

BISPHENOL A

Massenchemikalie mit
unerwünschten Nebewirkungen



IMPRESSUM

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Pressestelle
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau

E-Mail:

pressestelle@uba.de

Internet:

www.umweltbundesamt.de
www.fuer-mensch-und-umwelt.de

Stand:

31. Mai 2010

Gestaltung:

Umweltbundesamt

Titelfoto:

Natalia Bratslavsky / Fotolia.de

Dieses Papier im Netz:

http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3782

INHALT

Einleitung	4
Wie und wo kommt Bisphenol A vor?	4
Produkte mit Bisphenol A	4
Produzierte und verwendete Mengen	6
Wie gelangt Bisphenol A in den menschlichen Körper?	7
Wie gelangt Bisphenol A in die Umwelt?	8
Konzentration in der Umwelt	8
Wie wirkt Bisphenol A auf Mensch und Umwelt?	9
Hormonelle Wirkung	9
Kann Bisphenol A unsere Gesundheit beeinflussen?	9
Wie wirkt sich Bisphenol A auf Gewässer- und Bodenorganismen aus?	10
Bewertung der Risiken für den Menschen	10
Bewertung der Risiken für die Umwelt	10
Wie geht es weiter?	12
UBA-Einschätzung der Risiken für die menschliche Gesundheit	12
UBA-Einschätzung der Risiken für die Umwelt	13
Zusammenfassung	14
English Summary	15
Weiterführende Literatur	16

Einleitung

Bisphenol A war eine der ersten synthetischen Substanzen, von der bekannt wurde, dass sie das natürliche weibliche Sexualhormon Östrogen in der Wirkung nachahmen kann. Die britischen Biochemiker Edward Charles Dodds und Wilfrid Lawson [1; 2] suchten 1936 nach Chemikalien, die in der Lage waren, in der medizinischen Therapie das natürliche Östrogen zu ersetzen. Dieses weibliche Hormon war extrem teuer, da es bis dahin aufwändig aus dem Urin schwangerer Stuten aufbereitet werden musste. In noch heute ähnlich durchgeführten Tierversuchen mit Ratten, denen die Eierstöcke entfernt wurden, identifizierten sie Bisphenol A als Substanz mit schwacher östrogenen Aktivität. Trotzdem machte Bisphenol A keine Karriere in der Pharmazie, da die gleichen Forscher bald darauf sehr viel potentere synthetische Östrogene identifizierten, zu denen vor allem Diethylstilbestrol (DES) [3] gehörte, das in den nächsten Jahrzehnten als Arzneimittel ge- und missbraucht wurde [4].

Als Arzneimittel nicht zu gebrauchen, machte Bisphenol A eine alternative Karriere als Industriechemikalie und ist heute in vielen Produkten des täglichen Gebrauchs zu finden. Der erhoffte pharmakologische Segen wurde dabei jedoch zum Problem: Bisphenol A wirkt sich auf unser Hormonsystem aus. Wie gefährlich Bisphenol A für unsere menschliche Gesundheit und die Umwelt sein kann, ist zurzeit noch umstritten. Während einige Wissenschaftler Alarm schlagen, sehen andere nur ein geringes/kein akutes gesundheitliches Risiko. Was ist dran an den Berichten, wie gefährlich ist Bisphenol A, welchen Konzentrationen sind Mensch und Umwelt ausgesetzt und wie beurteilt das Umweltbundesamt (UBA) das Risiko?

Mit diesem Hintergrundpapier möchte das Umweltbundesamt erläutern, was für ein Stoff Bisphenol A ist, wozu er verwendet wird, wie er wirkt und wie das UBA und andere das Risiko für Mensch und Umwelt beurteilen.

In vielen Fällen greift dieser Bericht auf Daten aus dem Altstoffprogramm der Europäischen Union (EG-Altstoffverordnung (EWG) Nr. 793/93) zurück. In diesem Programm bewerteten die Mitgliedstaaten der Europäischen Union das Risiko von in großen Mengen verwendeten Stoffen für Mensch und Umwelt. 2003 veröffentlichte die Europäische Kommission eine erste, zwischen den Mitgliedstaaten abgestimmte, Risikobewertung für Bisphenol A [5]. 2008 ergänzte und aktualisierte Großbritannien – der Bisphenol A bewertende Mitgliedsstaat – den Bericht durch neue Informationen [6]. Sowohl die ursprüngliche Bewertung aus dem Jahr 2003 als auch die Aktualisierung sind seit kurzem in einem Dokument zusammengefasst [7]. Wenn im folgenden Text von der EU-Risikobewertung die Rede ist, sind diese Datenerhebungen gemeint.

Wie und wo kommt Bisphenol A vor?

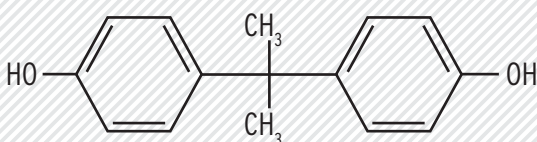
Bisphenol A steckt in vielen Alltagsprodukten: in CDs und DVDs, im Kassenzettel aus Thermopapier oder in Plastikschüsseln. Doch was ist Bisphenol A, wofür wird es eigentlich verwendet und in welchen Mengen? Box 1 erläutert Chemie, Herstellung und Verarbeitung.

Produkte mit Bisphenol A

Der Stoff ist in vielen technischen Geräten und Haushaltsgegenständen zu finden, die aus sehr stabilen Kunststoffen bestehen, so genannte Polykarbonate.

Polykarbonate werden aus Bisphenol A hergestellt und besitzen eine hohe Festigkeit, Zähigkeit, Steifheit und Härte, wodurch sie nur schwer kaputt gehen können. Außerdem zeichnen sie sich durch gute elektrische Isoliereigenschaften und eine hohe Beständigkeit gegenüber Witterungs- und Strahlungseinflüssen aus. Mobiltelefone oder Motorradhelme bestehen zum Beispiel aus diesen Polykarbonaten. Darüber hinaus werden Polykarbonate in vielen Bereichen als Konstruktionswerkstoffe eingesetzt (z.B. für durchsichtige Dachabdeckungen, für Gehäuse von Computern und Wasserkochern). Aus ihnen werden medizini-

BOX 1 ERLÄUTERUNGEN ZUR CHEMIE VON BISPHENOL A



Herstellungsprozess:

Herstellung durch Kondensation von zwei Teilen Phenol mit einem Teil Aceton.

Kommerziell vertriebenes Bisphenol A enthält bis zu 16 verschiedene Verunreinigungen mit Phenolstruktur. Angesichts einer Gesamtproduktion in der EU von ca. 1,15 Mio. t im Jahr summieren sich diese Verunreinigungen auf ca. 10.000 t.

Chemischer Name: 2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-propan oder 4,4'-Isopropylidendiphenol

Summenformel: C₁₅H₁₆O₂

CAS-Nr.: 80-05-7

Weiterverarbeitung:

Als Zwischenprodukt: Polymerisierung zu Polykarbonat-Kunststoff und Epoxidharzen. Bei diesem Prozess wird Bisphenol A chemisch zu dem Polymer (dem Kunststoff oder dem Epoxidharz) umgesetzt und dabei fest in die Polymermatrix eingebunden.

Als Chemikalie: Verwendung als Stabilisator und Farbentwicklungskomponente. Bei dieser Verwendung wird Bisphenol A in seiner unveränderten Form eingesetzt und liegt auch im Produkt so vor.

Polykarbonat-Kunststoffe

- Sicherheitsscheiben aus Kunststoffplatten (Kunstglas)
- Teile für Stecker oder Schalter
- Gehäuse von elektrischen/elektronischen Geräten (u.a. Mobiltelefone, Wasserkocher, Kaffeemaschinen oder Computer)
- optische Datenträger wie CDs, DVDs oder Blu-ray Discs™
- Autoteile (transparente Kunststoffteile), z.B. Reflektoren
- Flaschen und Behälter für Lebensmittel und Getränke
- Brillengläser
- mikrowellenfestes Geschirr, Kunststoffbestecke, Kochutensilien
- Motorradhelme und -schutzschilde
- Medizinische Geräte

Epoxidharze

- Bodenbeläge
- Lacke (u.a. als Beschichtung für Haushaltsgeräte)
- Getränkedosen und Konservendosen (als Innenbeschichtung)
- gedruckte Platinen in elektronischen Artikeln
- Verbundwerkstoffe (u.a. für Tennisschläger oder Surfbretter)
- Klebstoffe
- Innenbeschichtungen zur Sanierung von Trink- und Abwasserbehältern und -rohren [12]

sche Geräte (z.B. Dialysegeräte) und Behältnisse für Lebensmittel wie z.B. Babyflaschen hergestellt [8; 9]. Und noch eine Eigenschaft zeichnet Polykarbonate aus: Sie sind zwar entflammbar, brennen nach Entfernen einer Zündquelle aber nicht weiter [10].

Aus Bisphenol A werden auch Epoxidharze hergestellt. Epoxidharze sind flüssig. Unter der Zugabe von Härtern reagieren sie zu harten, unlöslichen und chemikalienbeständigen Kunststoffen. Sie werden überwiegend als Kleb-, Lack- und Gießharze für Oberflächenbeschichtungen genutzt, darunter auch für die Innenbeschichtung von Metallverpackungen (u.a. Getränke- und Konservendosen) [9; 11].

Bei der Herstellung von Polykarbonat und Epoxidharzen wird Bisphenol A chemisch so umgesetzt, dass sich aus den einzelnen Molekülen lange Ketten und Netze, so genannte Polymere, bilden. Polymerisiertes Bisphenol A ist chemisch fest gebunden, kann jedoch unter bestimmten Umständen wieder freigesetzt werden (siehe Kapitel „Wie gelangt Bisphenol A in den menschlichen Körper?“). Mitunter wird bei den Herstellungsprozessen nicht das komplette Bisphenol A chemisch umgewandelt. Somit können Produkte aus diesen Materialien noch freie Bisphenol A-Reste enthalten. Der Gehalt ist allerdings gering, er liegt für Polykarbonate im ppm-Bereich (d.h. „parts per million“ – und bedeutet, dass der Bisphenol A-Gehalt nur einige Millionstel des Produktes ausmacht) [9].

