

Arch Lebensmittelhyg 62,  
108–115 (2011)  
DOI 10.2376/0003-925X-62-108

© M. & H. Schaper GmbH & Co.  
ISSN 0003-925X

Korrespondenzadresse:  
klaus.abraham@bfr.bund.de

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Berlin

## Review: Die Vorkommnisse um Dioxin in Futtermitteln in Deutschland 2011 – Gab es ein Risiko für Verbraucher?

*Review: Incidents regarding dioxin in feedstuff in Germany 2011 – a consumer health risk?*

Abraham, K.; Appel, K. E.; Berg, K.; Heinemeyer, G.; Lahrssen-Wiederholt, M.; Lange, N.; Lindtner, O.; Schafft, H.; Spolders, M.; Vieth, B.; Weissenborn, A.; Wittkowski, R.

### Zusammenfassung

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat die Bewertung des gesundheitlichen Risikos durch Dioxine bei Verzehr von Eiern und Fleisch auf Basis von Analysedaten, die von Bundesländern und Mitgliedern der Fachverbände des Lebensmittel- und Agrarsektors zur Verfügung gestellt wurden, vorgenommen.

Zur Ableitung von Verzehrsempfehlungen im laufenden Dioxin-Geschehen und der Festlegung gegebenenfalls darüber hinausgehender Managemententscheidungen war zu klären, ob und inwieweit für Verbraucher, die kontaminierte Lebensmittel verzehrt hatten, ein gesundheitliches Risiko bestanden hat. Die vorliegende Risikobewertung wurde anhand des „Leitfadens für gesundheitliche Bewertungen“ des BfR erstellt (BfR, 2010).

**Schlüsselwörter:** Dioxine, Risikobewertung, Futterfette, Exposition, Körperlast, Schwein, Ei

### Summary

The Federal Institute for Risk Assessment (BfR) has carried out the valuation of the health risk from dioxins in consumption of eggs and meat on the basis of analytical data, which were provided from federal states and members of trade associations of food and agricultural sector.

To derive dietary recommendations in the current dioxin event and additionally to determine intended management decisions, was to investigate whether and to what extent consumers who had eaten contaminated food, have passed a health risk. This risk assessment has been prepared on the basis of the "Guidance Document for health assessments," of the BfR (BfR, 2010).

**Keywords:** Dioxins, risk assessment, feed fats, exposure, body burden, pig, egg

## 1 Gegenstand der Bewertung

Im Bundesland Schleswig-Holstein wurde im Dezember 2010 eine Verunreinigung von pflanzlichem Futterfett mit polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen (PCDD/F) festgestellt. Technische Fettsäuren mit hohen Dioxingehalten sind in pflanzliche Futterfette eingemischt und anschließend zur Futtermittelherstellung verwendet worden. Verschiedene Geflügel-, Schweinemast-, Legehennen- sowie Milcherzeugerbetriebe haben Futtermittel mit den verunreinigten Fetten bezogen und verfüttert.

## 2 Ergebnis

Die gemessenen Dioxingehalte in Eiern, Fleisch von Legehennen und Mastschweinen lagen nur in wenigen Fällen über den gesetzlichen Höchstgehalten. Bei Fleisch von Mastgeflügel und Milch wurden keine Überschreitungen festgestellt. Von den untersuchten Mischfuttermitteln wurde in keiner Probe der zulässige Höchstgehalt für Dioxine überschritten.

Der in der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 festgelegte Höchstgehalt für Dioxine in Fleisch und Fleischerzeugnissen von Schweinen von 1 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Fett wurde in 4 von 124 Proben überschritten (ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit). Von 175 vorliegenden Analyseergebnissen von Eiern überschritten 33 den in der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 festgelegten Höchstgehalt für Eier und Eiprodukte von 3 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Fett (ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit). Ein Pikogramm (pg) entspricht einem billionstel Gramm.

Der berichtete Maximalbefund von 1,51 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Fett überschreitet den festgelegten Höchstgehalt von Dioxinen für Schweinefleisch um den Faktor 1,5. Der in Eiern ermittelte Maximalbefund von 12,14 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Fett überschreitet den festgelegten Höchstgehalt für Dioxine um den Faktor 4. Das BfR kommt zu dem Schluss, dass, selbst wenn Eier oder Schweinefleisch mit Gehalten im Bereich der höchsten gemessenen Werte aus den Verdachtsproben über einen längeren Zeitraum verzehrt wurden, weder eine unmittelbare noch eine langfristige gesundheitliche Beeinträchtigung für die Verbraucher zu erwarten ist.

Werden die in den Verdachtsproben nachgewiesenen mittleren Dioxingehalte der Lebensmittel zugrunde gelegt,

wird die tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI) allein durch die Aufnahme von Dioxinen aus Eiern zu ca. 4 % ausgeschöpft. Dabei wurde von einem mittleren Verzehr auf Basis der Daten der Nationalen Verzehrsstudie II ausgegangen. Bei Schweinefleisch liegt lediglich eine Ausschöpfung des TDI von ca. 1 % vor. Bei Vielverzeichern (95. Perzentil) von Eiern und Schweinefleisch ergäbe sich eine Ausschöpfung des TDI von etwa 10 % für Eier und 2 % für Schweinefleisch.

Jeder Mensch nimmt im Rahmen der Hintergrundbelastung täglich Spuren von Dioxinen über Lebensmittel auf, die wegen der hohen chemischen und biologischen Stabilität der Verbindungen zu einer dauerhaften Körperlast (z. B. 10 pg WHO-PCDD/F-TEQ /g Fett) führen und aufgrund ihrer Lipophilie im Körperfett gespeichert werden. Durch Dioxinuntersuchungen in Frauenmilch kann diese Körperlast sehr gut ermittelt werden. Die Gehalte sind in den letzten Jahren kontinuierlich gesunken. Die Menge an Dioxinen, die im Dioxinfall 2011 über kontaminierte Lebensmittel über einen begrenzten Zeitraum (z. B. einen Monat) maximal hätte aufgenommen werden können, würde nur unwesentlich zur Erhöhung der Körperlast beitragen. Ein hoher Verzehr von täglich 2 Eiern (mit 12 pg/g Fett) über einen Monat würde eine zusätzliche Aufnahme von 5040 pg (Hintergrundbelastung abgezogen) und damit eine Erhöhung der Körperlast um 3,4 % (von 10,0 auf 10,3 pg/g Fett) ergeben.

