gelassen, die Möglichkeit von Kombinationswirkungen mit anderen Stoffen ausgeblendet sowie insbesondere die besondere Empfindlichkeit von Kindern völlig negiert (siehe Kap. 5).

Die deutliche Abnahme der Gehalte an Moschusxylol in der Muttermilch wird dem freiwilligen Anwendungsverzicht bei den Mitgliedsunternehmen des deutschen Industrieverbandes für Körperpflege- und Waschmittel seit dem Jahr 1994 zugeschrieben. Der freiwillige Verzicht resultierte aus der Situation, dass Moschusxylol und Moschusketon Anfang der 1990er Jahre in der Nahrungskette, im Trinkwasser und in Muttermilchproben nachzuweisen war. Im Jahr 1998 wies die Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) darauf hin, dass potenziell toxische Stoffe, die sich im Körper anreichern, generell unerwünscht sind. Daher sollte im Sinne eines präventiven Umweltschutzes eine Bela-

stung des Menschen mit synthetischen Moschusverbindungen vermieden oder so weit wie möglich verringert werden (DFG, 1998).

Mittlerweile werden Moschusxylol und Moschusketon in der EU nicht mehr produziert und eingesetzt. Der Grund sind Hinweise, dass sie nach der Aufnahme über die Haut möglicherweise schädlich auf die Fortpflanzungsfähigkeit und die Entwicklung wirken (EU RAR Musk Xylene, 2001; EU RAR Musk Ketone, 2001). Zudem sind sie langlebig und bioakkumulierbar. Einen weiteren Hinweis auf nachteilige Gesundheitsauswirkungen liefert eine Studie, die 1994–1996 fünf verschiedene synthetische Moschusverbindungen im Blut von 152 Frauen analysierte, die in der Heidelberger Universitätsklinik wegen gynäkologischer Probleme behandelt wurden (Eisenhardt et al., 2001). Auch hier waren 95% aller Proben mit Moschusxylol (Median: 65,5 Nanogramm pro Liter (ng/l), Maximum: 1183 ng/l) und 85% mit Moschusketon (Median: 55,5 ng/l, Maximum: 518 ng/l) belastet. Bedeutsam ist der Befund, da sich eine signifikante Beziehung der Konzentrationen dieser Stoffe mit verschiedenen Erkrankungen des Hormonsystems herstellen ließ. Die Verbindungen scheinen die Beziehung zwischen dem hormonellen Steuerungssystem im Zwischenhirn und den Eierstöcken zu stören und dadurch zu deren Funktionsuntüchtigkeit zu führen. Berichtet werden zudem Effekte im Tierexperiment bei niedrigen Konzentrationen. Zum Beispiel entwickelt sich bei männlichen Tieren, die mit Moschus Ambrette, einer weiteren Nitromoschusverbindung, behandelt wurden, eine Störung der Samenreifung. Moschus Ambrette wirkt zudem als Nervengift und Moschusxylol und Moschusketon können Hautallergien hervorrufen.

Nach Behördenmeinung ergeben sich aus diesen tierexperimentellen Studien jedoch keine Hinweise darauf, dass die in der Frauenmilch nachgewiesenen Gehalte gesundheitlich bedenklich für den gestillten Säugling sein könnten (Vieth & Przyrembel, 2003). Auch wurde kein TDI-Wert

festgelegt, da die Moschusverbindungen über die Haut (dermal) und nicht über die Nahrung (oral) aufgenommen werden. Allerdings ist der Kenntnisstand zur Gefährlichkeit bei allen synthetischen Moschusverbindungen noch sehr begrenzt und eine abschließende Beurteilung ist nicht möglich. Jüngste Erkenntnisse sind allerdings sehr beunruhigend: Beide Gruppen synthetischer Moschusverbindungen – also Nitromoschus- und polyzyklische Moschusverbindungen – sollen die Fähigkeit besitzen, Transportmechanismen zum Entfernen anderer gefährlicher Schadstoffe langfristig zu hemmen, wodurch diese ungehindert in die Zelle eindringen und dort ihre schädliche Wirkung entfalten können (Luckenbach & Epel, 2005). Solche Kombinationswirkungen werden mit dem Prinzip der Einzelstoffprüfung in der Risikobewertung von chemischen Stoffen nicht berücksichtigt. Ein TDI-Wert wurde bislang nicht festgelegt, da die Moschusverbindungen über die Haut (dermal) und nicht über die Nahrung (oral) aufgenommen werden.

Für die polyzyklischen Verbindungen sind zuverlässige Trendaussagen der Belastungssituation aufgrund der geringen Probenzahlen und der kurzen Beobachtungsdauer in Deutschland noch nicht möglich. Die gemessenen höheren Konzentrationen dieser Verbindungen in der Muttermilch spiegeln ihren größeren Marktanteil wieder. Da sie als Ersatzstoffe der Nitromoschusverbindungen zunehmend eingesetzt werden, könnte zukünftig daraus eine ansteigende Tendenz in der Belastungssituation resultieren. Zudem können Verbraucher weiterhin trotz EU-Produktionsstopps mit Moschusxylol und Moschusketon in Kontakt kommen, denn sie gelangen durch Importe aus China, dem derzeitigen Hauptproduzenten, als Beistoffe mit anderen Produkten weiterhin unkontrolliert auf den europäischen Markt (EU RAR Musk Ketone, 2001). Insgesamt sollten an synthetischen Moschusverbindungen kontinuierlich und unter Beachtung eines größeren Stoffspektrums Untersuchungen zur Überwachung der Belastungssituation durchgeführt werden.

4.3 Weichmacher

90% der in der Europäischen Union verwendeten Weichmacher werden im Kunststoff PVC verarbeitet. Unter den Kunststoff-Weichmachern ist Di-ethylhexylphthalat (DEHP) mit rund 45% des Verbrauches (ca. 475.000 Tonnen pro Jahr) die gebräuchlichste Verbindung. Weitere häufig als Weichmacher eingesetzte Phthalate sind Dibutylphthalat (DBP) und Diisononylphthalat (DINP) sowie Diisodecylphthalat (DIDP). Phthalate kommen aber auch in vielen anderen Bereichen zum Einsatz. Sie dienen als Trägersubstanzen für Duftstoffe in Parfums, Deodorants und anderen Körperpflegemitteln. Sie sind Komponenten in Nagellacken und Haarsprays oder werden als Formulierungsmittel in Pestizidanwendungen, als industrielle Lösemittel, Schmierstoffe und als Zusätze in der Textilindustrie verwendet.

Als Weichmacher kommen die Stoffe u. a. in Regenbekleidung, Spielzeug, Fußbodenbelägen, Medizinprodukten, Lebensmittelverpackungen, Farben oder Klebern vor. Beispielsweise können in Fußböden, Spielzeug oder auch Medizinprodukten bis zu 50% Weichmacheranteile vorhanden sein. Da sie nicht fest an die anderen Partikel des Kunststoffs gebunden sind, gasen sie aus den Gegenständen aus und lagern sich z.B. im Hausstaub ab. Es wird geschätzt, dass von den insgesamt in der Europäischen Union in die Umwelt entweichenden Mengen an DEHP nur ein Anteil von 1,5% aus der Produktion und 2% aus der industriellen Nutzung stammt. Über 90% der jährlichen Umweltbelastung von 30.000 Tonnen werden durch Ausgasung, Abrieb, Auswaschung und andere diffuse Verluste aus den Gebrauchsgütern verursacht (EU RAR DEHP, 2000). Dies führt zu einer allgegenwärtigen Verbreitung in der Umwelt und einer kontinuierlichen Exposition der Bevölkerung mit Phthalaten. Sie lassen sich in verschiedenen Umweltproben und im Menschen nachweisen. Selbst im Eis der Arktis sind noch Konzentrationen von bis zu 0,53 Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g/l}$) messbar (Desideri et al., 1994).

Der Mensch kann Phthalate über die Luft, die Haut und die Nahrung aufnehmen. Messungen der Innenraumluft in Büros, Schulen und Kindertagesstätten in Dänemark ergaben Werte von 0,86 (Mikrogramm pro Kubikmeter) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ DEHP, in einem Raum mit neuem PVC-Bodenbelag lagen die Werte bei 200–300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und in einem von der Sonne erhitzten Auto konnten sogar DEHP-Konzentrationen von bis zu 1.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Luft gemessen werden. Sogar in der Außenluft lässt sich DEHP in manchen Regionen Europas in Konzentrationen von 0,0003–0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nachweisen. (EU RAR DEHP, 2000). Das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (Fromme et al., 2004) untersuchte 2000/ 2001 das Vorkommen von Phthalaten in 59 Wohnungen und in 74 Kindergärten. Dibutylphthalate (DBP) verursachten die höchsten Rückstände in der Innenraumluft der Wohnungen und Kindergärten (1,083 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und 1,188 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Im Hausstaub konnte mit einem Anteil von 80% DEHP mit mittleren Gehalten von 703 mg/kg (Bereich: 231–1.763 mg/kg) identifiziert werden.

Das Tragen von Textilien, die Anwendung von Kosmetika sowie direkter Hautkontakt mit weichen Kunststoffen können Quellen für die Aufnahme von Phthalaten über die Haut sein. In einer Analyse von Bekleidungstextilien wurde eine Abhängigkeit des Phthalatgehaltes vom verwendeten Material festgestellt. Während Textilien aus reiner Baumwolle Gesamt-Phthalatgehalte von 4.100–8.900 $\mu\text{g}/\text{kg}$ enthielten, wurden in Mischgeweben Konzentrationen von 10.200–16.300 $\mu\text{g}/\text{kg}$ nachgewiesen. Die Gesamt-Phthalatgehalte schwankten in Teppichen von 3.200–7.100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ und in Polsterstoffen von 3.100–5.400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Bruns-Weller & Pfordt, 1999).

Neben der Aufnahme über die Haut und die Atmung wird die innere Belastung des Menschen mit Phthalaten hauptsächlich durch kontaminierte Nahrung verursacht. Insbesondere fettreiche Lebensmittel, die in phthalathaltigen Verpackungen abgepackt sind, zeigen hohe Rück-

stände. Eine Literaturübersicht zeigt Bruns-Weller & Pfordt (1999). Spitzenreiter an Gesamt-Phthalaten ist Käse, insbesondere Weichkäse mit 114.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$, es folgen Erdnüsse mit 38.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ und Geflügel mit 8.800 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Untersuchungen von Kuhmilch zeigten unterschiedliche Belastungen in einzelnen EU-Staaten. Verantwortlich sind wahrscheinlich unterschiedliche Verpackungsverfahren. Kuhmilch aus Deutschland ist mit 20–150 μg DEHP/kg belastet, norwegische Milch mit 60–380 μg DEHP/kg und englische mit <10–90 μg DEHP/kg. Babynahrung in Deutschland enthielt als MilCHFertignahrung (Pulver) <50–200 μg DEHP/kg. In Gläschenkost lagen die DEHP-Gehalte im Bereich 50–210 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Gruber et al., 1998). Für die Aufnahme über den Mund ist außerdem noch entscheidend, dass viele Baby- und Kinderspielzeuge aus Weich-PVC hergestellt sind. Säuglinge und Kleinkinder nuckeln und kauen an diesen Produkten, wobei die Wirkung des Speichels als Lösemittel die Herauslösung von Phthalaten fördert.