Neben der Umwandlung zu polymerem Polykarbonat oder Epoxidharz wird Bisphenol A auch als Additiv (also als Zusatzstoff) verwendet: zur Beschichtung

von Thermopapier, beim Herstellen und Verarbeiten von PVC (Polyvinylchlorid)-Kunststoffen und in Bremsflüssigkeiten.

Thermopapiere sind Spezialpapiere, bei denen die direkte Übertragung von Hitze während des Drucks zu einer chemischen Reaktion und dadurch zu einer Schwärzung des Papiers führt [13]. Bisphenol A dient hierbei als Entwicklersubstanz neben dem eigentlichen Farbstoff. Es ist weltweit die häufigste Farbentwicklungskomponente in Thermopapier [9]. In PVC-Kunststoffen dient Bisphenol A unter anderem dazu, das Altern von Weich-PVC, z.B. in Hochtemperatur-Kabeln und Reifen, zu verlangsamen. Auch in Bremsflüssigkeiten wird es als Stabilisator (Antioxidans) eingesetzt und verlängert somit die Lebensdauer/Haltbarkeit [5].

Bei der Verwendung von Bisphenol A als Additiv ist der Stoff chemisch nicht gebunden. Er wird daher aus den Produkten wie Thermopapier oder PVC-Artikeln leichter freigesetzt [9]. Allerdings ist Bisphenol A in diesen Produkten in vergleichsweise geringen Mengen enthalten. Der Anteil von Bisphenol A in Thermopapier liegt z.B. bei ca. 1 % [6; 9]. In Weich-PVC, z.B. Kabeln, kann Bisphenol A 0,5 % des eingesetzten Weichmachers ausmachen [9; 14]. Die tatsächliche Konzentration im Produkt liegt dementsprechend meist bei weniger als 0,1 %.

Eine weitere Spezialanwendung ist der zahnmedizinische Bereich: Die dort eingesetzten epoxidharzähnlichen Füll- und Versiegelungsmassen (sog. zahntechnische Komposite) werden aus Stoffen wie Bisphenol

A-Glycidylmethacrylat (Bis-GMA) und Bisphenol A-Dimethacrylat (Bis-DMA) hergestellt, die auf Bisphenol A basieren. Bisphenol A selbst kommt nicht zur Anwendung [9; 15], kann aber bei oder nach einer zahnmedizinischen Behandlung freigesetzt werden [16].

Bisphenol A ist auch Ausgangsstoff für Tetrabrombisphenol A (TBBPA), welches als Flammschutzmittel eingesetzt wird [5]. In der Umwelt kann sich TBBPA zu Bisphenol A zurückverwandeln (reduktive Dehalogenierung) [5; 17].

BOX 3 AUSWAHL AN PRODUKTEN, FÜR DEREN HERSTELLUNG BISPHENOL A EINGESETZT WERDEN KANN

- | | |
|----------------------|---|
| Sonstige Anwendungen | <ul style="list-style-type: none"> • Thermopapier (u.a. Faxpapier, Kassenzettel) [6; 9; 13] • elektrische und elektronische Produkte (Behandlung der Umhüllungen oder elektronischen Bauteile mit TBBPA als Flammschutzmittel) [6; 9] • Bremsflüssigkeit [5] • Gummi- und PVC-Produkte u.a. Hochtemperatur-Kabel (als Stabilisator) [6; 9] • Zahnfüllungen und Versiegelungsmassen, Zahnspangen, Prothesen (als Ausgangsstoff für die Kompositen) [15] |
|----------------------|---|

Box 3 listet eine Auswahl an Produkten, bei deren Herstellung Bisphenol A als Additiv eingesetzt werden kann oder die möglicherweise mit TBBPA als Flammschutzmittel versehen sind.

Darüber hinaus haben Umwelt- und Verbraucherschutzverbände Bisphenol A oder Bisphenol A-Derivate (von Bisphenol A abgeleitete Substanzen) in Aluminiumflaschen, Getränkedosen (Bierdosen) mit Kunststoffinnenbeschichtung [18; 19], Schwimmhilfen, Gartenschläuchen oder Nagellacken nachgewiesen [20].

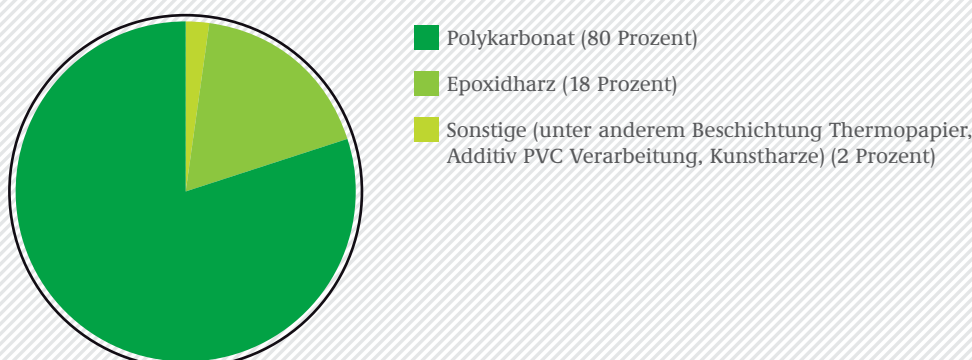
Produzierte und verwendete Mengen

2006 produzierte die Chemische Industrie weltweit 3,8 Millionen t Bisphenol A [21]. Das entspricht fast 100.000 Vierzigtonner-Lkws – die größten, die auf unseren Straßen erlaubt sind. Aneinander gereiht wäre die Lkw-Schlange ungefähr 1900 km lang – etwas mehr als die Entfernung von Rom nach Hamburg. Auf die damals 15 Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) entfiel 2005/2006 fast ein Drittel der Weltproduktion (1,15 Mio. Tonnen [6]) und auf Deutschland rund 70 % der europäischen Produktion (840.000 t Bisphenol A [22]). Zum Vergleich: Andere ebenfalls in großen Mengen in der EU produzierte und verbrauchte Chemikalien sind die Phthalate und die Flammschutzmittel. Die Produktion der Phthalate beläuft sich jährlich auf rund 1 Millionen Tonnen, davon werden mehr als 90 % als Weichmacher für die Produktion von Weich-PVC verwendet [23]. Der Verbrauch in der EU an Flammschutzmitteln belief sich im Jahr 2006 auf 465.500 Tonnen [24].

Abbildung 1 stellt die Verwendungen von Bisphenol A in der EU dar (Bezugsjahr 2005/2006, [6]). Der größte Teil wird in Europa zu Polycarbonaten und Epoxidharzen weiterverarbeitet (865 und 192 Tausend t/Jahr, insgesamt 1,06 Mio. t/Jahr). Alle weiteren Verwendungen betragen ungefähr 23.000 Tonnen/Jahr. Dies ist zwar im Vergleich zu den Hauptanwendungen nur ein kleiner Teil, absolut betrachtet aber immer noch viel – nämlich 600 Vierzigtonner-LKWs. Hierzu gehören die Thermopapierbeschichtung (ca. 1.900 t/Jahr) und die PVC (Polyvinylchlorid)-Verarbeitung (insgesamt 1.800 t/Jahr). Auf 19.700 Tonnen/Jahr summiert sich der Verbrauch für die Herstellung von Phenoplast-Gießharzen, ungesättigten Polyestern, Bremsflüssigkeiten und Reifen und weiteren Anwendungen [6]. 65.000 Tonnen/Jahr werden aus der EU exportiert.

Außerhalb der EU dient Bisphenol A als Ausgangssubstanz zur Herstellung von Tetrabrombisphenol A (TBBPA). Von diesem Stoff werden ca. 6.500 Tonnen/Jahr in die EU importiert, mehrere 10.000 Tonnen/Jahr gelangen über die mit Flammschutzmitteln behandel-

ABB 1 VERWENDUNG VON BISPHENOL A (JÄHRLICHE PRODUKTIONSMENGE 2005/2006 IN DER EU: 1,15 MIO TONNEN DATENBASIS: [6])



ten Produkte in die EU [25]. Da TBBPA in der Umwelt zu Bisphenol A umgewandelt werden kann, ist diese Substanz als mögliche Quelle für Bisphenol A bei der Bewertung zu berücksichtigen [6].

Wie gelangt Bisphenol A in den menschlichen Körper?

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand nehmen wir Bisphenol A vor allem über Lebensmittel auf [6]. Wie gelangt die Substanz nun in Lebensmittel? Bisphenol A kann in Konservendosen vorkommen, nämlich in deren Innenbeschichtung. Von dort kann der Stoff in die Nahrung gelangen. Das passiert durch den chemischen Prozess der Hydrolyse, bei dem Bisphenol A durch Reaktion mit Wasser aus der gebundenen (polymeren) Form wieder freigesetzt wird [26]. Wie viel von der Substanz frei wird, hängt stark vom Herstellungsverfahren des Konservenmaterials ab. In Lebensmitteln aus Konserven mit beschichteter Innenwand haben chemische Messungen Bisphenol A-Konzentrationen zwischen 5 und 38 µg/kg (Mikrogramm pro Kilogramm) Doseninhalt ergeben. Bei Fleischkonserven traten manchmal auch höhere Werte auf [27].

Auch Untersuchungen mit Polykarbonat-Gefäßen zeigen, dass Bisphenol A sich zum Beispiel durch heißes Wasser lösen kann [28]. Waschmittelreste fördern das Herauslösen von Bisphenol A - die Menge hängt von der Temperatur, der Erhitzungsdauer und der Wasserhärte [29] sowie von den verwendeten Detergentien ab [30]. Dabei wird wahrscheinlich nicht freies Bisphenol A aus dem Kunststoff gelöst, sondern der Kunststoff zersetzt sich im Laufe der Zeit und setzt so Bisphenol A frei [28; 31].

Menschen, die intensiv medizinisch behandelt werden, sind der Chemikalie deutlich stärker ausgesetzt als die Allgemeinbevölkerung. Hohe Belastungen wurden insbesondere im Zuge von Dialysebehandlungen und bei Neugeborenen in Intensivstationen gefunden [32; 33]. An Arbeitsplätzen in der Produktion und Verarbeitung von Bisphenol A wurden ebenfalls erhöhte Konzentrationen im Körper gemessen [6].