Im Rahmen der Futtermittel- und Lebensmittelüberwachung findet eine regelmäßige Kontrolle in Bezug auf die Einhaltung der Höchstgehalte statt. Wesentliche Möglichkeiten und Strategien, die Dioxinbelastung des Menschen zu reduzieren, bestehen darin, die im Rahmen der Überwachung gewonnenen Erkenntnisse dahingehend zu nutzen, Eintragspfade bzw. punktuelle Dioxinquellen zu verschließen.

## 3 Begründung

### 3.1 Risikobewertung

#### 3.1.1 Agents

Der Begriff „Dioxine“ bezieht sich auf zwei Klassen unterschiedlich chlorierter Verbindungen, die aus 75 polychlorierten Dibenzop-dioxinen (PCDD) und 135 polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) bestehen. Dioxine (PCDD/F) haben ähnliche chemische und physikalische Eigenschaften.

## Full Service – rund um Lebensmittel

- Fachbereich Labor akkreditiert nach ISO/IEC 17025
- allgemeine chemisch-physikalische/mikrobiologische Untersuchungen von Lebensmitteln auch nach § 64 LFGB
- kompetente Rückstandsanalytik (LC-MS/MS, GC-MS/MS, GC-MS, GC, HPLC)
- Vorbereitung und Einführung von Qualitätsmanagementsystemen entsprechend IFS, BRC Global Standard-Food, Prüfkonzert Qualität und Sicherheit
- Hygieneauditorungen in der Lebensmittelwirtschaft und im Lebensmittelhandel
- Schulungen (Hygiene, HACCP, Qualitätsmanagement, Infektionsschutzgesetz)
- risikoorientierte Betriebsbegehung nach IFS Version 5

**bilacon**  
Gesellschaft für Laboranalytik,  
Lebensmittelhygiene  
und Prozessmanagement mbH

**Hauptsitz Berlin**  
Gustav-Adolf-Str. 143  
13086 Berlin  
Tel.: 0 30/47 37 64-0  
Fax: 0 30/47 17 92-1  
bilacon@bilacon.de  
www.bilacon.de

ten. Sie sind lipophile Verbindungen, die sich im Körperfett von Tieren und Menschen anreichern. Besonders toxisch und gleichzeitig persistent sind die 17 Kongenere, die in 2,3,7,8-Stellung chloriert sind. Das Kongener mit der höchsten Toxizität ist das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (TCDD), das so genannte Seveso-Dioxin. In Relation zur Toxizität dieses Kongeners werden den anderen 2,3,7,8-substituierten Dioxinen gleiche bzw. niedrigere Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) zugeordnet. Die Konzentrationen der einzelnen Kongenere werden mit den von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) festgelegten TEF multipliziert und anschließend addiert. Daraus ergibt sich als Summe die Dioxin-Toxizitätsäquivalentkonzentration (WHO-PCDD/F-TEQ), die in Bezug auf die Toxizität der Konzentration von reinem TCDD entspricht.

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind eine Gruppe von 209 Kongeneren chlorierter Substanzen, die sich durch unterschiedliche Anzahl und Stellung der Chloratome am Biphenyl unterscheiden. Wie Dioxine sind PCB lipophil, teilweise persistent und reichern sich daher im Körperfett von Mensch und Tier an.

In der von der Europäischen Kommission am 19. Dezember 2006 erlassenen Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 sind im Anhang, Abschnitt 5, sowohl Höchstgehalte für WHO-PCDD/F-TEQ als auch für WHO-PCDD/F-PCB-TEQ aufgeführt.

### 3.1.2 Gefährdungspotenzial

Akute Wirkungen von hohen Dioxin-Dosen sind beim Menschen nur nach beruflicher, unfallbedingter oder vor-sätzlicher Aufnahme beschrieben.

Als chronische Wirkungen von Dioxinen wurden in Tierversuchen Störungen der Reproduktionsfunktion, des Immunsystems, des Nervensystems und des Hormonhaushalts beschrieben. In tierexperimentellen Studien wiesen männliche Ratten die größte Empfindlichkeit gegenüber Dioxinen auf. Dabei wurde die Entwicklung des Immunsystems und des Genitalapparates bei pränatal gegenüber Dioxinen exponierten Ratten als sehr sensibler Endpunkt ermittelt (z. B. WHO, 2002). Darüber hinaus sind als empfindlichste Zielorgane gegenüber einer Dioxin-Exposition die Leber und die Schilddrüse identifiziert worden. Inwieweit diese Effekte auch beim Menschen eine Rolle spielen, ist noch nicht geklärt. Verschiedene Dioxine gelten als Tumorpromotoren.

Hinsichtlich der Toxizität von Dioxinen bei Nicht-Labortieren und landwirtschaftlichen Nutztieren liegen nur sehr wenige Untersuchungen vor. In Belgien wurde bei Legehennen ein Rückgang der Legeleistung um 10–30 % sowie neurologische Vergiftungssymptome beobachtet (Broeckaert und Bernard, 2000). Allerdings wies das Futter in dieser Untersuchung mit 781 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg sehr hohe Konzentrationen auf. In Österreich wurden beim Einsatz von dioxinhaltigen Tonmineralien als Bindemittel keine toxischen Effekte beim Schwein und Geflügel beobachtet (SCAN, 2000), allerdings waren die Dioxinkonzentrationen im Futter mit 4,8 bis 6,2 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg auch deutlich geringer als die analysierten Dioxingehalte in Belgien.

Bei moderaten Dioxingehalten ist daher nicht mit nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit der Tiere zu rechnen (SCAN, 2000).