Obwohl Phthalate sich in der Umwelt nur langsam abbauen, wird von einem relativ raschen Abbau im menschlichen Körper ausgegangen, nämlich von einer Halbwertszeit von etwa acht bis zwölf Stunden (Bruns-Weller & Pfordt, 1999). Phthalate weisen zwar ein lipophiles Verhalten auf, aber nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist eine Anreicherung (Bioakkumulation) im Fettgewebe oder der Muttermilch eher unwahrscheinlich. Das große Problem der Phthalate liegt in den kontinuierlichen und hohen Expositionen, denen Menschen und besonders Kinder alltäglich ausgesetzt werden.

Messungen deutscher Muttermilchproben erbrachten Rückstandsgehalte für DEHP von 70–160 Mikrogramm pro Kilogramm ($\mu\text{g}/\text{kg}$) (Gruber, 1998) und Werte von 10–110 μg DEHP/kg, 50 μg DBP/kg sowie den Nachweis von DIBP in Spuren (Bruns-Weller & Pfordt, 1999). Aus diesen Daten wurde von Seiten des BgVV auf Grundlage des höchsten gemessenen DEHP-Wertes von 160 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Milch eine Exposition für das Kind von

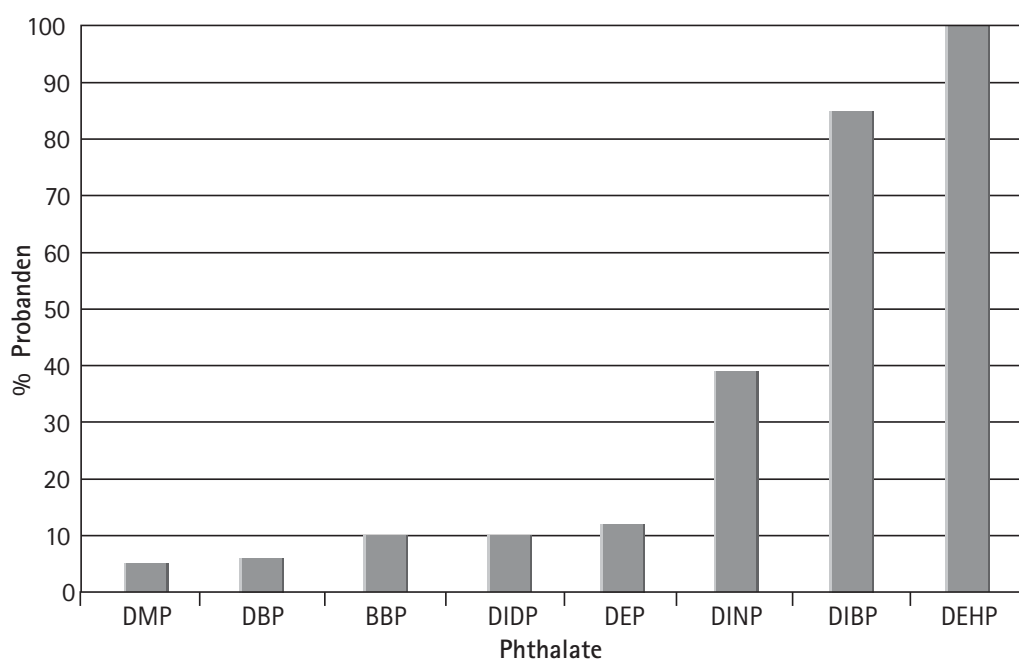


Abbildung 7:
Vorkommen
verschiedener
Phthalate in
Blutproben
europäischer
Probanden.

21 µg/kg Körpergewicht/Tag (KG/Tag) (Alter bis 3 Monate) bzw. 8 µg/kg KG/Tag (Alter 3 bis 12 Monate) errechnet. Diese Werte übersteigen bei der jüngeren Altersgruppe den niedrigsten in der Literatur angegebenen TDI-Wert von 4 µg/kg KG/Tag um das 4-fache, den für die ältere Gruppe bis zu einem Jahr um das Doppelte (Tab. 8).

Bei einer Untersuchung von EU-Parlamentariern konnte bei allen 45 Testpersonen DEHP im Blut nachgewiesen werden. Die Konzentrationen überstiegen die aller anderen nachgewiesenen 76 Schadstoffe. Die Maximalwerte lagen bei 1.152 µg/kg, der Median bei 155 µg/kg Blut. DIBP war in 84% der Proben und DINP in 38% der Proben vorhanden (Abb. 7; WWF, 2004).

Neue Untersuchungsmethoden und die damit gewonnenen Ergebnisse der Universität Erlangen sorgten weltweit für Aufsehen, denn sie deuten darauf hin, dass alle vorangegangenen Untersuchungen die innere Belastung von Menschen erheblich unterschätzt haben. In der Studie von Koch et al. (2003) wurde der Urin von 85 Perso-

nen aus Erlangen und Umgebung untersucht. Dabei wurde nicht das DEHP selbst, sondern als neue und sicherere Methode drei seiner Abbau-produkte (Metaboliten) analysiert. Aus diesen Daten wurde rechnerisch die individuelle tägliche Aufnahme an DEHP ermittelt. Die Werte der täglichen DEHP-Aufnahme lagen bei 2,6–166 µg/kg KG/Tag mit einem Medianwert von 13,8 und einem 95. Perzentil von 52,1 µg/kg KG/Tag. Diese Ergebnisse von Koch et al. (2003) zur inneren Belastung der deutschen Allgemeinbevölkerung mit DEHP liegen um mindestens eine Zehnerpotenz höher als die bisher publizierten Werte. Auch untersuchten die Erlanger Forscher Kindergartenkinder sowie ihre Erzieherinnen und Eltern auf die innere Belastung mit DEHP (Koch et al., 2003a). Bei den Messungen des Urins konnte eine doppelt so hohe DEHP-Belastung der Kinder im Vergleich zu den Erwachsenen ermittelt werden. Dies ist Besorgnis erregend, denn Schadstoffe – insbesondere hormonähnliche – können bei Kindern zu weitaus gravierenderen Gesundheitsschäden führen als bei Erwachsenen (s. Kap. 5).

Auch aus einer Abschätzung von Binder & Obenland (2004) wird deutlich, dass Kleinkinder in einem viel höheren Maße durch DEHP belastet werden als Erwachsene. Diese Erkenntnis ist umso beunruhigender vor dem Hintergrund, dass Kinder bereits über das Stillen eine nicht unerhebliche Menge pro Tag aufnehmen. Die von ihnen täglich resorbierte DEHP-Dosis von 12 µg/kg KG/Tag liegt um das 6-fache über der von Erwachsenen. Auch dieses Ergebnis wird von anderen Autoren bestätigt. Meek & Chan (1994) schätzen bei 0,5 bis 4-jährigen Kindern die tägliche Aufnahme auf 19 µg/kg KG/Tag. Diese Altersgruppe ist ihren Berechnungen nach am höchsten und 3,3-fach so hoch belastet wie Erwachsene. Gleichzeitig ist sie die empfindlichste Subpopulation. Mit einer Grundbelastung von 12 µg/kg KG/Tag wird der TDI des niederländischen Nationalen Instituts für Volksgesundheit und Umwelt (RIVM) um das 2-fache überschritten (Tab. 8). Nicht mit eingegangen in diese Abschätzung ist die Belastung durch das Lutschen oder Kauen von DEHP-haltigem Kinderspielzeug oder das Tragen von Kleidung aus PVC wie Regenmäntel, Gummistiefel oder Sandalen. Das über diesen Weg freigesetzte und aufgenommene DEHP übersteigt selbst bei normaler Benutzung die Grundbelastung um ein Vielfaches: Durch das Lutschen oder Kauen von Kinderspielzeug können bis zu 200 µg/kg KG/Tag aufgenommen werden (CSTEE 1998), über die Haut täglich bis zu 79 (Regenmantel) bzw. 340 (Sandalen) µg/kg KG/Tag (CPSC 2001). Nicht berücksichtigt in diesen Zahlen sind ebenfalls die neuen Erkenntnisse von Koch et al. (2003) (s.o.).

Diese Belastungssituation der Bevölkerung ist im Hinblick auf die hormonähnlichen (endokrinen) und reproduktions- bzw. entwicklungstoxischen Wirkungen der Phthalate sehr bedenklich. Unter anderem steht die Stoffgruppe im Verdacht, mit der zunehmenden Unfruchtbarkeit bei Männern in Verbindung zu stehen. In Tierversuchen zeigen sich eine Abnahme des Gewichts und der Anzahl von Nachkommen, verlangsamte Knochenbildung, Missbildungen besonders männlicher Fort-

pflanzungsorgane sowie von Nieren und Augen (Bruns-Weller & Pfordt, 1999; WWF, 2000; WHO, 2002). Von der EU werden sie hinsichtlich ihrer hormonellen Wirksamkeit und ihrem Expositionspotenzial als hoch prioritär klassifiziert (Gies et al., 2001).

Eine Risikobewertung für DEHP erfolgt derzeit im Rahmen des europäischen Chemikalien-Altstoffprogramms (nach EG-AltstoffV 793/93/EG). Bislang wurden trotz der schädlichen Wirkungen, die DEHP haben kann, weitergehende risikominimierende Maßnahmen nur für Kinder, nicht aber für erwachsene Verbraucher für erforderlich gehalten (RAR EC 1488/94). Das BfR hat aufgrund der neuen Ergebnisse der Universität Erlangen eine Überprüfung der laufenden Risikobewertung zu DEHP auf europäischer Ebene für erforderlich gehalten (BfR, 2003). Es sieht darin Hinweise, dass die Exposition der Allgemeinbevölkerung mit DEHP und möglicherweise weiteren Phthalaten mit ähnlichem toxikologischen Wirkungsspektrum höher ist als bisher angenommen, benennt aber die Schwierigkeiten in der Einschätzung der gesundheitlichen Relevanz durch die Vielzahl an toxikologischen Daten, die unter den Experten unterschiedlich interpretiert werden. Als Schlussfolgerung räumt es der Klärung möglicher relevanter Expositionsquellen höchste Priorität ein, wobei im Vordergrund Untersuchungen an Lebensmitteln (Verpackungsmaterial) und Bedarfsgegenständen stehen sollten, letzteres auch zur Klärung der hohen Staubbelastungen in Innenräumen (BfR, 2003). Weitere Regulierungsmaßnahmen werden nicht ausgesprochen.