Auch im Trinkwasser kann Bisphenol A vorkommen. Es stammt aus Materialien, die zur Trinkwasserspeicherung und -verteilung verwendet werden und Epoxidharze enthalten. Diese werden insbesondere als Beschichtungsmittel für Speicherbehälter oder zur Sanierung alter Trinkwasserleitungen verwendet. Die beobachteten Konzentrationen in den deutschen Oberflächengewässern lagen im Jahresmittel aber bislang unter 0,5 µg/L und maximal bei 5 µg/L (s. Kapitel "Konzentrationen in der Umwelt"). Eine Reduzierung im Zuge der Trinkwasseraufbereitung ist wahrscheinlich. Dies bestätigt eine Studie, die im Uferfiltrat der Donau und im Trinkwasser aus dem Bodensee Bisphenol A in sehr niedrigen Konzentrationen (0,0003 – 0,002 µg/L) fand [34].

Untersuchungen an Trinkwasser-Installationen mit Epoxidharzbeschichtung zeigen zudem, dass im kalten Leitungswasser kein Bisphenol A vorkommt. In UBA-eigenen und anderen Studien sind lediglich Konzentrationen von deutlich unter 1 µg/L zu verzeichnen gewesen. In beschichteten Warmwasserleitungen traten bei starker Erhitzung dagegen Konzentrationen über 30 µg/L auf. Wenn die Beschichtung mangelhaft war und sich Bisphenol A in einem Zirkulationssystem anreichern konnte, wurden sogar Werte bis 280 µg/L erreicht [66]. Solche Probleme lassen sich durch die Auswahl geeigneter Werkstoffe (hierzu führt das UBA eine Liste geprüfter und somit geeigneter Werkstoffe[12]) und durch die Beauftragung qualifizierter Installationsfirmen vermeiden. Trinkwasser ist somit als Quelle für Belastungen des Menschen mit Bisphenol A vernachlässigbar.

Neben dem reinen Bisphenol A könnten in technischem Bisphenol A auch die phenolischen Verunreinigungen zur Wirkung beitragen (siehe Box 1). Sie sind strukturell ähnlich und damit vermutlich auch östrogen wirksam. In der Summe machen sie insgesamt 10.000 Tonnen pro Jahr in der EU aus. Da toxikologische Untersuchungen meistens mit der Reinsubstanz durchgeführt werden, ist das mit ihnen verbundene Risiko für die Gesundheit nicht sicher einzuschätzen.

Fazit: Da polykarbonathaltige Materialien weit verbreitet sind und Bisphenol A vielseitig eingesetzt wird, kommt praktisch jeder Mensch mit dem Stoff in Kontakt. Verschiedene Studien taxieren die tägliche Aufnahmemenge für Erwachsene und Kinder zwischen 0,03 bis 0,07 Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht und Tag (µg/kg KG/Tag) im Median [35], [36]. Das bedeutet: Die Hälfte der untersuchten Proben liegt unterhalb des genannten Wertes. Für flaschengenährte Säuglinge liegt der Wert bei 0,8 µg/kg KG/Tag [35]. Als höchste Aufnahmemenge bei Kindern in Deutschland haben Wissenschaftler 7 µg/kg KG/Tag ermittelt [36].

Die vorliegenden Daten zur Körperbelastung des Menschen deuten darauf hin, dass bisher nicht alle Expositionsquellen identifiziert sind und dass es wahrscheinlich noch andere Aufnahmepfade als die orale Aufnahme gibt [22].

Wie gelangt Bisphenol A in die Umwelt?

In der Regel gelangt Bisphenol A über das Abwasser in die Umwelt – vornehmlich in Gewässer. Der Großteil stammt aus Betrieben, die Bisphenol A produzieren und verarbeiten. An erster Stelle stehen die Hersteller von Polykarbonaten und Epoxidharz [6]. Außerdem sondern Unternehmen, die Thermopapier produzieren, recyceln oder PVC-Kunststoffe verarbeiten, Bisphenol A in die Umwelt ab [6].

Mit dem Abwasserstrom gelangt Bisphenol A dann

entweder in die industriellen Kläranlagen der Unternehmen oder in kommunale Kläranlagen. Sofern die Abwasseranlagen mit ausreichend Sauerstoff (aerob) versorgt sind, können Mikroorganismen Bisphenol A im Wasser gut abbauen. Das zeigen unterschiedliche Labortests. Danach baut sich der Stoff innerhalb von 2–17 Tagen nahezu komplett ab [5; 6; 37]. Ist jedoch zu wenig Sauerstoff vorhanden (anaerob), verringert sich der Bisphenol A-Gehalt entweder gar nicht oder nur äußerst langsam [38; 39]. Auch die Praxis zeigt: Kläranlagen eliminieren Bisphenol A unterschiedlich gut. Eine Untersuchung an verschiedenen Kläranlagen in Deutschland ergab Abbauraten von 61–98 % [37]. Auch Studien aus Kanada zeigen, dass der Abbau in Kläranlagen sehr unterschiedlich sein kann. Sie fanden eine mittlere Abbaurate von 68 % [40]. Abhängig von dem Verfahren zur Abwasserreinigung und der Leistung der Kläranlage ergeben sich die unterschiedlichen Abbauraten. Enthält gereinigtes Abwasser noch Bisphenol A, gelangt der Stoff aus den Kläranlagen in die Gewässer. Hier wird er unter aeroben Verhältnissen weiter abgebaut. Verschiedene Nachweise von Bisphenol A in Sedimenten zeigen aber, dass die Chemikalie sich nicht vollständig abbaut und daher in Restmengen im Gewässer verbleibt.

Die Belastung kommunaler Kläranlagen kann am Beispiel von Recyclingpapier verdeutlicht werden: Altpapier, welches zur Herstellung von Recyclingpapier dient, enthält – trotz sorgfältiger Sortierungsprozesse – auch Thermopapier. Das wiederum enthält Bisphenol A. Der Thermopapier-Anteil im aufbereiteten Papier beträgt durchschnittlich nur ca. 0,1 %. Er kann jedoch, abhängig vom Endprodukt, stark schwanken [6]. Ein mögliches Endprodukt: Recyclingtoilettenpapier. Mit dem Abwasser gelangt es in kommunale Kläranlagen und bringt so Bisphenol A in die Kläranlagen und – bei unzureichendem Abbau – in die Gewässer ein. Die Relevanz dieses Massenstroms ist derzeit noch unklar.

Rückstände von Bisphenol A können auch im Schlamm verbleiben, der beim Papierrecycling entsteht [6]. Werden damit – wie in einigen europäischen Staaten üblich – (Acker-) Böden gedüngt, gelangt Bisphenol A in den Boden. In Deutschland und Österreich wird dieser Schlamm verbrannt. Möglicherweise enthält auch Klärschlamm aus kommunalen Anlagen, der auch in Deutschland zur Düngung verwendet werden kann, Bisphenol A. Hierzu liegen dem Umweltbundesamt jedoch keine Messergebnisse vor.

Bisphenol A kann außerdem durch den Gebrauch von Produkten aus PVC (z.B. Außenkabel) in die Umwelt gelangen. Die EU-Risikobewertung macht hierzu einige Annahmen [5]. Verlässlich schätzen lässt sich die in die Umwelt eingetragene Menge dadurch jedoch nicht.

Konzentrationen in der Umwelt

Seit den 70er Jahren lässt sich Bisphenol A in Gewäs-

sern und Flusssedimenten nachweisen (u.a. [41-43]). Wissenschaftliche Veröffentlichungen sowie staatliche Überwachungsprogramme bestätigten in den letzten Jahren das verbreitete Vorkommen von Bisphenol A in Gewässern.

Die EU-Risikobewertung fasst zahlreiche wissenschaftliche Veröffentlichungen zum Vorkommen von Bisphenol A in europäischen Gewässern der Jahre 1997–2005 zusammen [6]. Sie berücksichtigen mehrere hundert Messstellen in 13 Ländern. Bei der Hälfte der Messungen wurde Bisphenol A oberhalb der Nachweisgrenze (zwischen 0,1 und 0,00004 µg/L) nachgewiesen. Die höchste Konzentration wurde mit 43 µg/L in einem norwegischen Gewässer gemessen, das sich in der Nähe eines Industriezentrums befindet. Aus den Daten berechnet die EU-Risikobewertung eine Wasserkonzentration von 0,01 µg pro Liter im Mittel (Median, 50stes Perzentil). In 5 % aller europäischen Gewässer sind – statistisch gesehen – Konzentrationen von mehr als 0,35 µg/L zu erwarten (statistisches 95stes Perzentil). Die Sedimentkonzentration liegt im Mittel (Median) bei 6 µg/kg Sediment (bezogen auf das Nassgewicht), 5 % aller Sedimente enthalten statistisch gesehen mehr als 98 µg Bisphenol A pro Kilogramm Sediment.

Ein staatliches Messprogramm zu Stoffkonzentrationen in ausgewählten Flüssen nach der Wasserrahmenrichtlinie der EU [44] von 2002 bis 2007 bestätigt diese Ergebnisse: In den untersuchten Gewässern wurden im Durchschnitt 0,05 µg/L Bisphenol A (Median) gefunden. Nur in fünf von 1230 Proben kam kein Bisphenol A vor. Für die untersuchten deutschen Fließgewässer lag die höchste Konzentration bei 5,2 µg/L, im Jahresmittel bei maximal 0,49 µg/L (2007, Jahresmittelwert der am höchsten belasteten Messstelle). Die Bundesländer führten die dafür nötigen Messungen von 2006 bis 2008 durch.

Die beschriebenen Messungen belegen das Vorkommen von Bisphenol A in der Umwelt. Da es sich zum Teil nur um einmalige Datenerhebungen und keine Zeitreihen handelt, erlauben die Messwerte keine Bewertung des zeitlichen Konzentrationsverlaufes. Auch die Zuordnung zu einzelnen Quellen gestaltet sich schwierig.

Deshalb wurde für die EU-Risikobewertung [5; 6] die zu erwartende Wasser- und Sedimentkonzentration anhand von Daten zum Abbau und zur Verteilung in der Umwelt berechnet. Die so berechneten Werte liegen bei durchschnittlich 0,03 µg/L und höchstens 1,47 µg/L im Wasser. Die gemessenen Umweltkonzentrationen lagen somit teilweise über den berechneten.

Im Sediment errechnet die EU-Bewertung durchschnittlich 0,52 µg Bisphenol A pro Kilogramm Sediment und höchstens 24 µg/kg Sediment.

Wie wirkt Bisphenol A auf Mensch und Umwelt?