### 3.1.3 Exposition

#### Exposition durch Hintergrundbelastung am Beispiel Frauenmilch

Der Mensch nimmt Dioxine im Wesentlichen über tierische Lebensmittel auf. Frauenmilch ist als fettreiche und leicht zugängliche Körperflüssigkeit ein guter Bioindikator für die Hintergrundbelastung des Menschen mit den im Körperfett gespeicherten lipophilen und persistenten Dioxinen. Die Dioxingehalte in Frauenmilch, Blut und Fettgewebe sind bezogen auf die Fettbasis in allen drei Matrices etwa gleich (Beck, 1992). Umweltbezogene emissionsmindernde Regularien und technische Maßnahmen haben in den letzten 25 Jahren zu einer deutlichen Reduzierung des Eintrags in die Lebensmittelkette und damit der täglichen Dioxinaufnahme durch den Menschen geführt. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen kann anhand des zeitlichen Trends von Dioxinen in Frauenmilch sehr gut überprüft und verfolgt werden (Abb. 1).

Daten zu Dioxingehalten in Frauenmilch für den Zeitraum 1986 bis 2009 liegen aus den Bundesländern vor (Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder 2010). Die aktuellen Auswertungen belegen, dass die durchschnittlichen Dioxingehalte in Frauenmilch aus Deutschland kontinuierlich von 35,7 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g MilCHFett (1985–1990) auf 6,3 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g MilCHFett im Jahr 2009 zurückgegangen sind. Das ist ein Rückgang um mehr als 80 % innerhalb der letzten 25 Jahre. In anderen Industrieländern werden ebenfalls deutlich sinkende Gehalte beobachtet. Auch die 95. Perzentile und berichteten Maximalwerte an Dioxinen in Frauenmilch folgen diesem Trend; mit 10 bzw. 11,5 pg WHO-PCDD/F-TEQ/g MilCHFett betragen diese nur noch ca. 30 % der durchschnittlichen Belastung von 1990.

#### Exposition über Lebensmittel

##### Verzehrsdaten

Die Auswertungen für die Langzeitexposition beruhen auf Daten der „Dietary History“-Interviews der Nationalen Verzehrstudie II (NVS II), die mit Hilfe des Programms „DISHES 05“ erhoben wurden (MRI, 2008). Die NVS II ist die zurzeit aktuelle repräsentative Studie zum Lebensmittelverzehr der deutschen Bevölkerung. Die Studie, bei der etwa 20.000 Personen im Alter zwischen 14 und 80 Jahren mittels drei verschiedener Erhebungsmethoden (Dietary History, 24h-Recall und Wiegeprotokoll) zu ihrem Ernährungsverhalten befragt wurden, fand zwischen 2005 und 2006 in ganz Deutschland statt. Mit der „Dietary History“-Methode wurden 15.371 Personen befragt und retrospektiv ihr üblicher Verzehr der letzten vier Wochen (ausgehend vom Befragungszeitpunkt) erfasst. Sie liefert gute Schätzungen für die langfristige Aufnahme von Stoffen, wenn Lebensmittel in allgemeinen Kategorien zusammengefasst werden oder Lebensmittel betrachtet werden, die einem regelmäßigen Verzehr unterliegen.

Die Auswertungen der Verzehrsdaten wurden im Rahmen des Projektes „LEUKon“ durchgeführt (Blume et al., 2010).

Für die Aufnahmeschätzungen wurden die individuellen Körpergewichte der Befragten zugrunde gelegt. Fehlende Messwerte zum Körpergewicht wurden durch Selbstangaben der Befragten (846 Personen) oder in Anlehnung an die „Hot-Deck“-Methode (Little und Rubin, 2002) bei Stratifizierung nach Geschlecht, Altersgruppen, sozialer Schicht und Schwangerschaftstrimester (57 Personen) ersetzt.

Die Aufnahmeschätzungen für Kinder beruhen auf Verzehrdaten aus der VELS-Studie (Heseker et al., 2003). Die Studie wurde zwischen 2001 und 2002 an 816 Säuglingen und Kleinkindern im Alter zwischen 6 Monaten bis unter 5 Jahren in ganz Deutschland durchgeführt. Die Eltern haben für jedes Kind zweimal 3-Tage-Ernährungsprotokolle über alle verzehrten Lebensmittel geführt. Die hier vorgenommenen Auswertungen beziehen sich auf den Verzehr von Kindern zwischen 2 und unter 5 Jahren mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 16,15 kg (BfR, 2005).

Für beide Studien wurden vor der Berechnung der Verzehrsmengen Rezepte/Gerichte und nahezu alle zusammengesetzten Lebensmittel in ihre unverarbeiteten Einzelbestandteile aufgeschlüsselt.

Dioxingehalte in Eiern und Schweinefleisch im Dioxinfall 2011

In Tabelle 1 sind die von den Bundesländern und Mitgliedern der Fachverbände des Lebensmittel- und Agrarsektors übermittelten Gehalte von WHO-PCDD/F-TEQ (Stand: 24. 1. 2011, 14 Uhr), gemessen in Eiern und Schweinefleisch, sowie die entsprechenden Höchstgehalte und deren Überschreitungen dargestellt. Diese Messungen geben kein repräsentatives Bild der Belastungssituation auf dem deutschen Markt wieder, sondern stellen die Befunde aus risikoorientierten Einzelmessungen (ausschließlich Verdachtsproben) dar. Sie wurden von Bundesländern und Mitgliedern der Fachverbände des Lebensmittel- und Agrarsektors zur Verfügung gestellt. Einige Daten konnten nicht mit in die Auswertung einbezogen werden, da das Ergebnis der Analyse nicht als Zahlenwert übermittelt wurde. Zu beachten ist außerdem, dass von den Laboren

**TABELLE 1:** Gehalte von WHO-PCDD/F-TEQ in pg/g Fett in 175 Hühnereiprüben und 124 Schweinefleischproben sowie die prozentuale Angabe der Höchstgehaltsüberschreitungen (Stand 24. 1. 2011).

