

Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel

Ergebnisse des Forschungsprojektes LExUKon



2010

Impressum

Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel
(Cadmium, Blei, Quecksilber, Dioxine und PCB)
Ergebnisse des Forschungsprojektes LEXUKon

Herausgeber: BfR, Fachgruppe Expositionsschätzung und -standardisierung,
Abteilung Wissenschaftliche Querschnittsaufgaben
Redaktionsgruppe: Katrin Blume (BfR), Oliver Lindtner (BfR), PD Dr. Gerhard Heinemeyer (BfR),
Dr. Klaus Schneider (FoBiG), Dr. Markus Schwarz (FoBiG)
Bilder: BfR
Gestaltung/Realisierung: www.tangram.de, Rostock
Auflage: 10.000

ISBN 3-938163-70-4
ISSN 1435-4047 (Druck)
ISSN 1614-5089 (Online)

Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel

(Cadmium, Blei, Quecksilber, Dioxine und PCB)

Ergebnisse des Forschungsprojektes LExUKon

Bundesinstitut für Risikobewertung

Inhaltsverzeichnis

Vorwort		5
1	Einführung	6
2	Methodik	8
2.1	Datengrundlagen	10
2.1.1	Lebensmittel-Monitoring	10
2.1.2	Weitere Daten zum Vorkommen von Kontaminanten in Lebensmitteln	10
2.1.3	Nationale Verzehrsstudie II	13
2.2	Zusammenführung von Belastungs- und Verzehrsdaten	13
2.3	Variabilität der Aufnahme	14
3	Ergebnisse	16
3.1	Cadmium	16
3.2	Blei	22
3.3	Quecksilber	29
3.4	Dioxine und PCB	36
3.4.1	PCDD/F und dioxinähnliche PCB	36
3.4.2	Nicht dioxinähnliche PCB	43
4	Diskussion	50
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	52
Anhang		54

Vorwort



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

mit unserer Ernährung führen wir dem Körper leider nicht nur wertvolle Stoffe, wie Vitamine und Mineralstoffe zu, sondern nehmen auch Stoffe auf, die in bestimmten Mengen unserer Gesundheit schaden können. Zu solchen Stoffen gehören Umweltkontaminanten, wie zum Beispiel Schwermetalle und Dioxine, die über Verunreinigungen der Luft, des Wassers und des Bodens in die Lebensmittel gelangen können.

Ziel des Bundesinstitutes für Risikobewertung (BfR) ist es, die Gesundheit der Verbraucherinnen und Verbraucher zu schützen. Dabei stellt sich die Frage, in welchen Mengen diese Umweltkontaminanten in unseren Lebensmitteln vorkommen und wie viel der Verbraucher davon täglich aufnimmt. Es ist wichtig, auf solche Fragen schnell antworten zu können, um das Ausmaß einer möglichen gesundheitlichen Gefährdung durch kontaminierte Lebensmittel einzuschätzen und bei Bedarf kurzfristig Risikomanagementmaßnahmen entwickeln zu können.


Das steht auch im Mittelpunkt des am BfR durchgeführten Projektes „Lebensmittelbedingte Exposition gegenüber Umweltkontaminanten“

(LExUKon), in dem standardisierte Methoden zur Auswertung von Verzehrsmengen sowie zur Kontamination von Lebensmitteln mit Umweltkontaminanten entwickelt und angewendet wurden.

Die Grundlagen für die Abschätzungen in diesem Projekt liefern zum einen die Daten der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II) des Max Rubner-Institutes (MRI) und zum anderen die Daten aus dem Lebensmittel-Monitoring des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). Dabei wurde nicht nur die aktuelle Aufnahme von Umweltkontaminanten für die Gesamtbevölkerung ermittelt, es konnte auch der unterschiedliche Verzehr aufgrund individueller Lebensstile der Verbraucherinnen und Verbraucher berücksichtigt werden.

In dieser Broschüre erfahren Sie, in welchem Umfang Erwachsene in Deutschland die Umweltkontaminanten Cadmium, Blei, Quecksilber, Dioxine und polychlorierte Biphenyle (PCB) über ihre übliche Ernährungsweise aufnehmen. Unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler leisten durch diese neuen Erkenntnisse einen wichtigen Beitrag zum gesundheitlichen Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher.

An dieser Stelle bedanke ich mich beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), das die Förderung des Projekts zur Bewertung von Umweltkontaminanten in Lebensmitteln übernommen hat. Mein weiterer Dank geht an das Forschungs- und Beratungsinstitut für Gefahrstoffe GmbH (FoBiG) in Freiburg sowie dem Institut für Statistik der Universität Bremen für die erfolgreiche Zusammenarbeit in diesem Projekt.

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Andreas Hensel'.

Professor Dr. Dr. Andreas Hensel

1 Einführung

Beurteilungen von gesundheitlichen Risiken ausgehend von Stoffen, die über Lebensmittel und andere Quellen aufgenommen werden, gelten aufgrund von Variationen in der Kontamination bzw. der Aufnahme zumeist nur temporär. Demzufolge müssen die Bewertungen in regelmäßigen Abständen überprüft werden. Zu einer Veränderung im Vorkommen eines Stoffes in Lebensmitteln über die Zeit können wechselnde Umweltbedingungen oder Herstellungsprozesse, zum Beispiel durch ergriffene Maßnahmen zur Reduzierung des Stoffes in Lebensmitteln, beitragen. Die Notwendigkeit einer aktualisierten Risikobewertung kann sich zudem aus neuen Erkenntnissen zur Toxizität eines Stoffes ergeben, wie beispielsweise für Cadmium und Blei, bei denen die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) aufgrund neuer Studien die über lange Zeiträume tolerierbare tägliche Aufnahme reduziert hat. Schließlich kann eine veränderte Aufnahme auch durch Umstellungen im Ernährungsverhalten der Bevölkerung bedingt sein.

Mit den nun vorliegenden Daten der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II), erhoben vom Max Rubner-Institut (MRI), ist eine neue Beurteilung des Verzehrverhaltens der deutschen Bevölkerung möglich. Das Vorliegen aktueller Verzehrsdaten für die deutsche Bevölkerung war Anlass für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), das Projekt „Lebensmittelbedingte Aufnahme von Umweltkontaminanten – Datenaufbereitung zur Unterstützung und Standardisierung von Expositionsschätzungen auf Basis der Nationalen Verzehrsstudie II“ (LExUKon) in Auftrag zu geben. In diesem Projekt wird die aktuelle Aufnahme von Umweltkontaminanten ermittelt und dabei die unterschiedliche Präferenz bei der Auswahl von Lebensmitteln aufgrund individueller Lebensstile der Verbraucherinnen

und Verbraucher berücksichtigt. Für die Gehalte wird je Lebensmittelgruppe eine gleiche Wahrscheinlichkeit für alle Verbraucher unterstellt, auf dem Markt befindliche Lebensmittel mit niedrigen und hohen Gehalten zu verzehren. Zur Beantwortung dieser Fragen arbeiten in diesem Projekt das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), das Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (FoBiG) und das Institut für Statistik der Universität Bremen zusammen.

Was sind Umweltkontaminanten?

Stoffe, die natürlicherweise in der Umwelt vorkommen oder durch industrielle Prozesse in diese freigesetzt werden, können als Verunreinigungen der Luft, des Wassers und des Bodens auch in die Nahrungskette und somit in die Lebensmittel gelangen. In Unterscheidung zu anderen Agenzien, wie z.B. Pflanzenschutzmittelwirkstoffen oder Lebensmittelzusatzstoffen, werden diese entsprechend ihrem Eintragspfad und ihrer unbeabsichtigten Ausbringung als Umweltkontaminanten bezeichnet [Verordnung (EWG) Nr. 315/93]. Hierzu zählen unter anderem Schwermetalle, Dioxine, polychlorierte Biphenyle (PCBs) und Lösungsmittel.

Auch wenn aufgrund der Verbreitung in der Umwelt ein Vorkommen von Umweltkontaminanten in Lebensmitteln nicht gänzlich vermieden werden kann, ist es ein wichtiges Anliegen der Bundesregierung, dieses Vorkommen auf ein unvermeidliches und gesundheitlich unbedenkliches Maß zu reduzieren. Die Festsetzung und Überwachung von zulässigen Höchstgehalten in Lebensmitteln und der verstärkte Einsatz moderner umweltfreundlicher Technologien helfen, den Eintrag von Umweltkontaminanten in die Nahrungskette zu beschränken.

Daten über das Vorkommen von Umweltkontaminanten in Lebensmitteln werden regelmäßig durch die Landesuntersuchungsämter unter Koordination des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) im Rahmen des Lebensmittel-Monitorings (LM-M) erhoben. Mit den Daten des LM-M und der NVS II stehen aktuelle und umfassende Daten zur Verfügung, um eine mögliche Kontamination der deutschen Bevölkerung gegenüber Umweltkontaminanten zu ermitteln.

Im LExUKon-Projekt wird seit Herbst 2008 bis Ende 2010 die aktuelle Aufnahme von Blei, Cadmium, Quecksilber, Dioxinen, dioxinähnlichen und anderen polychlorierten Biphenylen sowie Lösungsmitteln geschätzt. Erste Ergebnisse zur Umweltkontaminante Cadmium und zur methodischen Vorgehensweise wurden bereits 2009 in der BfR-Broschüre¹ „Cadmium in Lebensmitteln“ und am 07.07.2009 auf dem BfR-Statusseminar² „Cadmium: Neue Herausforderung für die Lebensmittelsicherheit?“ vorgestellt und diskutiert.

In der vorliegenden zweiten Broschüre werden die Ergebnisse der Abschätzung zu allen im Projekt betrachteten Umweltkontaminanten mit Ausnahme der Lösungsmittel zusammenfassend dargestellt. Die Datenlage für die Lösungsmittel Trichlorethylen, Perchlorethylen und Chloroform ist im Vergleich zu den anderen im Projekt behandelten Umweltkontaminanten nicht ausreichend, um eine entsprechende Abschätzung der aktuellen Gesamtexposition durchzuführen. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse zur Aufnahme von Lösungsmitteln an gesonderter Stelle berichtet.

2 Methodik

Je nach Umweltkontaminante kann eine Exposition auf dem oralen, dem dermalen oder auch dem inhalativen Weg erfolgen. Im Bereich der Lebensmittelsicherheit liegt der Schwerpunkt auf der Aufnahme von unerwünschten Agenzien durch den Verzehr von Lebensmitteln. Zur Bestimmung der Exposition werden dabei aktuelle Daten zur Kontamination der Lebensmittel sowie zu den verzehrten Mengen dieser Lebensmittel benötigt. Für die Erfassung der Verzehrsmengen einerseits und der Gehalte von Umweltkontaminanten andererseits werden unterschiedliche, den jeweiligen Erfordernissen angepasste Kodierungs- und Kategoriensysteme für Lebensmittel zugrunde gelegt. Um Daten aus beiden Quellen miteinander zu verknüpfen, müssen die Kategoriensysteme aufeinander abgestimmt werden. Zur Darstellung der Verzehrsmengen und des Vorkommens der Umweltkontaminanten wurde im LEXUKon-Projekt ein mehrstufiges Kategoriensystem entwickelt, das neben der Harmonisierung der Kategorien aus Verzehrdaten und Kontaminationsdaten das Ziel verfolgt, Höchstgehaltskategorien von Umweltkontaminanten abzubilden. Zur Veranschaulichung zeigt Tabelle 2-1 einen Ausschnitt mit den Stufen der Kategorisierung für die Lebensmittelgruppe Gemüse. Die unterste und damit am stärksten detaillierte Ebene des mehrstufigen Kategoriensystems beinhaltet die Einzelkomponenten der verzehrten Lebensmittel, welche als aufgeschlüsselte Lebensmittel bezeichnet werden. In der zweiten Ebene werden die aufgeschlüsselten Lebensmittel – anhand von zoologischen bzw. botanischen Kriterien – zu so genannten Expositiongruppen zusammengefasst, um Ansatzpunkte für die Extrapolation von fehlenden Konzentrationsdaten zu liefern. Die Lebensmittel-Hauptgruppen sind für die übersichtlichere Darstellung als Zusammenfassung der Expositiongruppen und die Berechnung von Vielverzellern gebildet worden.

Das mehrstufige Kategoriensystem ist dafür geeignet, Auswertungen auf der Ebene der Höchstgehaltskategorien nach Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 und Nr. 629/2008 zu ermöglichen und aufgrund eines hohen Detaillierungsgrades flexibel auf eventuelle Modifikationen in den Regulierungen zu reagieren. Damit können Auswirkungen von Veränderungen der Exposition – bedingt durch Änderungen in der Belastung und/oder im Verzehr – auf die Regulierung der Höchstgehalte für Umweltkontaminanten überprüft und wichtige Anhaltspunkte für das Risikomanagement abgeleitet werden.

Ein methodisches Problem stellt der Umgang mit Gehalten in Lebensmitteln dar, die unterhalb der Nachweis- und Bestimmungsgrenzen lagen. Diese gingen für Cadmium, Blei und Quecksilber mit der mittleren Bestimmungsgrenze in die Abschätzung ein (medium bound-Ansatz). Dagegen wurde für Dioxine und PCB für nicht bestimmbare Werte die Bestimmungsgrenze eingesetzt (upper bound-Ansatz), um einen Vergleich mit den Höchstgehalten zu ermöglichen, die entsprechend festgelegt sind. Da der upper bound-Ansatz bekanntermaßen zu Überschätzungen der tatsächlichen Exposition führt, wurde für Dioxine und PCB parallel die Exposition berechnet, in dem für alle nicht bestimmbaren Werte 0 eingesetzt wurde (lower bound-Ansatz). Damit ergibt sich zwischen dem als lower bound und upper bound ermittelten Werten ein Bereich, in dem die tatsächliche Exposition liegt.