Hormonelle Wirkung

Im Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit steht die hormonelle Wirkung von Bisphenol A (z.B. [20; 45; 46]). Hormonell wirkende Stoffe können – wenn sie in ausreichender Konzentration in den Körper gelangen – das Hormonsystem verändern, die embryonale Entwicklung stören oder die Fortpflanzung beeinträchtigen [47]. In der Wissenschaft werden solche Stoffe als Umwelthormone oder Endokrine Disruptoren bezeichnet [48]. Genauso wie natürliche Hormone binden viele dieser Stoffe an die „Andockstellen“ (Rezeptoren) für die natürlichen Sexualhormone an und aktivieren oder hemmen diese Rezeptoren. Dadurch beeinflussen sie die normalerweise durch natürliche Hormone ausgelösten Prozesse (z.B. die sexuelle Entwicklung). So können Fische zum Beispiel verweiblichen, wenn sie Stoffe aufnehmen, die den Rezeptor des natürlichen weiblichen Sexualhormons Östrogen aktivieren.

Im Fall von Bisphenol A zeigen Untersuchungen, dass es die Wirkung weiblicher Sexualhormone verstärkt und die männlicher Sexualhormone sowie der Schilddrüsenhormone hemmt [49; 50]. In einigen Testsystemen insbesondere bei nichtgenomischen Effekten, die über den membranständigen Östrogenrezeptor vermittelt werden, wirkt Bisphenol A annähernd genauso stark wie das natürliche weibliche Sexualhormon [67; 68; 51].

Beim Menschen wird die östrogenartige Wirkung nur vom freien, nicht metabolisierten (verstoffwechselten) Stoff ausgelöst. Bisphenol A wird zwar sehr schnell und teilweise schon im Darm zu Bisphenol A-Glucuronid und Bisphenol A-Sulfat metabolisiert, jedoch kann in den menschlichen Geweben wie Hoden und Plazenta die wirksame Form des Bisphenol A wieder freigesetzt werden [52]. Fast alle Studien, die menschliches Blut untersuchten, fanden daher relevante Konzentrationen

von freiem Bisphenol A [53].

Die hormonelle Wirkung von Bisphenol A führt auch in Tieren (z.B. Fische und Vögel) zu Schädigungen. Das belegen zahlreiche Studien, die in einem Bericht der amerikanischen Umweltbehörde EPA zusammengefasst sind [54]. Sie zeigen, dass sich Bisphenol A bei verschiedenen Tierarten an den Rezeptor für weibliche Sexualhormone (Östrogenrezeptor) anbindet, ihn aktiviert und Effekte auslöst, die bei einem solchen Wirkmechanismus zu erwarten sind (z.B. Fehlbildung der Fortpflanzungsorgane). Einige der Studienergebnisse sind in Box 4 zusammengefasst. Im Vergleich zu dem hochpotenten natürlichen Sexualhormon Östradiol sind jedoch 100-10.000-fach höhere Konzentrationen notwendig, um diese Effekte auszulösen.

Auch die bei Insekten, Schnecken und Krebstieren beobachteten Wirkungen (z.B. auf die Eiproduktion oder den Schlupfzeitpunkt) deuten darauf hin, dass Bisphenol A das hormonell gesteuerte Fortpflanzungssystem negativ beeinflusst (siehe Box 4). Allerdings sind die Hormonsysteme dieser Organismen noch nicht ausreichend erforscht, um eindeutige Aussagen über den Wirkmechanismus machen zu können.

Kann Bisphenol A unsere Gesundheit beeinflussen?

Die Europäische Lebensmittelbehörde EFSA geht davon aus, dass Bisphenol A keine gesundheitlichen Risiken in sich birgt. Diese Einschätzung basiert auf Studien mit Nagern, die als sehr relevant erachtet werden. Ihr Ergebnis: Nachteilige, bewertungsrelevante Effekte unterhalb einer Dosis von 5 Milligramm pro Tag und kg Körpergewicht lassen sich nicht feststellen. Die tägliche Aufnahme des Menschen bleibe weit unter der daraus abgeleiteten tolerierbaren Dosis von 50 µg pro Tag und kg Körpergewicht. Zahlreiche

BOX 4 ZUSAMMENFASSUNG VERSCHIEDENER STUDIENERGEBNISSE ZUR HORMONELLEN WIRKUNG VON BISPHENOL A (VERÄNDERT NACH [54])

Organismengruppe	Wirkmechanismus	Beobachtete Effekte im Organismus
Frösche	Aktivierung des Östrogenrezeptors, Auswirkungen auf Schilddrüsenhormone	Verweiblichung, Fehlbildungen
Vögel	Bindung an Östrogenrezeptor	Fehlbildungen an Fortpflanzungsorganen
Fische	Aktivierung des Östrogenrezeptors	Fehlbildungen der Fortpflanzungsorgane, Verringerung der Spermienqualität, Verzögerung der Spermienreife, Verschiebung des Geschlechterverhältnisses
Schnecken	Nicht eindeutig bekannt	Erhöhte Eiproduktion, Missbildungen der Fortpflanzungsorgane bei Weibchen und Männchen
Krebstiere	Nicht eindeutig bekannt	Erhöhte Eiproduktion
Insekten	Nicht eindeutig bekannt	Verzögerter Schlupf

Autoren berichten dagegen von der Wirkung weit niedrigerer Dosen von Bisphenol A auf Parameter der Reproduktionsgesundheit und der Entwicklung [55]. Wegen unterschiedlicher Kritik an den Studien wurden die Wirkungen auf einzelne Organe und die Fortpflanzungsfähigkeit im Niedrigdosis-Bereich von europäischen Behörden nicht für die quantitative Risikobewertung herangezogen. Ausführlich dazu hat auch die Bundesregierung in der letzten Legislaturperiode Stellung genommen [55a]. Die Untersuchungen deuten jedoch auf mögliche Wirkungen von Bisphenol A hin, die in richtlinienkonformen Studien nicht erfasst werden (z.B. bestimmte Verhaltensänderungen).

Mehr als 100 Untersuchungen mit Ratten und Mäusen weisen darauf hin, dass niedrige Konzentrationen von Bisphenol A Verhalten, Lernvermögen und bestimmte Hirnstrukturen, insbesondere bei den Nachkommen der exponierten Tiere, verändern. Auch Vergrößerungen der Prostata, verringerte Spermienkonzentrationen oder ein verfrühter Eintritt der Pubertät wurden bei den Versuchstieren beobachtet [26; 55]. Diese Studien stützen die Hypothese, dass Bisphenol A die geschlechtsspezifische Gehirn- und Organentwicklung beim Menschen beeinflussen könnte.

Bei wohl keiner anderen Chemikalie wird die Qualität der Studien so kontrovers diskutiert wie bei Bisphenol A. Sowohl Untersuchungen, die an Versuchstieren gesundheitliche Effekte von niedrigen Dosen feststellen, als auch Studien, die keine negativen Wirkungen finden, sind umstritten. Ein Beispiel ist die Diskussion um die jüngste Studie von Ryan et al [56-58].

Bisphenol A führt beim Menschen vereinzelt zu Sensibilisierungen, die auf ein allergenes Potential hinweisen. In jüngster Zeit beschreiben verschiedene Arbeiten, dass auch bei Menschen Zusammenhänge zwischen der Belastung mit Bisphenol A und Entwicklungsstörungen und Krankheiten bestehen. Beispielsweise leiden Männer, die in Betrieben tätig sind, die Bisphenol A verarbeiten, vermehrt an Erektions- und Ejakulationsproblemen sowie an einer verminderten Libido. Dies ist umso erstaunlicher, als der Gehalt an Bisphenol A im Blut dieser Männer durchschnittlich 5 Prozent des Gehaltes beträgt, der von der Europäischen Lebensmittelbehörde EFSA als harmlos betrachtet wird. Zugleich lag die Belastung der Arbeiter in etwa in einem Bereich, der auch bei einigen deutschen Kindern und Jugendlichen gefunden wurde [28]. Bei Frauen mit beruflichem Umgang mit Bisphenol A wurden dagegen keine Reproduktionsstörungen festgestellt [59].

Töchter von Müttern, die während der Schwangerschaft höher mit Bisphenol A belastet waren, wiesen im Alter von zwei Jahren ein aggressiveres Verhalten als ihre Altersgenossinnen auf [60].

Die Teile der amerikanischen Normalbevölkerung, die höher mit Bisphenol A belastet sind, leiden häufiger an Diabetes und Herz-Kreislaufkrankungen [61; 62]. Ebenso wird bei Frauen, die an Endometriose (Wucherungen der Gebärmutter Schleimhaut) leiden, eine erhöhte Konzentration von Bisphenol A im Körper gefunden [63]. Unklar ist allerdings, ob die erhöhten Bisphenol A-Werte Ursache oder Folge dieser Erkrankungen sind.

Wie wirkt sich Bisphenol A auf Gewässer- und Bodenorganismen aus?

Fachleute untersuchten ausführlich, wie verschiedene Gewässer- und Bodenorganismen auf Bisphenol A reagieren. Die Ergebnisse der Studien sind in der EU-Risikobewertung zusammengefasst [5; 6] und in Box 5 dargestellt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind nicht einfach zu bewerten. Sie zeigen eindeutig, dass Bisphenol A die sexuelle Entwicklung und die Fortpflanzung von verschiedenen Tierarten beeinträchtigt. Unklar ist jedoch, bei welchen Konzentrationen diese Effekte eintreten. Einzelne Tests geben Hinweise darauf, dass Frösche, Schnecken und Fische bereits bei sehr geringen Konzentrationen von Bisphenol A in ihrer Entwicklung und ihrer Fortpflanzung beeinträchtigt werden. Da diese Tests methodische Mängel haben, bezieht die EU-Risikobewertung ihre Ergebnisse nicht mit ein. Sie legen jedoch eines nahe: Möglicherweise wird die Wirkung von Bisphenol A auf Gewässer- und Bodenorganismen in der aktuellen EU-Risikobewertung unterschätzt.

In Box 5 sind die Ergebnisse der EU-Risikobewertung sowie die nicht berücksichtigten, nicht abgesicherten Wirkungen dargestellt.