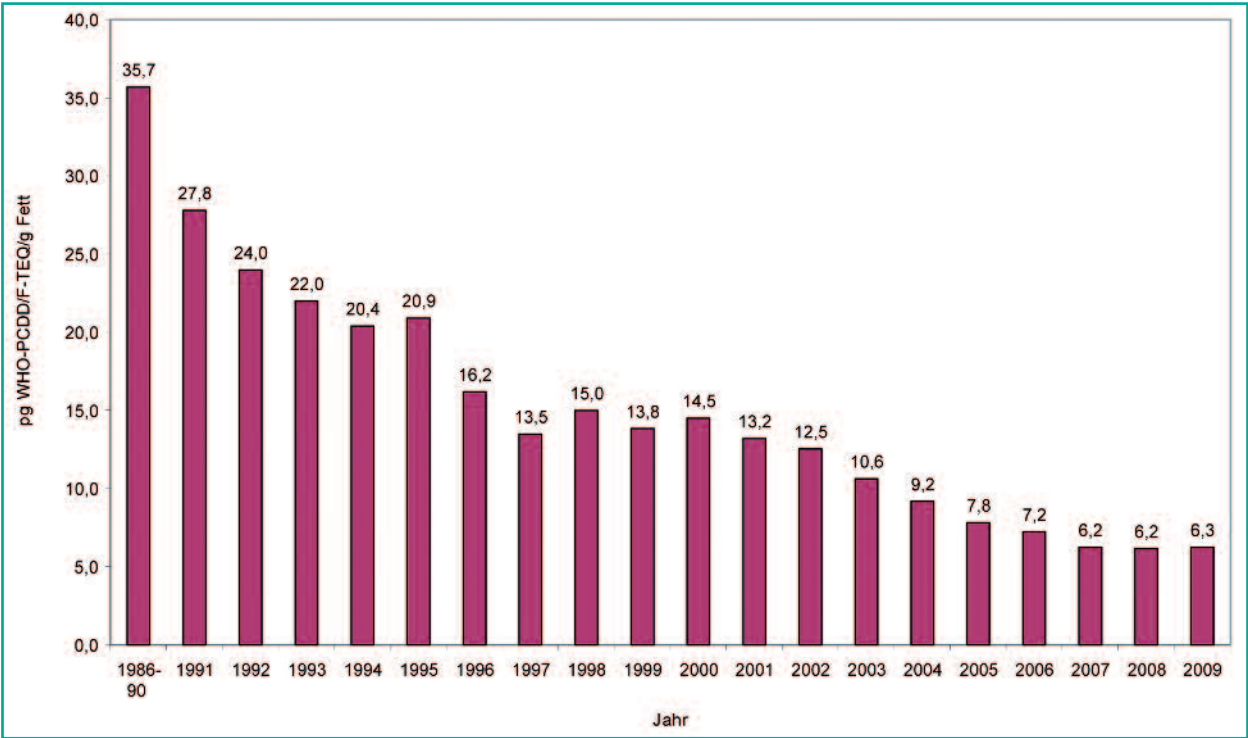
|                                                           | Hühnereier | Schwein, Fleisch |
|-----------------------------------------------------------|------------|------------------|
| Mittelwert                                                | 1,9        | 0,3              |
| Minimum                                                   | 0,1        | 0,1              |
| Maximum                                                   | 12,1       | 1,5              |
| zulässiger Höchstgehalt                                   | 3,0        | 1,0              |
| Anzahl Überschreitungen des zulässigen Höchstgehaltes (%) | 19         | 3                |

unterschiedlich große Messunsicherheiten angegeben wurden, die in den Gehaltsmessungen keine Berücksichtigung finden.

Als Mittelwert aus den Analysendaten ergibt sich für Eier eine Konzentration von ca. 2 pg WHO-PCDD/F-TEQ /g Fett und für Schweinefleisch von 0,3 pg WHO-PCDD/F-TEQ /g Fett.

Dioxingehalte in Futtermitteln im Dioxinfall 2011

Insgesamt lagen Analyseergebnisse von 234 Futtermitteln vor, davon 50 Mischfuttermittel und 184 Ausgangserzeugnisse (Fette, Fettsäuren). Diese Messungen geben kein repräsentatives Bild der Belastungssituation auf dem deutschen Markt wider, sondern stellen die Befunde aus risikoorientierten Einzelmessungen (ausschließlich Verdachtsproben) dar. Sie wurden von Bundesländern und Mitgliedern der Fachverbände des Agrarsektors zur Verfügung gestellt (Auswertung der bis zum 24. 1. 2011 übermittelten Daten). Von den untersuchten Mischfuttermitteln wurde in keiner Probe der zulässige Höchstgehalt für Dioxine (0,75 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg, bezogen auf ein Futtermittel mit einem Trockensubstanzgehalt von



**ABBILDUNG 1:** Zeitlicher Trend der Gehalte an Dioxinen (pg WHO-PCDD/F-TEQ/g Fett) in Frauenmilch aus Deutschland 1986–2009. Diese Angaben beziehen sich nur auf die Dioxine (PCDD/PCDF), die dioxinähnlichen PCB wurden hierbei nicht berücksichtigt.

**TABELLE 2:** Dioxingehalte in den analysierten Futtermitteln Fettsäure, Futterfett und Mischfuttermittel in ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg sowie die prozentuale Angabe der Höchstgehaltsüberschreitungen (Stand 24. 1. 2011).

|                                                              | Fettsäuren<br>(n=86) | Futterfett<br>(n=85) | Mischfutter<br>(n=59) |
|--------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| MW ± SD                                                      | 5,55 ± 12,80         | 0,71 ± 0,85          | 0,10 ± 0,10           |
| Min – Max                                                    | 0,31 – 62,07         | 0,11 – 7,56          | 0,04 – 0,47           |
| Anzahl Überschreitungen des<br>zulässigen Höchstgehaltes (%) | 71                   | 21                   | 0                     |

88 %) überschritten. Die höchsten Gehalte wurden mit 0,47 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg in einem Sauenfutter analysiert. Die Spannweite aller Mischfutteranalysen (Masthähnchen, Mastputen, Legehennen, Ferkel, Mastschweine, Sauen, Rinder) reichte von 0,04 bis 0,47 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg. Der mittlere Dioxingehalt der analysierten Mischfuttermittel betrug 0,10 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg (Tab. 2).

Anders sehen die Analyseergebnisse der zur Mischfutterherstellung verwendeten Ausgangserzeugnisse (Fette und Fettsäuren) aus. Hier ist eine Abnahme des Dioxingehalts von den als Ausgangssubstanz verwendeten Fettsäuren zu den daraus hergestellten Futterfetten (die als Komponente in das Mischfuttermittel eingemischt werden) festzustellen. Von insgesamt 85 untersuchten Fettproben lagen 21 % oberhalb des zulässigen Höchstgehaltes von 0,75 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg, eine Probe überschritt sogar das Zehnfache dieses Höchstgehaltes. Die Variationsbreite aller analysierten Fette erstreckte sich von 0,11 bis 7,56 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg. Der mittlere Dioxingehalt der Fettproben betrug 0,71 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg (Tab. 2).