Auf der Basis von Studien an Tieren haben verschiedene Institutionen Aufnahmemengen an DEHP berechnet, die sie beim Menschen für noch tolerabel halten. Die Ergebnisse unterscheiden sich allerdings um mehr als eine Zehnerpotenz (Tab. 8). Vom BfR werden noch weitere Studien benannt, aus denen sich sogar noch TDI-Werte ergeben, die um das 1000-fache variieren (BfR, 2003). Der niedrigste TDI von 4 µg/kg KG/Tag

Land/Institution	Richtwert (µg/kg KG/Tag)	Bezeichnung	Endpunkt	Autor
Niederlande: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)	4	TDI (MPR)	Reproduktionstoxizität (Schädigung Sertolizellen)	Baars et al. 2001
USA: Environmental Protection Agency (EPA)	20	RfD	Erhöhtes Lebergewicht	IRIS 2004
World Health Organization (WHO)	25	TDI	Peroxisomen-Proliferation in der Leber	WHO 1996, zitiert nach Baars et al. 2001
EU: Scientific Committee on toxicity, ecotoxicity and the environment (CSTEE)	48	TDI	Entwicklungstoxizität und testikuläre Toxizität	CSTEE 2004

*Tabelle 8:
Richtwerte
verschiedener
Institutionen zur
tolerierbaren
DEHP-Aufnahme-
menge.*

TDI: Tolerable Daily Intake; MPR: Maximum Permissible Risk Level; RfD: Reference Dose (für chronische orale Exposition); TRD: Tolerierbare resorbierte Dosis; MRL: Minimal Risk Level (für chronische orale Exposition)


wird vom niederländischen Nationalen Institut für Volksgesundheit und Umwelt (RIVM) angegeben. Er basiert auf der Studie von Poon et al. (1997), die einen NOAEL (no observed adverse effect level) von 3,7 mg/kg KG/Tag im Versuch mit Ratten ermittelt hatten. Der NOAEL gibt die Konzentration an, ab der keine negativen Effekte im Tierexperiment mehr sichtbar sind. Als Endpunkt wurde in dieser Studie die Schädigung von Hodenzellen untersucht. Da dieses Ergebnis vom RIVM als relevant sowohl für männliche Jungtiere als auch erwachsene Tiere eingestuft wird, wurde bei der Berechnung des TDI ein Unsicherheitsfaktor von 10 angewendet, um auf eine lebenslange Exposition zu extrapolieren. Ein Unsicherheitsfaktor von 100 wurde verwendet, um die Variation zwischen verschiedenen Arten und innerhalb einer Art zu berücksichtigen. Mit diesen Faktoren gelangte man zu einem TDI von 4 µg/kg KG/Tag (Baars et al., 2001). Binder & Oberland (2004) halten dieses Vorgehen dadurch für legitimiert, dass DEHP bisher der einzige Weichmacher ist, dessen Aufnahme durch den Menschen genauer Beobachtung unterliegt. In der Risikoabschätzung steht er deshalb einstweilen nicht nur für sich alleine, sondern hat auch Stellvertreterfunktion für eine Vielzahl weiterer industriell genutzter Phthalate. Koch et al. (2003) haben gezeigt, dass zusammen mit DEHP oft weitere Phthalate in hohen Konzentrationen im Urin nachgewiesen werden können. Dabei ge-

hen Koch et al. (2003) von einer gleichgerichteten, additiven toxischen Wirkung dieser Verbindungen aus. Ein möglicherweise überschätzter Sicherheitsabstand bei DEHP könnte also eine möglicherweise unterschätzte Phthalat-Gesamtaufnahme kompensieren.

Trotz der vielfältigen wissenschaftlichen Befunde über die schädlichen Wirkungen einiger Phthalate, werden sie noch immer vielfältig in diversen Alltagsprodukten eingesetzt. Einige gesetzliche Regulierungen existieren allerdings inzwischen. So ist DEHP – gemäß der EU-Richtlinie 67/548/EEC zur Einstufung und Kennzeichnung gefährlicher Substanzen – seit 2002 als schädigend für die Fortpflanzung (reprotoxisch) klassifiziert. Um die Gefährdung anzuzeigen, werden so genannte „Gefahrenanzeigen“ verwendet: R60 – „Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen“ und R61 – „Kann das Kind im Mutterleib schädigen“. DEHP selbst und chemische Zubereitungen, die mehr als 0,5% DEHP enthalten, müssen durch das Totenkopfsymbol und den Warntext „GIFTIG“ gekennzeichnet werden (Tab. 9). Dies gilt allerdings nicht für Bedarfsgegenstände, die DEHP z. T. in wesentlich höheren Prozentsätzen enthalten (z.B. Spielzeug und Fußbodenbeläge bis zu 50%).

Da CMR-Stoffe (CMR = carcinogen/krebserregend, mutagen/erbgutschädigend und reprotoxisch/fortpflanzungsschädigend) in kosmetischen Produkten eine bedeutende Bedrohung für

Tabelle 9:
Einstufung und
Kennzeichnung
von DEHP.

Gefahrenanzeige	R-Sätze	Symbol
T – Giftig	R60 – Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen R61 – Kann das Kind im Mutterleib schädigen	 Giftig

die Gesundheit des Verbrauchers darstellen, wurde DEHP aufgrund dieser Einstufung als die Fortpflanzung gefährdende Substanz verboten, und zwar im Februar 2003 durch das Europäische Parlament im Rahmen der Kosmetik-Richtlinie 2003/15/EEC. Auf europäischer Ebene sind einige der Phthalat-Weichmacher seit Dezember 1999 aufgrund der vermuteten hormonellen Wirkung für Kinderspielsachen bis drei Jahre und BeiBringe durch eine vorläufige Entscheidung der EU-Kommission untersagt worden; seit März 2000 ist in Deutschland eine entsprechende Verordnung in Kraft. Im September 2004 sprach sich der Europäische Rat dann für ein Verbot von DBP, BBP (Butylbenzylphthalat) und DEHP in Kinderspielzeug für alle Altersgruppen aus, für die anderen drei Phthalate DINP, DIDP und DNOP (Di-n-octylphthalat) soll das Verbot nur für die Altersgruppe unter drei Jahren bestehen bleiben sowie für Spielzeug, das in den Mund genommen wird. Die Resolution des EU-Parlaments zum Aktionsplan für Umwelt und Gesundheit vom Februar 2005 ruft zu einer Beschränkung der Vermarktung und Nutzung von sechs Phthalaten (DEHP, DINP, DBP, DIDP, DNOP, BBP) in Alltagsprodukten für den Innenraum und in Medizinartikeln auf, denen Neugeborene, Kinder, Schwangere, ältere Menschen und Arbeiter stark ausgesetzt sind. Voraussetzung ist, dass sichere Alternativen zur Verfügung stehen und die Einschränkung keinen negativen Effekt auf die medizinische Behandlung hat. In Österreich sind Phthalate – mit Ausnahmen – in Lebensmittelverpackungen verboten (EU 2003). Die Kunststoffkommission des BfR empfiehlt, dass DEHP enthaltende Folien aus Weich-PVC, die in Kontakt mit Lebensmitteln kommen können, nicht mehr

verwendet werden sollten (BfR 2003). Nach dem Leitfaden zur Anwendung umweltverträglicher Stoffe hält das Umweltbundesamt die Substitution von DEHP in Kunststoffen für erforderlich (UBA, 2003). Verschiedene Alternativen sind bereits auf dem Markt verfügbar wie Adipate, Zitate, Phosphorsäureester, Alkylsulfonsäureester und Cyclohexandicarbonsäureester. Aus Sicht des vorsorgenden Umwelt- und Gesundheitsschutzes ist der Einsatz von Phthalaten in allen Produkten zu verbieten, bei der eine Exposition von Mensch und Umwelt zu erwarten ist. Dies sind vor allem Baby- und Kinderwaren, Lebensmittelverpackungen, medizinische Produkte, Textilien, Wohnungseinrichtungen sowie Außenanwendungen, die der Witterung ausgesetzt sind.

5. Gefährdung der Kindergesundheit

Kinder sind in besonderer Weise von Schadstoffen betroffen. Die Belastungen beginnen nicht erst mit dem Stillen nach der Geburt, sondern bereits im Mutterleib. Viele der Chemikalien, mit denen die Mutter belastet ist, können die Plazentaschranke durchdringen, d.h. aus dem Blut der Mutter in das ungeborene Kind gelangen. Für den wachsenden und sich entwickelnden Fötus kann dies zu nachhaltigen und unumkehrbaren Beeinträchtigungen führen. Besonders hervorzuheben sind hier die erst in jüngster Zeit entdeckten so genannten hormonellen Schadstoffe, die bereits in winzigen Mengen in entscheidende Stoffwechselvorgänge eingreifen, indem sie die natürlichen Hormone nachahmen oder blockieren, die der Steuerung der lebenswichtigen Funktionen im Körper dienen. Hierdurch können Wachstum, Immunsystem und die spätere Fortpflanzungsfähigkeit bis hin zur Gehirnentwicklung und damit den späteren geistigen Fähigkeiten und Verhaltensweisen beeinträchtigt werden. Auch nach der Stillzeit setzt sich die Belastung fort durch den Verzehr pestizidbelasteter Lebensmittel, durch Innenraum- und Außenluftbelastungen oder durch die Aufnahme von Chemikalien, die in Gegenständen des alltäglichen Lebens stecken und mit denen Kinder ständig intensiv (und mehr als Erwachsene) in Kontakt kommen, indem sie z.B. an ihrem Spielzeug lutschen. Bis zum Alter von einem halben Jahr sind Kinder besonders gefährdet, da bis zu diesem Zeitpunkt im Leben Schädigungen festgelegt werden, die sich dann später im Leben als Spätfolgen ausprägen.

Einerseits geht es Kindern in den westlichen Industrienationen im Vergleich zu früheren Zeiten und zu Entwicklungsländern heute vielfach besser: Gefährliche Infektionskrankheiten gibt es kaum noch, die Ernährung wurde verbessert und der Zugang zu sauberem Trinkwasser ist gewährleistet. Die Lebenserwartung eines heute geborenen Babys ist mehr als zwei Jahrzehnte höher als die eines Babys, das Anfang des 20. Jahrhunderts

geboren wurde. Andererseits leben Kinder heute mit dem Risiko, rund 30.000 synthetischen Chemikalien in ihrer Umgebung ausgesetzt zu sein, die alle in den letzten 50 Jahren auf den Markt gebracht wurden, ohne vorher auf ihre potenzielle Toxizität hin getestet worden zu sein. In diesem Zusammenhang ist der Anstieg chronischer Erkrankungen und neuer Krankheitsformen zu nennen, von denen ein Viertel auf Umweltursachen, u.a. die Wirkung von gefährlichen Chemikalien zurückgeführt werden können. Zu den Erkrankungen zählen die Zunahme von Allergien bei Kindern, der Anstieg von Asthma, Leukämie und Hirntumoren sowie entwicklungsneurologischen Störungen (Landrigan et al., 1999).