Hauptgruppe	Expositionsgruppe	Aufgeschlüsselte Lebensmittel
Gemüse	Fruchtgemüse	Aubergine; Cornichon; Gemüsepaprika grün, rot; Gurke; Kürbis; Melone; Okra; Paprikaschote; Pfefferschote; Tomate; Zucchini; Zuckermais; Fruchtgemüse nns ¹
	Zwiebelgemüse	Gemüsezwiebel; Knoblauch; Lauchzwiebel; Perlzwiebel; Schalotte; Zwiebel
	Kohlgemüse	Blumenkohl; Brokkoli; Chinakohl; Grünkohl; Kohlrabi; Rosenkohl; Rotkohl; Sauerkraut; Spitzkohl; Weißkohl, Wirsingkohl; Kohlgemüse nns ¹
	Hülsengemüse (frisch)	Bohne grün; Erbse grün (frisch); Wachsbohne; Zuckererbse
	Hülsenfrüchte (trocken)	Bohne dick (Acker-, Puff-, Saubohne); Bohne weiß; Erbse grün (trocken); Kichererbse; Kidney-Bohne; Limabohne; Linsen, Mungobohne; Prunkbohne; Tamarinde (Sauerdattel)
	Keime und Sprossen der Hülsenfrüchte	Bohnensprosse; Erbse gekeimt; Kichererbse gekeimt; Linse gekeimt; Luzernensprosse; Mungobohnensprosse
	Stängelgemüse	Artischocke; Bambussprosse; Bleichsellerie (Stauden-, Stiel-, Stangensellerie); Fenchelknolle; Porree; Rhabarber; Spargel
	Wurzelgemüse außer Knollensellerie	Erdartischocke; Kohlrübe, Meerrettich; Mohrrübe; Pastinake; Radieschen, Rettich; Rote Rübe (Rote Bete); Rübe; Rübstiel; Schwarzwurzel; Steckrübe; Topinambur, Weiße Rübe, Speiserübe; Wurzelpetersilie; Wurzelgemüse nns ¹
	Knollensellerie	Knollensellerie; Sellerie nns ¹
	Kartoffeln und stärkehaltige Wurzeln	Batate; Speisekartoffel; Tapioka; Yamswurzel
	Blattgemüse	Blattspinat; Brunnenkresse; Chicorée; Eisbergsalat; Endivie; Feldsalat (Rapunzel); Kresse (Gartenkresse); Kopfsalat; Löwenzahn; Mangold; Radicchio; Romanosalat; Sauerampfer; Schnittsalat (Blatt-, Pflücksalat), Salatgemüse; Spinat; Spinat chinesisch; Weinblatt; Wildgemüse; Zuckerhutsalat; Blattgemüse nns ¹
	Gemüse nns ¹	Gemüse nns ¹
Frische Kräuter	Basilikum; Beifuß; Bohnenkraut; Borretsch; Brennessel; Dill; Estragon; Kerbel; Kräutermischung, Küchenkräuter; Liebstöckel; Majoran; Oregano; Petersilienblatt; Pfefferminze; Pimpinelle, Rosmarin; Salbei; Schnittlauch; Sellerieblatt; Thymian; Zitronenmelisse	

¹ nicht näher spezifiziert

Tabella 2-1: Ausschnitt aus dem LExUKon-Kategorisierungssystem für Gemüse

2.1 Datengrundlagen

2.1.1 Lebensmittel-Monitoring

Die wichtigste Datengrundlage für das Vorkommen von Umweltkontaminanten in Lebensmitteln bilden die jährlichen Untersuchungen der Landesuntersuchungsämter. Diese überprüfen die Einhaltung der geltenden rechtlichen Bestimmungen, so unter anderem auch die Höchstgehaltsregelungen von Umweltkontaminanten. Dabei richten sich in der risikoorientierten Überwachung die Anzahl und Art der untersuchten Lebensmittel vornehmlich nach der Wahrscheinlichkeit eines zu erwartenden Gesetzesverstößes, um eine möglichst effektive Überwachung zu gewährleisten. Somit sind vor allem stark kontaminierte Lebensmittel in der Stichprobe vertreten, welche damit ein verzerrtes Bild der tatsächlichen Marktsituation darstellt. Eine Verwendung der Daten aus der risikoorientierten Lebensmittelüberwachung ist für die Expositionsschätzung deshalb nur eingeschränkt möglich, um die tatsächliche Variation des deutschen Marktes darzustellen. Als systematischer Teil der amtlichen Lebensmittelüberwachung der Bundesrepublik Deutschland ist deshalb das Lebensmittel-Monitoring (LM-M) ein wichtiges Element. Ziel des LM-M ist die repräsentative Erfassung des Vorkommens von unerwünschten Stoffen in Lebensmitteln; mit Hilfe dieser repräsentativen Daten aus wiederkehrenden Messungen und der Bewertung von Lebensmitteln können Gefährdungen rechtzeitig erkannt und so früh wie möglich Maßnahmen zum Schutze des Verbrauchers eingeleitet werden.³

Die Fülle an verschiedenen verzehrten Lebensmitteln kann nicht allumfassend im Rahmen des LM-M wiedergegeben werden. Die vorhandenen Kontaminationsdaten beziehen sich deshalb auf den im LM-M festgesetzten Warenkorb⁴, der derzeit einer Überarbeitung unterliegt, um an das aktuelle Verzehrverhalten angepasst zu werden.⁵

Höchstgehalte

Höchstgehalte werden festgelegt, um die Kontamination von Lebensmitteln durch Schadstoffe zu begrenzen. Sie sind in der EU-Gesetzgebung festgeschriebene, höchstzulässige Mengen für Kontaminanten in oder auf Lebensmitteln, die beim gewerbsmäßigen Inverkehrbringen nicht überschritten werden dürfen. Höchstgehalte werden so niedrig wie nach guter Landwirtschafts-, Fischerei- und Herstellungspraxis vernünftigerweise möglich festgesetzt. Verantwortlich für die Einhaltung von Höchstgehalten ist in erster Linie der in der EU ansässige Hersteller/Erzeuger bzw. bei der Einfuhr aus Drittländern der in der EU ansässige Importeur. Die amtliche Lebensmittelüberwachung kontrolliert stichprobenweise das Lebensmittelangebot auf die Einhaltung der Höchstgehalte [Verordnung (EG) Nr. 1881/2006].

2.1.2 Weitere Daten zum Vorkommen von von Kontaminanten in Lebensmitteln

Für einige Lebensmittel liegen im LM-M keine Daten vor, für andere ist die Datenqualität als unzureichend für eine Expositionsschätzung anzusehen. So weit möglich, wurden verbleibende Datenlücken mit behördlichen Daten anderer Länder oder anderen wissenschaftlich publizierten Daten geschlossen.

Für das Schwermetall Cadmium zeigten sich nur wenige Datenlücken nach Heranziehung des LM-M. Für Blei und Quecksilber jedoch enthielten mehrere Datensätze im LM-M in der Mehrzahl Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze. Die Datenlücken für die Schwermetalle wurden unter anderem mittels der französischen „CALIPSO“-Studie⁶ und der niedersächsischen LAVES-Projektberichte⁷ für Fisch und Meeresfrüchte geschlossen. Ferner wurden die Surveys der britischen Food Standards Agency⁸ einbezogen. In einzelnen Fällen wurden für die Kontamination mit Schwermetallen in Lebensmitteln

ebenso die Daten der US-amerikanischen FDA⁹ und Daten der französischen Total Diet Study¹⁰ berücksichtigt.

Für Dioxine und PCB liegen insgesamt nur wenige Mess-werte im LM-M vor. Für sie konnten jedoch einerseits Daten aus der nationalen Staturhebung zu Dioxinen und PCB in Lebensmitteln pflanzlichen Ursprungs¹¹ sowie andererseits Daten einer von 2001 bis 2006 durchgeführten Untersuchung des MRI zu Fischen und Fischereierzeugnissen¹² verwendet werden. Des Weiteren standen die Daten aus der Dioxin-Datenbank¹³ des Bundes und der Länder zur Verfügung. Die Dioxin-Datenbank wurde vom Umweltbundesamt ins Leben gerufen und wird seit 1998 in Zusammenarbeit mit dem BfR und dem BVL verwaltet. Sie enthält Analyse-Ergebnisse zu über 200 organischen Schadstoffen (u.a. polychlorierte Biphenyle, polychlorierte Dibenzodioxine/-furane) sowie umfangreiche Informationen zu Probenahme, Analytik und Standortbeschreibungen. Für die Expositionsschätzung in LEXUKon fanden die Daten zu PCB bzw. PCDD/F aus dem Bereich Lebensmittel für den Zeitraum Januar 2000 bis April 2010 Anwendung. Darüber hinaus wurden zur Schließung von verbleibenden Datenlücken Konzentrationsdaten für die Kontaminaten aus weiteren Literaturquellen verwendet.

Trotzdem bleiben darüber hinaus Datenlücken zur Kontamination von Lebensmitteln mit Umweltkontaminanten bestehen. Da Umweltkontaminanten jedoch oftmals ubiquitär vorhanden sind, kann für diese Lebensmittel nicht von einer Nullexposition ausgegangen werden. Folglich wurden die Lebensmittel in Anlehnung an botanische bzw. zoologische Kriterien gruppiert, um fehlende Kontaminationswerte analog zum Core-Food-Prinzip¹⁴ übertragen zu können.

Die Basis für die umfassenden Expositionsschätzungen im LEXUKon-Projekt war die Zuweisung von Gehaltsdaten zu den einzelnen aufgeschlüsselten Lebensmitteln, den Exposi-

tionsgruppen und den Hauptgruppen. Sofern nicht direkt vorhandene Konzentrationen den Lebensmitteln zugeordnet werden konnten, erfolgte vorrangig die Zuweisung von Gehaltsdaten anhand des Mittelwertes der Gehalte aller vorliegenden Einzelwerte der verwandten Lebensmittel (Imputationsmethode). Bei unspezifischen Lebensmittelgruppen wurden nach Einzelfallprüfung die Werte des meistverzehrtsten aufgeschlüsselten Lebensmittels innerhalb einer Expositionsgruppe übernommen. In Ausnahmesituationen, wenn keine Konzentration für die Gesamtheit aller Lebensmittel einer Expositionsgruppe vorlag, wurde der Wert des am höchsten kontaminierten Lebensmittels einer verwandten Expositionsgruppe eingesetzt. Am Beispiel der Expositionsgruppe „Fruchtgemüse“ ist in Tabelle 2-2 die Zuweisung von Bleigehalten dargestellt (Spalte B). Für fünf Lebensmittel der Gruppe „Fruchtgemüse“ (Aubergine, Tomate, Paprikaschote, Gurke, Melone) lagen Werte aus dem Lebensmittel-Monitoring vor. Für Cornichons wurde der Wert für Gurke, das ähnlichste Lebensmittel innerhalb der Gruppe „Fruchtgemüse“, übernommen. Für die nicht näher spezifizierten Fruchtgemüse wurde der Wert von Tomate als meistverzehrtstem Lebensmittel innerhalb der Gruppe „Fruchtgemüse“ gesetzt. Für alle anderen Fruchtgemüse ist der Mittelwert aus den fünf mit Messwerten belegten Werten von 13,6 µg/kg in die Expositionsschätzung eingeflossen.

Die Berechnung der Kontamination für die einzelnen Expositions- und Hauptgruppen erfolgte schließlich über die Gewichtung der Gehaltsdaten hinsichtlich der Verzehrshäufigkeit der Lebensmittel innerhalb einer Gruppe, um deren relative Bedeutung zu berücksichtigen. Das Vorgehen hierzu ist ebenfalls in Tabelle 2-2 exemplarisch für die Expositionsgruppe „Fruchtgemüse“ anhand der Umweltkontaminante Blei dargestellt. In Spalte A ist der prozentuale Anteil der Verzehrsmenge der einzelnen Fruchtgemüse an der Gesamtverzehrsmenge für „Fruchtgemüse“ dargestellt, wonach 53,7 % des Verzehrs

an Fruchtgemüse durch Tomaten erfolgt, während Auberginen nur einen Anteil von 0,7 % ausmachen. Diese prozentualen Angaben werden mit den Gehalten aus Spalte B multipliziert, um die verzehrgewichtete Konzentration (Spalte C) zu erhalten. Diese wird ausschließlich für die Berechnung der Kontamination der Expositionsgruppe „Fruchtgemüse“ verwendet, indem die einzelnen Werte aufaddiert werden. Im Gegensatz zu der Aufsummierung der nicht verzehrgewichteten Konzentrationen werden dadurch Über- und Unterschätzungen vermieden, da selten verzehrte hoch kontaminierte bzw. gering kontaminierte Lebensmittel nur einen geringen Anteil an der Gesamtsumme erhalten.