Deutlich höhere Dioxingehalte wurden in den Ausgangsfettsäuren ermittelt (86 Proben); die Variationsbreite betrug 0,31 bis 62,07 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg. Insgesamt lagen 71 % aller Fettsäureproben oberhalb des zulässigen Höchstgehaltes (0,75 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg), 30 % aller Proben sogar oberhalb des Zehnfachen des Höchstgehaltes. Der mittlere Dioxingehalt der Fettsäureproben betrug 5,55 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg.

Bei den sogenannten Mischfettsäuren (10 Proben), einer Mischung verschiedener Fettsäuren, wurden mit 2,01 bis 150 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg mit Abstand die höch-

sten Dioxingehalte analysiert. Alle vorliegenden Ergebnisse von Mischfettsäuren lagen oberhalb des zulässigen Höchstgehaltes (0,75 ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg).

### 3.1.3.1 Dioxinaufnahme über den Verzehr von Eiern und Schweinefleisch im Dioxinfall 2011

#### Modellhafte Aufnahmeschätzungen für Erwachsene

Die auf Grundlage der NVS II-Daten (LExU-Kon) und der vorliegenden Werte von Dioxinen geschätzten Aufnahmen für Eier und Schweinefleisch sind in Tabelle 3 dargestellt.

Bei einem mittleren Verzehr (Mittelwert) wird der TDI für Dioxine und PCB (2 pg/ kg KG pro Tag; abgeleitet aus TWI des SCF, 2001, von 14 pg/ kg KG pro Tag) durch die Aufnahme von Dioxinen (WHO-PCDD/F-TEQ) über Eier zu ca. 4 % und über Schweinefleisch zu ca. 1 % ausgeschöpft. Wird ein hoher Verzehr (95. Perzentil) zugrunde gelegt, ergibt sich eine Ausschöpfung des TDI von etwa 10 % für Eier und 2 % für Schweinefleisch. Die berechneten Aufnahmen unterliegen der Annahme eines längerfristigen bzw. lebenslangen Verzehrs der Lebensmittel mit Gehalten des aktuellen Dioxinfalls, wovon nicht ausgegangen werden kann. Die Belastung der Lebensmittel aus den übermittelten Analyseergebnissen ist als zeitlich begrenzter Ausschnitt anzusehen und damit auch die daraus ermittelten Dioxin-Aufnahmen über Eier und Schweinefleisch. Eine Aussage über eine zukünftige Belastung der Lebensmittel sowie Rückschlüsse hieraus sind nicht zu ziehen.

#### Modellhafte Aufnahmeschätzungen für Kinder

In Tabelle 4 sind Aufnahmen von WHO-PCDD/F-TEQ für Kinder (2 bis < 5 Jahre) auf Grundlage der VELs-Daten und der vorliegenden Analyseergebnisse (Mittelwert, s. Tab. 1) dargestellt. Der Verzehr für Schweinefleisch beinhaltet keine Schweinefleischerzeugnisse/ Wurstwaren. Für die Berechnung des fettbezogenen Verzehrs wurden die auf Basis des LEXUKon-Projektes ermittelten durchschnittlichen Fettgehalte der Lebensmittel verwendet.

Die Nutzung (Mittelung) von wenigen Einzeltagesmessungen (VELs) für die Berechnung einer lebenslangen Aufnahme ist mit Unsicherheiten verbunden, die insbesondere bei Aussagen zu detaillierten Lebensmittelgruppen oder bei Schätzungen mit einem hohen Prozentsatz Nicht-verzehrer zu beachten sind.

**TABELLE 3:** Modellhafte Langzeitaufnahmen (Erwachsene) von WHO-PCDD/F-TEQ auf Grundlage vorliegender Messungen.

| Lebensmittel          | MW Gehalt<br>(pg/g Fett) | Aufnahme in pg/kg KG pro<br>Tag bei mittleren Gehalten |                      | Ausschöpfung des TDI von<br>2 pg/ kg KG pro Tag (%) |                      |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|
|                       |                          | Bei mittlerem<br>Verzehr                               | Bei hohem<br>Verzehr | Bei mittlerem<br>Verzehr                            | Bei hohem<br>Verzehr |
| Eier, auch getrocknet | 1,9                      | 0,081                                                  | 0,199                | 4,1                                                 | 9,9                  |
| Schwein, Fleisch      | 0,3                      | 0,012                                                  | 0,030                | 0,6                                                 | 1,5                  |

**TABELLE 4:** Modellhafte Langzeitaufnahmen (Kinder 2 bis < 5 J.) von WHO-PCDD/F-TEQ auf Grundlage vorliegender Messungen.

| Lebensmittel     | Aufnahme in pg/kg KG* pro<br>Tag bei mittleren Gehalten<br>bei mittlerem Verzehr | Ausschöpfung des TDI von<br>2 pg/ kg KG pro Tag (%) |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Eier             | 0,252                                                                            | 12,6                                                |
| Schwein, Fleisch | 0,009                                                                            | 0,4                                                 |

\*bezogen auf ein Standardkörpergewicht (VELs) von 16,15 kg

### 3.1.3.2 Expositionsschätzung über die Aufnahme von Futtermitteln für Legehennen und Mastschweine

Nutztiere nehmen Dioxine (PCDD/F) in erster Linie über den Boden oder über Verunreinigungen des Futters mit Bodenbestandteilen auf

(Rychen et al., 2008). PCDD/F können aus der Atmosphäre und dem Boden auf die Pflanzen gelangen. Die Aufnahme von PCDD/F über die Wurzeln ist für die meisten Pflanzen unbedeutend. Der Höchstgehalt für Futtermittel-Ausgangserzeugnisse pflanzlichen Ursprungs, mit Ausnahme von pflanzlichen Ölen und Nebenerzeugnissen, liegt EU-weit (Richtlinie 2002/32/EG) bei 0,75 ng

WHO-PCDD/F-TEQ/kg (bezogen auf ein Futtermittel mit einem Trockensubstanzgehalt von 88 %). Eine Übersicht über mittlere Dioxingehalte von bestimmten Futtermitteln gibt Tabelle 5.