Kinder sind keine „kleinen Erwachsenen“: Viele Aspekte ihres Kontakts mit Chemikalien unterscheiden sich von der Situation Erwachsener. In Deutschland wird diesem Thema im Rahmen des „Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit“ (APUG) besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Das Programm wurde 1999 von Bundesumweltministerium und Bundesgesundheitsministerium vorgelegt. In diesem Rahmen wurde u. a. eine Studie zur „Berücksichtigung der Risikogruppe Kind bei der Ableitung gesundheitsbezogener Umweltstandards“ erstellt (Schneider et al., 2002). Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen:

Kinder sind gegenüber Umweltschadstoffen stärker exponiert als Erwachsene. Im Alter von ein bis fünf Jahren essen Kinder 3 bis 4-mal mehr Lebensmittel und trinken etwa 5-mal soviel pro Kilogramm Körpergewicht wie Erwachsene. Der Milchkonsum liegt bezogen auf das Körpergewicht etwa bei der 9-fachen Menge eines Erwachsenen. Kinder ernähren sich einseitiger, so kann z.B. bei Äpfeln die Aufnahme bis zu etwa 20-fach höher sein als bei Erwachsenen. Pestizidrückstände im Bereich der erlaubten Rückstandshöchstmengen können bei diesen Ernährungsgewohnheiten von Kindern zu Pestizidaufnahmen über dem TDI-Wert führen (BgVV, 1999).

Auch die Atmungsintensität von Säuglingen und Kindern ist größer. Wird das Atemvolumen und das Körpergewicht von Erwachsenen zugrunde gelegt, nimmt ein Säugling etwa das 1,5-fache Luftvolumen auf. Die relativ größere Körperoberfläche und der Umstand, dass über die kindliche Haut Substanzen leichter und schneller aufgenommen werden, ist bei der dermalen Aufnahme zu berücksichtigen. Mittlerweile ist gesichert, dass das so genannte „Mouthing“, also das kindliche „In-den-Mund-Stecken“ von Gegenständen sowie das Verschlucken von Nicht-essbarem wie belastetem Staub und anderen Bodenpartikeln zu erhöhter Stoffaufnahme führt.

Die Stoffwechsel- und Ausscheidungsleistungen sind altersspezifisch unterschiedlich. So bleiben die Stoffe im ersten Lebensjahr wegen der noch nicht ausgereiften Nieren viel länger im Körper als bei Erwachsenen. Außerdem haben Kinder bis zum fünften Jahr in der Regel einen höheren Stoffwechsel als Erwachsene. Kinder wachsen und entwickeln sich sehr rasch. Sie durchlaufen vom Neugeborenen bis zur Pubertät eine Reihe unterschiedlicher Entwicklungsphasen. Bezüglich der toxischen Effekte von Umwelchemikalien sind die Reifungsphasen von Organen (z.B. der Niere, des Zentralnervensystems oder der Sexualorgane) immer kritische Phasen. Wichtige Entwicklungsprozesse können leicht unterbrochen, verzögert oder verändert werden. In diesen sensiblen Phasen werden im Körper lebensnotwendige Verknüpfungen hergestellt. Werden Zellen des sich entwickelnden Gehirns, des Immunsystems oder der Fortpflanzungsorgane durch toxische Stoffe zerstört oder in ihrer Entwicklung beispielsweise durch hormonaktive Substanzen gestört, besteht das Risiko einer dauerhaften Fehlfunktion. Je nach betroffenem Organ können u.a. Intelligenzverlust, eine Störung des Immunsystems oder Fortpflanzungsprobleme auftreten.

Kinder haben im Allgemeinen mehr Lebensjahre vor sich als Erwachsene und damit mehr Zeit, Jahre später chronische Erkrankungen auszubilden, die durch eine Exposition im frühen Lebensalter

ausgelöst wurde. Eine Belastung z.B. mit Pestiziden im Säuglingsalter führt eher zu Krankheiten als eine vergleichbare Belastung im Erwachsenenalter (National Academy of Science, 1993).

Aufgrund dieser Besonderheiten bei Kindern liegt es auf der Hand, dass in der Risikoabschätzung zur gesundheitlichen Gefährdung durch Umwelchemikalien bei Säuglingen und Kindern besondere Bewertungsmaßstäbe angelegt werden müssen. Momentan berücksichtigt nur die Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Ausschuss für Umwelthygiene der Arbeitsgemeinschaft der Leitenden Medizinalbeamten (AGLMB) die besondere Situation von Kindern. Die Kommission legt zur Ableitung von Richtwerten für die Innenraumluft fest, dass zusätzlich zum Faktor zehn für die Varianz innerhalb einer Art aufgrund des höheren Atemminutenvolumen der Kinder bezogen auf das Körpergewicht im Vergleich zu Erwachsenen ein Faktor zwei eingesetzt werden soll (IRK, 1996). Des Weiteren regelt eine EU-Richtlinie die erlaubten Pestizidrückstandsmengen in Babynahrung und legt eine Höchstmenge von 0,01 mg/kg an. Dabei wird jedoch nicht berücksichtigt, dass Kleinkindern meist bereits nach ein paar Monaten frisch püriertes Obst- und Gemüse zugefüttert wird, für die „Erwachsenenwerte“ gelten. Im Gegensatz dazu wird in den USA nach dem Lebensmittelgesetz von 1996 ein zusätzlicher Sicherheitsabstand von zehn für Kinder bei der Festsetzung von Rückstandshöchstmengen von Pestiziden in Lebensmitteln verlangt (Olin, 1998).

Weitere Forschungen zur Expositionssituation und zu möglichen Gesundheitsrisiken bei Kindern sind ohne notwendig. Aus Vorsorgegründen sollten Kinder bis zur Klärung dieser Fragen schon allein aufgrund der noch vor ihnen liegenden Lebensspanne als Risikogruppe eingeschätzt werden. Grenz- und Richtwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit sollten sich an den sensibelsten und schutzbedürftigsten Gruppen der Bevölkerung orientieren.

6. Die Reform der EU-Chemikalienpolitik – eine Lösung?

Es sollte gesellschaftspolitischer Konsens sein, dass Mensch und Umwelt vor gefährlichen, giftigen Stoffen geschützt werden müssen. Es sollte außerdem Einigkeit darüber herrschen, dass synthetische Chemikalien nicht in die Umwelt und/oder den menschlichen Körper gelangen dürfen, wenn sie die Eigenschaft besitzen, sich dort für Jahre, Jahrzehnte oder sogar für immer anzureichern. Dieser Grundsatz sollte unabhängig vom toxikologischen Wissen über die Stoffe gelten, vor allem wenn man bedenkt, dass die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Auswirkungen für Mensch und Umwelt lediglich eine Momentaufnahme des aktuellen Kenntnisstandes sind. Die traditionelle Risikobewertung ist daher zu überdenken und ein adäquater Umgang mit dem Nichtwissen zu entwickeln. Den neuen Erkenntnissen über die Eigenschaften der hormonellen Schadstoffe oder auch den jüngsten Erkenntnissen über die Gesundheitsgefährdung durch synthetische Moschusverbindungen (Kapitel 4.2) muss Rechnung getragen werden, und zwar nicht nur im Einzelfall, sondern im generellen Umgang mit dem Problem. Die immer noch herrschende Uneinigkeit über die Bewertung der PCB, die nicht nur schon Jahrzehnte im Verkehr sind, sondern auch schon vor geraumer Zeit weltweit verboten wurden, sowie die vielen widersprüchlichen wissenschaftlichen Befunde zum Weichmacher DEHP (Kapitel 4.3) untermauern diese Forderung.

Gerade die „alte Stoffsünde“ PCB (Kap. 2) ist ein gutes Beispiel dafür, wie wichtig bereits im Vorfeld der Vermarktung eine umfassende Prüfung auf mögliche Gesundheits- und Umweltrisiken ist. Zudem ist sie ein Beleg dafür, dass persistente, lipophile Stoffe gar nicht erst für einen umweltoffenen Gebrauch genehmigt werden dürfen. Hierfür liegen allerdings bisher keine gesetz-

lichen Instrumente vor. Auch sollte nicht vergessen werden, dass inzwischen eine Vielzahl weiterer Industriechemikalien in Humanproben nachgewiesen wurden. Und nicht allen wurde in kontinuierlichen Überwachungsprogrammen (Monitoring) so viel Aufmerksamkeit geschenkt wie den polychlorierten Naphthalenen, die seit Beginn des letzten Jahrhunderts als Ersatz für PCB Anwendung fanden. Auch sie sind bereits in der Muttermilch zu finden und verhalten sich in ihrer Wirkung wie Dioxine (Lundén & Norén, 1998). Hinzu kommen außerdem die vielen Chemikalien, die noch nicht im Fokus der Forschung liegen, d.h. nach denen noch nicht gesucht wird und für die den Behörden daher auch kaum Informationen vorliegen. Jedoch wird sich jede persistente, lipophile und bioakkumulierbare Substanz in einer offenen Anwendung früher oder später in der Muttermilch nachweisen lassen, wenn der Fortschritt in der wissenschaftlichen Analytik dies ermöglicht und die finanzielle Ausstattung der Untersuchungsprogramme es zulässt.

Vorgeschichte

Mit dem Beginn der Produktion synthetischer Chemikalien in großen Mengen dachte noch niemand an mögliche schädliche Langzeitwirkungen chemischer Stoffe: Chemikalien wurden ohne amtliche Prüfungen in die Umwelt entlassen. In den 1960er und 1970er Jahren des letzten Jahrhunderts erfolgten dann die ersten überraschenden Rückstandsfunde in Umweltproben und beim Menschen. Bei Pestiziden erkannte man verhältnismäßig früh die Notwendigkeit einer Zulassung nach vorherigen Sicherheitstests, da sie explizit dazu gedacht sind, unerwünschte Lebewesen – so genanntes Unkraut oder Ungeziefer – zu töten. Auch für die nicht in der Landwirtschaft eingesetzten Gifte, die Gruppe der

Biozide, wurde eine EU-Richtlinie erlassen, nach deren Umsetzung in deutsches Recht seit 2002 auch Biozide vor ihrem Einsatz gesetzlich zugelassen werden müssen.

Für alle anderen Chemikalien – die Industriechemikalien – wurden bisher nur Regulierungen für bestimmte Einzelfälle erlassen. So gibt es z.B. Einschränkungen zur Nutzung verschiedener gefährlicher Substanzen in Elektrik- und Elektronikartikeln (RiLi COM (2000) 347/2), Regulierungen zu Kosmetikprodukten (RiLi 1976/768/EEC) sowie zur Sicherheit von Spielzeug (RiLi 1988/378/EEC). Meist werden Regeln zur Reduzierung bestimmter Gefahren erst dann erlassen, wenn in der Umwelt oder im Bereich der menschlichen Gesundheit Probleme auftreten, denen man meint, mit Nutzungseinschränkungen begegnen zu müssen. Die Beweispflicht dafür liegt beim Geschädigten bzw. stellvertretend bei den Behörden, von denen ein lückenloser Nachweis für den Zusammenhang zwischen der Substanz und dem Schaden erwartet werden, ehe man von Industrie eine Beschränkung zustimmt.

