

Hormonaktive Substanzen in Lebensmitteln

REGULA BICKEL*, RAPHAËL ROSSIER*



Hormonaktive Substanzen gelangen auf verschiedene Arten in Lebensmittel. Manche Substanzen wie beispielsweise Phthalate können auf direktem Weg aus der Verpackung in Lebensmittel einwandern, während andere auf Umwegen in die Nahrungskette gelangen. Zur zweiten Gruppe gehören vor allem Altlasten aus Pestizidanwendungen, Nebenprodukte aus Verbrennungsanlagen oder auch Arzneimittel, die über das Abwasser von Fischen aufgenommen werden. Da all diese Stoffe fettlöslich sind, können Rückstände davon vor allem in fetthaltigen tierischen Lebensmitteln wie Milch, Fleisch oder Fisch nachgewiesen werden. Im Forschungsinstitut für biologischen Landbau in Frick (FiBL) beschäftigen wir uns hauptsächlich mit der Migration von Weichmachern aus Verpackungen und den Möglichkeiten, wie sich der Einsatz dieser Substanzen verhindern lässt beziehungsweise Alternativen zu ihrer Verwendung vorzustellen. Altlasten aus der Anwendung in der Landwirtschaft oder anderer Nutzung sind natürlich auch für Bioprodukte ein Thema, hormonaktive Substanzen stehen dabei momentan aber nicht im Vordergrund.



Welche Substanzen finden wir in Lebensmitteln?

Es sind verschiedene hormonaktive Substanzen in Lebensmitteln zu finden (Tabelle). Aus Verpackungen stammen hauptsächlich Phthalate und Bisphenol A. Als Altlast können immer wieder chlororganische Verbindungen und Pestizide nachgewiesen werden, auch wenn deren Anwendung schon seit längerer Zeit in der Schweiz und in der EU verboten sind.

Migration aus Verpackungen

Die häufigste Ursache für das Auffinden hormonaktiver Substanzen in Lebensmitteln sind Stoffübergänge (Migration) aus Verpackungsmaterialien. Die Stärke der Migration wird von diversen Faktoren beeinflusst:

Fettlöslichkeit: Da die hormonaktiven Substanzen aus Verpackungen allesamt fettlöslich sind, nimmt die Migration mit dem Fettgehalt des Lebensmittels zu (1).

Verweildauer: Je länger das Produkt haltbar ist und damit in der Verpackung bleibt, desto mehr Rückstände können sich anreichern (2). Sowohl Konservendosen als auch Glasbehälter mit Schraubdeckeln werden normalerweise für lang haltbare Produkte eingesetzt. Dies hat zur Folge, dass das Lebensmittel während längerer Zeit mit dem Weichmacher in Kontakt kommt und eine erhöhte Migration stattfinden kann.

Temperatur: Je höher die Aufbewahrungs- oder Prozesstemperatur ist, desto schneller findet der Stoffaustausch statt (1). Wenn das Produkt im Glas oder in der Dose sterilisiert oder pasteurisiert wird, besteht deshalb eine grössere Wahrscheinlichkeit, dass Bisphenol A aus der Innenlackierung der Dose oder – sofern

ein Kontakt zwischen Füllgut und Deckel besteht – Phthalate aus den Deckeln in das Lebensmittel gelangen.

Weichmacher im Dichtungsmaterial von Schraubdeckeln

Weichmacher werden in PVC-Dichtungen von Schraubdeckeln benötigt, um Konservengläser luftdicht zu verschliessen. Dabei werden weitaus am häufigsten Substanzen aus der Gruppe der Phthalate verwendet. Da sie nur schwach an das PVC gebunden sind, können sie in direktem Kontakt mit dem Lebensmittel in das Produkt einwandern. Betroffen sind alle fetthaltigen Lebensmittel, die in Glasbehältern mit Schraubdeckelverschluss (siehe Abbildung 1) abgepackt werden, wie zum Beispiel fetthaltige Saucen, Oliven und Säuglingsnahrung. Produkte ohne freies Öl, wie Konfitüre oder Essiggurken, sind dagegen problemlos, da keine ölhaltige Substanz mit dem Deckel in

*Forschungsinstitut für biologische Landwirtschaft, Frick



Abbildung 1: Schraubdeckel mit weichmacherhaltigem Dichtungsring.