### 3.2 Risikocharakterisierung

#### Tolerierbare Aufnahmemengen

Von der WHO wurde für die tolerierbare tägliche Aufnahme (TDI) ein Bereich von 1 bis 4 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg KG und Tag abgeleitet (WHO, 2000). Dieser Wert gilt für die Summe von Dioxinen und dioxin-ähnlichen PCB. Der TDI definiert die tolerierbare Menge, die bei lebenslanger täglicher Aufnahme keine nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit beim Menschen erwarten lässt. Die obere Grenze (der TDI von 4 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg KG/d) wird als provisorische Basis der maximal tolerierbaren Aufnahme verstanden. Der untere Wert dokumentiert das Ziel der WHO, die Aufnahme von WHO-PCDD/F-PCB-TEQ beim Menschen auf unter 1 pg/kg KG und Tag zu reduzieren. Als Grundlage für den TDI-Bereich hat die WHO die Lowest Observed Adverse Effect Levels (LOAELs) herangezogen, die in unterschiedlichen Studien für verschiedene Endpunkte, z. B. entwicklungstoxische Effekte, bei unterschiedlichen Spezies beschrieben wurden.

Vom Scientific Committee on Food (SCF) der Europäischen Union (EU) wurde 2001 die tolerierbare wöchentliche Aufnahme (tolerable weekly intake, TWI) von 14 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ /kg KG abgeleitet (entspricht TDI von 2 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ /kg KG pro Tag) (SCF, 2001). Als Grundlage für die Ableitung des TWI hat das SCF den LOAEL für die verminderte Spermienproduktion und das veränderte Sexualverhalten von männlichen Wistar-Ratten herangezogen, die von Faqi et al. (1998) beschrieben wurden.

#### Risikobewertung für Erwachsene und Kinder

Bei den errechneten Ausschöpfungen des TDI (SCF, 2001) von ca. 4 % für den mittleren Verzehr von Eiern und von ca. 1 % für den mittleren Verzehr von Schweinefleisch bzw. der Ausschöpfung bei einem hohen Verzehr (95. Perzentil) von etwa 10 % für Eier und 2 % für Schweinefleisch sind keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen des Verbrauchers zu erwarten. Das Gleiche gilt für Kinder bei denen sich für den mittleren Verzehr TDI-Ausschöpfungen von etwa 12,6 % für Eier und 0,4 % für Schweinefleisch berechnen.

#### Risikobewertung für Säuglinge

Nach heutiger Datenlage nimmt ein 3 Monate alter voll gestillter Säugling im Mittel täglich 35 pg WHO-PCDD/F-TEQ/kg KG an Dioxinen über die Muttermilch auf. Die WHO hat sich intensiv mit den im Vergleich zum TDI wesentlich höheren Aufnahmemengen des Säuglings auseinandergesetzt. Nach Bewertung der WHO ist das Stillen nachweislich mit gesundheitlichen Vorteilen für das Kind verbunden, während die höhere Dioxinaufnahme nur in einem sehr kurzen Lebenszeitabschnitt erfolgt: Deshalb hat die WHO das Stillen uneingeschränkt empfohlen (WHO, 2000).

Auch die Nationale Stillkommission am BfR empfiehlt uneingeschränkt das Stillen (Nationale Stillkommission, 1996). Die Stillkommission hat auch zu Zeiten höherer Dioxin-Konzentrationen in Frauenmilch keinen Anlass für

**TABELLE 5:** *Futtermittelspezifische mittlere Dioxingehalte (in ng WHO-PCDD/F-TEQ/kg; EFSA 2010).*

| Futtermittel                               | PCDD/F |
|--------------------------------------------|--------|
| Pflanzliche Futtermittel (außer Öle)       | 0,11   |
| Pflanzliche Öle inkl. Nebenprodukte        | 0,17   |
| Futtermittel mineralischen Ursprungs       | 0,08   |
| Tierische Fette inkl. Milchfett und Eifett | 0,28   |
| Fischöl                                    | 0,80   |
| Zusatzstoffe (Spurenelemente)              | 0,13   |
| Vormischungen                              | 0,07   |
| Mischfuttermittel                          | 0,11   |
| Heimtier- und Fischfutter                  | 0,18   |

Einschränkungen der Empfehlung zum Stillen gesehen. Sie empfiehlt, dass Säuglinge bis zum Übergang auf die Ernährung mit Beikost – frühestens zu Beginn des 5. Monats – ausschließlich gestillt werden und sieht auch kein gesundheitliches Risiko, nach Einführung von Beikost weiter zu stillen, solange Mutter und Kind wollen. Die Nationale Stillkommission fordert jedoch aus Gründen der Vorsorge, auch weiterhin geeignete Maßnahmen zur Minimierung aller Gehalte von Fremdstoffen in Frauenmilch zu ergreifen.

Für den Dioxin-Fall 2011 belegen die Modellkalkulationen (Worst-Case-Kalkulationen), dass ein einmonatiger Verzehr von Eiern und Fleisch mit erhöhten Dioxingehalten nur relativ gering zur Dioxin-Körperlast bei Erwachsenen beiträgt. Es ist daher auch nicht von einer signifikanten Erhöhung des Dioxingehaltes in Frauenmilch auszugehen, so dass das Stillen weiterhin uneingeschränkt empfohlen werden kann.

#### Risikobewertung für landwirtschaftliche Nutztiere

Insbesondere bei Mastschweinen in der Endmast und Sauen ist aufgrund der hohen Futteraufnahmemengen zwangsläufig mit einer höheren Dioxinaufnahme zu rechnen. Da aber alle vorliegenden Untersuchungsergebnisse von Mischfuttermitteln – nur diese gelangen letztlich in den Futtertrog und werden an die Tiere verfüttert – unterhalb des zulässigen Höchstgehaltes für Dioxine lagen, ist nicht von einer Gefährdung der Tiergesundheit auszugehen.