Die Bestimmung der Konzentrationswerte für die Hauptgruppen wie „Gemüse“ erfolgte entspre-

chend dem Verfahren für die Expositionsgruppen. So wurde der verzehrgewichtete Mittelwert der einzelnen Gehaltsdaten aller Expositionsgruppen in einer Hauptgruppe gebildet und dieser zugeordnet. Es wird nachdrücklich darauf hingewiesen, dass die aufgeführten gewichteten Konzentrationen (Spalte C in Tabelle 2-2) an den Verzehr der jeweiligen Lebensmittel gekoppelt sind und keine Messwerte der Gehalte hinsichtlich der benannten Schwermetalle in den Lebensmitteln darstellen. Das bedeutet, dass z.B. der höhere verzehrgewichtete Konzentrationswert für das Lebensmittel „Tomate“ innerhalb der Gruppe „Fruchtgemüse“ von 7,7 µg/kg verglichen mit „Gurke“ mit 5,4 µg/kg nicht aussagt, dass in Tomate generell höhere Gehalte an Blei vorkommen. Im Gegenteil zeigt sich in Tabelle 2-2, dass Gurke im Mittel höher kontaminiert ist als Tomate. Der höhere Konzentration

Expositionsgruppe	Aufgeschlüsseltes Lebensmittel	A: %-Anteil am Verzehr der Expositionsgruppe	B: mittlere Konzentration [µg/kg]	C= A x B/100: Gewichtete Konzentration [µg/kg]	Extrapolationsverfahren
		100		15,19	Summe
Fruchtgemüse	Aubergine	0,69	8,12	0,06	LM-M
	Tomate	53,72	14,35	7,71	LM-M
	Paprikaschote	11,21	10,91	1,22	LM-M
	Gurke	26,32	20,62	5,43	LM-M
	Zucchini	2,86	13,57	0,39	Imputationsmethode
	Kürbis	0,27	13,57	0,04	Imputationsmethode
	Melone	4,73	6,80	0,32	LM-M
	Cornichon	0,01	20,62	0,00	LM-M für Gurke
	Zuckermais	0,13	13,57	0,02	Imputationsmethode
	Okra	0,04	13,57	0,01	Imputationsmethode
	Pfefferschote	0,02	13,57	0,00	Imputationsmethode
Fruchtgemüsenns ¹	0,00	14,35	0,00	Meistverzehrtes LM = Tomate	

¹ nicht näher spezifiziert

Tabelle 2-2: Exemplarische Darstellung der Methodik zur Zuweisung von Konzentrationswerten für die Expositionsgruppe „Fruchtgemüse“ hinsichtlich der Umweltkontaminante Blei

enswert für das aufgeschlüsselte Lebensmittel „Tomate“ ist vor allem auf den höheren Verzehr dieses Lebensmittels zurückzuführen, auch wenn Tomaten mit Cadmium vergleichsweise niedrig kontaminiert sind. Die Höhe der Expositionsgruppenwerte ist folglich nicht nur von der Konzentration der in den Gruppen enthaltenen Lebensmittel, sondern auch von deren Verzehrsmengen abhängig. Deshalb ist ein direkter Rückschluss von der Höhe der Gruppenwerte auf die Kontamination der einzelnen Lebensmittel nicht möglich.

2.1.3 Nationale Verzehrsstudie II

Die für die Berechnung der Exposition durch Umweltkontaminanten verwendeten Angaben zu Verzehrshäufigkeiten und -mengen basieren auf den in der Nationalen Verzehrsstudie II gewonnenen Daten (NVS II).¹⁵ Die NVS II wurde 2005/2006 vom Max Rubner-Institut durchgeführt und liefert Informationen zum Ernährungsverhalten von Jugendlichen und Erwachsenen (ca. 20.000) der deutsch sprechenden Bevölkerung in der Altersgruppe von 14-80 Jahren. Im Rahmen der NVS II wurden die drei Erhebungsmethoden „Dietary History“-Interview, 24-Stunden-Recall und Ernährungsprotokolle angewendet. Zu Beginn des LExUKon-Projektes lagen bereits die Daten der „Dietary History“-Interviews vor. Diese beziehen sich auf den üblichen durchschnittlichen Verzehr des letzten Monats und sind daher geeignet, valide Schätzungen für die Verzehrsmengen abzuleiten und die Exposition zur Bewertung chronischer Risiken von Umweltkontaminanten zu ermitteln. Im Rahmen dieser Erhebungsmethode wurde die Erhebungssoftware DISHES (**D**iet **I**nterview **S**oftware for **H**ealth **E**xamination **S**tudies)¹⁶ eingesetzt, bei der die Probanden der NVS II standardisiert zu ihrem Lebensmittelverzehr in den letzten 4 Wochen ausgehend vom Befragungszeitpunkt befragt wurden.

2.2 Zusammenführung von Belastungs- und Verzehrdaten

Für die Expositionsschätzung hinsichtlich der Aufnahme von Umweltkontaminanten ist die Zusammenführung und Anpassung der Gehalts- und Verzehrdaten erforderlich.

Die im Rahmen der NVS II erfassten Lebensmittel sind unter Verwendung des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS) protokolliert. Die darin enthaltene Systematik orientiert sich im Wesentlichen an der Verwendung bei Ernährungsbefragungen, weshalb die Lebensmittel nach Möglichkeit so erfasst werden, wie sie üblicherweise verzehrt werden. Die meisten der verzehrten Lebensmittel sind dabei nicht als unverarbeitete aufgeschlüsselte Lebensmittel, sondern häufig als verarbeitete Einzellebensmittel bestehend aus mehreren Komponenten erfasst.

Im Gegensatz dazu werden Höchstgehalte in den meisten Fällen für unverarbeitete Lebensmittel festgesetzt. Gehalte von Umweltkontaminanten werden in der Regel durch Verarbeitungsprozesse reduziert und nicht erhöht. Somit hat eine Unbedenklichkeit der unverarbeiteten Lebensmittel auch die Sicherheit der entsprechenden verarbeiteten Produkte zur Folge.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Anforderungen an die Daten aus Verzehrsstudien und zur Lebensmittelüberwachung werden in den beiden Datenquellen die Lebensmittel unterschiedlich erfasst. Daher ist eine Umrechnung der zusammengesetzten Lebensmittel aus der NVS II auf die Ebene der unverarbeiteten Lebensmittel notwendig. Folglich wurden nahezu alle zusammengesetzten Lebensmittel in ihre Einzelbestandteile aufgeschlüsselt, d.h. Brot wurde in seine Komponenten Mehl, Wasser, Salz, Hefe etc. zurückgeführt und der Verzehr dieser aufgeschlüsselten Lebensmittel erfasst.

Eine Ausnahme bilden hierbei die „Fruchtsäfte, rekonstituiertes Fruchtsaftkonzentrat und Fruchtnektare“, die für die Auswertung der Bleiexposition über die Höchstgehaltskategorie 3.1.15 der VO (EG) Nr. 1881/2006 als zusammengesetzte Lebensmittel ausgewertet wurden.

Zusätzlich zur Aufschlüsselung der Lebensmittel erfolgte für die Expositionsschätzung von Dioxinen, dl-PCB und ndl-PCB die Umrechnung der Verzehrsmengen der in der NVS II erfassten Lebensmittel auf den entsprechenden verzehrten Fettanteil. Denn die in den Verordnungen festgelegten Höchstgehalte für Dioxine und PCB beziehen sich für die meisten Lebensmittelgruppen auf den Fettanteil im Lebensmittel. Lediglich bei Fischen bleibt der Bezug zum Frischgewicht bestehen.

Schließlich wurden für einige Lebensmittel Verarbeitungsfaktoren berücksichtigt, um Unterschätzungen der Exposition zu vermeiden, z.B. zur Umrechnung von verwendeten getrockneten Kräutern auf die in den Gesetzen regulierten frischen Kräuter.

2.3 Variabilität der Aufnahme

Im Mittelpunkt der Auswertungen zur nahrungsbedingten Aufnahme von Umweltkontaminanten stehen die Durchschnitts- und Vielverzehrer. Bei Durchschnittsverzehrern wird von einem mittleren Verzehr ausgegangen, der sich als Summe der arithmetischen Mittelwerte verschiedener Lebensmittel einer betrachteten Lebensmittelgruppe ergibt. Gemittelt wird dabei über längere Zeiträume und über die verschiedenen Verzehrsgewohnheiten innerhalb der deutschen Bevölkerung. Bei Vielverzehrern wird gemäß dem Verfahren der EFSA für die beiden Lebensmittelgruppen, die am stärksten zur Aufnahme der betreffenden Kontaminante beitragen, das 95. Perzentil des Verzehrs herangezogen, für die übrigen Lebensmittelgruppen dagegen wird der durchschnittliche Verzehr verwendet.¹⁷ Für beide Szenarien wird von einer über die

Zeit gemittelten Kontamination der Lebensmittel ausgegangen. Damit wird die Annahme zugrunde gelegt, dass die Umweltkontaminanten sich so über die Lebensmittel verteilen, dass keine Person eine erhöhte Wahrscheinlichkeit hat, über längere Zeiträume immer ausschließlich höher kontaminierte oder niedriger kontaminierte Lebensmittel zu verzehren. Die Exposition mit den betreffenden Umweltkontaminanten über die Nahrung sowohl für Durchschnitts- als auch für Vielverzehrer ergibt sich dann jeweils durch Summation der für die Lebensmittelgruppen gebildeten Produkte aus Verzehr und Konzentration. Die Auswertungen für die Gesamtbevölkerung sind in Tabelle 2-3 dargestellt, welche eine Übersicht über die lebensmittelbedingte Aufnahme der Umweltkontaminanten Cadmium, Blei, Quecksilber sowie Dioxine und PCB gibt und den Beitrag der verschiedenen Lebensmittelgruppen an der täglichen Aufnahme dieser Umweltkontaminanten darstellt.

Die Expositionsberechnung auf Basis der zusammengeführten Gehalts- und Verzehrdaten erfolgt für alle betrachteten Umweltkontaminanten zum einen für die Gesamtbevölkerung, zum anderen jeweils separat für Frauen und Männer, verschiedene Altersgruppen (14-18 Jahre, 19-24 Jahre, 25-34 Jahre, 35-50 Jahre, 51-64 Jahre und 65-80 Jahre) und Vegetarier. Die Schwangeren wurden ebenfalls im Projekt untersucht, weisen jedoch eine sehr geringe Fallzahl (n=82) in der NVS II auf, weshalb die Ergebnisse für diese Bevölkerungsgruppe hinsichtlich der einzelnen Kontaminanten nur im Anhang für die Gesamtaufnahme dargestellt sind.

LM-Hauptgruppe	Cd-Aufnahme [µg/kg KG pro Tag]		Pb-Aufnahme [µg/kg KG pro Tag]		Hg ^a -Aufnahme [µg/kg KG pro Tag]	
	Durchschnittsverzehrer*	Vielverzehrer **	Durchschnittsverzehrer*	Vielverzehrer **	Durchschnittsverzehrer*	Vielverzehrer **
Gesamt	0,21	0,34¹	0,53	0,72²	0,07	0,13³
Fleisch	0,01	0,02	0,04	0,09	0,01	0,02
Fisch	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,08
Obst, Nüsse, Kakao	0,02	0,05	0,08	0,20	0,01	0,03
Gemüse	0,07	0,13	0,09	0,18	0,01	0,03
Getränke	0,02	0,04	0,13	0,23	0,00	0,02
Getreide	0,07	0,13	0,08	0,15	0,01	0,03
Ei	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Ölsaaten u. -früchte, pfl. Öle	0,01	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01
Milchprodukte	0,01	0,04	0,07	0,19	0,00	0,01
Zusammengesetzte und nicht zugeordnete Lebensmittel	0,00	0,01	0,03	0,08	0,00	0,00
LM-Hauptgruppe	PCDD/F-Aufnahme [pg/kg KG pro Tag] nach upper bound		PCDD/F- + dl-PCB-Aufnahme [pg/kg KG pro Tag] nach upper bound		ndl-PCB-Aufnahme [ng/kg KG pro Tag] nach upper bound	
	Durchschnittsverzehrer*	Vielverzehrer **	Durchschnittsverzehrer*	Vielverzehrer **	Durchschnittsverzehrer*	Vielverzehrer **
Gesamt	0,73	1,25⁴	2,41	3,89⁵	10,86	22,61⁴
Fleisch	0,07	0,19	0,49	1,37	0,75	2,12
Fisch	0,12	0,38	0,42	1,35	3,80	13,85
Obst, Nüsse, Kakao	0,08	0,31	0,16	0,63	0,57	2,02
Gemüse	0,09	0,25	0,21	0,57	0,79	2,17
Getränke	–	–	–	–	–	–
Getreide	0,05	0,14	0,06	0,16	0,32	0,94
Ei	0,05	0,13	0,40	1,07	0,51	1,44
Ölsaaten u. -früchte, pfl. Öle	0,06	0,19	0,11	0,36	0,65	1,81
Milchprodukte	0,22	0,68	0,57	1,78	3,21	9,38
Zusammengesetzte und nicht zugeordnete Lebensmittel	–	–	–	–	0,27	0,71

* Basis: Mittlere Konzentration, mittlerer Verzehr

**Basis: Mittlere Konzentration, 95. Perz. Verzehr

¹ Basis: 95. Perz. Verzehr für Gemüse und Getreide, mittlerer Verzehr für restliche LM-Gruppen

² Basis: 95. Perz. Verzehr für Getränke und Gemüse, mittlerer Verzehr für restliche LM-Gruppen

³ Basis: 95. Perz. Verzehr für Fisch und Getreide, mittlerer Verzehr für restliche LM-Gruppen

⁴ Basis: 95. Perz. Verzehr für Fisch und Milchprodukte, mittlerer Verzehr für restliche LM-Gruppen

⁵ Basis: 95. Perz. Verzehr für Fleisch und Milchprodukte, mittlerer Verzehr für restliche LM-Gruppen

^a Aufnahme bezieht sich auf Gesamtquecksilber

Tabelle 2-3: Lebensmittelbedingte Aufnahme der Umweltkontaminanten Cadmium, Blei, Quecksilber sowie Dioxine und PCB für die deutsche Gesamtbevölkerung

3 Ergebnisse

3.1 Cadmium

Cadmium ist ein toxisches Schwermetall, das natürlicherweise in der Umwelt verbreitet ist. Es wird seit vielen Jahren durch Bergbau, Industrie oder Landwirtschaft in die Böden und Sedimente der Gewässer ausgetragen. Cadmium kommt aber auch durch Naturereignisse wie zum Beispiel Gesteinsverwitterungen und Vulkanausbrüche in die Umwelt und wird dort über die Luft verbreitet. Aufgrund der Anreicherung von Cadmium in Pflanzen und Tieren kommt das Schwermetall in nahezu allen Lebensmitteln vor und wird schließlich vom Menschen aufgenommen. Hier kann Cadmium zu gesundheitlichen Schädigungen an den proximalen Tubuluszellen der Niere, zur Knochendemineralisation sowie zu Lungen-, Blasen- und Brustkrebs beitragen.¹⁸ Die Aufnahme von Cadmium erfolgt für Nichtraucher hauptsächlich über den Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln oder Trinkwasser. Bei Rauchern kann sich die Aufnahme von Cadmium allein über den Konsum von Tabakwaren in derselben Größenordnung wie durch den Lebensmittelverzehr bewegen.