Bewertung der Risiken für den Menschen

Die Bewertung möglicher gesundheitlicher Risiken durch Bisphenol A wird seit Jahren kontrovers diskutiert. Die EU-Risikobewertung gemäß Altstoffprogramm kommt, ebenso wie die europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde EFSA zu dem Schluss, dass für die europäischen Verbraucher und Verbraucherinnen kein Anlass zur Sorge besteht, dass eine gesundheitliche Gefährdung vorliegt, wenn die Produkte auf Bisphenol A-Basis sachgemäß verwendet werden, [6; 64]. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), das in Deutschland für die gesundheitliche Sicherheit von Lebensmitteln und den Verbraucherschutz zuständig ist, teilt diese Einschätzung.

Einzelne europäische Länder schließen Gesundheitsgefährdungen durch den Stoff jedoch nicht aus. Diese Länder betonen vor dem Hintergrund der Unsicherheiten in der EU-Bewertung die Notwendigkeit, vorsorglich weitergehende gesetzliche Maßnahmen zu erlassen. Norwegen beabsichtigt, wegen der Auswirkungen auf die Reproduktion den Gehalt von Bisphenol A in Verbraucherprodukten auf 0,0025 %

BOX 5 WIRKUNGEN AUF GEWÄSSERORGANISMEN [5; 6] AUFGEFÜHRT SIND DIE KONZENTRATIONEN, BEI DENEN IM TEST GERADE KEINE WIRKUNGEN MEHR BEOBACHTET WURDEN (NO OBSERVED EFFECT CONCENTRATION, NOEC), SOWIE WEITERE HINWEISE, DIE BEI DER EU-RISIKOBEWERTUNG NICHT BERÜCKSICHTIGT WURDEN

Organismengruppe	NOEC
Fische	16 – 3.640 µg/L Hinweise, dass die Spermienqualität bereits ab 1, 75 µg/L reduziert wird
Frösche	60,4 µg/L Hinweise aus einem Test, dass möglicherweise bereits ab 2,3 µg/L das Geschlechterverhältnis verändert wird
Insekten und Krebstiere	100 – 3.146 µg/L
Schnecken	EC10* = 2,1 µg/L Hinweise, dass bereits bei deutlich niedrigeren Konzentrationen Effekte auf die Reproduktion auftreten (Faktor 10 - 1000) * Die EC10 kann als Ersatz für die NOEC dienen und beschreibt die Konzentration bei der sich bei 10 % der Tiere Effekte zeigen
Algen und Wasserpflanzen	1.360 und 7.800 µg/L
Weitere Arten (Nesseltiere und Schwämme)	42 und 1.600 µg/l
Bodenorganismen (Regenwürmer, Springschwänze, Pflanzen)	20 bis größer 100 mg /kg Boden

Gewichtsanteile zu beschränken [65]. Dänemark hat im März 2010 ein vorläufiges Verbot für Gegenstände erlassen, die Bisphenol A freisetzen können und Kontakt zu Lebensmitteln für Kinder haben [66]. Dies betrifft Lebensmittelverpackungen, Kinderbecher und Kinderflaschen.

In Frankreich hat im März 2010 der Senat eine Gesetzesvorlage zum Verbot von Trinkflaschen, die auf Basis von Bisphenol A hergestellt wurden, einmütig gebilligt. Dieser Gesetzentwurf bedarf noch der Zustimmung der Nationalversammlung als zweiter Kammer des Parlaments [67].

Die US-amerikanische Food and Drug Administration (FDA) ging in ihrem 2008 veröffentlichten Bericht von keinen gesundheitlichen Risiken aus [68]. Sie hat ihr Urteil jedoch jüngst revidiert. Auf Grund der bestehenden Besorgnis, dass Bisphenol A bereits bei sehr niedrigen Dosen gesundheitsschädlich sein könnte, will die Behörde ein Programm zur Verminderung der menschlichen Belastung durchführen. Insbesondere will sie den Bisphenol A-Gehalt in Kindernahrung und Trinkgefäßen reduzieren [69]. Auch die Bewertung des US-amerikanischen National Toxicology Programme [70] äußert einige Besorgnisse („some concern“) hinsichtlich negativer Effekte für das Gehirn, das Verhalten sowie auf die Prostata von Föten, Säuglingen und Kindern. Es sieht geringe Bedenken („minimal concern“) für andere gesundheitliche Einschränkungen in diesen Bevölkerungsgruppen [70].

Einzelne EU-Mitgliedstaaten, Kanada und mehrere Bundesstaaten in den USA halten Maßnahmen für not-

wendig. In mehreren Städten und Staaten der USA sind Verbote für Bisphenol A freisetzende Babyflaschen in Kraft oder im Gesetzgebungsverfahren (u. a. Chicago, Minnesota, Michigan, Kalifornien, Connecticut und Washington). Kanada hat Bisphenol A-haltige Babyflaschen verboten [71]. Die Regierung begründet ihr Verbot mit dem Vorsorgeprinzip und kündigt weitere Forschungsvorhaben an, um die bestehenden Wissenslücken zu schließen.

Bewertung der Risiken für die Umwelt

Die EU-Risikobewertung von 2008 [6] kommt zu dem Schluss, dass die errechneten Konzentrationen in der Umwelt deutlich unterhalb der Werte liegen, bei denen Wirkungen auf Boden- und Wasserorganismen zu erwarten sind. Das Risiko wird als vertretbar bewertet, es müssen keine Maßnahmen ergriffen werden, um die Konzentrationen in der Umwelt zu senken (sogenannte Risikominderungsmaßnahmen) [6].

Allerdings zeigt die Bewertung auch einige Unsicherheiten auf. Großbritannien hat sie zum Abschluss der Arbeit im Altstoffprogramm zusammengefasst [72]:

- Es sind weitere Informationen notwendig, um zu klären, ob Bisphenol A in niedrigeren Konzentrationen auf Gewässerorganismen wirkt als bisher angenommen (siehe Box 5).
- Die in der Umwelt gemessenen Konzentrationen geben Hinweise darauf, dass die für die Risikobewertung berechneten Werte die Belastung der Gewässer unterschätzen (siehe Kapitel „Konzentrationen in der Umwelt“).

Auch Japan kommt auf der Grundlage der verwendeten Daten zu dem Schluss, dass Bisphenol A kein Risiko für die Umwelt darstellt und keine regulatorischen Maßnahmen notwendig sind [73]. Anders entscheiden dagegen Norwegen und Kanada. Beide Länder planen wegen der hormonellen Wirkung und der hohen Toxizität für Gewässerorganismen – auf der Grundlage nationaler Gesetzgebungen – Maßnahmen, um die Umwelteinträge zu reduzieren [40; 65].

Wie geht es weiter?

Die EU-Chemikalienverordnung REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) [74] nimmt die Hersteller und Importeure von Chemikalien in die Pflicht. Sie verlangt von den Unternehmen, die Bisphenol A herstellen und importieren, die Risiken aller Verwendungszwecke von Bisphenol A für Mensch und Umwelt zu bewerten.

Bis Ende 2010 müssen sie die Bewertung in einem Stoffsicherheitsbericht dokumentieren und dabei auch den von Großbritannien identifizierten Hinweisen zur Unterschätzung des Risikos nachgehen. Aufgabe der Unternehmen ist es darzustellen, unter welchen Bedingungen Bisphenol A über den gesamten Lebensweg sicher verwendet werden kann. Falls nötig, müssen sie hierzu Risikominderungsmaßnahmen vorsehen.

Den Stoffsicherheitsbericht und weitere Informationen nutzen die Behörden, um zu entscheiden, ob sie zusätzliche Maßnahmen zum Schutz von Mensch und Umwelt für notwendig halten. In Box 6 sind die Unterschiede

zwischen REACH und dem Altstoffprogramm sowie die Aufgaben von Unternehmen und Behörden dargestellt. Zum weiteren möglichen Vorgehen seitens der Bundesregierung gibt es eine abgestimmte Position [55a; 74a].

UBA-Einschätzung der Risiken für die menschliche Gesundheit

Die Gesamtschau der bisher vorliegenden Studien über die Wirkungen und die Exposition von Bisphenol A offenbart Hinweise auf mögliche Risiken für die menschliche Gesundheit. Bei einigen Aspekten der Risikobewertung bestehen zurzeit noch deutliche Wissenslücken und Unsicherheiten. Aus Sicht des Umweltbundesamtes ist es deshalb gerechtfertigt, Vorsorgemaßnahmen zur gezielten Minderung der Exposition für solche Bevölkerungsgruppen zu erwägen, die aufgrund ihrer Empfindlichkeit und Exposition am ehesten gefährdet sind.

Der vom Umweltbundesamt im März 2009 durchgeführte Workshop zur Bewertung von Bisphenol A riet dazu, alle vorliegenden Daten zur Bewertung des Stoffes durch die Behörden heranzuziehen. Die zahlreichen Studien, die in renommierten Journalen publiziert wurden, ergeben ein konsistentes Bild. Ihre Ergebnisse sollten angemessen berücksichtigt werden, zusätzlich zu den wenigen nach den Richtlinien der Guten Laborpraxis durchgeführten Untersuchungen [22].

Die Aufnahme von Bisphenol A liegt in diesen Studien deutlich unterhalb der Menge, die die EFSA als gesundheitlich bedenklich bewertet, trotzdem sind diese Mengen in der Lage in Tierversuchen ernsthafte

BOX 6 AUFGABEN DER BEHÖRDEN UND UNTERNEHMEN (ALTSTOFFVERORDNUNG UND REACH IM VERGLEICH)

Altstoffverordnung (EWG) Nr. 793/93 (aufgehoben zum 1.6.2008)

Unternehmen

Reichen vorhandene Informationen ein und kommentieren Behördenbewertungen

Behörden

Bewerten für ausgewählte Stoffe mit hoher Produktionsmenge (u.a. Bisphenol A) das Risiko für Mensch und Umwelt und entscheiden über ggf. notwendige Maßnahmen zur Verringerung eines Risikos

REACH Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (seit 1.06.2007)

Unternehmen

Bewerten das Risiko für Mensch und Umwelt eigenverantwortlich, bestimmen möglicherweise notwendige Maßnahmen zur Verringerung eines Risikos, setzen sie um und vermitteln diese Informationen an nachgeschaltete Anwender. Ziel ist die sichere Verwendung über den gesamten Lebensweg eines Stoffes zu gewährleisten.