### 4 Worst-Case-Kalkulation zur Bestimmung der Dioxin-Körperlast (Body-Burden Concept)

Im Folgenden werden Worst-Case-Überlegungen zum Verzehr von über dem EU-Höchstwert mit Dioxinen belasteten Eiern bzw. Schweinefleisch für Erwachsene dargestellt. Bei den Berechnungen wird von den maximal gemessenen Gehalten an Dioxinen von 12 pg/g Eifett bzw. 1,5 pg/g Schweinefett ausgegangen. Bei einem hohen Verzehr (2 Eier bzw. 2 Scheiben Schweinefleisch pro Tag) errechnet sich eine tägliche Gesamt-Exposition (einschließlich aller anderen Lebensmittel mit durchschnittlichen Belastungen und mittlerem Verzehr dieser Lebensmittel) von 3,5 pg/kg KG bei den Eiern und von 1,2 pg/kg KG beim Schweinefleisch. Würden die Eier (Höchstgehalt = 3 pg/g Fett) bzw. das Schweinefleisch (Höchstgehalt = 1 pg/g Fett) nur mit den maximal zulässigen EU-Höchstgehalten belastet sein, würde sich eine tägliche Exposition

von 1,4 bzw. 1,0 pg/kg KG errechnen. Die im LExUKon-Projekt (Blume et al., 2010) vorläufig geschätzte mittlere Gesamtaufnahme von Dioxinen beträgt 0,4–0,7 pg PCDD/F-TEQ pro kg KG und Tag (Lower Bound – Upper Bound). Auf dieser Grundlage wurde in die oben dargestellte Rechnung eine Hintergrundbelastung von 0,7 pg/kg KG einkalkuliert.

Bei hohem Verzehr von 2 Eiern täglich mit einem jeweiligen Dioxingehalt von 12 pg/g Eifett errechnet sich somit eine Überschreitung des SCF-TDI-Wertes (2 pg/kg KG). Für die Beurteilung möglicher gesundheitlicher Risiken ist im Fall von extrem langlebigen Verbindungen wie den Dioxinen jedoch die im Körper akkumulierte Gesamtmenge (Körperlast, „Body burden“) bzw. der sich daraus ergebende Gehalt im Körperfett entscheidend. Letztere entspricht z. B. dem Gehalt in Fett von Frauenmilch, der in den letzten 20 Jahren deutlich abgenommen hat (siehe Abb. 1). Für die nachfolgenden Überlegungen wird vereinfachend für den Erwachsenen eine Körperlast mit einem Dioxingehalt von 10 pg/g Fett angenommen. Für diesen Erwachsenen wird zudem angenommen, dass er ein Körpergewicht von 60 kg mit einem Fettanteil von 25 % hat, entsprechend einem Fettgewicht von 15 kg. Dadurch ergibt sich eine Dioxin-Körperlast von 150 000 pg, zu der durch die Hintergrundbelastung täglich ca. 42 pg hinzukommen, während bei einer Halbwertszeit von 7 Jahren täglich ca. 40 pg eliminiert werden. Dieser Modell-Erwachsene befindet sich daher fast im „Steady state“, bei dem die Gehalte im Laufe des weiteren Lebens bei gleichbleibender Hintergrundbelastung nur noch unwesentlich weiter ansteigen würden.

Wird als weitere Worst-Case-Annahme davon ausgegangen, dass der hohe Verzehr von 2 Eiern (mit 12 pg/g) täglich **über einen Monat** stattgefunden hat, ergibt sich eine zusätzliche Aufnahme von 5040 pg (Hintergrundbelastung abgezogen) und damit eine Erhöhung der Körperlast um 3,4 % (von 10,0 auf 10,3 pg/g Fett). Ein täglicher Verzehr von belasteten Eiern über einen Zeitraum von einem Monat hinaus liegt nach den gegenwärtig bekannten Fakten nicht im denkbaren Bereich. Theoretisch errechnet sich bei hohem Verzehr von 2 Eiern (mit 12 pg/g) täglich **über ein Jahr** eine zusätzliche Aufnahme von 61320 pg (Hintergrundbelastung abgezogen) und damit eine Erhöhung der Körperlast um 40,9 % (von 10,0 auf 14,1 pg/g Fett).

Somit liegen selbst bei extremen Annahmen, die in der Realität mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden können, die errechneten Belastungen deutlich unter der Körperlast von ca. 30 pg/g Körperfett, wie sie vor ca. 20 Jahren durchschnittlich in der Bevölkerung in Deutschland gemessen wurden (siehe Abb.1). Bei diesen Gehalten ist mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass sie mit keinen gesundheitlichen Risiken verbunden sind. Somit ist auch der Verzehr von belasteten Eiern in der Höhe, wie sie jetzt bekannt geworden ist, nicht mit gesundheitlichen Risiken verbunden, selbst wenn diese über einen längeren Zeitraum verzehrt worden wären.

## 5 Minimierungsmaßnahmen

Haupteintragsquellen für Dioxine waren in der Vergangenheit der Eintrag über die Luft (Metallindustrie und die Abfall-Verbrennungsanlagen) sowie dioxinbelastete Chemikalien z. B. Pentachlorphenol, PCB und bestimmte Herbizide (chlorierte Phenoxy-carbonsäuren).

Die Umweltbelastung wie auch die Belastung von

Lebensmitteln durch Dioxine sind in Deutschland seit Ende der 1980er Jahre deutlich zurückgegangen. Als Folge reduzierte sich der „body burden“ und der Dioxingehalt in der Frauenmilch. Grund dafür war eine Fülle technischer und rechtlicher Maßnahmen vor allem hinsichtlich entsprechender Emissionsbeschränkungen bei Verbrennungsprozessen sowie entsprechende Verbotsverordnungen in der Chemikalienproduktion. Folgende nationale und europäische Regelungen sollen beispielhaft genannt werden: Das Bundes-Immissionsschutzgesetz bezüglich der Emissionsbeschränkungen, das Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen mit seinen Verboten der Produktion, des Vertriebs und der Verwendung bestimmter Chemikalien und Produkte, das Bundes-Bodenschutzgesetz mit seinen Bestimmungen zu Boden und Klärschlamm sowie die seit 2002 EU-weit geltenden Höchstgehalte in Futtermitteln und Lebensmitteln (Blume et al., 2010; EC, 2010).