Ein erster grundsätzlicher Ansatz dieses Problem in den Griff zu bekommen, erfolgte im Rahmen der Verhandlungen um die Europäischen Meereschutzkonventionen, insbesondere derjenigen zum Schutz der Meeresumwelt des Nord-Ost-Atlantiks (OSPAR). Die Umweltminister der Anrainerstaaten des Nord-Ost-Atlantiks einschließlich eines Vertreters der Europäischen Kommission verabschiedeten 1998 das so genannte „Generationsziel“, nämlich die Beendigung der Emissionen, Einleitungen und Verluste von gefährlichen Substanzen in die Meeresumwelt bis zum Jahr 2020. Als gefährliche Substanzen wurden damals erstmalig insbesondere die persistenten, bioakkumulativen und hormonell wirksamen Stoffe identifiziert. Dieses – durch die Vielzahl an potentiellen Kandidaten sehr ambitionierte – Ziel führte letztendlich zu dem vorsorglichen Ansatz, auf dem heute der vorliegende Entwurf zur Reform der EU-Chemikalienpolitik basiert.

Im Jahr 1981 trat ein Chemikaliengesetz in Kraft, das erstmals eine verbindliche Prüfung der Chemikalien auf Umwelt- und Gesundheitsgefahren vor ihrer Vermarktung vorschreibt. Alle 106.000 Chemikalien, die vor diesem Datum auf den europäischen Markt gebracht wurden, haben vorher keinerlei Risikobewertung durchlaufen. Erst 1993 wurde die EU-Altstoffverordnung verabschiedet, die den Schutz von Mensch und Umwelt vor Risiken durch diese chemischen Stoffe nachträglich gewährleisten soll. Hierfür werden in einem langwierigen Verfahren alle Substanzen nachuntersucht und entweder für die freie Nutzung freigegeben oder mit bestimmten Beschränkungen versehen. 2005 lagen allerdings lediglich für 300 der Altstoffe abgeschlossene EU-Risikobewertungen vor – eine Voraussetzung für gesetzgeberische Maßnahmen. Das System ist demnach nicht geeignet, einen angemessenen Schutz von Mensch und Umwelt vor gefährlichen Chemikalien zu gewährleisten, denn über zehn Jahre nach Einführung des Systems fehlen noch immer grundlegende Informationen über die Gefahren und die Verwendung der meisten vermarkteten Chemikalien.

Am 17. Mai 2004 wurde mit dem Inkrafttreten der Stockholm-Konvention der Vereinten Nationen (der so genannten UN-POP-Konvention) ein Meilenstein in der Regelung gefährlicher Chemikalien erreicht: die erste internationale Vereinbarung zum Verbot oder zur restriktiven Einschränkung von zwölf global auftretenden Dauergiften, den so genannten „Persistent Organic Pollutants“ (POP = langlebige organische Schadstoffe). Die Politik brauchte fast ein halbes Jahrhundert, um auf die globale Gefährdung angemessen zu reagieren, und ohne das zähe Bemühen zahlreicher Umweltschutzverbände wäre diese wichtige Vereinbarung wahrscheinlich nicht in dieser Form zustande gekommen. Die Verbände bemühen sich auch um eine Erweiterung der Substanzen der Konvention, z.B. um Hexachlorcyclohexan (HCH) und Pentabromdiphenylether (PBDE).

Die zwölf Chemikalien der UN-POP-Konvention	
Pestizide	Aldrin, Chlordan, Dieldrin, DDT, Endrin, Heptachlor, Hexachlorbenzol (HCB), Mirex, Toxaphen
Chemikalien	Polychlorierte Biphenyle (PCB) Hexachlorbenzol (HCB)
Unerwünschte Nebenprodukte	Dioxine und Furane

Parallel dazu kamen in Europa im April 1998 Umweltminister aus mehreren Mitgliedsstaaten zusammen, um ihrer Besorgnis über die europäische Chemikalienpolitik Ausdruck zu verleihen. Aus der Forderung des Umweltrats für einen neuen Ansatz zur besseren Regulierung der vielen auf dem EU-Markt im Verkehr befindlichen Substanzen wurde schließlich im Februar 2001 von der EU-Kommission das Chemikalien-Weißbuch („Strategie für eine zukünftige Chemikalienpolitik“) vorgelegt, das noch im selben Jahr bei EU-Ministerrat und -Parlament mit einigen ergänzenden Vorschlägen Unterstützung fand. Der von der Kommission überarbeitete Text wurde dann zur Kommentierung für alle Interessensvertreter ins Internet gestellt (Mai bis Juli 2003), was durch eine beispiellos aggressive Lobbyarbeit der Chemieindustrie mit völlig übertriebenen Kostenargumenten schließlich zu einer starken Verwässerung des an sich guten Ansatzes führte. Hierdurch wurde erreicht, dass der erste – im Oktober 2003 vorgelegte – Gesetzesvorschlag für REACH in seiner vorliegenden Form keinen ausreichenden Umwelt- und Gesundheitsschutz mehr gewährleisten kann, wenn er nicht in wesentlichen Punkten verbessert wird.

REACH – die neue EU-Chemikalien-Gesetzgebung

Die neue EU-Chemikaliengesetzgebung REACH (Registrierung, Evaluierung und Autorisierung von Chemikalien) ist die bisher weitreichendste und bedeutendste Reform zum Umwelt- und Gesundheitsschutz in Europa. Ein zentraler Bestandteil des neuen Systems ist die Verpflichtung für alle Firmen, bei Herstellung, Import und Verwendung von Chemikalien weder der Gesundheit noch der Umwelt Schaden zuzufügen. Bisher waren die Behörden dafür zuständig, die Gefährlichkeit einer Chemikalie nachzuweisen, um für

diese eine Marktbeschränkung zu erlangen. Mit der neuen Verordnung ist es nun Aufgabe der Unternehmen, die Sicherheit der Chemikalien vor deren Vermarktung darzulegen. Der Hersteller wird verpflichtet, die möglichen Risiken über die gesamte Wertschöpfungskette (Nutzung) bis zum Abfall einzubeziehen. Außerdem enthält REACH ein neues Instrument, um die Verwendung der gefährlichsten Stoffe einzuschränken. In Zukunft wird für den Gebrauch von Stoffen mit sehr hohem Gefahrenpotenzial eine Zulassung benötigt. Ohne Zulassung ist die Anwendung automatisch verboten. Bislang konnten solche Verbote nur fallspezifisch ausgesprochen werden und auch nur dann, wenn die Behörden ein relevantes Risiko nachweisen konnten.

Registrierung: Hersteller und Importeure von Chemikalien werden verpflichtet, die wichtigsten Informationen über ihre Stoffe in einem Registrierungsdossier zu sammeln, das an eine zentrale Chemieagentur übermittelt wird. Welche Daten enthalten sein müssen, ist abhängig von der hergestellten bzw. importierten Menge und den gefährlichen Eigenschaften. Zu den Daten gehören neben den inhärenten Eigenschaften der Stoffe und den Toxizitätstests auch Daten über die Nutzung der Substanzen über ihren gesamten Lebensweg. Diese Informationen werden in der Lieferkette weitergereicht. REACH wird sich dabei nur mit den etwa 30.000 Stoffen befassen, die in Mengen von mehr als einer Tonne pro Jahr hergestellt oder importiert werden. Die Einführung des neuen Systems wird schrittweise erfolgen: Stoffe werden prioritär behandelt, wenn sie in sehr großen Mengen hergestellt werden und wenn ihr karzinogenes, mutagenes oder die Fortpflanzung schädigendes Potenzial bereits bekannt ist. Spätestens elf Jahre nach

Inkrafttreten sollen alle Stoffe registriert sein. Eine Nichteinhaltung der vorgegebenen Fristen führt zum Vermarktungsverbot.

Evaluierung (=Bewertung): Die Registrierungs-dossiers werden auf Vollständigkeit und Korrektheit überprüft und Schlussfolgerungen aus den eingereichten Daten gezogen. Diese Prüfung kann entweder zu einem Verbot oder einer Risikominimierungsaufgabe führen oder auch keine weiteren Maßnahmen zur Folge haben – je nach Gefährdungsabschätzung.

Autorisierung (=Zulassung): Besonders Besorgnis erregende Chemikalien müssen einem Zulassungsverfahren unterzogen werden, wenn der Hersteller trotz der möglichen Gefahren eine weitere Verwendung wünscht und diese beantragt. Eine Chemikalie wird als besonders Besorgnis erregend eingestuft, wenn sie Krebs oder Erbschäden verursacht sowie die Fortpflanzung beeinträchtigt. Auch Stoffe, die in der Umwelt nicht abgebaut werden und sich stark in Mensch und Tier anreichern, unterliegen der Zulassung. Eine Öffnungsklausel dient der Einbeziehung weiterer Stoffe wie der hormonell wirksamen Substanzen.

Zur Zeit wird der Gesetzesentwurf im EU-Parlament beraten, das im Oktober 2005 in seiner ersten Lesung darüber entscheiden wird. Der Europäische Ministerrat, der sich aus den Regierungen der Mitgliedsstaaten zusammensetzt, wird dazu seine Änderungsvorschläge erarbeiten, die in eine Überarbeitung des Textes durch die EU-Kommission einfließen. Danach folgt die jeweils zweite Beratung von Parlament und Rat, die das Gesetz gemeinsam verabschieden müssen – vermutlich Ende 2006.

Die wesentlichen Änderungsvorschläge der Nicht-Regierungs-Organisationen

Der aktuelle REACH-Entwurf weist ungeachtet des grundsätzlich positiven Ansatzes inakzeptable Defizite auf, die sich insbesondere durch die starke Einflussnahme der Industrie im Rahmen der Internetkonsultation ergeben haben: Für

Chemikalien unter einer Tonne pro Jahr wird es überhaupt keine Informationen geben, besonders für den Arbeitsschutz ist das nicht akzeptabel. Die zu liefernden Daten für Chemikalien, die zwischen 1–10 Jahrestonnen je Hersteller produziert werden, reicht nicht aus, um geeignete Schutzmaßnahmen ableiten zu können. Chemikalien in Konsumprodukten sind von effektiven Kontrollen ausgenommen. Stoffe mit besonders gefährlichen Eigenschaften dürfen weiterhin verkauft werden, wenn die Unternehmen das Risiko „angemessen kontrollieren“ – selbst dann, wenn sicherere Alternativen zu einem vergleichbaren Preis vorhanden sind. Dieses ist genau der Ansatz, der schon in der Vergangenheit nicht funktioniert hat. Überzogene Geheimhaltungsforderungen der Chemieindustrie verhindern einen angemessenen öffentlichen Zugang zu Informationen über die Sicherheit von Produkten. Hieraus ergeben sich Änderungsvorschläge für den Gesetzesentwurf, die vom BUND und seiner europäischen Vertretung Friends of the Earth, zusammen mit dem Europäischen Umweltbüro, Greenpeace, WWF sowie den europäischen Organisationen für Gesundheit (EEN) und Frauen (WECF) erarbeitet wurden. Die fünf Hauptforderungen der Verbände befinden sich auf Seite 5.