Berührung kommt. Auch mit Senf und Mayonnaise gibt es hier normalerweise keine Probleme, da sie eine eher visköse (steife) Konsistenz besitzen und somit nicht mit dem Deckel in Berührung kommen können.

Epoxidiertes Sojabohnenöl (ESBO), das in den Jahren 2004 bis 2008 ein Thema in den Medien war, wurde inzwischen mehrheitlich durch Phthalate ersetzt. Die negative Berichterstattung in den Medien erwies sich im Nachhinein jedoch als etwas übertrieben, denn laut Studien soll ESBO weder fruchtbarkeitsschädigend noch krebserregend sein (3).

Die Lebensmittelgesetzgebung in der Schweiz (SR 817.023.21) verbietet den Einsatz von Phthalaten in PVC-Folien, die in direkten Kontakt mit Lebensmitteln kommen. Da normalerweise kein Kontakt des Lebensmittels mit der Dichtungsmasse des Schraubdeckels besteht, ist es erlaubt, Phthalate weiterhin als Weichmacher in den PVC-Dichtungsmassen der Deckel einzusetzen.

Im Jahr 2011 wurden in einer Kampagne des Chemischen und Veterinäruntersuchungsamts Stuttgart und des Kantonalen Labors Zürich ölhaltige Konserven in Gläsern mit Schraubdeckeln aus weiten Teilen Europas untersucht (4). Von den

Tabelle: Beispiele der wichtigsten hormonaktiven Substanzen in Lebensmitteln: Vorkommen, Funktion, tolerierbare tägliche Einnahme (TDI: Tolerable Daily Intake) und spezifischer Migrationsgrenzwert (SML: Specific Migration Limit)

Stoffgruppen	Funktion	Vorkommen	Beispiele	TDI ¹ (mg/kg KG)	SML ² (mg/kg)	
Verpackungen	Phthalate	Weichmacher für PVC Dichtungsmasse für Schraubdeckel Schläuche in Verarbeitungsanlagen	DEHP	50 ^a	1,5	
			DINP	150 ^a	9	
	Bisphenole	Herstellung von Epoxidharzen Herstellung von Polycarbonat	DBP	10 ^a	30	
			BBP	500 ^a	30	
Epoxidiertes Sojaöl	Weichmacher für PVC	Dichtungsmasse für Schraubdeckel	Bisphenol A (BPA)	10 ^b	0,6	
Umwelt	Chlororganische Verbindungen	Kühlflüssigkeit Weichmacher	Altlast z.B. aus Transformatoren Altlast aus Isoliermedien, Hydraulikölen etc.	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	1,0–3,0 ^c	–
	Pestizide	Pflanzenschutzmittel	Altlasten im Boden	Lindan	0,001–0,050 ^d	–
				DDT	10 ^c	

¹TDI: ^a = EU; ^b = EFSA; ^c = WHO; ^d = Bayern

² Migrationsgrenzwerte: Verordnung des EDI über Bedarfsgegenstände (SR 817.023.21)

^e = für Säuglingsanfangsnahrung und Folgenahrung oder Getreidebeikost und andere Beikost für Säuglinge und Kleinkinder

rund 300 Proben, die flüssiges Öl enthielten, erfüllten 24 Prozent die gesetzlichen Bedingungen der Schweiz und der EU nicht. Die verwendeten Weichmacher in den Deckeldichtungen waren entweder unzulässig oder wanderten in zu hoher Konzentration in die fetthaltigen Lebensmittel. 2013 wurde die Kampagne, angeführt vom Kantonalen Labor Zürich, wiederholt, diesmal ergänzt durch die Nachfrage der Konformitätserklärungen. Die analytische Untersuchung der Kampagne ergab, dass sich die Situation sogar verschlechtert hatte: 29 Prozent der untersuchten Proben erfüllten die gesetzlichen Bedingungen nicht (5). Die Behörden tolerieren Überschreitungen der Migrationsgrenzwerte vorläufig noch, da die Umsetzung der Anforderungen wegen fehlender Alternativen momentan kaum möglich ist. Weichmacherfreie Dichtungsmassen für Schraubdeckel sind zwar vorhanden, ihr Einsatz stellt die verarbeitende Industrie jedoch vor grosse Herausforderungen: Abfüllanlagen müssen angepasst oder sogar ersetzt werden, was enorme finanzielle Aufwendungen zur Folge hat.