Um einer gesundheitlichen Gefährdung des Verbrauchers entgegenzuwirken, hat die Europäische Kommission erstmals in der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 Höchstgehalte für Cadmium in Lebensmitteln festgelegt. Im Zuge neuerer Erkenntnisse wurden seitdem zahlreiche Änderungen der Höchstgehalte vorgenommen, die schließlich in den heute geltenden Bestimmungen der Verordnungen (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008 sowie in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV/2001) und der Mineral- und Tafelwasser-Verordnung (Min/TafelwV/2006) verankert sind (siehe Tabelle 3-3).



Cadmiumgehalte in Lebensmitteln und Höchstgehaltsüberschreitungen

Das Lebensmittel-Monitoring (LM-M) als besonderer Bestandteil der Lebensmittel-Überwachung ist dafür ausgelegt, das Vorkommen von Stoffen in Lebensmitteln zu beschreiben. Dabei kann auch festgestellt werden, inwiefern es zu Höchstgehaltsüberschreitungen auf dem deutschen Markt kommt und wie hoch der Anteil dieser Überschreitungen ist. Das BVL veröffentlicht jährlich in einem Bericht zur Lebensmittelsicherheit die Ergebnisse aus dem LM-M des vergangenen Jahres. Tabelle 3-1 gibt einen Überblick über die im LM-M untersuchten Lebensmittel der Jahre 1995 bis 2008, welche Überschreitungen für Cadmium hinsichtlich der jeweils geltenden Höchstgehalte (HG) aufwiesen. Waren Lebensmittel vor allem in den früheren Jahrgängen noch nicht durch Höchstgehalte geregelt, so wurden die vorliegenden Richtwerte (RW) zum Vergleich herangezogen. Richtwerte stellen nicht wie Höchstgehalte verbindliche Grenzwerte, sondern Orientierungswerte dar, die Gehalte eines Stoffes in Lebensmitteln anzeigen, welche im Sinne des präventiven Gesundheitsschutzes unerwünscht sind.¹⁹ Der Anteil an Gehalten im LM-M oberhalb der HG bzw. RW ist in Tabelle 3-1 in Klammern zu jedem Lebensmittel angegeben. So wurden bei den Messungen der Cadmiumgehalte im Rahmen des Lebensmittel-Monitorings 2008 Höchstgehaltsüberschreitungen bei 1,1 % (2 von 189 Proben) der Messwerte für Putenfleisch und bei 12,4 % (13 von

Berichtsjahr	Lebensmittel mit Höchstgehalts- bzw. Richtwertüberschreitungen für Cadmium*
2008	Putenfleisch (1,1 %), Spinat (12,4 %)
2007	Weißkohl (2,1 %), Rettich (1,7 %), Austernseitling (1,5 %), Korinthe (1,5 %)
2006	Weizenkörner (1,1 %), Hai (7,4 %), Schwertfisch (42,9 %)
2005	Sepia (7,4 %), Kalmar (5,4 %), Reis (0,9 %), Kartoffelbreipulver (8,7 %), Müsliriegel (0,7 %), Spinat (2,7 %), Shiitakepilze (10,7 %)
2004	Erdnüsse (9,1 %), Porree (1,0 %), Tomate (1,1 %), barschartige Fische (9,1 %)
2003	Ente (0,4 %), Gans (1,6 %), Weizenkörner (0,9 %), Speisekleie aus Weizen (1,3 %), Gurke (0,4 %), Erbse tiefgefroren (1,0 %), Küchenkräuter (1,6 %)
2002	Rindernieren (3,8 %), Straußenfleisch (1,3 %), Spinat (3,8 %), Mohrrübe (2,2 %), Schokolade (2,8 %)
2001	Kalbsniere (2,2 %), Schweinenieren (2,3 %), Kopfsalat (2,6 %), Porree (1,6 %), Haie Zuschnitte (2,6 %), Weißwein (0,4 %)
2000	Ziegenkäse (1,6 %), Schinken (0,8 %), Kalbsleberwurst (0,4 %), Langkornreis (1,0 %), Reis ungeschliffen (1,4 %), Parboiled Reis (1,4 %), Teigwaren (0,4 %), Sonnenblumenkerne (15,6 %), Erdnuss geröstet (25 %), Erbse tiefgefroren (0,4 %)
1999	Camembert (0,4 %), Salami (2,4 %), Thunfischkonserve (0,8 %), Milchpulverzubereitung (2,6 %), Weizenkörner (4,9 %), Leinsamen (44,3 %), Zwiebel (0,4 %), Gemüsepaprika (0,4 %), Rhabarber (0,9 %)
1998	Wildschwein (0,5 %), Rinderleber (0,3 %), Miesmuscheln (1,1 %), Weizenkörner (1,3 %), Roggenkörner (1,4 %), Spargel (0,8 %), Mohrrüben (1,8 %), Knollensellerie (7,4 %), Birne (0,4 %), Erdbeeren (0,4 %), Süßkirschen (4,1 %)
1997	Schafskäse (0,4 %), Räucheraal (0,4 %), Weizenkörner (3,1 %), Roggenkörner (3,0 %), Erdnuss geröstet (50 %), Eichblattsalat (5,1 %), Brokkoli (0,5 %)
1996	Endivie (1,6 %)
1995	Krebstiere (6,6 %), Eisbergsalat (0,4 %), Lollo Rosso (3,2 %), Endivie (1,0 %), Bleichsellerie (2,2 %)

* Überschreitungen von Höchstgehalten beziehen sich in Abhängigkeit vom Berichtsjahr auf die jeweils geltenden Verordnungen: VO (EG) Nr. 466/2001, VO (EG) Nr. 1881/2006, VO (EG) Nr. 629/2008.

Tabelle 3-1: Dokumentierte Höchstgehalts- bzw. Richtwertüberschreitungen in den BVL-Berichten zum Lebensmittel-Monitoring 1995-2008

105 Proben) der Spinatproben festgestellt. Bei den in Tabelle 3-1 aufgeführten Lebensmitteln mit Cadmiumgehalten oberhalb der Höchstgehalte handelt es sich in erster Linie um vereinzelte Werte unter einer Vielzahl von Proben. Zwar weisen einzelne Lebensmittel, wie Erdnüsse (50 %) im Bericht von 1997, Leinsamen (44,3 %) im Bericht von 1999 sowie Schwertfisch (42,9 %) im Bericht von 2006, eine sehr hohe Anzahl an HG- bzw. RW-Überschreitungen auf. Im Mittel zeigt sich jedoch für die meisten Lebensmittel eine deutlich geringere Konzen-

tration im Vergleich zu den Höchstgehalten, wie sich aus den Beispielen in Tabelle 3-2 zur Kontamination einiger Getreidesorten sowie Innereien erkennen lässt.

So liegt die mittlere Konzentration von Weizen bei 0,04 mg/kg, was einem Fünftel des Höchstgehaltes von 0,2 mg/kg entspricht. Eine Überschreitung des Höchstgehaltes weisen etwa 0,5 % der Proben im LM-M auf und mit 97 % liegt die Mehrzahl der Messwerte unterhalb der Hälfte des Höchstgehaltes für Weizenkörner.

Lebensmittel	Probenzahl der Jahre 1995 - 2008	Mittlerer Gehalt [mg/kg]	Maximaler Gehalt [mg/kg]	HG [mg/kg] nach VO (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008	Anteil ≤ 50 % des HG	Anteil Überschreitung des HG
Lebensmittel mit eher höheren Cadmium-Konzentrationen						
Rinderleber	375	0,07	0,37	0,5	98,9 %	0 %
Schafsleber	300	0,07	0,55	0,5	96,0 %	0,7 %
Weizenkörner	767	0,04	0,66	0,2	97,3 %	0,5 %
Lebensmittel mit eher niedrigeren Cadmium-Konzentrationen						
Roggenkörner	650	0,010	0,096	0,1	98,8 %	0 %
Tomate	368	0,005	0,083	0,05	97,8 %	0,5 %
Apfel	512	0,002	0,029	0,05	99,8 %	0 %

Tabelle 3-2: Cadmiumgehalte von ausgewählten Lebensmitteln und Ausschöpfung der Höchstgehalte (HG) nach Lebensmittel-Monitoring zwischen 1995 und 2008

Zur Veranschaulichung gibt Abbildung 3-1 einen Überblick zur Verteilung der im LM-M gemessenen Cadmiumgehalte in Weizenkörnern. So zeigt sich, dass auch bei vereinzeltm Auftreten von Messwerten oberhalb der Höchstgehalte die Wahrscheinlichkeit für den Verbraucher, über längere Zeiträume ausschließlich Lebensmittel mit Cadmiumgehalten nahe oder gleich dem Höchstgehalt zu verzehren, äußerst gering ist. Lebensmittel, die in hohen Mengen verzehrt werden, können einen großen Beitrag

zur Cadmiumaufnahme leisten, auch wenn ihr Cadmiumgehalt niedrig ist. Daher besteht die Notwendigkeit, die Gehalte an Cadmium für diese Lebensmittel besonders niedrig zu halten. So haben Lebensmittelgruppen, die der Höchstgehaltsregulierung unterliegen und einen hohen Verzehr aufweisen, in der Regel einen niedrigeren Höchstgehalt. Lebensmittel mit höheren Konzentrationen an Umweltkontaminanten sind über höhere Höchstgehalte geregelt, werden aber meist weniger verzehrt.

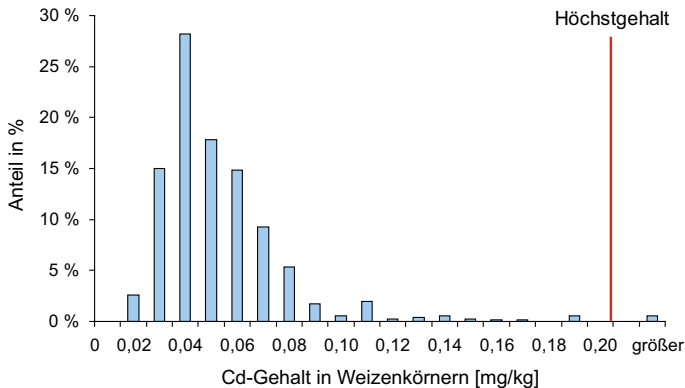


Abbildung 3-1: Vergleich der im Lebensmittel-Monitoring gemessenen Cadmiumgehalte in Weizenkörnern mit dem geltenden Höchstgehalt nach Verordnung (EG) Nr. 1881/2006

Entsprechend liefern die am höchsten mit Cadmium kontaminierten Lebensmittel der eher selten verzehrten Lebensmittelgruppen Innereien, Meeresfrüchte und Algen, Ölsaaten und Pilze einen geringen Beitrag zur Exposition bei durchschnittlichem Verzehr. Dagegen liefern aufgrund des höheren Verzehrs Gemüse und Getreide trotz geringer Konzentrationen zu etwa gleichen Teilen den Haupteintrag zur Cadmiumexposition, mit großem Abstand gefolgt von Getränken und Obst, Nüssen, Kakao (siehe Abbildung 3-2). Dies spiegelt sich auch in der Darstellung der täglichen Cadmiumaufnahme über die Höchstgehaltskategorien der VO (EG) Nr. 1881/2006 und Nr. 629/2008 für Durchschnittsverzehrer sowie Vielverzehrer wider (siehe Tabelle 3-3). Eine weitere Unterscheidung des Beitrags zur Cadmiumexposition ist aufgrund des im Projekt gewählten Kategorisierungssystems mit den vorgenommenen aufwendigen Umrechnungen auch innerhalb der einzelnen Lebensmittelgruppen möglich, wie in Abbildung 3-2 für die unterschiedlichen Getreidesorten dargestellt.

Cadmium-Exposition im Vergleich mit toxikologischen Referenzwerten

Zur Einschätzung der Aufnahme von Cadmium über den Verzehr von Lebensmitteln und des da-

mit verbundenen Risikos von gesundheitlichen Schädigungen erfolgt eine Gegenüberstellung der Exposition und der für Cadmium geltenden toxikologischen Referenzwerte. Diese geben die geduldete Menge eines Stoffes an, die bei täglicher Aufnahme lebenslang aufgenommen werden kann, ohne gesundheitliche Schädigungen hervorzurufen. Im Januar 2009 wurde von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) ein TWI (tolerable weekly intake) von 2,5 µg/kg Körpergewicht zur Aufnahme von Cadmium festgelegt. Dieser Referenzwert löst damit auf europäischer Ebene den seit 1993 geltenden PTWI (provisional tolerable weekly intake) der JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) von 7 µg/kg Körpergewicht ab. Unter Berücksichtigung der Konzentrationswerte wurde die wöchentliche Cadmiumaufnahme für die deutsche Bevölkerung und die damit verbundene Ausschöpfung des neuen TWI der EFSA über die Nahrung bestimmt. Insgesamt hat sich ergeben, dass bei durchschnittlichem Verzehr die wöchentliche Cadmiumaufnahme knapp 1,5 µg/kg Körpergewicht beträgt, was einer Ausschöpfung des obigen TWI von etwa 58 % entspricht. Vielverzehrer liegen unabhängig vom Geschlecht bei einer Aufnahme von 2,3 µg/kg Körpergewicht und

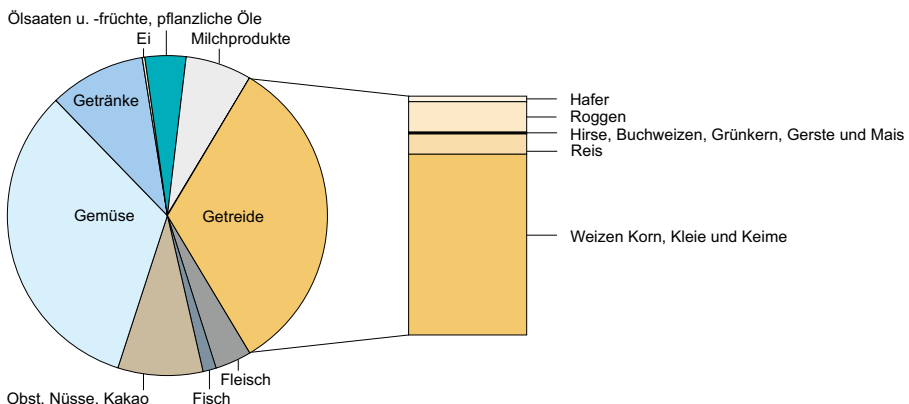


Abbildung 3-2: Anteil verschiedener Lebensmittelgruppen an der täglichen Cadmiumaufnahme. Die Lebensmittelgruppe „Getreide“ wurde hier noch weiter aufgeschlüsselt.