International wurde im Mai 2001 das Stockholmer Übereinkommen zur Reduzierung persistenter organischer Kontaminanten (POPs = persistent organic pollutants) unterzeichnet und trat am 17. Mai 2004 in Kraft. Es ist ein globales Abkommen zur Beendigung oder Einschränkung der Produktion, Verwendung und Freisetzung von POPs (Richter et al., 2001).

## Zukünftige Maßnahmen und Minimierungsstrategien

Nach Mitteilung der EU-Kommission an den Rat, das Europäische Parlament und den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss vom 15. Oktober 2010 wird eine Richtlinie über Industrieemissionen (einschließlich Dioxin) voraussichtlich Ende 2012 von den Mitgliedsstaaten umgesetzt. Mit 22 % der Gesamtemissionen sind Kleinf Feuerungsanlagen inzwischen eine der Hauptemissionsquellen. Die derzeit noch verbleibenden Freisetzung stammen aus einer Vielfalt kleinerer industrieller und nicht industrieller Quellen. Für eine weitere Dioxin-Minimierung müssten diese lokalen Quellen besser untersucht und charakterisiert werden. Um sie zu beseitigen bzw. zu reduzieren, wären Maßnahmen auf lokaler, regionaler und/oder nationaler Ebene sinnvoll (EC, 2010).

## Literatur

**Beck H (1992):** Routes and levels of human exposure. Current views on the impact of dioxins and furans on human health and the environment. Proceedings of the toxicology forum, Berlin, Germany 1992, 36–60.

**BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) (2010):** Leitfaden für gesundheitliche Bewertungen, Berlin, Deutschland. [http://www.bfr.bund.de/cm/350/leitfaden\\_fuer\\_gesundheitliche\\_bewertungen.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/350/leitfaden_fuer_gesundheitliche_bewertungen.pdf)

**BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) (2005):** BfR entwickelt neues Verzehrsmodell für Kinder, Information Nr. 016/2005 des BfR vom 2. Mai 2005, Berlin, Deutschland. [http://www.bfr.bund.de/cm/218/bfr\\_entwickelt\\_neues\\_verzehrsmodell\\_fuer\\_kinder.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/218/bfr_entwickelt_neues_verzehrsmodell_fuer_kinder.pdf)

**Blume K, Lindtner O, Heinemeyer G, Schneider K, Schwarz M (2010):** Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel: Cadmium, Blei, Quecksilber, Dioxine und PCB. Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin, Deutschland. [http://www.bfr.bund.de/cm/350/aufnahme\\_von\\_umweltkontaminanten\\_ueber\\_lebensmittel.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/350/aufnahme_von_umweltkontaminanten_ueber_lebensmittel.pdf)

- Broeckaert F, Bernard A (2000):** Polychlorinated biphenyls (PCBs) and dioxins (PCDD/Fs) in the Belgian contaminated food chain: Sources, profiles and correlations. Federal Ministry of Agriculture, Brussels, Belgium.
- Dioxin Datenbank des Bundes und der Länder (2010):** www.POP-DioxinDB.de (zuletzt aufgerufen am: 31. 3. 2011).
- EC (Europäische Kommission) (2006):** Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. Amtsblatt der Europäischen Union L16(364): 5–24.
- EC (Europäische Kommission) (2010):** Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament und den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss über die Durchführung der Gemeinschaftsstrategie für Dioxine, Furane und polychlorierte Biphenyle (KOM(2001) 593) – Dritter Fortschrittsbericht KOM(2010) 562 endgültig. Europäische Kommission, Brüssel, Belgien.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2010):** Results of the monitoring of dioxin levels in food and feed. EFSA Journal 8(3): 1385.
- EU (2002):** Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung. In: Europäische Union (ed.) Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L45(140): 10–21.
- Faqi AS, Dalsenter PR, Merker HJ, Chahoud I (1998):** Reproductive toxicity and tissue concentrations of low doses of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin in male offspring rats exposed throughout pregnancy and lactation. Toxicol Appl Pharmacol 150(2): 383–392.
- Heseker H, Oeppling A, Vohmann C (2003):** Verzehrstudie zur Ermittlung der Lebensmittelaufnahme von Säuglingen und Kleinkindern für die Abschätzung eines akuten Toxizitätsrisikos durch Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (VELS). Forschungsbericht. Universität Paderborn, Paderborn, Deutschland.
- Little RJA, Rubin DB (2002):** Statistical Analysis with Missing Data. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- MRI (Max Rubner-Institut) (2008):** Nationale Verzehrstudie II. Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen. Ergebnisbericht Teil 1 und 2. Max Rubner-Institut, Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Karlsruhe, Deutschland.
- Nationale Stillkommission (1996):** Rückstände in Frauenmilch. Bundesgesundheitsblatt 39(2): 87.
- Richter S, Steinhäuser K-G, Fiedler H (2001):** Globaler Vertrag zur Regelung von POPs: Die Stockholm Konvention. Umweltwissenschaften und Schadstoffforschung – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 13(1): 39–44.
- Rychen G, Jurjanz S, Toussaint H, Feidt C (2008):** Dairy ruminant exposure to persistent organic pollutants and excretion to milk. Animal 2(2): 312–323.
- SCAN (Scientific Committee on Animal Nutrition) (2000):** Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition on the Dioxin contamination of feedingstuffs and their contribution to the contamination of food of animal origin. Adopted on 06 November 2000. European Commission, Brussels, Belgium.
- SCF (Scientific Committee on Food) (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. CS/CNTM/DIOXIN/20 final. European Commission, Brussels, Belgium.
- WHO (World Health Organisation) (2000):** Consultation on assessment of the health risk of dioxins; re-evaluation of the tolerable daily intake (TDI): Executive Summary. Food Additives and Contaminants 17(4): 223–240.
- WHO (World Health Organisation) (2002):** Evaluation of certain food additives and contaminants. Fifty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 909. World Health Organisation, Geneva, Switzerland.

**Korrespondenzadresse:**

PD Dr. Klaus Abraham  
BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung  
Thielallee 88–92  
D-14195 Berlin  
Deutschland  
klaus.abraham@bfr.bund.de