Bisphenol A (BPA) aus Konservendosen und Getränkeflaschen

Bisphenol A wird sowohl als Monomer zur Herstellung von Polycarbonat verwendet als auch als Ausgangsstoff für die Herstellung von Epoxidharzen (6). Aus Polycarbonat werden Lebensmittelbehältnisse wie Mehrweggetränkeflaschen sowie Babyfläschchen und Nuggis hergestellt. Die Epoxidharze hingegen werden sehr häufig als Schutzbeschichtungen und Innenauskleidungen für Konservendosen und Getränkedosen verwendet (siehe *Abbildung 2*). Bei beiden Anwendungen besteht die Gefahr, dass Bisphenol A herausgelöst und im Lebensmittel entsprechend nachgewiesen werden kann. Verstärkt wird die Abgabe von BPA durch erhöhte Temperaturen. Es wird deshalb empfohlen, Babyahrung nicht direkt in der Saugflasche zu erwärmen, sondern trinkwarm abzufüllen. Bei den Konservendosen geschieht der grösste Teil des Stoffübergangs schon bei der Sterilisation und kann deshalb nicht vermieden werden.

Gute Alternativen zu den verwendeten Epoxidharzen stehen derzeit nur sehr begrenzt zur Verfügung und bedürfen zum Teil noch der gesundheitlichen Bewertung.

Momentan geht man in der Schweiz davon aus, dass der Migrationsgrenzwert für Bisphenol A nicht überschritten wird. Die EU verbot diese Substanz jedoch – nachdem sie vor einigen Jahren wieder in die Schlagzeilen geraten war – für den Einsatz bei Babyflaschen. In der Schweiz wird aufgrund eines im Jahre 2013 eingereichten Postulats nächstens über ein generelles Verbot von Bisphenol A diskutiert.

Risiko für Konsumentinnen und Konsumenten

Das Risiko für Konsumentinnen und Konsumenten ist schwierig einzuschätzen, da der Einfluss auf die menschliche Gesundheit von vielen Faktoren abhängt und von Mensch zu Mensch verschieden ist. Fakt ist jedoch, dass hormonaktive Substanzen bereits in sehr geringen Konzentrationen ihre Wirkungen entfalten können (7). Die hormonaktiven Substanzen können das Östrogen-, das Androgen- und das Schilddrüsenhormonsystem beeinflussen (8). Bei ständiger Exposition kann die Fruchtbarkeit bei Mann und Frau stark beeinträchtigt werden. So wurde zum Beispiel eine verminderte Spermienzahl und Spermienqualität bei Männern mit diesen hormonaktiven Substanzen in Verbindung gebracht. Aber nicht nur das: auch das Risiko von Brust- und Prostatakrebs scheint durch hormonaktive Substanzen erhöht zu werden (9). Ausserdem gibt es Hinweise auf eine Beeinträchtigung des Immunsystems.

Phthalate

Für die Phthalate DEHP (Bis[2-ethylhexyl]phthalat; *Abbildung 3*), DBP (Dibutylphthalat) und BBP (Benzylbutyratphthalat) wurden eine testosteronhemmende Wirkung sowie ein negativer Einfluss auf das männliche Reproduktionssystem in Versuchstieren nachgewiesen (7). Es wird vermutet, dass die regelmässige Einnahme dieser Stoffe das Reproduktionssystem von Menschen und



Abbildung 2: Konservendose mit Epoxidharz-Beschichtung

verschiedenen Tierarten erheblich beeinträchtigt (10). Ausserdem können diese Phthalate Entwicklungsstörungen bei den Nachkommen hervorrufen (11).

Bisphenol A

Bisphenol A (*Abbildung 4*) hat eine östrogene Wirkung und kann dadurch das weibliche Hormonsystem stark beeinträchtigen (7, 12). Ausserdem wurde für Bisphenol A auch eine negative Wirkung auf das androgene Hormonsystem und das Schilddrüsenhormonsystem nachgewiesen.