REACH gilt nicht für die 70.000 Chemikalien, die unter einer Tonne jährlich produziert oder importiert werden. Um diese Sicherheitslücke zu füllen, wird eine gesetzlich bindende **allgemeine Sorgfaltspflicht** für alle Chemikalienhersteller und -nutzer benötigt, die diese dazu verpflichtet, für die Sicherheit ihrer Produkte verantwortlich zu sein. Unter REACH ist es Sache der Hersteller, Importeure und Chemikalienanwender, sicherzustellen, dass die Produkte, die sie herstellen, vermarkten, importieren oder nutzen, weder der Gesundheit noch der Umwelt schaden. Diese Vorschrift wird untermauert durch das Vorsorgeprinzip: Bei der Auswahl der produzierten oder benutzten Chemikalien sollen Hersteller und nachgeschaltete Anwender die sicherste zur Verfügung stehende Alternative wählen.

Die Priorisierung der **zu registrierenden Substanzen** nach produzierter oder importierter Tonnage (wie im Kommissionsvorschlag) ist eine gut umsetzbare und rechtlich sichere Maßnahme und daher der beste Vorschlag, um die Vielzahl der Chemikalien der Registrierung zuzuführen, in Verbindung mit der Priorisierung bestimmter gefährlicher Eigenschaften. Hier müssen alle besonders Besorgnis erregenden Substanzen, d. h. auch die PBT und vPvB-Substanzen (und nicht nur die CMR-Stoffe wie im Vorschlag der Kommission), erste Priorität bekommen. Der Vorschlag einiger Industrievertreter, die Priorisierung angeblich „risiko-basiert“ vorzunehmen, ist undurchführbar, da ohne ausreichende Sicherheitsinformationen nicht priorisiert werden kann und diese erst im Rahmen der Registrierung generiert werden.

Die erforderlichen **Informationen für ein Produktionsvolumen von 1–10 Tonnen jährlich** reicht nicht zur Identifizierung der besonders Besorgnis erregenden Substanzen. REACH darf das bisherige Schutzniveau mit dem System der **Einstufung und Kennzeichnung gefährlicher Chemikalien** nicht verschlechtern. Drei tierversuchsfreie Sicherheitstests müssen wieder aufgenommen werden: Der *in vitro* Zelltoxizitätstest an Säugetierzellen (um karzinogene und mutagene Eigenschaften zu ermitteln), der Test zur Hemmung des Algenwachstums (für chronische Toxizität bei Wasserlebewesen) sowie ein Test zur biologischen Abbaubarkeit. Auch muss ein Stoffsicherheitsbericht verpflichtend sein, damit Kunden sich der Gefahren und Expositionen gewahr werden und Bedingungen für eine sichere Nutzung an die nachgeschalteten Anwender weitergeben können.

Der momentane REACH-Vorschlag zur Registrierung von **Stoffen in Konsumerzeugnissen** sichert keinen hohen Schutz von Verbrauchern und Umwelt. Der Schwellenwert zur Registrierungspflicht von Chemikalien in importierten Erzeugnissen muss pro Importeur statt pro Artikeltyp gelten. Die Anforderung an die Importeure,

die Wahrscheinlichkeit der Freisetzung und die vermutliche Toxizität der Substanz zu benennen, muss entfernt werden, damit der Importeur seinen Zulieferer anhält, nur unter REACH registrierte Chemikalien zu verwenden.

Im Moment berücksichtigt REACH die **speziellen Empfindlichkeiten von Kindern** nicht ausreichend und schließt Expositionen in verschiedenen Entwicklungsstadien nicht ein. Ein angemessener Schutz von Kindern muss jedoch sichergestellt werden, um schädliche Effekte auf Verhalten, Lernvermögen, motorische Fähigkeiten, das Immunsystem und die spätere Fruchtbarkeit auszuschließen. Auch wenn Chemikalien bei Erwachsenen und Kindern die gleichen Effekte hervorrufen, kann dieses doch bei verschiedenen Belastungshöhen geschehen. Außerdem können Substanzen zu Effekten führen, die nur für Kinder gelten und die mit schädlichen Effekten auf die Entwicklung von Organen und Organsystemen in Verbindung stehen. Insbesondere Veränderungen, die von einer Exposition während der Entwicklung herrühren und sich erst im späteren Leben manifestieren, können so leicht unentdeckt bleiben.

Die für die Bewertung eingereichten Daten müssen stichpunktartig überprüft werden, um eine generell hohe Qualität zu sichern. Auch müssen die Mitgliedsstaaten eine jährliche Mindestzahl der von der Industrie eingereichten Sicherheitsdaten selber bewerten.

Das Zulassungsverfahren muss so gestaltet werden, dass es Innovationen und die Suche nach sichereren Alternativen fördert. Die besonders Besorgnis erregenden Chemikalien dürfen nur dann eine Zulassung bekommen, wenn keine sicherere Alternative verfügbar ist, der gesellschaftliche Nutzen die Gefahren für Umwelt und menschliche Gesundheit überwiegt und Emissionen und Verluste an die Umwelt auf einem Minimum gehalten werden. Im Moment kann dagegen eine Zulassung erteilt werden, wenn die Industrie nachweisen kann, dass sie den Stoff „angemessen kontrolliert“, dass der gesellschaft-

liche Nutzen das Risiko überwiegt oder dass noch keine sichereren Alternativen verfügbar sind. Wenn eine Zulassung erteilt wird, sollte sie immer zeitlich befristet sein und eine Überprüfungsklausel beinhalten. Die Möglichkeit zur Erweiterung der Liste zulassungspflichtiger Substanzen für „Chemikalien, die gleichen Grund zur Besorgnis geben“ muss erleichtert werden, da in der momentanen REACH-Fassung zunächst ernste und unwiderrufliche Schäden für Menschen oder Umwelt bewiesen werden müssen, was lange Zeit in Anspruch nehmen kann (wenn überhaupt jemals zweifelsfrei möglich) und damit dem Vorsorgeprinzip widerspricht.

Es muss sichergestellt sein, dass jeder Mensch Informationszugang zu den Chemikalien hat, mit denen er umgeht oder die er kauft. Informationen über Substanzen in Konsumerzeugnissen sollten allen gewerblichen Nutzern, Händlern und Konsumenten zur Verfügung stehen. Erzeugnisse, die zulassungspflichtige Chemikalien von besonderer Besorgnis enthalten, sollten gekennzeichnet werden, um alle nachgeschalteten Anwender zu informieren und zu befähigen, Alternativen zu finden. Das Verfahren, um an Informationen zu gelangen, die bei den Behörden vorliegen, ist extrem schwerfällig und räumt der Industrie erhebliche Rechte ein, Informationen zurückzuhalten. Hier muss das öffentliche Interesse am Datenzugang stärkere Berücksichtigung finden. Die Liste der stets zugänglichen Informationen muss erweitert werden um das vollständige Registrierungsdossier, den Stoffsicherheitsbericht, Informationen zum Herstellungs- und Importvolumen und den Namen des Registrierenden. Alle Daten zu Toxizität, Lebensweg, Exposition, Nutzungskategorien und Risikobewertung müssen öffentlich zugänglich sein. Die Liste der geheim zu haltenden Informationen sollte keine Daten enthalten, die für den Umwelt- und Gesundheitsschutz von Bedeutung sind. Einer Entscheidung zur Zurückhaltung dieser Informationen sollte eine Überprüfung des öffentlichen Interesses an den Daten vorhergehen.

DecaBDE als Fallstudie zur Notwendigkeit der Chemiereform

Die Besorgnisse über DecaBDE (Deca-Bromdiphenylether) haben dazu geführt, dass es im laufenden Altstoffprogramm priorisiert und über viele Jahre von Experten der Mitgliedsstaaten untersucht wurde. Im Rahmen dieses Systems müssen die Behörden der Mitgliedsstaaten alle Daten über diesen Stoff, dessen Nutzung sowie die Verfügbarkeit von Alternativen ermitteln, bevor Beschlüsse über Marktbeschränkungen erlassen werden können. Die bisherigen Ergebnisse lauten, dass die Anreicherung in Tier und Mensch in Verbindung mit den momentanen Erkenntnissen zu seiner Toxizität nicht ausreichen, um Kontrollen aufzuerlegen (Kapitel 4.1). Wenn die Nutzung eingeschränkt würde, wäre es für die Behörden sehr schwer zu ermitteln, ob für alle Anwendungen sicherere Alternativen zur Verfügung ständen.

Obwohl DecaBDE Tiere und Menschen selbst in Gegenden abseits der Zivilisation belastet, erfüllt es dennoch nicht vollständig die Kriterien für sehr persistente und sehr bioakkumulative (vPvB) Substanzen. Es könnte daher im Rahmen von REACH nur über den möglichen Weg der „Stoffe von ähnlicher Besorgnis“ in das Zulassungsverfahren Eingang finden, wobei es aber zweifelhaft ist, ob die momentane Anforderung, dass man „ernsten und unwiderruflichen Schaden“ nachweisen muss, in diesem Stadium erfüllt werden könnte. Die Bedingung für diesen Nachweis muss also unbedingt aus dem Gesetzestext entfernt werden, um über das Zulassungsverfahren einen effektiven Schutz gewährleisten zu können. Im momentanen System könnte die Industrie versuchen, eine Zulassung mit dem Argument zu bekommen, sie hätte das Risiko durch die Chemikalie „angemessen unter Kontrolle“, und die Behörden müsste ihr eine Zulassung gewähren, selbst wenn Alternativen existieren.