Woche und damit einer Ausschöpfung von 94 % des TWI. Die differenzierte Betrachtung nach Altersgruppen zeigt, dass die Jüngeren auf das Körpergewicht bezogen eine höhere Cadmiumexposition gegenüber den Älteren aufweisen. So nimmt die Gruppe der 14- bis 18-Jährigen bei mittlerem Verzehr 1,8 µg/kg Körpergewicht und Woche auf und schöpft folglich den TWI bereits zu 72 % aus. Dagegen ergibt sich für die Durchschnittsverzehrer in der Gruppe der 65- bis 80-Jährigen bei einer Aufnahme von etwa 1,3 µg/kg Körpergewicht und Woche eine Ausschöpfung des TWI von 50 %. Vegetarier sind über die Nahrung ähnlich der jüngeren Altersgruppe stärker mit Cadmium exponiert. Während die höhere Exposition der jüngeren Altersgruppe im Wesentlichen mit der höheren Gesamtenergieaufnahme über die Nahrung zu erklären ist, ist die höhere Exposition der Vegetarier durch den höheren Verzehr der LM-Gruppen Gemüse und Getreide zu erklären, die ohnehin stark zur Gesamtaufnahme beitragen. Eine detaillierte Aufstellung der Ausschöpfung des TWI für Cadmium von 2,5 µg/kg Körpergewicht über den Verzehr von Lebensmitteln für die verschiedenen Bevölkerungsgruppen für Durchschnitts- und Vielverzehrer ist Tabelle A-1 im Anhang zu entnehmen.

Im Hinblick auf den teilweise recht hohen Beitrag von Lebensmitteln zur Exposition bleibt zu beachten, dass Cadmium über weitere orale (z.B. Boden) sowie mögliche inhalative (Atemluft, Tabakrauch) Pfade aufgenommen werden kann. So wird die Aufnahme von Tabakprodukten aufgrund der höheren Absorptionsrate als ebenso bedeutende Quelle für Cadmium wie die Ernährung angesehen. Bei einem mittleren Cadmiumgehalt von 1,5 µg pro Zigarette werden etwa 10 % des Cadmiums inhalativ aufgenommen. Eine Person, die 60 kg wiegt und pro Tag 20 Zigaretten raucht, nimmt wöchentlich 0,35 µg Cadmium pro Kilogramm Körpergewicht auf und schöpft den TWI für Cadmium folglich allein durch den Tabakkonsum zu 14 % aus. Bei Rauchern, die täglich 40 Zigaretten rauchen, erhöht sich die Exposition auf 0,7 µg/kg Körpergewicht und die TWI-Ausschöpfung auf 28 %.²⁰ Zudem kann in industriellen Gegenden die inhalative Aufnahme von Cadmium über die Atemluft ebenfalls eine Rolle spielen. Ebenso kann hier die orale Aufnahme von Hausstaub bei Kindern von der Hand in den Mund relevant sein. Eine zusätzliche Aufnahme von Cadmium kann über den Verzehr von Lebensmittel aus Keramikgeschirr mit cadmiumhaltigen Glasuren oder Dekoren erfolgen.

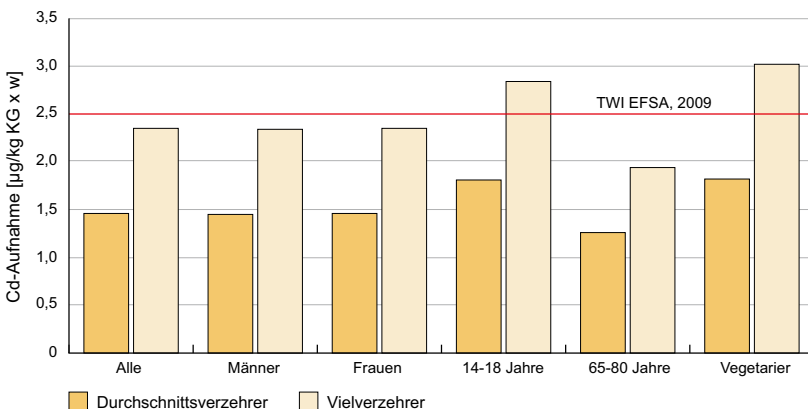


Abbildung 3-3: Wöchentliche nahrungsbedingte Cadmium-Exposition in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und vegetarischer Ernährungsweise

Cadmium-Höchstgehaltskategorie nach Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008 und TrinkwV/2001, Min/TafelWV/2006	HG [mg/kg]	Gesamtbevölkerung	
		Cd-Aufnahme [µg/kg KG pro Tag]	
		Durchschnittsverzehrer (Basis: Mittlere Cd-Konzentration; mittlerer Verzehr)	Vielverzehrer (Basis: Mittlere Cd-Konzentration, 95. Perz. Verzehr)
3.2.1: Fleisch von Rindern, Schafen, Schweinen, Geflügel	0,05	0,01	0,01
3.2.2: Pferdefleisch	0,2	< 0,0001	–
3.2.3: Leber von Rindern, Schafen, Geflügel, Pferden (inkl. Innereien unspezifisch)	0,5	< 0,001	< 0,005
3.2.4: Niere von Rindern, Schafen, Geflügel, Pferden	1,0	< 0,0005	–
3.2.5: Muskelfleisch von Fischen (24)(25), ausgenommen die unter 3.2.6, 3.2.7 und 3.2.8 aufgeführten Fischarten	0,05	< 0,001	< 0,005
3.2.6: Muskelfleisch der folgenden Fischarten: Bonito, Zweibindenbrasse, Aal, Grauäusche, Bastardmakrele, Hahnenfisch, Makrele, Sardine, Sardinienartige, Thunfische, Cuneata-Seezunge	0,1	< 0,0005	< 0,005
3.2.7: Muskelfleisch der folgenden Fischart: Unechter Bonito	0,2	–	–
3.2.8: Muskelfleisch der folgenden Fischarten: Sardelle, Schwertfisch	0,3	< 0,0001	< 0,0001
3.2.9: Krebstiere	0,5	< 0,001	< 0,005
3.2.10: Muscheln	1,0	< 0,0005	–
3.2.11: Kopffüßer	1,0	< 0,0005	–
3.2.12: Getreide (ausgenommen Kleie, Keime, Weizen und Reis)	0,1	0,01	0,03
3.2.13: Kleie, Keime, Weizen und Reis	0,2	0,06	0,12
3.2.14: Sojabohnen	0,2	< 0,0005	< 0,005
3.2.15: Gemüse und Früchte, ausgenommen Blattgemüse, frische Kräuter, Pilze, Stängelgemüse, Wurzelgemüse und Kartoffeln	0,05	0,02	0,06
3.2.16: Stängelgemüse, Wurzelgemüse und Kartoffeln, ausgenommen Knollensellerie	0,1	0,04	0,08
3.2.17: Blattgemüse, frische Kräuter, Knollensellerie und folgende Pilze: Wiesenchampignon, Austernseitling, Shiitake	0,2	0,02	0,05
3.2.18: Pilze, ausgenommen die in Nummer 3.2.17 aufgeführten	1,0	< 0,001	< 0,005
Trinkwasser	0,005	< 0,001	< 0,001
Mineralwasser	0,003	< 0,005	< 0,005

Tabelle 3-3: Tägliche Cadmiumaufnahme über die Lebensmittelgruppen der Höchstgehalts-(HG)-kategorien nach Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008 für die deutsche Gesamtbevölkerung

3.2 Blei

Blei ist eine ubiquitäre Umweltkontaminante, die natürlicherweise aber auch zum großen Teil durch anthropogene Quellen in die Nahrungskette eingetragen wird. Aufgrund verschiedener regulatorischer und technischer Maßnahmen hat die Bleibelastung innerhalb der letzten 30 Jahre stark abgenommen. Dabei hat vor allem das Verbot von organischen Bleiverbindungen in Kraftstoffen zur Verminderung der Kontamination beigetragen. Die Aufnahme von Blei erfolgt hauptsächlich über den Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln. Bei Kindern können darüber hinaus relevante Mengen an Blei über Hausstaub und Bodenpartikel aufgenommen werden. Eine chronische Exposition mit Blei kann beim Menschen vor allem gesundheitliche Schädigungen des zentralen Nervensystems, des kardiovaskulären Systems und der Nieren verursachen. Besonders betroffen sind Kinder, bei denen sich das Gehirn im Wachstums- und Entwicklungsprozess befindet. Hier können erhöhte Bleiwerte im Blut zu einer verminderten Intelligenz und Beeinträchtigungen der kognitiven Funktionen mindestens bis zum Alter von 7 Jahren führen.²¹

Um einer gesundheitlichen Gefährdung des Verbrauchers entgegenzuwirken, hat die Europäische Kommission wie bei Cadmium erstmals in der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 Höchstgehalte für Blei in Lebensmitteln festgelegt. Im Zuge neuerer Erkenntnisse wurden seitdem zahlreiche Änderungen der Höchstgehalte vorgenommen, die schließlich in den heute geltenden Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008 sowie in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV/2001) und der Mineral- und Tafelwasser-Verordnung (Min/TafelwV/2006) verankert sind (siehe Tabelle 3-6).



Bleigehalte in Lebensmitteln und Höchstgehaltsüberschreitungen

In dem vom BVL jährlich veröffentlichtem Bericht zur Lebensmittelsicherheit sind auch die Bleigehalte aus dem LM-M des vergangenen Jahres dokumentiert. Tabelle 3-4 gibt einen Überblick über die im LM-M untersuchten Lebensmittel der Jahre 1995 bis 2008, welche Überschreitungen für Blei hinsichtlich der jeweils geltenden Höchstgehalte (HG) bzw. Richtwerte (RW, Erläuterung siehe Cadmium) aufwiesen. Der Anteil an Lebensmitteln mit Gehalten oberhalb der HG bzw. RW ist in Klammern zu jedem Lebensmittel angegeben. So wurden bei den Messungen der Bleigehalte im Rahmen des Lebensmittel-Monitorings 2008 Höchstgehaltsüberschreitungen bei 1,1 % (1 von 88 Proben) der Messwerte für Reis, bei 1,9 % (2 von 103 Proben) der Spinat- und bei 0,7 % (1 von 144 Proben) der Zwiebelwerte festgestellt.

Berichtsjahr	Lebensmittel mit Höchstgehalts- bzw. Richtwertüberschreitungen für Blei*
2008	Reis (1,1 %), Spinat (1,9 %), Zwiebel (0,7 %)
2007	Rindfleisch (0,5 %), Äpfel (1,6 %), Radieschen (4,6 %), Rettich (1,7 %)
2006	Rindernieren (1,9 %), Kalbsnieren (2,2 %), Hai (7,4 %), Schwertfisch (1,8 %)
2005	Salami (3,3 %), Kartoffelbreipulver (2,9 %), Spinat (0,7 %), Birne (0,9 %), Pfirsich/Nektarine (0,8 %), Apfelsaft (1,0 %)
2004	Getreidekörner (1,0 %), Erdnuss (9,1 %), Rucola (0,4 %), Ananas (0,5 %), Orangensaft (1,0 %), Muscheln, -erzeugnisse (0,5 %)
2003	Ente (0,8 %), Gans (0,4 %), Weizenkörner (1,8 %), Gurke (1,2 %)
2002	Rindfleisch (1,0 %), Rindernieren (1,0 %), Straußenfleisch (1,3 %), Kartoffeln (0,9 %), Bohne grün (0,6 %), Mohrrübe (2,2 %), roter Traubensaft (4,4 %), Johannisbeernektar (5,7 %), Säuglingsnahrung auf Getreidebasis (1,3 %)
2001	Kalbsleber (0,5 %), Kalbsniere (2,2 %), Rotbarschfilet (0,4 %)
2000	Frischkäse (0,8 %), Ziegenkäse (1,2 %), Kalbsleberwurst (1,6 %), Langkornreis (3,8 %), Reis ungeschliffen (1,4 %), Teigwaren (2,0 %), Wirsingkohl (0,4 %), Salatgurke (0,9 %), Erbse tiefgefroren (1,6 %)
1999	Camembert (0,4 %), Putenfleisch (0,3 %), Salami (2,4 %), Weizenkörner (1,0 %), Blumenkohl (0,4 %), Gemüsepaprika (0,8 %), Melone/Honigmelone (0,4 %), Milchpulverzubereitung (1,6 %)
1998	Wildschwein (10,4 %), Weizenkörner (0,4 %), Roggenkörner (0,5 %), Spargel (0,4 %), Mohrrüben (0,5 %), Knollensellerie (3,2 %), Apfel (0,4 %), Birne (0,4 %)
1997	Schafskäse (0,4 %), Schweineleber (0,3 %), Wildschwein (17,9 %), Weizenkörner (1,3 %), Roggenkörner (3,0 %), Erdnuss geröstet/gesalzen (3,8 %), Grünkohl (1,1 %), Brokkoli (0,5 %), Paprikapulver (20,2 %)
1996	Regenbogenforelle (0,5 %), Endivie (1,1 %), Kohlrabi (0,4 %), Grüne Bohne (2,1 %)
1995	Seelachsfilet (0,3 %), Krebstiere (0,9 %), Feldsalat (1,8 %), Eisbergsalat (0,4 %), Gurke (0,3 %)

* Überschreitungen von Höchstgehalten beziehen sich in Abhängigkeit vom Berichtsjahr auf die jeweils geltenden Verordnungen: VO (EG) Nr. 466/2001, VO (EG) Nr. 1881/2006, VO (EG) Nr. 629/2008.