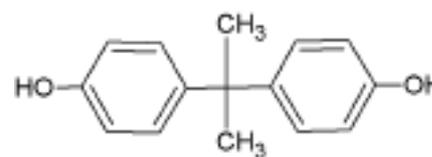


Abbildung 3: Chemische Struktur von Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)

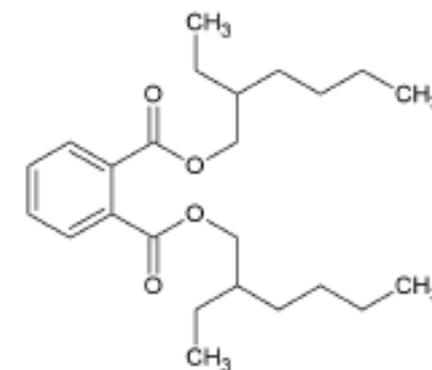


Abbildung 4: Chemische Struktur von Bisphenol A

Besonders problematisch bei der Risikoeinschätzung hormonaktiver Substanzen ist, dass einzelne Bevölkerungsgruppen sensibler darauf reagieren als andere (9, 12). Zu diesen Risikogruppen gehören Kinder in der Entwicklungsphase, Frauen im gebärfähigen Alter und Schwangere, inklusive ihre ungeborenen Kinder. Die Kombination von mehreren hormonaktiven Substanzen macht die Risikoeinschätzung besonders schwierig, da sich die Wirkung mehrerer Substanzen addieren (13) und manchmal auch darüber hinaus steigern kann (14). Da die verschiedenen Schadstoffe einzeln auf ihre Wirkung hin geprüft werden und demzufolge für die meisten Stoffe eine eigene Höchstkonzentration im Lebensmittel gilt, werden diese additiven Effekte möglicherweise erheblich unterschätzt.

Die Verpackung von Lebensmitteln wurde als Hauptquelle von Bisphenol A und dem Phthalat DEHP bestätigt. Gemäss einer Studie von Rudel et al. (15) liess sich die Konzentration dieser Stoffe im Urin von VersuchsteilnehmerInnen durch eine strikte Ernährung mit unverpackten Frischprodukten um über die Hälfte senken. Ein geringerer Konsum vorverpackter Lebensmittel wird die Exposition gegenüber hormonaktiven Substanzen demnach deutlich verringern.

Grundsätzlich kann aber davon ausgegangen werden, dass die Gesundheitsgefährdung für die Konsumentinnen und Konsumenten, wenn die von den Behörden angegebenen Migrationslimiten eingehalten werden, sehr gering ist. Die Lebensmittelgesetzgebung legt Grenzwerte fest, die sicherstellen, dass nach Stand des derzeitigen Wissens keine Gesundheitsgefährdung beim Verzehr der Lebensmittel besteht (siehe *Tabelle*). Als Grundlage für die Berechnung der tolerierbaren täglichen Aufnahmemenge (TDI) wird davon ausgegangen, dass ein 60 kg schwerer Mensch täglich 1 kg des betroffenen Lebensmittels verzehrt. Zusätzlich wird ein Sicherheitsfaktor von mindestens 100 einkalkuliert. Zur Berechnung der Belastung eines Lebensmittels wird eine Fläche von 6 dm² Direktkontakt zwischen Verpackung und Lebensmittel angenommen. Damit lässt sich sicherstel-

len, dass das Lebensmittel auch für solche sensible Bevölkerungsgruppen unbedenklich ist, die auf einzelne Stoffe empfindlicher reagieren.

Neben dem TDI wird für viele Substanzen der höchste zulässige Migrationswert festgelegt. Unterschieden werden die Globalmigration, die für alle Stoffe gesamthaft höchstens 10 mg/dm² betragen darf, und spezifische Migrationslimiten (SML), die je nach Substanz unterschiedlich sind. In der Schweiz werden die Migrationsgrenzwerte in der Verordnung über Bedarfsgegenstände (SR 817.023.21) festgelegt.