7. Literatur

- Baars A.J., Theelen R.M.C., Janssen P.J.C.M., Hesse J.M., van Apeldoorn M.E., Meijerink M.C.M., Verdam L., Zeilmaker M.J., 2001. Re-evaluation of human toxicological Maximum Permissible Risk levels. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. RIVM report 711701025.
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2003. Dioxinähnliche PCB in der Umwelt – Quellen, Verbleib, Exposition und gesundheitliche Bewertung. Fachtagung 13./14.01.2003.
- Benkwitz, F. H., Grossert, P., Neske & Seeber, B., 2002. Persistente chlororganische Schadstoffe und Moschus-Verbindungen in Muttermilch gehen zurück. Umweltmedizinischer Informationsdienst, 4, 18–20.
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung), 2003. Tägliche Aufnahme von Diethylhexylphthalat (DEHP). Stellungnahme des BfR vom 23. Juli 2003, unter http://www.bfr.bund.de/cm/208/taegliche_aufnahme_von_diet_hylhexylphthalat.pdf.
- BgVV (Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin), 1999. Pestizid-Rückstände in Babynahrung. Vortrag, gehalten auf dem BgVV Kolloquium „Aspekte der Lebensmittelsicherheit“ im Oktober 1999: unter <http://www.bgvv.de/lebensmittel/sauglingsnaehrung.htm>.
- BgVV, 2000. Trends der Rückstandsgehalte in Frauenmilch der Bundesrepublik Deutschland – Aufbau der Frauenmilch- und Dioxin-Humandatenbank am BgVV: PDF-Dokument unter www.bgvv.de.
- BgVV, 2001. Expertenrunde der Weltgesundheitsorganisation diskutiert gesundheitliche Bewertung von PCBs. Gemeinsame Presseerklärung mit dem Umweltbundesamt vom 11. September 2001.
- BgVV, 2002. Tätigkeitsbericht 2000/2001, Fachbereich 8 Chemikalienbewertung, S. 22–23.
- Binder, M. & Obenland, H., 2004. Literaturstudie zum Vorkommen und zur Expositions- und Risikoabschätzung von Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) im Innenraum, Institut für Angewandte Umweltforschung und ARGUK-Umweltlabor GmbH, Oberursel.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), 2002. 4th Report of the Government/ Länder Working Group on Dioxins: unter <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-e/daten-e/dioxins.htm>.
- Bruns-Weller, E. & Pfordt, J., 1999. Die Phthalsäureester als eine Gruppe von Umweltchemikalien mit endokrinem Potenzial – Bericht über eine Auswertung der wissenschaftlichen Literatur sowie Messungen der Belastung von Lebensmitteln, Textilien und Hausstaub mit Phthalsäureestern. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), Hannover.
- Burreau, S. & Broman, D., 1998. Uptake of PBDPEs in pike (*Esox lucius*) from food. *Organohalogen Com.* 39: 39–42.
- CPSC, 2001. Report to the U.S. Consumer Product Safety Commission by the Chronic Hazard Advisory Panel on Diisononyl Phthalate (DINP), June 2001. U.S. Consumer Product Safety Commission, Directorate for Health Sciences, Bethesda, MD 20814.
- CSTEE (Scientific Committee on toxicity, ecotoxicity and the environment), 1998. Opinion on Phthalate migration from soft PVC toys and child-care articles – Data made available since the 16th of June 1998, opinion expressed at the 6th CSTEE plenary meeting, Brussels, 26/27 November 1998: PDF-Dokument unter http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/committees/sct/docsthtml/sct_out19_en.htm.
- CSTEE, 2004. Opinion on the results of a second Risk Assessment of: Bis(2-ethylhexyl)phthalate [DEHP] Human Health Part, 41th plenary meeting of 8 January 2004.
- Darnerud, P., Atuma, S., Aune, M., Cnattingius, S., Wernroth, M.-L. & Wicklund-Glynn, A., 1998. PBDPEs in breast milk from primiparous women in Uppsala county, Sweden. *Dioxin 98, Organohalogen compounds* 35, Stockholm.
- de Wit, C., Alaei, M. & Muir, D., 2004. Brominated flame retardants in the Arctic – an overview of spatial and temporal trends. *Organohalogen Compounds*, 66, 3811–3816.
- DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), 1998. Lebensmittel und Gesundheit, Senatskommission zur Beurteilung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln. Mitteilungen 3, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim.
- Eisenhardt, S., Runnebaum, B., Bauer, K. & Gerhard, I., 2001. Nitromusk compounds in women with gynecological and endocrine dysfunction. *Environmental Research*, 87 (3), 123–130.
- Eriksson, P., Jakobsson, E. & Fredriksson, A., 1998. Developmental neurotoxicity of brominated flame retardants, polybrominated diphenylethers and tetrabromobisphenol A. *Organohalogen Comp.* 35, 375–377.
- Eschke, H.-D., Dibowski, H.-J. & Traud, J., 1995. Nachweis und Quantifizierung von polyzyklischen Moschusduftstoffen mittels Ion-Trap GC/MS/MS im Humanfett und Muttermilch. *Deutsche Lebensmittelrundscha.* 91, 375–379.
- EU, 2003. Directives 76/769 Anhang I, 67/548 Anhang I, 88/379. Österreichische Chemikalienverbotsverordnung 2003/477 Teil II.
- EU RAR Musk Ketone, 2001. Draft EU Risk Assessment Report for Musk Ketone. CAS-No.: 81-14-1. EINECS-No. 201-328-9.
- EU RAR Musk Xylene, 2001. Draft EU Risk Assessment Report for Musk Xylene. CAS-No.: 81-15-2. EINECS-No. 201-329-4.
- EU RAR DEHP, 2000. Draft Risk Assessment Report für Diethylhexylphthalat nach der Verordnung des Rates der Europäischen Union 793/93.
- Europäische Kommission, 2001. Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament und den Wirtschafts- und Sozialausschuss. Strategie der Gemeinschaft für Dioxine, Furane und polychlorierte Biphenyle (2001/C322/02), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 17.11.2001, C322.
- Europäische Kommission, 2001a. Weißbuch – Strategie für eine zukünftige Chemikalienpolitik. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel: unter http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/pdf/0188_de.pdf
- Europäische Union, 2001. EU: Dioxin in Futtermitteln und Lebensmitteln – Die Fakten, Brüssel, 20. Juli 2001.
- European Commission, 2000. Report on tasks for scientific cooperation. Report of experts participating in task 3.2.5.: Assessment of dietary intake of dioxins and related PCB by the population of EU member states. Health and Consumer Protection Directorate-General.
- European Commission, 2000a. Towards the establishment of a priority list of substances for further evaluation of their role in endocrine disruption. Final report, Delft, June 2000.
- Fromme, H., Lahrz, T., Piloty, M., Gebhart, H., Oddoy, A. & Ruden, H., 2004. Occurrence of phthalates and musk fragrances in indoor air and dust from apartments and kindergartens in Berlin (Germany). *Indoor Air* 14(3), 188–95.
- Fürst, P., 2001. Organochlorine pesticides, dioxins, PCB and polybrominated biphenylethers in human milk from Germany in the course of time, *Organohalogen Compounds*, 52, Gyeongju, Korea, 185–188.

- Gies, A., Gottschalk, C., Greiner, P., Heger, W., Kolossa, M., Rechenberg, B., Rosskamp, E., Schroeter-Kermani, C., Steinhäuser, K. & Throl, C., 2001. Nachhaltigkeit und Vorsorge bei der Risikobewertung und beim Risikomanagement von Chemikalien. Teil II: Umweltchemikalien, die auf das Hormonsystem wirken. Umweltbundesamt.
- Gies, A., Neumeier, G., Rappolder, M. & Konietzka, R., 2004. Risk assessment of Dioxins and Dioxin-like PCBs in Food – Comment by the German Federal Environmental Agency. Organohalogen Compounds, 66, 3466-3471.
- Gruber L., Wolz, G. & Piring, O., 1998. Untersuchung von Phthalaten in Baby-Nahrung. Deutsche Lebensmittelrundschau 94: 177-179.
- HBM-Kommission (Human-Biomonitoring-Kommission), 2000. Referenzwerte für HCB, β -HCH, DDT und PCB in Frauenmilch. Bundesgesundheitsblätter – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 42, 533-539.
- HBM-Kommission, 2003. Neue Referenzwerte für PCB-138, -153, -180 sowie für HCB, β -HCH und DDE im Vollblut. Umweltmedizinischer Informationsdienst, 1, 8-11.
- IPCS (International Programme on Chemical Safety), 1994. Brominated Diphenylethers. Environmental Health Criteria, No. 162. WHO, Geneva.
- IRIS, 2004. Integrated Risk Information System. Summary of Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP); oral RfD assessment dated May 1991. US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.
- IRK (Innenraumkommission/AGLMB), 1996. Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 1996, 39, 422-426.
- Jacobson, J.L. & Jacobson, S.W., 1996. Intellectual impairment in children exposed to polychlorinated biphenyls in utero. The New England Journal of Medicine 335 (11), 783-789.
- Jacobson, S.W., Fein, G.G., Jacobson, J.L., Schwartz, P.M. & Dowler, J.K., 1985. The effect of intrauterine PCB exposure on visual recognition memory. Child Development 56, 853-860.
- JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), 2001. Unter <http://www.who.int/ipcs/publications/jecfa/en>.
- Jensen, A.A. & Slorach, S. A., 1991. Chemical contaminants in human milk. CRC Press, Florida.
- Kierkegaard, A., Balk, L., Tjälund, U., de Wit C. et al., 1997. Uptake of Decabromo- Diphenylether in the rainbow trout, via administered in the diet. Presented at SETAC meeting, 16.-20. November 1997.
- Koch, H. M., Drexler, H. & Angerer, J., 2003. Die innere Belastung der Allgemeinbevölkerung mit Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP). Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 8 (1), 15-23.
- Koch, H. M., Drexler, H. & Angerer, J., 2003a. Internal exposure of nursery-school children and their parents and teachers to di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP). Int. J. Hyg. Environ. Health, 206, 1-8.
- Körner, W. & Kerst, M., 2003. Dioxinähnliche PCB in belasteter Innenraumluft. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Dioxinähnliche PCB in der Umwelt – Quellen, Verbleib, Exposition und gesundheitliche Bewertung. Fachtagung 13./14.01.2003, 43-44.
- Körner, W., 2003. Dioxine, PCB und dioxinähnliche PCB – alter Wein in neuen Schläuchen? Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Dioxinähnliche PCB in der Umwelt – Quellen, Verbleib, Exposition und gesundheitliche Bewertung. Fachtagung 13./14.01.2003, 3-6.
- Landrigan, P.J., Carlson, J.E., Bearer, C.F., Cranmer, J.S., Bullard, R.D., Etzel, R.A., Groopman, J., McLachlan, J.A., Perera, F.P., Reigart, J.R., Robison, L., Schell, L. & Suk, W.A., 1999. Gesundheit von Kindern und Umwelt : Eine neue Agenda für präventive Forschung. Umwelt-Medizin-Gesellschaft, 12 (2), 105-116.
- Lang, E. P., Prickett, C.S. & Kunze, F.M., 1950. Survey analysis of human milk and fat for DDT content. Fed. Proc. 9, 294.
- Luckenbach, T. & Epel, D., 2005. Nitromusc and polycyclic musk compounds as long-term inhibitors of cellular xenobiotic defense systems mediated by multidrug transporters, Environm. Health Persp. 113, 17-24.
- Lundén, Å. & K. Norén, 1998. Polychlorinated Naphthalenes and other Organochlorine contaminants in Swedish human milk, 1972-1992. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 34, 414-423.
- Lyons, G., 1999. Chemical Trespass: A toxic legacy, A WWF-UK Toxics Programm Report.
- Malisch, R., van Leeuwen, F.X.R., 2003. Results of the WHO-coordinated study on the levels of PCBs, PCDDs and PCDFs in human milk. Organohalogen Compd. 64, 136-140.
- Mathar, W., 2003. Regulierung der PCB in Deutschland im Kontext der EU. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Dioxinähnliche PCB in der Umwelt – Quellen, Verbleib, Exposition und gesundheitliche Bewertung. Fachtagung 13./14.01.2003, 7-9.
- McPherson & Blake, 2004. Brominated Flame Retardants in Dusts on Computers: The case for safer chemicals and better computer design, 43 pp., Clean Production Action.
- Meek M.E., Chan P.K.L., 1994. Bis(2-ethylhexyl)phthalate: evaluation of risks to health from environmental exposure in Canada. Journal of Environmental Science and Health Part C 12, 179-194.
- Meironyte, D., Bergman, A. & Norén, K., 1998. Analysis of polybrominated diphenyl ethers in human milk, Dioxin 98, Organo-halogen compounds 35, 387-390.
- Meironyte, D., Norén, K. & Bergman, A., 1999. Analysis of polybrominated diphenyl ethers in Swedish human milk. A time-related trend study, 1972-1997. J. Toxicol. Environ. Health 58 (6), 329-341.
- Mersch-Sundermann, V., Hanf, V., Leitzmann, C., Helbich, H.-M., Lilienthal, H. & Böse-O'Reilly, S., 2000. Fremdstoffe in der Frauenmilch – eine Bewertung. Umwelt-Medizin-Gesellschaft, 13 (4), 319-330.
- National Academy of Science, 1993. Pesticides in the diets of infants and children. Washington, National Academy Press.
- Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2003. Das Muttermilch-Untersuchungsprogramm des Landes Niedersachsen – Auswertungen des Jahres 2002, Hannover, 22 S.
- Norén, K. & Meironyte, D., 1998. Contaminants in Swedish human milk. Decreasing levels of organochlorine and increasing levels of organobromine compounds. Organohalogen Comp. 38, 1-4.
- Olin, S. S., 1998. Research needs: recommendations of an ILSI Working Group on age-related differences in susceptibility. Food Additives and Contaminants, Vol. 15, S. 53-54.
- Ott, M., Failing, K., Lang, U., Schüring, Ch., Gent, H.-J., Georgii, S. & Brunn, H., 1999. Contamination of human milk in middle Hesse, Germany – A cross-section study on the changing levels of chlorinated pesticides, PCB congeners and recent levels of nitro musk. Chemosphere, Vol. 38, No. 1, 13-32.
- PAN (Pesticide Action Network), 2001. Residue Study. In: From Law to Field – Pesticide Use Reduction in Agriculture – From Pesticide Analyses to Action. Pestizid Aktions-Netzwerk e.V.
- Patandin, S., Dagnelie, P.C., Mulder, P.G.H., Op de Coul, E., Van der Veen, J.E., Weisglas Kuperus, N. & Sauer, P.J.J., 1999. Dietary exposure to polychlorinated biphenyls and dioxin from infancy until adulthood: A comparison between breast-feeding, toddler, and long-term exposure. Environ. Health Perspect. 107 (1), 45-51.