Behörden

Überprüfen ausgewählte Bewertungen. Entscheiden, ob Maßnahmen zur Risikominderung notwendig sind, die über die durch die Unternehmen realisierten hinausgehen. Mögliche Maßnahmen sind Beschränkungen einzelner Verwendungen oder eine Zulassungspflicht. Eine Beschränkung kann erfolgen, wenn von einem Stoff ein unannehmbares Risiko für Mensch und Umwelt ausgeht. Für eine Zulassungspflicht müssen die Behörden den Stoff EU-gemeinschaftlich nach bestimmten Kriterien als „besonders besorgniserregend“ (Substance of very high concern- SVHC) identifizieren.

Wirkungen hervorzurufen.

Wenngleich bei der Risikobewertung und der Expositionshöhe noch Wissenslücken bestehen, ergibt sich aus unserer fachlichen Sicht somit ein ausreichendes Besorgnispotenzial. Das UBA spricht sich deshalb dafür aus, vorsorgend tätig zu werden und die Verwendung bestimmter Produkte, die Bisphenol A enthalten, zu beschränken. Dies gilt insbesondere für Produkte im Kontakt mit Lebensmitteln. Für diese ergeben sich außerhalb des Stoffrechts (REACH) zusätzliche Regelungsoptionen.

Hinsichtlich der Regelungsoptionen ist zwischen Lebensmittelbedarfsgegenständen (dies sind Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen, z.B. Flaschen) und anderen Bedarfsgegenständen (etwa Gegenstände, die dazu bestimmt sind, z.B. mit den Schleimhäuten des Mundes in Berührung zu kommen, etwa Schnuller) zu unterscheiden.

Die rechtlichen Vorgaben für beide Produktgruppen im Kontakt mit Lebensmitteln ergeben sich überwiegend aus dem europäischen Recht. Daher können nationale Maßnahmen nur dann ergriffen werden, wenn es das europäische Recht zulässt.

Die europäischen Regelungen zu Lebensmittelbedarfsgegenständen sind weitgehend abschließend. Der Gestaltungsspielraum für den deutschen Gesetzgeber ist darum recht klein. Deshalb ist zunächst auf europäischer Ebene auf eine Herabsetzung der Vorgaben zu den Höchstmengen von Bisphenol A in Lebensmittelbedarfsgegenständen aus Kunststoff (z.B. Flaschen) zu drängen.

Kann sich die EU nicht auf ein gemeinsames Vorgehen einigen, bleibt den Mitgliedstaaten in Bezug auf Lebensmittelbedarfsgegenstände die Möglichkeit, vorläufige Maßnahmen zu ergreifen. Das kann dann der Fall sein, wenn die Mitgliedstaaten aufgrund neuer Informationen oder durch die Neubewertung alter Informationen zu dem Schluss kommen, dass die menschliche Gesundheit gefährdet werden kann. Folglich sind neue Informationen bzw. Erkenntnisse zu Bisphenol A daraufhin zu prüfen, ob diese Voraussetzung erfüllt ist. Die nationalen Sonderregelungen können nur dann Bestand haben, wenn sich die Kommission die nationale Bewertung zu eigen macht.

Im Unterschied zu den Maßnahmen im Bereich der Lebensmittelbedarfsgegenstände (z.B. Flaschen) können im Bereich der Bedarfsgegenstände (z.B. Schnuller) keine nationalen Verbote ausgesprochen, sondern allenfalls die Höchstwerte stringenter geregelt werden. Bis zur Einführung weitergehender rechtlicher Regelungen ist in besonderem Maße die

Produktverantwortung der Hersteller gefragt. Die Diskussion um die Risiken von Bisphenol A hat in den USA dazu geführt, dass die fünf größten Hersteller von Babyflaschen freiwillig auf den Einsatz von Polycarbonat verzichtet haben. Wir schlagen vor, dass in Gesprächen mit den Herstellern versucht wird, zunächst auf freiwilliger Basis in Deutschland das gleiche Schutzniveau für Kleinkinder zu erreichen. Die Chancen dafür sind nicht schlecht; denn einige der US-amerikanischen Firmen sind auch die größten Marktanbieter in Deutschland.

UBA-Einschätzung der Risiken für die Umwelt

Aus Sicht des Umweltbundesamtes stellt die EU-Risikobewertung gemäß Altstoffverordnung die Risiken von Bisphenol A für die Umwelt [5; 6] sowie die mit der Bewertung verbundenen Unsicherheiten bei der Abschätzung der Umweltkonzentrationen und der Wirkungen auf die Fortpflanzung verschiedener Tiere [72] fundiert und ausgewogen dar. Die verfügbaren Informationen erlauben zurzeit, aufgrund der Unsicherheiten, keine abschließende Beurteilung der Risiken für die Umwelt, lassen jedoch erkennen, dass das Risiko für die Umwelt vermutlich unterschätzt wird. Gemäß REACH sieht das Umweltbundesamt jetzt die Hersteller und Verwender von Bisphenol A in der Pflicht. Ihre Stoffsicherheitsbewertung bis Ende 2010 muss alle aktuellen Verwendungen umfassen und damit über die bisherige Bewertung nach dem Altstoffprogramm hinausgehen. In ihrer Bewertung müssen die Unternehmen die im Kapitel „Wie gelangt Bisphenol A in die Umwelt“ beschriebenen hohen gemessenen Umweltkonzentrationen berücksichtigen und die diesbezüglichen von Großbritannien dargelegten Unsicherheiten ausräumen. Auch die Wirkungen auf Schnecken und Fische müssen neu bewertet werden, sobald neue Daten vorliegen.

Sobald das Registrierungsdossier vorliegt, wird das Umweltbundesamt die Ergebnisse der Unternehmen überprüfen. Ein besonderes Augenmerk wird das UBA dabei auf die Abschätzung der Exposition und die neuen Daten zu Bisphenol A und Gewässerorganismen legen. Danach wird das Umweltbundesamt entscheiden, ob aus fachlicher Sicht zusätzliche gesetzliche Maßnahmen gemäß REACH-Verordnung zur Risikominderung notwendig sind und diese ggf. vorschlagen. Herstellern, Importeuren und Verwendern von Bisphenol A empfiehlt das UBA, potenziell problematische Produkte vorsorglich durch harmlosere Alternativen zu ersetzen. Ziel muss es sein, Einträge von Bisphenol A in die Umwelt so weit wie möglich zu reduzieren.

Zusammenfassung

Bisphenol A ist in vielen Produkten unseres täglichen Lebens. Der größte Teil des produzierten Bisphenol A wird zu stabilen Kunststoffen verarbeitet (Polykarbonat und Epoxidharzen). Unter bestimmten Bedingungen kann sich die Chemikalie aus Gebrauchsgegenständen lösen – wie aus der Beschichtung von Dosen – und über die Nahrung oder über die Haut – wie bei Thermopapier – in den menschlichen Körper gelangen. Hier kann die Substanz wie das weibliche Sexualhormon Östrogen wirken.

Bisphenol A gelangt auch in den Wasserkreislauf und somit in den Körper von Wasserorganismen. Messungen der letzten Jahre wiesen Bisphenol A in vielen Gewässern nach. Der Stoff stammt im Wesentlichen aus den Kläranlagen der Unternehmen, die Bisphenol A produzieren und verarbeiten.

Besteht ein Risiko für Mensch und Umwelt? Sind darum gesetzliche Maßnahmen zum Schutz vor Bisphenol A notwendig?

Zahlreiche Studien belegen, dass Bisphenol A in das Hormonsystem von Säugern und Gewässerorganismen eingreift. Es gibt Untersuchungen, die der Chemikalie bereits bei niedrigen Konzentrationen negative Effekte auf die Sexualität sowie einen Zusammenhang mit dem Auftreten von Diabetes und Herz-Kreislauferkrankungen nachweisen. Zudem gibt es Hinweise darauf, dass der Stoff die Entwicklung geistiger Fähigkeiten und des Verhaltens beeinträchtigen kann und Aggressivität fördert und Lernen hemmt. Die wissenschaftlichen Ergebnisse, die bis heute vorliegen, sind jedoch nicht ohne Widersprüche. Viele Studien werden von Wissenschaftlern kontrovers diskutiert.

Auch für einige Tierarten (z.B. Schnecken) stellen Studien fest, dass Bisphenol A bereits in sehr niedrigen Konzentrationen die Fortpflanzung stört. Jedoch ist die Auswertung dieser Ergebnisse umstritten, da viele dieser Tests methodische Mängel haben.

Im EU-Altstoffprogramm gemäß Altstoffverordnung (EWG) Nr. 793/93 bewerteten die EU-Mitgliedstaaten das Risiko von Bisphenol A für Mensch und Umwelt. Das Ergebnis: bei sachgemäßer Verwendung von Produkten auf Bisphenol A-Basis besteht für die Verbraucherinnen und Verbraucher kein Anlass zur Sorge vor gesundheitlichen Gefahren. Auch die europäische Lebensmittelbehörde EFSA kommt zu diesem Schluss. Nicht alle EU-Länder teilen ein so eindeutiges Ergebnis. Dänemark und Frankreich zum Beispiel haben vorsorglich weitergehende Maßnahmen für bestimmte Produkte erlassen. Kanada hat inzwischen aus Vorsorgegründen Bisphenol A-haltige Babyflaschen verboten. Auch aus der fachlichen Sicht des UBA ergibt sich ein ausreichendes Besorgnispotenzial. Zahlreiche wissenschaftliche Befunde ergeben insgesamt ein

konsistentes Bild, so dass trotz der Unsicherheiten und Wissenslücken bei der Risikobewertung und der Expositionshöhe Handlungsbedarf besteht. Das UBA spricht sich darum dafür aus, vorsorgend tätig zu werden und die Verwendung einiger Produkte, die Bisphenol A enthalten, zu beschränken.

Auch für die Umwelt bewertet die EU das Risiko als vertretbar. Die errechneten Konzentrationen in der Umwelt liegen deutlich unterhalb der Werte, bei denen Wirkungen auf Boden- und Wasserorganismen zu erwarten sind. Gleichzeitig liefern verschiedene Studien Anhaltspunkte dafür, dass das Risiko für Gewässer- und Sedimentorganismen möglicherweise bisher unterschätzt wird.

Mit der europäischen Chemikalienverordnung REACH stehen die Bisphenol A-Hersteller und Verwender in der Pflicht, ihre Eigenverantwortung wahrzunehmen. Sie müssen darstellen, unter welchen Bedingungen Bisphenol A über den gesamten Lebensweg sicher verwendet werden kann. Falls nötig müssen sie hierzu Risikominderungsmaßnahmen einleiten.