Tabelle 3-4: Dokumentierte Höchstgehalts- bzw. Richtwertüberschreitungen für Blei in den BVL-Berichten zum Lebensmittel-Monitoring 1995-2008

Bei den in Tabelle 3-4 aufgeführten Lebensmitteln mit Bleigehalten oberhalb der Höchstgehalte handelt es sich in erster Linie um vereinzelte Werte unter einer Vielzahl von Proben. Zwar weisen einzelne Lebensmittel, wie Wildschwein (17,9 %) und Paprikapulver (20,2 %) im Bericht von 1997 sowie Erdnüsse (9,1 %) im Bericht von 2004, eine hohe Anzahl an HG- bzw. RW-Überschreitungen auf. Doch im Mittel zeigt sich für die meisten Lebensmittel eine deutlich geringere Kontamination im Vergleich zu den Höchstgehalten, wie sich aus den Beispielen in Tabelle 3-5 zur Kontamination von ausgewähl-

ten Lebensmitteln aus den Gruppen Innereien, Muscheln, Fische, Getreide und Getränke erkennen lässt.

So lag die mittlere Konzentration von Reis bei 0,04 mg/kg, was einem Fünftel des Höchstgehaltes von 0,2 mg/kg entspricht. Eine Überschreitung des Höchstgehaltes wiesen etwa 1,8 % der Proben im LM-M auf und mit 96 % lag die Mehrzahl der Messwerte unterhalb der Hälfte des Höchstgehaltes für Reis. Zur Veranschaulichung gibt Abbildung 3-4 einen Überblick zur Verteilung der im LM-M

Lebensmittel	Probenzahl der Jahre 1995 - 2008	Mittlerer Gehalt [mg/kg]	Maximaler Gehalt [mg/kg]	HG [mg/kg] nach VO (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008	Anteil ≤ 50 % des HG	Anteil Überschreitung des HG
Lebensmittel mit eher höheren Blei-Konzentrationen						
Rindernieren	342	0,10	1,11	0,5	94,4 %	1,2 %
Muscheltiere	201	0,32	1,69	1,5	92,5 %	0,5 %
Hai	105	0,04	0,87	0,3	98,1 %	1,9 %
Lebensmittel mit eher niedrigeren Blei-Konzentrationen						
Reis	458	0,04	1,70	0,2	96,3 %	1,8 %
Weißwein	282	0,03	0,14	0,2	99,7 %	0 %
Rotwein	236	0,03	0,16	0,2	98,7 %	0 %

Tabelle 3-5: Bleigehalte von ausgewählten Lebensmitteln und Ausschöpfung der Höchstgehalte (HG) nach Lebensmittel-Monitoring zwischen 1995 und 2008

gemessenen Bleigehalte in Reis (Reis, Reis ungeschliffen, Langkornreis, Parboiled Reis). Wie bereits bei Cd zeigt sich, dass auch bei vereinzeltm Auftreten von Messwerten oberhalb der Höchstgehalte die Wahrscheinlichkeit für den Verbraucher, über längere Zeiträume ausschließlich Lebensmittel mit Bleigehalten nahe oder gleich dem Höchstgehalt zu verzehren, äußerst gering ist. Wie auch für andere Kontaminaten gilt, dass Lebensmittel, die in

hohen Mengen verzehrt werden, einen großen Beitrag zur Bleiaufnahme leisten können, auch wenn der Bleigehalt niedrig ist. Daher besteht die Notwendigkeit, die Gehalte an Blei für diese Lebensmittel besonders niedrig zu halten. So haben Lebensmittelgruppen, die der Höchstgehaltsregulierung unterliegen und einen hohen Verzehr aufweisen, in der Regel einen niedrigeren Höchstgehalt. Lebensmittel mit höheren Konzentrationen an Umweltkontaminanten sind

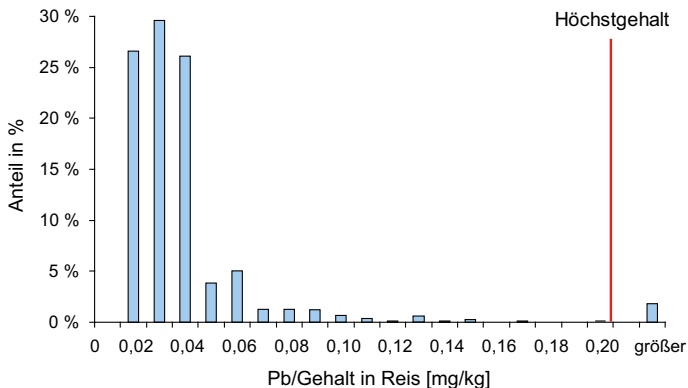


Abbildung 3-4: Vergleich der im Lebensmittel-Monitoring gemessenen Bleigehalte in Reis mit dem geltenden Höchstgehalt nach Verordnung (EG) Nr. 1881/2006

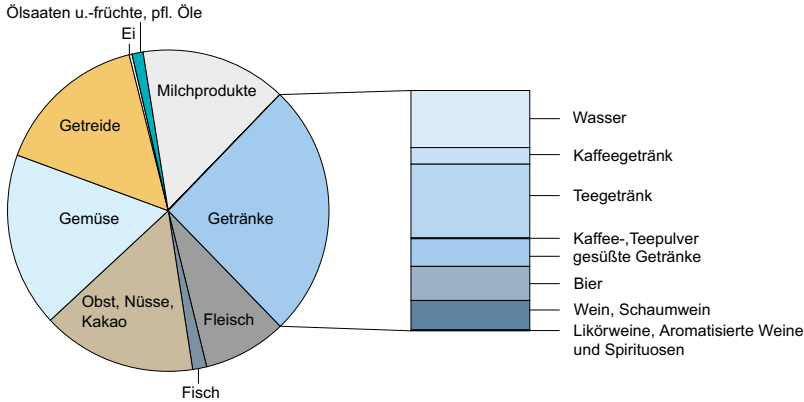


Abbildung 3-5: Anteil verschiedener Lebensmittel an der täglichen Bleiaufnahme. Die Lebensmittelgruppe „Getränke“ wurde hier noch weiter aufgeschlüsselt.

über höhere Höchstgehalte geregelt, werden aber meist weniger verzehrt.

Zu den Lebensmitteln mit hohen Bleigehalten gehören Fleisch vom Wild oder Wildgeflügel (z.B. Wildschwein mit 4,7 mg/kg oder Wildente mit 3,2 mg/kg), Innereien (z.B. Niere vom Schaf 0,85 mg/kg), Meeresfrüchte (z.B. Miesmuschel 0,5 mg/kg) und Gewürze (z.B. Pfeffer und Paprika je 0,36 mg/kg). Aufgrund des Verzehrverhaltens der Bevölkerung liefern aber Getränke den größten Beitrag zur Bleiexposition, gefolgt von Gemüse, der Gruppe „Obst, Nüsse, Kakao“ und Getreide (siehe Abbildung 3-5). Dies spiegelt sich auch in der Darstellung der Bleiaufnahme über die Höchstgehaltskategorien der VO (EG) Nr. 1881/2006 und Nr. 629/2008 für Durchschnittsverzehrer sowie Vielverzehrer wider (siehe Tabelle 3-6). Eine weitere Unterscheidung des Beitrags zur Bleiexposition ist aufgrund des im Projekt gewählten Kategorisierungssystems auch innerhalb der einzelnen Lebensmittelgruppen möglich, wie in Abbildung 3-5 für die unterschiedlichen Getränkesorten dargestellt.

Blei-Exposition im Vergleich mit toxikologischen Referenzwerten

Zur Einschätzung der Aufnahme von Blei über den Verzehr von Lebensmitteln und des damit verbundenen Risikos von gesundheitlichen Schädigungen erfolgt eine Gegenüberstellung der Exposition und der für Blei geltenden toxikologischen Referenzwerte. Diese geben die geduldete Menge eines Stoffes an, die bei täglicher Aufnahme lebenslang aufgenommen werden kann, ohne gesundheitliche Schädigungen hervorzurufen. Zur Einschätzung der Bleiexposition wurde bislang der seit 1986 geltende Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) der JECFA von 25 µg/kg Körpergewicht hinzugezogen. Im März 2010 wurde dieser Referenzwert von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) unter Berücksichtigung neuer Studien hinsichtlich der Toxikologie von Blei auf den Prüfstand gestellt.²¹ Dabei wurde der PTWI der JECFA nicht mehr als geeignet betrachtet und stattdessen empfohlen, den Ansatz des „margin of exposure“ (MoE) anzuwenden. Hierbei wird ein Referenzpunkt angesetzt, der einer Dosis entspricht, die einen vordefinierten geringfügigen, aber messbaren gesundheitlichen Effekt bei Tier oder Mensch auslöst. Die Benchmark-Dosis (BMD) stellt solch einen standardisierten

Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel

Referenzpunkt zur Ermittlung des MoE²² dar, für die ein Konfidenzbereich festgelegt wird. Mit der BMDL wird dann die Dosis bezeichnet, die der unteren Konfidenzgrenze entspricht. Für Blei hat die EFSA solche Benchmark-Dosen für die

erwachsene Bevölkerung von 1,50 µg/kg KG und Tag (10,5 µg/kg KG und Woche) für den Anstieg des systolischen Blutdruck (BMDL_{SBP,1}/SBP = Systolic Blood Pressure) um 1 % betreffend und von 0,63 µg/kg KG und

Blei-Höchstgehaltskategorien nach Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008 und TrinkwV/2001, Min/TafelWV/2006	HG [mg/kg]	Gesamtbevölkerung	
		Pb-Aufnahme [µg/kg KG pro Tag]	
		Durchschnittsverzehrer (Basis: Mittlere Pb-Konzentration; mittlerer Verzehr)	Vielverzehrer (Basis: Mittlere Pb-Konzentration, 95. Perz. Verzehr)
3.1.1: Rohmilch, wärmebehandelte Milch und Werkmilch	0,02	< 0,005	0,01
3.1.3: Fleisch von Rindern, Schafen, Schweinen und Geflügel	0,1	0,04	0,09
3.1.4: Nebenprodukte der Schlachtung von Rindern, Schafen, Schweinen und Geflügel	0,5	< 0,0005	< 0,005
3.1.5: Muskelfleisch von Fischen	0,3	0,01	0,02
3.1.6: Krebstiere, ausgenommen braunes Fleisch von Krabben sowie Fleisch von Kopf und Thorax von Hummer und ähnlichen großen Krebstieren	0,5	< 0,0005	< 0,001
3.1.7: Muscheln	1,5	< 0,0005	–
3.1.8: Kopffüßer (ohne Eingeweide)	1,0	< 0,0005	–
3.1.9: Getreide, Hülsengemüse und Hülsenfrüchte	0,2	0,08	0,15
3.1.10: Gemüse, ausgenommen Kohlgemüse, Blattgemüse, frische Kräuter und Pilze	0,1	0,06	0,11
3.1.11: Kohlgemüse, Blattgemüse und folgende Pilze: Agaricus bisporus (Wiesenchampignon), Pleurotus ostreatus (Austerseitling), Lentinula edodes (Shiitake)	0,3	0,02	0,04
3.1.12: Früchte, ausgenommen Beeren und Kleinobst	0,1	0,04	0,10
3.1.13: Beeren und Kleinobst	0,2	0,01	0,02
3.1.14: Fette und Öle, einschließlich Milchfett	0,1	0,01	0,01
3.1.15: Fruchtsäfte, rekonstituiertes Fruchtsaftkonzentrat und Fruchtnektare	0,05	0,04	0,17
3.1.16: Wein (einschließlich Schaumwein und ausgenommen Likörwein), Apfel-, Birnen- und Fruchtwein	0,2	0,02	0,07
3.1.17: Aromatisierter Wein, aromatisierte weinhaltige Getränke und aromatisierte weinhaltige Cocktails	0,2	< 0,001	–
Trinkwasser	0,01	0,01	0,03
Mineralwasser	0,01	0,02	0,06

Tabelle 3-6: Tägliche Bleiaufnahme über die Lebensmittelgruppen der Höchstgehaltskategorien nach Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 für die deutsche Gesamtbevölkerung

Tag (4,41 µg/kg KG und Woche) hinsichtlich der Zunahme der Prävalenz für chronische Nierenerkrankungen (BMDL_{CKD,10}/CKD = Chronic Kidney Disease) um 10 % abgeleitet. Aufgrund dessen erfolgt an dieser Stelle der Vergleich der Bleiaufnahme mit diesen neuen Referenzwerten der EFSA neben der Berücksichtigung des bisher geltenden PTWI der JECFA.

Die errechnete Bleiexposition für die Gesamtbevölkerung, für die Altersgruppen 14-18 Jahre und 65-80 Jahre sowie für Vegetarier ist Tabelle 3-7 zu entnehmen. Dargestellt werden zum einen die Bleiaufnahme und zum anderen die damit verbundene Ausschöpfung bzw. der MoE mit den oben erläuterten toxikologischen Referenzwerten. Dabei ergibt sich der MoE durch Division der BMDL durch den Expositionswert.