Zukunftsansichten

Alternativen für Deckeldichtungen sind inzwischen vorhanden und werden von einzelnen Lebensmittelherstellern bereits eingesetzt. Am weitesten verbreitet ist der Deckel mit dem «blauen Ring», der als Dichtungsmasse ein thermoplastisches Elastomer, das Provalin, enthält. Diese Deckel entsprechen der momentan gültigen Gesetzgebung und sollten nach aktuellem Stand des Wissens keine gesundheitsgefährdenden Stoffe in Lebensmittel abgeben. Ob sich dies in Zukunft bestätigt oder ob sich langfristig auch dort gesundheitsgefährdende Wirkungen feststellen lassen, sei dahingestellt.

Fazit

Wer trotz geringem gesundheitlichem Risiko die Aufnahme hormonaktiver Substanzen aus Lebensmitteln vermeiden möchte, kann nur eines tun: selber kochen! Wer nicht kochen will, soll versuchen, keine fetthaltigen Produkte aus Glasbehältern mit Schraubdeckel und keine Produkte aus Konserven zu essen.

Korrespondenzadresse:

Dr. Regula Bickel
Leiterin Lebensmittel, Dept. Sozioökonomie
Forschungsinstitut für biologischen
Landbau FiBL
Ackerstrasse 113, Postfach 219
5070 Frick
E-Mail: regula.bickel@fibl.org

Literatur:

1. Arvanitoyannis IS, Bosnea L; Migration of substances from food packaging materials to foods. *Critical reviews in food science and nutrition* 2004; 44 (2): 63–76.
2. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012): Ausmass der Migration unerwünschter Stoffe aus Verpackungsmaterialien aus Altpapier in Lebensmittel. www.s ge.com/sites/default/files/BMELV_Studie_ger_Rueckstaende_Verpackungen.pdf
3. EFSA Panel Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food (AFC): On a request from the Commission related to the use of Epoxidised soybean oil in food contact materials. *The EFSA Journal* 2004; 64: 1–17.
4. Kantonales Labor Zürich; Jahresbericht 2011.
5. Kantonales Labor Zürich; Jahresbericht 2013.
6. EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids (CEF): Scientific Opinion on Bisphenol A: evaluation of a study investigating its neurodevelopmental toxicity, review of recent scientific literature on its toxicity and advice on the Danish risk assessment of Bisphenol A. *EFSA Journal* 2010; 8 (9): 1829.
7. Roig B, Mnif W, Hadj Hassine AI, Zidi I, Bayle S, Bartegi A, Thomas O; Endocrine disrupting chemicals and Human health risk assessment: A critical review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 2013; 43 (21): 2297–2351.
8. Snyder SA, Westerhoff P, Yoon Y, Sedlak DL; Pharmaceuticals, personal care products, and endocrine disruptors in water: implications for the water industry. *Environmental Engineering Science* 2003; 20 (5): 449–469.
9. Muncke J; Endocrine disrupting chemicals and other substances of concern in food contact materials: an updated review of exposure, effect and risk assessment. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology* 2011; 127 (1): 118–127.
10. Gray LE, Ostby J, Furr J, Price M, Veeramachaneni DR, Parks L; Perinatal exposure to the phthalates DEHP, BBP, and DINP, but not DEP, DMP, or DOTP, alters sexual differentiation of the male rat. *Toxicological Sciences* 2000; 58 (2): 350–365.
11. Bundesamt für Gesundheit BAG: Factsheet Phthalate. Factsheet Phthalate/aktualisiert Oktober 2012.
12. Rogers JA, Metz L, Yong VW; Review: Endocrine disrupting chemicals and immune responses: a focus on bisphenol-A and its potential mechanisms. *Molecular immunology* 2013; 53 (4): 421–430.
13. Silva E, Rajapakse N, Kortenkamp A; Something from «nothing» – eight weak estrogenic chemicals combined at concentrations below NOECs produce significant mixture effects. *Environmental science & technology* 2002; 36 (8): 1751–1756.
14. Christiansen S, Scholze M, Dalgaard M, Vinggaard AM, Axelstad M, Kortenkamp A, Hass U; Synergistic disruption of external male sex organ development by a mixture of four antiandrogens. *Environmental Health Perspectives* 2009; 117 (12): 1839.
15. Rudel RA, Gray JM, Engel CL, Rawsthorne TW, Dodson RE, Ackerman JM, Brody JG; Food packaging and bisphenol A and bis (2-ethylhexyl) phthalate exposure: findings from a dietary intervention. *Environmental health perspectives* 2011; 119 (7): 914–920.