Diese Informationen wird das Umweltbundesamt verwenden, um die Risikobewertung für Bisphenol A zu überprüfen. Das UBA wird dann entscheiden, ob aus fachlicher Sicht zusätzliche gesetzliche Maßnahmen zur Risikominderung in der Umwelt notwendig und der EU zu empfehlen sind. Dabei sind für Bedarfsgegenstände mit Bisphenol A auch produktrechtliche Regelungsoptionen zu prüfen. Grundsätzlich empfiehlt das UBA, den Gehalt von Bisphenol A in Produkten weiter zu begrenzen. Außerdem rät das UBA Herstellern, Importeuren und Verwendern von Bisphenol A, für alle Einsatzgebiete des Stoffes, die wesentlich zu Exposition von Mensch und Umwelt beitragen, gesundheits- und umweltfreundlichere Alternativen zu verwenden. Damit kann ein wichtiger Beitrag zur Produktverantwortung bei einem Stoff, bei dem vorsorglicher Schutz von Mensch und Umwelt angezeigt ist, geleistet werden.

English Summary

Bisphenol A is found in many everyday products. The largest portion of manufactured bisphenol A is converted into stable plastics (polycarbonate and epoxy resins). Under certain conditions the chemical can be released from consumer products – from can coatings, for instance – and enter the human body by way of food or through the skin, from thermal paper for example. In the human body the substance can act like the female sex hormone oestrogen.

Bisphenol A also enters into the water cycle and thus the bodies of aquatic organisms. Measurements in recent years have confirmed the presence of bisphenol A in many water bodies. The substance originates mainly from the wastewater treatment plants of companies that produce and process bisphenol A.

Is there a risk for humans and the environment? Are legal measures therefore necessary for protection against bisphenol A?

Numerous studies have shown that bisphenol A disrupts the hormone system of mammals and aquatic organisms. There are analyses that prove that even in low concentrations the chemical has a negative effect on sexuality, and that also establish a connection with the occurrence of diabetes and respiratory illnesses. Moreover, there are indications that bisphenol A can influence the development of mental abilities and behaviour, as well as encourage aggression and hinder learning. The scientific findings that are presently available are, however, not without inconsistencies. Many studies are the subject of controversial debate among scientists.

Studies have also established that with certain animal species (snails, for example) bisphenol A, even in very low concentrations, disrupts reproduction. The evaluation of these results is contested, however, since many of the tests have methodical failings.

In accordance with Council Regulation (EEC) No. 793/93 on existing substances, and within the scope of the EU Existing Substances Programme, Member States have assessed the risk of bisphenol A for humans and the environment. The result was that the majority of Member States concluded that with proper use of products containing bisphenol A there was no cause for concern about health risks. The European Food Safety Authority also came to the same conclusion. However, not all EU countries came to such an unequivocal conclusion. Denmark and France, for instance, have enacted further precautionary measures for certain products, while Canada has banned baby bottles containing bisphenol A on precautionary grounds. From the point of view of the German Federal Environment Agency (UBA) there are sufficient grounds for concern. Numerous studies present on the whole a consistent

picture, so that despite uncertainties and gaps in knowledge concerning risk assessment and the level of exposure there is a need for action. The UBA is therefore in favour of precautionary action and restrictions on the use of certain products that contain bisphenol A. The EU also regards the risk for the environment as tolerable. Calculated concentrations in the environment are noticeably below the level at which effects on soil and aquatic organisms are to be expected. At the same time, different studies provide evidence that the risk for aquatic and sediment organisms has possibly been previously underestimated.

Under the terms of the European Chemicals Regulation REACH, manufacturers and users of bisphenol A are obliged to exercise their own responsibility. They have to describe the conditions under which bisphenol can be safely used over its entire life. Where necessary, they have to initiate risk reduction measures for this purpose.

On the basis of such information the Federal Environment Agency will reevaluate the assessment of risk to the environment from bisphenol A. The Agency will then decide whether from a scientific point of view additional legal measures are necessary, which should be recommended to the EU for risk reduction in the environment. At the same time, possible product-related regulations for consumer products should be considered. As a basic principle, the Federal Environment Agency recommends that the content of bisphenol A in products be further restricted. In addition, the Agency advises manufacturers, importers and users of bisphenol to use alternative substances that pose less risk to human health and the environment in all areas of use that significantly contribute to exposure. This way, an important contribution can be made to product responsibility in the case of a substance for which precautionary protection of humans and the environment is advisable.

Weiterführende Literatur

- [1] Dodds E.C., Lawson W. (1935). Molecular structure in relation to oestrogenic activity. Compounds without a phenanthrene nucleus. Proceedings of the Royal Society 125 (839): 222-232.
- [2] Dodds E.C., Lawson W. (1936). Synthetic estrogenic agents without the phenanthrene nucleus. Nature 137: 996.
- [3] Dodds E.C., Goldberg L., Lawson W. (1938). Estrogenic activity of certain synthetic compounds. Nature 141 (3562): 247-8.
- [4] Meyers R. (1983). D.E.S. the bitter pill. New York: Seaview/Putnam.
- [5] European Commission. (2003). European Union Risk Assessment Report 4,4'-ISOPROPYLIDENE-DIPHENOL (BISPHENOL A). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [6] European Commission. (2008). Updated European Risk Assessment Report 4,4'-ISOPROPYLIDENE-DIPHENOL (BISPHENOL A). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [7] European Commission. (2010). European Union Risk Assessment Report 4,4-ISOPROPYLENEDIPHENOL (Bisphenol A) complete risk assessment in one document. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- [8] PlasticsEurope. (2009). Bisphenol A in Polycarbonat. <http://www.bisphenol-a-europe.org/index.php?page=polycarbonate-2>
- [9] Leisewitz, A. and Schwarz, W. (1997). Stoffströme wichtiger endokrin wirksamer Industriechemikalien (Bisphenol A; Dibutylphthalat/Benzylbutylphthalat;Nonylphenol/Alkylphenoethoxylylate). Report UFOPLAN-No. 106 01 076, <http://www.oekorecherche.de/deutsch/berichte/volltext/vollEndokrin.pdf>
- [10] Thieme Chemistry. (2009). Polycarbonate aus Römpp-Online Version 3.6. <http://www.roempp.com/prod/index1.html>
- [11] PlasticsEurope. (2009). Bisphenol A in Epoxidharzen. <http://www.bisphenol-a-europe.org/index.php?page=epoxy-resins-3>
- [12] Umweltbundesamt. (2008). Leitlinien zur hygienischen Beurteilung von organischen Beschichtungen im Kontakt mit Trinkwasser (Beschichtungsleitlinie).
- [13] Kanzan Spezialpapiere. (2007). Thermopapier. <http://www.thermal-paper.eu/set/set.php?cont=thermopapiere,thermotechnologie>
- [14] BASF. (10 A.D.). BASF-product information phthalates. http://www.plasticizers.basf.com/icms/basf_1/en/dt.jsp?setCursor=1_214138
- [15] American Chemistry Council, PlasticsEurope, Japan Chemical Industry Association. (2009). Resin Dental Sealants and Bisphenol A Oral Exposure. PC/BPA Global Group. <http://www.bisphenol-a.org/human/dental.html>
- [16] Vandenberg L.N., Hauser R., Marcus M., Olea N., Welshons V.W. (2007). Human exposure to bisphenol A (BPA). Reprod Toxicol 24: 139-177.
- [17] Voordeckers J.W., Fennell D.E., Jones K., Häggblom M.M. (2002).
- [18] Breum R. (1997). Leichter Beigeschmack. Ökotest.
- [19] Münstermann G. (2004). Durstlöscher ohne Nachgeschmack. Ökotest.
- [20] Wefers, H. and Cameron, P. Hormone in der Babyflasche – Bisphenol A: Beispiel einer verfehlten Chemikalienpolitik. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND). www.bund.net
- [21] PlasticsEurope. Applications of Bisphenol A. <http://www.bisphenol-a-europe.org/uploads/BPA%20applications.pdf>
- [22] Statistisches Bundesamt. (2009). Produzierendes Gewerbe Produktion im Produzierenden Gewerbe. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- [23] ECPI. (2010). <http://www.ecpi.org/>
- [24] EFRA. (2007). <http://www.cefic-efra.com/Content/Default.asp?PageName=openfile&DocRef=2008-04-07-00001>
- [25] European Commission. (2007). DRAFT RISK ASSESSMENT REPORT 2,2',6,6'-TETRABROMO-4,4'-ISOPROPYLIDENE DIPHENOL (TETRABROMOBISPHENOL-A).
- [26] vom Saal F.S., Hughes C. (2005). An extensive new literature concerning low-dose effects of bisphenol A shows the need for a new risk assessment. Environ Health Perspect 113 (8): 926-933.
- [27] Braunrath R., Podlipna D., Padlesak S., Cichna-Markl M. (2005). Determination of bisphenol A in canned foods by immunoaffinity chromatography, HPLC, and fluorescence detection. J Agric Food Chem 53 (23): 8911-8917.
- [28] Krishnan A.V., Stathis P., Permuth S.F., Tokes L., Feldman D. (1993). Bisphenol A: an estrogenic substance is released from polycarbonate flasks during autoclaving. Endocrinology 132 (6): 2279-2286.
- [29] Biedermann-Brem S., Grob K. (2009). Release of bisphenol A from polycarbonate baby bottles: Water hardness as the most relevant factor. European Food Research and Technology 228 (5): 679-684.
- [30] Maia J., Cruz J.M., Sendón R., Bustos J., Sanchez J.J., Paseiro P. (2009). Effect of detergents in the release of bisphenol A from polycarbonate baby bottles. Food Research International 42 (10): 1410-1414.
- [31] Tan B.L.L., Mustafa A.M. (2003). Leaching of bisphenol A from new and old babies' bottles, and new babies' feeding teats. Asia-Pacific Journal of Public Health 15 (2): 118-123.
- [32] Calafat A.M., Weuve J., Ye X., Jia L.T., Hu H., Ringer S., Huttner K., Hauser R. (2009). Exposure to bisphenol A and other phenols in neonatal intensive care unit premature infants. Environmental Health Perspectives 117 (4): 639-644.