Mit einer wöchentlichen Bleiaufnahme von 3,7 µg/kg Körpergewicht für Durchschnittsverzehrer der Gesamtbevölkerung wird der bisher geltende PTWI zu etwa 15 % über den

Verzehr von Lebensmitteln ausgeschöpft und der MoE auf Basis der von der EFSA neu festgelegten BMDL_{SBR,1} liegt bei 2,8 bzw. auf Basis der BMDL_{CKD,10} bei 1,2. Vielverzehrer weisen mit 5,06 µg/kg KG eine höhere Bleiaufnahme auf und erreichen eine Ausschöpfung des PTWI von rund 20 % und weisen einen MoE im Hinblick auf den Referenzpunkt für kardiovaskuläre Effekte von 2,1 bzw. auf den für Nierentoxizität von 0,9 auf (siehe Tabelle 3-7). Es konnten praktisch keine Unterschiede in der Bleiexposition zwischen den Geschlechtern gefunden werden. Von den sechs untersuchten Altersgruppen wies die jüngste (14-18 Jahre) mit 4,23 µg/kg Körpergewicht und Woche (Durchschnittsverzehrer) bzw. 5,62 µg/kg Körpergewicht und Woche (Vielverzehrer) eine im Vergleich zur Gesamtbevölkerung geringfügig höhere Bleiexposition auf. Die älteste Gruppe (65-80 Jahre) ist mit 3,37 µg/kg Körpergewicht und Woche (Durchschnittsverzehrer) bzw. 4,43 µg/kg Körpergewicht und Woche (Vielverzehrer) etwas geringer gegenüber Blei exponiert. Vegetarier gehören zu

Bevölkerungsgruppe	Gesamtbevölkerung (N=15.371)	14-18 Jahre (N=1.058)	65-80 Jahre (N=2.921)	Vegetarier (N=231)
Durchschnittsverzehrer (Berechnung über die Expositionsgruppen)				
Aufnahme pro Woche [µg/kg KG]	3,74	4,23	3,37	4,34
Ausschöpfung PTWI von 25 µg/kg KG pro Woche	15 %	17 %	13 %	17 %
Margin of Exposure (BMDL _{SBR,1} von 10,5 µg/kg KG pro Woche)	2,8	2,5	3,1	2,4
Margin of Exposure (BMDL _{CKD,10} von 4,41 µg/kg KG pro Woche)	1,2	1,0	1,3	1,0
Vielverzehrer (Berechnung über die Hauptgruppen, EFSA-Methode)				
Aufnahme pro Woche [µg/kg KG]	5,06	5,62	4,43	6,07
Ausschöpfung PTWI von 25 µg/kg KG pro Woche	20 %	22 %	18 %	24 %
Margin of Exposure (BMDL _{SBR,1} von 10,5 µg/kg KG pro Woche)	2,1	1,9	2,4	1,7
Margin of Exposure (BMDL _{CKD,10} von 4,41 µg/kg KG pro Woche)	0,9	0,8	1,0	0,7

Tabelle 3-7: Wöchentliche Bleiexposition der deutschen Gesamtbevölkerung und einiger Untergruppen

den Bevölkerungsgruppen mit einer etwas höheren Bleiaufnahme über die Nahrung, verglichen mit der Aufnahme der Gesamtbevölkerung (siehe Abbildung 3-6). Während die höhere Exposition der jüngeren Altersgruppe im Wesentlichen mit der höheren Gesamtenergieaufnahme über die Nahrung zu erklären ist, ist die höhere Exposition der Vegetarier im höheren Verzehr der LM-Gruppen „Gemüse“, „Obst, Nüsse, Kakao“ und „Getreide“ begründet, die neben Getränken ohnehin stark zur Gesamtaufnahme beitragen.

Für die Bleiexposition über alle Lebensmittel- und Bevölkerungsgruppen wird der bisher geltende PTWI der JECFA deutlich unterschritten und der MoE auf Basis der von der EFSA neu abgeleiteten $BMDL_{SBR,1}$ zeigt, dass die Bleiexposition unter dem definierten Referenzpunkt für kardiovaskuläre Effekte liegt. Der MoE basierend auf der $BMDL_{CKD,10}$ der EFSA erreicht bei Durchschnittsverzehrern nahezu den Referenzpunkt für Nierentoxizität und überschreitet diesen bei Vielverzehrern. Folglich sollte eine weitere Reduzierung der Bleiaufnahme angestrebt werden. Diesbezüglich könnten Maßnahmen bei einer zusätzlichen Höchstgehaltsregulierung bisher nicht regulierter Lebensmittel ansetzen, die einen Anteil von 37 %

an der Gesamtaufnahme von Blei über die Nahrung haben. Eine detaillierte Aufstellung der Ausschöpfung des PTWI für Blei von $25 \mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht und Woche, des MoE auf Basis des $BMDL_{SBR,1}$ von $1,5 \mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht und Tag und des MoE auf Grundlage des $BMDL_{CKD,10}$ von $0,63 \mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht und Tag über den Verzehr von Lebensmitteln für die verschiedenen Bevölkerungsgruppen für Durchschnitts- und Vielverzehrern ist Tabelle A-1 im Anhang zu entnehmen.

Für die Bleiaufnahme stellt der Verzehr von Lebensmitteln die hauptsächliche Quelle sowohl für Erwachsene als auch für Kinder dar. Beide können zusätzlich mit Blei belastet sein, wenn sie Lebensmittel verzehren, die in Kontakt mit Keramikgeschirr kommen, das bleihaltige Glasuren und Dekore aufweist. Des Weiteren kann die inhalative Aufnahme von Blei über die Luft oder den Konsum von Tabak bis zu 10 % der Gesamtexposition betragen.²¹ Bei Kindern kann zudem die orale Aufnahme von Bodenpartikeln bzw. Hausstaub eine Rolle in der Bleiexposition spielen.

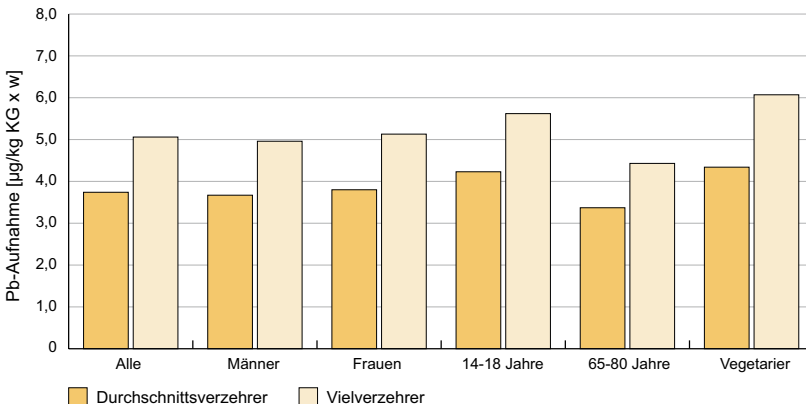


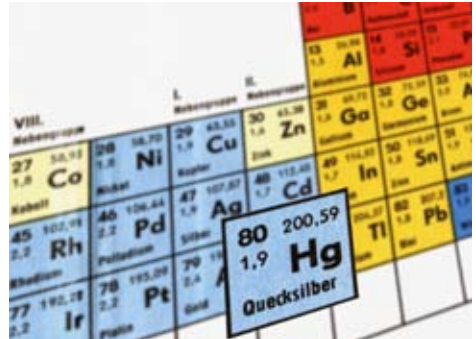
Abbildung 3-6: Wöchentliche nahrungsbedingte Blei-Exposition in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und vegetarischer Ernährungsweise

3.3 Quecksilber

Quecksilber ist zum einen ein natürlich vorkommendes Schwermetall, das in seiner anorganischen Form toxische Wirkungen vor allem im Nervensystem, in den Nieren, aber auch in der Leber entfaltet. Zum anderen wird Quecksilber durch Bergbau, Verhüttung, Industrie sowie Verbrennung fossiler Brennstoffe in die Umwelt getragen. Dort lagert es sich im Boden und Wasser ab, gelangt ins Sediment und wird zum Teil zu Methylquecksilber umgewandelt. Aufgrund seiner höheren Lipophilie wird Methylquecksilber sowohl oral als auch inhalativ gut resorbiert und reichert sich vor allem in Meerestieren an. Damit stellt die Nahrung eine der beiden wichtigsten Quellen zur Quecksilberexposition in der Gesamtbevölkerung dar, neben Amalgamfüllungen in der Zahnmedizin. Um den Verbraucher vor einer gesundheitlichen Gefährdung durch die Aufnahme von Quecksilber über die Nahrung zu schützen, hat die Europäische Kommission bereits 1993 Höchstgehalte für Quecksilber in Fischen und Fischerzeugnissen erlassen. Diese wurden in der Verordnung (EG) Nr. 466/2001 fortgeschrieben. Seitdem wurden zahlreiche Änderungen der Höchstgehalte vorgenommen, die schließlich in den heute geltenden Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008 sowie in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV/2001) und der Mineral- und Tafelwasser-Verordnung (Min/TafelwV/2006) verankert sind (siehe Tabelle 3-10). Diese regeln die Gehalte von Quecksilber in Form von Methylquecksilber in den Lebensmittelgruppen Fische und Meeressfrüchte. In allen anderen Lebensmitteln kommt Quecksilber überwiegend in anorganischer oder elementarer Form vor, was für die menschliche Gesundheit weniger besorgniserregend ist und deshalb in den Verordnungen nicht reguliert wurde.

Quecksilbergehalte in Lebensmitteln und Höchstgehaltsüberschreitungen

Die Ergebnisse zu den Messungen von Quecksilber im LM-M sind ebenfalls wie für



die anderen Kontaminaten in den Berichten zur Lebensmittelsicherheit des BVL dargestellt. Tabelle 3-8 gibt einen Überblick über die im LM-M untersuchten Lebensmittel der Jahre 1995 bis 2008, welche Überschreitungen für Quecksilber hinsichtlich der jeweils geltenden Höchstgehalte (HG) bzw. Richtwerte (RW, Erläuterung siehe Cadmium) aufwiesen. Der Anteil an Gehalten oberhalb der HG bzw. RW ist in Klammern zu jedem Lebensmittel angegeben. So wurden bei den Messungen der Quecksilbergehalte im Rahmen des LM-M 2005 Höchstgehaltsüberschreitungen bei 3,1 % (3 von 98 Proben) der Messwerte für Reis festgestellt.

Bei den in Tabelle 3-8 aufgeführten Lebensmitteln mit Quecksilbergehalten oberhalb der Höchstgehalte handelt es sich in erster Linie um vereinzelte Werte unter einer Vielzahl von Proben. Zwar weisen einzelne Lebensmittel, wie Hai (38,5 %) im Bericht von 2001, Schwertfisch (27,3 %) im Bericht von 2006 sowie Reis (16,1 %) im Bericht von 2008, eine hohe Anzahl an HG- bzw. RW-Überschreitungen auf. Im Mittel zeigt sich jedoch für die meisten Lebensmittel eine deutlich geringere Konzentration im Vergleich zu den Höchstgehalten, wie sich aus den Beispielen in Tabelle 3-9 zu den Quecksilbergehalten einiger Fische erkennen lässt. Die mittlere Konzentration der im LM-M untersuchten Proben für Schwertfisch liegt mit 0,84 mg/kg in der Nähe des Höchstgehaltes von 1,0 mg/kg, da etwa 27 % der Proben diesen überschritten hat.

Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel

Berichtsjahr	Lebensmittel mit Höchstgehalts- bzw. Richtwertüberschreitungen für Quecksilber*
2008	Pute (0,5 %), Mohrrübe (2,2 %), Reis (16,1 %), geräucherter Heilbutt (3,8 %)
2007	Roggenkörner (5,1 %), Zuchtchampignon (6 %), Austernseitling (10,4 %)
2006	Haifisch (34,6 %), Schwertfisch (27,3 %), Eichblattsalat (4,8 %)
2005	Reis (3,1 %)
2004	Lachsähnliche Fische (5 %), barschartige Fische (11,4 %)
2003	Keine Überschreitungen festgestellt
2002	Keine Überschreitungen festgestellt
2001	Kalbsleber (1 %), Schweineiere (1,7 %), Butterfisch (14,3 %), Scholle (0,3 %), Hai (38,5 %)
2000	Ziegenkäse (4,9 %), Schinken (1,6 %), Kalbsleberwurst (5,6 %), Rot-/Blutwürste (1,3 %), Langkornreis (1 %), Parboiled Reis (1,4 %), Salatgurke (2,7 %)
1999	Camembert (6,1 %), Putenfleisch (0,3 %), Makrele geräuchert (0,4 %), Mineralwasser (0,6 %)
1998	Rinderleber (0,3 %), Wildschwein (1,1 %), Heilbutt (1,1 %)
1997	Wildschwein (8,9 %), Schafskäse (5,2 %), Schweineleber (0,3 %), Aal geräuchert (0,9 %)
1996	Keine Überschreitungen festgestellt
1995	Keine Überschreitungen festgestellt

* Überschreitungen von Höchstgehalten beziehen sich in Abhängigkeit vom Berichtsjahr auf die jeweils geltenden Verordnungen: VO (EG) Nr. 466/2001, VO (EG) Nr. 1881/2006, VO (EG) Nr. 629/2008, Mineral- und Tafelwasser-Verordnung (Min/TafelWV), Schadstoffhöchstmengenverordnung (SHmV) und Rückstandshöchstmengenverordnung (RHmV).