- Poon R, Lecavalier P, Mueller R, Valli VE, Procter BG, Chu I, 1997. Subchronic oral toxicity of di-n-octyl phthalate and di(2-ethylhexyl)phthalate in the rat. *Food and Chemical Toxicology* 35(2), 225-239.
- Rimkus, G. & Wolf, M., 1993. Nachweis von Nitromoschusverbindungen in Frauenmilch und Humanfett. *Deutsche Lebensmittelrundschaу*, 89, 103-107.
- Rimkus, G., Rimkus, B. & Wolf, M., 1994. Nitro musks in human adipose tissue and breast milk. *Chemosphere* 28 (2), 421-432.
- SCF (Scientific Committee on Food), 2000. Opinion of the scientific committee on food on the risk assessment of Dioxins and Dioxin-like PCBs in food. Adoption of the SCF opinion of 22nd November 2000. SCF/CS/CNTM/DIOXIN/8 Final, 23 November 2000, European Commission, Brussels.
- SCF, 2001. Opinion of the scientific committee on food on the risk assessment of Dioxins and Dioxin-like PCBs in food. Update based on new scientific information available since the adoption of the SCF opinion of 22nd November 2000. European Commission, Brussels.
- Schmid, K., Lederer, P., Gren, T., Schaller, K.H., Strebl, H., Weber, A., Angerer, J. & Lehnert, G., 1997. Internal exposure to hazardous substances of persons from various continents: investigation on exposure to different organochlorine compounds. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 69 (6), 399-406.
- Schoeters, G. & Birnbaum, L., 2004. Mode of action of dioxin-like versus non-dioxin-like PCBs. *Organohalogen Compounds*, 66, 3634-3638.
- Schrenk, D., 2003. Toxikologie der dioxinähnlichen und nicht-dioxinähnlich wirkenden PCBs. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Dioxinähnliche PCB in der Umwelt – Quellen, Verbleib, Exposition und gesundheitliche Bewertung. Fachtagung 13./14.01.2003, 37-38.
- Schrenk, D., 2004. Carcinogenic/tumor promotion by NDL PCB. *Organohalogen Compounds*, 66, 3619-3624.
- Schröter-Kermani, C., Helm, D., Herrmann, T. & Pöpke, O., 2000. The German environmental specimen bank-application in trend monitoring of polybrominated diphenyl ethers in human blood. *Organohalogen Compounds* 47, 49-52.
- Schwenk, M., 2003. Bewertung von Innenraumluftbelastungen durch polychlorierte Biphenyle. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.): Dioxinähnliche PCB in der Umwelt – Quellen, Verbleib, Exposition und gesundheitliche Bewertung. Fachtagung 13./14.01.2003, 41-42.
- Segura-Aguilar, J., Castro, V. & Bergman, A., 1997. Effects of four organohalogen environmental contaminants on cytochrome P450 forms that catalyze 4- and 2-hydroxylation of estradiol in rat liver. *Biochem. Mol. Med.* 60 (2), 149-154.
- Sellström, U., Kierkegaard, A., de Witt, C., Jansson, B., 1998. Photolytic debromination of decabromodiphenylether (DeBDE). *Organohalogen Comp.* 35, 447-450.
- She, J., Holden, A., Sharp, M., Tanner, M., Williams-Derry, C. & Hooper, K., 2004. Unusual pattern of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in US breast milk. *Organohalogen Compounds*, 66, 3945-3950.
- Stapleton H., Dodder, N., Schantz, M. & Wise, S., 2004. Measurement of the flame retardants Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) and Hexabromocyclododecane (HBCDD) in house dust. *Organohalogen Compounds*, 66, 3740-3744.
- Taylor, P.R., Stelma, J.M. & Lawrence, C.E., 1989. The relation of PCBs to birth weight and gestation age in the offspring of occupationally exposed mothers. *Am. J. Epidemiol.* 129, 395-406.
- UBA (Umweltbundesamt), 2001. Comments On The Opinion of the Scientific Committee on Food on the Risk Assessment of Dioxins and Dioxin-like PCB in Food. Update dated 30 May 2001 of the SCF Opinion of 22 November 2000. CS/CNTM/DIOXIN/20 final. 20 December 2001.
- UBA, 2002. Comments on the „Opinion of the Scientific Committee on Food on the Risk Assessment of Dioxins and Dioxin-like PCB in Food. Update dated 30 May 2001 of the SCF Opinion of 22 November 2000 CS/CNTM/DIOXIN/20 final“ by the German Federal Environmental Agency (UBA) from 20 December 2002.
- UBA, 2003. Leitfaden zur Anwendung umweltverträglicher Stoffe – Hinweise zur Substitution gefährlicher Stoffe, Teil 5.1: Funktion „Weichmacher“ (Alternativen zu DEHP). Letzte Aktualisierung, 15.04.2003.
- Vieth, B. 2002. Stillen und unerwünschte Fremdstoffe in Frauenmilch, Teil 1: Datenlage und Trends in Deutschland. *Umweltmedizinischer Informationsdienst*, 2, 20-23.
- Vieth, B. & Przyrembel, H., 2003. Stillen und unerwünschte Fremdstoffe in Frauenmilch, Teil 2: Geschätzte Aufnahmemengen des gestillten Säuglings und Stillempfehlungen. *Umweltmedizinischer Informationsdienst*, 1, 31-34.
- Vieth, B., Herrmann, T., Mielke, H., Ostermann, B., Pöpke, O. & Rüdiger, T., 2004. PBDE levels in human milk: The situation in Germany and potential influencing factors – A controlled study. *Organohalogen Compounds*, 66, 2643-2648.
- VJA (Verein für Umwelt- und Arbeitsschutz e.V.) & BUB (Bremer Umweltinstitut e. V.), 1999. PCB – begrenzter Nutzen, grenzenloser Schaden. 152 S.
- Weber, H. & Hesecker, H., 2004. Analysis of Polybrominated diphenyl ethers in breast milk of German mothers – results of a pilotstudy, *Fresenius Envir. Bull.*, 13, 356-360.
- WHO (World Health Organisation), European Centre for Environment and Health, 2000. Executive Summary, 1998, Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). *Food Additive Contaminants*, 17, 223-240.
- WHO, 2002. Global Assessment of the state-of-the-science of endocrine disruptors. International Programme on Chemical Safety. WHO/PCS/02.2.
- Wittsiepe, J., Fürst, P., Schrey, P., Lemm, F., Kraft, M., Eberwein, G., Winneke, G., Wilhelm, M., 2004. PCDD/F and dioxin-like PCB in human blood and milk from German mothers. *Organohalogen Compounds*, 66, 2865-2872.
- WWF, 2000. Gefahren für die menschliche Gesundheit durch hormonell wirksame Zusätze in Kunststoffprodukten – Flammschutzmittel, Weichmacher und Organozinnverbindungen. WWF Deutschland (Hrsg.), Frankfurt a. Main.
- WWF, 2002. Gefahren durch hormonell wirksame Pestizide und Biozide – Schadstoffe in Lebensmitteln, Garten und Haus. WWF Deutschland (Hrsg.), Frankfurt a. Main.
- WWF, 2004. Chemical Check Up – An analysis of chemicals in the blood of Members of the European Parliament. WWF DetoX Campaign, Brussels, Belgium.
- WWF, 2005. The tip of the iceberg, Chemical contamination of the Arctic. WWF DetoX Campaign, Brussels, Belgium.
- WWF-UK, 1999. Chemical Trespass: a toxic legacy. Executive summary. June 1999. A WWF-UK Report.
- WWF-UK, 2004. Contamination – The results of WWF's bio-monitoring survey November 2003. WWF-UK.
- WWF-UK, 2004a. Contamination: the next generation – Results of the family chemical contamination survey. WWF-UK.

Impressum

Herausgeber:

Bund für Umwelt und Naturschutz
Deutschland e.V. (BUND)
Am Köllnischen Park 1
10179 Berlin

Telefon: 030/2 75 86-40

Telefax: 030/2 75 86-440

E-Mail: info@bund.net
www.bundgegengift.de

Autorinnen: Patricia Cameron und
Susanne Smolka

Grafiken: Petra Nyenhuis

Produktion: Natur & Umwelt Verlags
GmbH, Berlin

ViSdP: Norbert Franck

Druck: Z.B.!, Köln

Juni 2005

Diese Studie wurde mit freundlicher
Unterstützung des WWF-International
erstellt.

Förderhinweis: Dieses Projekt wurde
finanziell vom Bundesumweltminis-
terium und vom Umweltbundesamt
gefördert. Die Förderer übernehmen
keine Gewähr für die Richtigkeit, die
Genauigkeit und Vollständigkeit unse-
rer Angaben sowie für die Beachtung
privater Rechte Dritter. Die geäußerten
Ansichten und Meinungen müssen
nicht mit denen der Förderer überein-
stimmen.