- [33] Murakami K., Ohashi A., Hori H., Hibiya M., Shoji Y., Kunisaki M., Akita M., Yagi A., Su-giyama K., Shimozato S., Ito K., Takahashi H., Takahashi K., Yamamoto K., Kasugai M., Kawamura N., Nakai S., Hasegawa M., Tomita M., Nabeshima K., Hiki Y., Sugiyama S. (2007). Accumulation of bisphenol A in hemodialysis patients. *Blood Purification* 25 (3): 290-294.
- [34] Kuch H.M., Ballschmiter K. (2001). Determination of endocrine-disrupting phenolic compounds and estrogens in surface and drinking water by HRGC-(NCI)-MS in the pi-cogram per liter range. *Environ Sci Technol* 35 (15): 3201-3206.
- [35] NTP-CERHR. (2008). NTP-CERHR Monograph on the Potential Human Reproductive and Developmental Effects of Bisphenol A. Report NIH Publication No. 08 - 5994,
- [36] Becker K., Güen T., Seiwert M., Conrad A., Pick-Fuß H., Müller J., Wittassek M., Schulz C., Kolossa-Gehring M. (2009). GerES IV: Phthalate metabolites and bisphenol A in urine of German children. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 212 (6): 685-692.
- [37] Gehring M. (2004). Verhalten der endokrin wirksamen Substanz Bisphenol A bei der kommunalen Abwasserentsorgung. Technische Universität Dresden, Pirna.
- [38] Kang J.H., Kondo F. (2002). Bisphenol A degradation by bacteria isolated from river water. *aect* 43 (3): 265-269.
- [39] Ying G.G., Kookana R.S. (2005). Sorption and degradation of estrogen-like-endocrine disrupting chemicals in soil. *etc* 24 (10): 2640-2645.
- [40] Environment Canada and Health Canada. (2008). Screening Assessment for the Challenge Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene)bis- (Bisphenol A) Chemical Abstracts Service Registry Number 80-05-7.
- [41] Heemken O.P., Reincke H., Stachel B., Theobald N. (2001). The occurrence of xenoestrogens in the Elbe river and the North Sea. *Chemosphere* 45 (3): 245-259.
- [42] Stachel B., Jantzen E., Knoth W., Kruger F., Lepom P., Oetken M., Reincke H., Sawal G., Schwartz R., Uhlig S. (2005). The Elbe flood in August 2002—organic contaminants in sediment samples taken after the flood event. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 40 (2): 265-287.
- [43] Stachel B., Ehrhorn U., Heemken O.P., Lepom P., Reincke H., Sawal G., Theobald N. (2003). Xenoestrogens in the River Elbe and its tributaries. *Environ Pollut* 124 (3): 497-507.
- [44] Europäisches Parlament und Rat. (2000). RL 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wasserrichtlinie.pdf>
- [45] Stürmer, A. (2009). Die Welt wird weiblicher ... und das ist gar keine gute Nachricht. *Süddeutsche Zeitung Magazin* (41): 12-16. <http://sz-magazin.sueddeutsche.de/texte/anzeigen/31107>
- [46] Friends of the Earth Europe. Bisphenol A in plastics: is it making us sick. www.foeeurope.org
- [47] IPCS. (2002). Global assessment of the state-of-the-science of endocrine disruptors. Damstra, T., Barlow, S., Bergman, A., Kavlock, R., and Van der Kraak, G.: editors, WHO. Report WHO/PCS/EDC/02.2, http://www.who.int/ipcs/publications/new_issues/endocrine_disruptors/en/index.html
- [48] European Commission. (1999). Communication from the Commission to the Council and the European Parliament - Community Strategy for Endocrine Disrupters. Brussels. 1-31. Report COM(1999) 706 final, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:1999:0706:FIN:EN:PDF>
- [49] Deutsche Forschungsgemeinschaft. (1998). Hormonell aktive Stoffe in Lebensmitteln. *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung* 10 (3): 156.
- [50] Safe S. (2000). Bisphenol A and related endocrine disruptors. *Toxicol Sci* 56 (2): 251-252.
- [51] Watson C.S., Bulayeva N.N., Wozniak A.L., Alyea R.A. (2007). Xenoestrogens are potent activators of nongenomic estrogenic responses. *Steroids* 72 (2): 124-134.
- [52] Ginsberg G., Rice D.C. (2009). Does Rapid Metabolism Ensure Negligible Risk from Bisphenol A? *Environmental Health Perspectives* 117 (11): 1639-1643.
- [53] Vandenberg L.N., Chahoud I., Heindel J., Padmanabhan V., Paustenbach D.J., Schoenfelder G. (2010). Urinary, Circulating and Tissue Biomonitoring Studies Indicate Wide-spread Exposure to Bisphenol A. *Environ Health Perspect.*
- [54] U.S.EPA. (2005). A Cross-Species Mode of Action Information Assessment: A Case Study of Bisphenol A. National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency. Report EPA/600/R-05/044F, <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=135892>
- [55] Gies A. 2007. Problems in Assessing low dose effects of endocrine disruptors. In: *Re-productive Health and the Environment*. Nicolopoulou-Stamati P, Hens L, Howard CV, editors, Springer, 283-296.
- [55a] Antworten Bundestags-Drs. 16/10759 vom 3. November 2008 und 16/13104 vom 22. Mai 2009 auf Kleine Anfragen der Fraktion „DIE LINKE“.
- [56] Ryan B.C., Hotchkiss A.K., Crofton K.M., Gray L.E.J. (2010). In utero and lactational exposure to bisphenol A, in contrast to ethinyl estradiol, does not alter sexually dimorphic behavior, puberty, fertility, and anatomy of female LE rats. *Toxicol Sci* 114: 133-148.
- [57] Sharpe R.M. (2010). Is it time to end concerns over

- the estrogenic effects of bisphenol A? *Toxicol Sci* 114 (1): 4.
- [58] vom Saal F.S., Akingbemi B.T., Belcher S., Crain D.A., Guidice L.C., Hunt P.A., Leranath C., Myers J.P.H., Nadal A., Olea N., Padmanabhan V., Rosenfeld C.S., Schneyer A., Schoenfelder G., Sonnenschein C., Soto A.M., Stahlhut R.W., Swan S.H., Vandenberg L.N., Wang S.-H., Watson C.S., Welshons V.W., Zoeller R.T. (2010). Flawed Experimental Design Reveals the Need for Guidelines Requiring Appropriate Positive Controls in Endo-crine Disruption Research. *Toxicol Sci* Advance access publication February 17, 2010. doi: 10.1093/toxsci/kfq048.
- [59] Li D., Zhou Z., Qing D., He Y., Wu T., Miao M., Wang J., Weng X., Ferber J.R., Herrinton L.J., Zhu Q., Gao E., Checkoway H., Yuan W. (2009). Occupational exposure to bisphenol A (BPA) and the risk of Self-Reported Male Sexual Dysfunction. *Hum Reprod*: dep381.
- [60] Braun J.M., Yolton K., Dietrich K.N., Hornung R., Ye X., Calafat A.M., Lanphear B.P. (2009). Prenatal Bisphenol A Exposure and Early Childhood Behavior. *Environmental Health Perspectives*: 1-34.
- [61] Lang I.A., Galloway T.S., Scarlett A., Henley W.E., Depledge M., Wallace R.B., Melzer D. (2008). Association of Urinary Bisphenol A Concentration With Medical Disorders and Laboratory Abnormalities in Adults. *JAMA* 300 (11): 1303-1310.
- [62] Melzer D., Rice N.E., Lewis C., Henley W.E., Galloway T.S. (2010). Association of Urinary Bisphenol A Concentration with Heart Disease: Evidence from NHANES 2003/06. *PLoS ONE* 5 (1 e8673): 1-9.
- [63] Cobellis L., Colacurci N., Trabucco E., Carpentiero C., Grumetto L. (2009). Measurement of bisphenol A and bisphenol B levels in human blood sera from healthy and endometriotic women. *Biomedical Chromatography* 23 (11): 1186-1190.
- [64] EFSA Scientific Panel. (2006). Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to 2,2-BIS(4-HYDROXYPHENYL)PROPANE. *EFSA Journal* 2006 (428): 1-75.
- [65] Norwegian Pollution Control Authority. (2007). Impact assessment of a proposal for prohibition on certain hazardous substances in consumer products.
- [66] Danish Ministry of Food A.a.F. (2010). Danish ban on bisphenol A in materials in contact with food for children aged 0-3. <http://www.fvm.dk/Default.aspx?ID=18488&PID=169747&NewsID=6014> retrieved 26.04.2010
- [67] ASSEMBLÉE NATIONALE. (2010). PROPOSITION DE LOI ADOPTÉE PAR LE SÉNAT, tendant à suspendre la commercialisation de biberons produits à base de Bisphénol A TRANSMISE PAR M. LE PRÉSIDENT DU SÉNAT À M. LE PRÉSIDENT DE L'ASSEMBLÉE NATIONALE . <http://www.assemblee-nationale.fr/13/pdf/propositions/pion2390.pdf>
- [68] US Food and Drug Administration. (2008). Draft Assessment of Bisphenol A in Food Contact Applications, Version 14.
- [69] U.S. Food and Drug Administration. (2010). Update on Bisphenol A (BPA) for Use in Food: January 2010. <http://www.fda.gov/NewsEvents/PublicHealthFocus/ucm064437.htm>
- [70] NTP-CERHR. (2007). NTP-CERHR EXPERT PANEL REPORT on the reproductive and developmental toxicity of bisphenol A. i-396. Report NTP-CERHR-BPA-07, <http://cerhr.niehs.nih.gov/chemicals/bisphenol/BPAFinalEPVF112607.pdf>
- [71] Health Canada. (2008). News release 2008-167. Government of Canada Protects Families With Bisphenol A Regulations. http://www.hc-sc.gc.ca/ahc-asc/media/nr-cp/_2008/2008_167-eng.php
- [72] United Kingdom. (2008). 4-[2-(hydroxyphenyl)propan-2-yl]phenol (Bisphenol A) Annex XV transitional report. ECHA, http://echa.europa.eu/chem_data/transit_measures/annex_xv_trans_reports_en.asp
- [73] Nakanishi, J., Miyamoto, K., and Kawasaki, H. (2007). AIST Risk Assessment Document Series No. 4 Bisphenol A. Report AIST07-A00001-4,
- [74] Europäische Union. (2007). Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des europäischen Parlamentes und des Rates vom 18. Dezember 2006, berichtigte Fassung vom 29. Mai 2007 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH).
- [74a] Antwort BT-Drs. 16/14142 vom 19. Oktober 2009 auf die Kleinen Anfragen zu Bisphenol A.