Tabelle 3-8: Dokumentierte Höchstgehalts- bzw. Richtwertüberschreitungen für Quecksilber in den BVL-Berichten zum Lebensmittel-Monitoring 1995-2008

Lebensmittel	Probenzahl der Jahre 1995 - 2008	Mittlerer Gehalt [mg/kg]	Maximaler Gehalt [mg/kg]	HG [mg/kg] nach VO (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008	Anteil ≤ 50 % des HG	Anteil Überschreitung des HG
Lebensmittel mit eher höheren Quecksilber-Konzentrationen						
Schwertfisch	55	0,84	2,64	1,0	36,4 %	27,3 %
Heilbutt	193	0,12	1,04	1,0	96,9 %	0,5 %
Thunfisch	331	0,16	0,95	1,0	96,4 %	0 %
Lebensmittel mit eher niedrigeren Quecksilber-Konzentrationen						
Scholle	286	0,05	0,62	0,5	99,3 %	0,4 %
Hering	621	0,05	0,50	0,5	99,4 %	0 %
Seelachs	509	0,05	0,34	0,5	99,2 %	0 %

Tabelle 3-9: Quecksilbergehalte von ausgewählten Lebensmitteln und Ausschöpfung der Höchstgehalte (HG) nach Lebensmittel-Monitoring zwischen 1995 und 2008

Dagegen liegt die mittlere Konzentration von Heilbutt bei 0,12 mg/kg, was etwa einem Achtel des Höchstgehaltes von 1,0 mg/kg entspricht. Eine Überschreitung des Höchstgehaltes weisen 0,5 % der Proben im LM-M auf und mit knapp 97 % liegt die Mehrzahl der Messwerte unterhalb der Hälfte des Höchstgehaltes für Heilbutt. Zur Veranschaulichung gibt Abbildung 3-7 einen Überblick zur Verteilung der im LM-M gemessenen Quecksilbergehalte in Heilbutt (Heilbutt, Schwarzer Heilbutt). Es zeigt sich, dass auch bei vereinzeltem Auftreten von Messwerten oberhalb der Höchstgehalte die Wahrscheinlichkeit für den Verbraucher, über längere Zeiträume ausschließlich Lebensmittel mit Quecksilbergehalten nahe oder gleich dem Höchstgehalt zu verzehren, äußerst gering ist.

haben Lebensmittelgruppen, die der Höchstgehaltsregulierung unterliegen und einen hohen Verzehr aufweisen, in der Regel einen niedrigeren Höchstgehalt. Lebensmittel mit höheren Konzentrationen an Umweltkontaminanten sind über höhere Höchstgehalte geregelt, werden aber meist weniger verzehrt. Mit Ausnahme von Thunfisch, der häufig höhere Gehalte an Methylquecksilber und einen hohen Verzehr aufweist, spiegelt sich dies auch in der Darstellung der Methylquecksilberaufnahme über die Höchstgehaltskategorien der VO (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008 für Durchschnitts- sowie Vielverzehrer wider (siehe Tabelle 3-10). So weist die Kategorie 3.3.2 für Fischarten mit einem vergleichsweise höheren Höchstgehalt von 1,0 mg/kg einen geringen Beitrag zur Quecksilberaufnahme bei Durchschnittsverzehrern der Gesamtbevölkerung auf als die Kategorie 3.3.1 mit einem demgegenüber niedrigeren Höchstgehalt von 0,5 mg/kg.

Fische und Fischerzeugnisse, die in hohen Mengen verzehrt werden (z.B. Forelle), können einen großen Beitrag zur Quecksilberaufnahme leisten, auch wenn der Methylquecksilbergehalt niedrig ist. Daher besteht die Notwendigkeit, die Gehalte an Methylquecksilber für diese Lebensmittel besonders niedrig zu halten. So

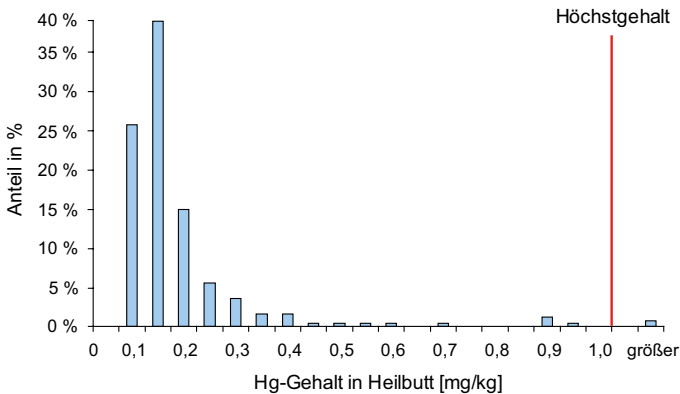


Abbildung 3-7: Vergleich der im Lebensmittel-Monitoring gemessenen Quecksilbergehalte in Heilbutt mit dem geltenden Höchstgehalt nach Verordnung (Eg) Nr. 1881/2006

Methylquecksilber-Höchstgehaltskategorien nach Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008 und TrinkwV/2001, Min/TafelWV/2006	HG [mg/kg]	Gesamtbevölkerung	
		Hg-Aufnahme [µg/kg KG pro Tag]	
		Durchschnittsverzehrer (Basis: Mittlere Hg-Konzentration; mittlerer Verzehr)	Vielverzehrer (Basis: Mittlere Hg-Konzentration, 95. Perz. Verzehr)
3.3.1: Fischereierzeugnisse und Muskelfleisch von Fischen, ausgenommen die unter 3.3.2 aufgeführten Fischarten. Der Höchstgehalt gilt für Krebstiere, ausgenommen braunes Fleisch von Krabben sowie Fleisch von Kopf und Thorax von Hummer und ähnlichen großen Krebstieren.	0,5	0,02	0,05
3.3.2.: Muskelfleisch der folgenden Fischarten: Seeteufel, Seewolf, Bonito, Aal, Kaiserbarsch, Grenadierfisch, Heilbutt, Kingklip, Marlin, Scheefschnut, Meerbarbe, Rosa Kingklip, Hecht, Einfarb-Pelamide, Zwergdorsch, Portugiesenhai, Rochen, Rotbarsch, Pazifischer Fächerfisch, Haarschwänze, Meerbrasse, Hai, Schlangenmakrele, Stör, Schwertfisch, Thunfisch	1,0	0,01	0,05
Trinkwasser	0,001	< 0,0005	< 0,0005
Mineralwasser	0,001	< 0,0050	< 0,0050

Tabelle 3-10: Darstellung der täglichen Methylquecksilberaufnahme aus den Gruppen der Höchstgehaltsverordnung (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 629/2008 für die deutsche Gesamtbevölkerung

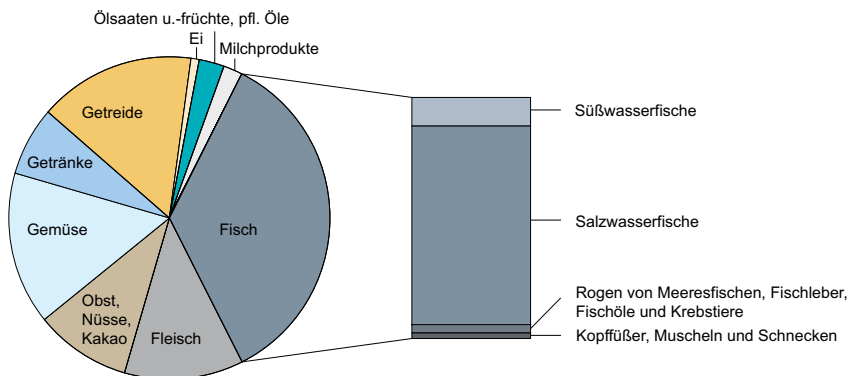


Abbildung 3-8: Anteil verschiedener Lebensmittelgruppen an der täglichen Gesamtquecksilberaufnahme. Die Lebensmittelgruppe „Fisch“ wurde hier noch weiter aufgeschlüsselt.

Zu den Lebensmitteln mit hohen Quecksilbergehalten gehören vor allem Fische, die aufgrund einer längeren Lebensdauer und räuberischer Ernährungsweise verstärkt Methylquecksilber akkumulieren (z.B. Haie mit 0,98 mg/kg oder Schwertfisch mit 0,84 mg/kg), welches über 90 % des Gesamtquecksilbers in Fischen und Meeresfrüchten darstellt. Jedoch tragen diese höher kontaminierten Fische aufgrund ihrer geringeren Verzehrsmengen im Vergleich zu anderen, weniger kontaminierten Fischen in einem geringeren Maß zur Exposition mit Quecksilber bei.

Insgesamt zeigt sich, dass Fisch aufgrund des Verzehrverhaltens der Bevölkerung in Verbindung mit der Lebensmittelbelastung den größten Beitrag zur Exposition für Gesamtquecksilber (anorganisches Quecksilber und Methylquecksilber) liefert, gefolgt von Getreide und – mit nur geringfügig niedrigerem Beitrag – Gemüse sowie (in absteigender Reihenfolge) den Hauptgruppen „Fleisch“ und „Obst, Nüsse, Kakao“ (siehe Abbildung 3-8). Eine weitere Unterscheidung des Beitrags zur Quecksilberexposition ist aufgrund des im Projekt

entwickelten Kategoriensystems auch innerhalb der einzelnen Lebensmittelgruppen möglich, wie in Abbildung 3-8 für die unterschiedlichen Lebensmittel der Gruppe „Fisch“ dargestellt.

Quecksilber-Exposition im Vergleich mit toxikologischen Referenzwerten

Zur Einschätzung der Aufnahme von Quecksilber über den Verzehr von Lebensmitteln und des damit verbundenen Risikos von gesundheitlichen Schädigungen erfolgt eine Gegenüberstellung der Exposition und der für Quecksilber geltenden toxikologischen Referenzwerte. Diese geben die Menge eines Stoffes an, die bei täglicher Aufnahme lebenslang aufgenommen werden kann, ohne gesundheitliche Schädigungen hervorzurufen. Dabei dient der von der JECFA abgeleitete und 2004 von der EFSA bestätigte PTWI für Methylquecksilber von 1,6 µg/kg KG pro Woche als toxikologischer Referenzwert. Zur toxikologischen Einordnung von Gesamtquecksilber wurde ein Beurteilungswert von 2,4 µg/kg KG pro Woche abgeleitet, der der Bedingung der JECFA Rechnung trägt, dass der Anteil von Methylquecksilber am Gesamtquecksilber von zwei Drittel nicht überschritten werden darf.²³

	Gesamtquecksilber	Methylquecksilber
Durchschnittsverzehrer	Berechnung über alle Expositionsgruppen	Berechnung über Expositionsgruppen der Hauptgruppe Fisch
Aufnahme pro Woche [µg/kg KG]	0,49	0,17
Ausschöpfung des Beurteilungswertes (2,4 µg/kg KG pro Woche)	21 %	–
Ausschöpfung des PTWI (JECFA) (1,6 µg/kg KG pro Woche)	–	11 %
Vielverzehrer	Berechnung über alle Hauptgruppen (EFSA Methode)	Berechnung über Hauptgruppe Fisch
Aufnahme pro Woche [µg/kg KG]	0,90	0,55
Ausschöpfung des Beurteilungswertes (2,4 µg/kg KG pro Woche)	37 %	–
Ausschöpfung des PTWI (JECFA) (1,6 µg/kg KG pro Woche)	–	34 %

Tabelle 3-11: Gesamtquecksilber- und Methylquecksilberexposition der deutschen Gesamtbevölkerung

Die errechnete Gesamtquecksilberexposition für die Gesamtbevölkerung ist Tabelle 3-11 zu entnehmen. Mit einer wöchentlichen Gesamtquecksilberaufnahme von $0,49 \mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht für Durchschnittsverzehrer der Gesamtbevölkerung wird der Beurteilungswert zu 21% ausgeschöpft. Vielverzehrer erreichen eine Ausschöpfung von rund 37%.

Des Weiteren ist Tabelle 3-11 die errechnete Methylquecksilberexposition für die Gesamtbevölkerung zu entnehmen. Mit einer wöchentlichen Methylquecksilberaufnahme von $0,17 \mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht für Durchschnittsverzehrer der Gesamtbevölkerung wird der PTWI der JECFA zu 11% ausgeschöpft. Vielverzehrer erreichen eine Ausschöpfung von rund 34%.

Sowohl bei Gesamtquecksilber als auch für Methylquecksilber konnten praktisch keine Unterschiede bei der Exposition zwischen den Geschlechtern über die Nahrung gefunden werden. Die Exposition der deutschen Bevölkerung mit Gesamtquecksilber für Durchschnitts- und Vielverzehrer ist in Abbildung 3-10 dargestellt. Eine leicht reduzierte Gesamtquecksilberaufnahme gegenüber der Gesamtbevölkerung zeigen

lediglich die durchschnittlich verzehrenden Vegetarier sowie die Vielverzehrer der jüngsten Altersgruppe der 14- bis 18-Jährigen. Für alle anderen Altersgruppen lassen sich hier keine systematischen Unterschiede feststellen. Anders zeigt es sich bei der Exposition der deutschen Bevölkerung hinsichtlich Methylquecksilber (siehe Abbildung 3-9). Hier lassen sich Unterschiede zwischen den untersuchten Altersgruppen erkennen, wobei die jüngste (14-18 Jahre) mit einer Aufnahme von $0,09 \mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht und Woche (Durchschnittsverzehrer) bzw. $0,35 \mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht und Woche (Vielverzehrer), die einer Ausschöpfung des PTWI der JECFA von 6% bzw. 23% entsprechen, eine im Vergleich zur Gesamtbevölkerung deutlich niedrigere Exposition aufweist. Mit zunehmendem Alter steigt dann die Exposition aufgrund des zunehmenden Fischverzehrs kontinuierlich an und erreicht zwischen 51 und 64 Jahren ein Maximum (siehe Abbildung 3-9). Vegetarier weichen in ihrer Gesamtquecksilberbelastung nur geringfügig von der Gesamtbevölkerung ab, sind jedoch deutlich weniger gegenüber Methylquecksilber exponiert, da Vegetarier laut Definition gewöhnlich keinen Fisch verzehren.

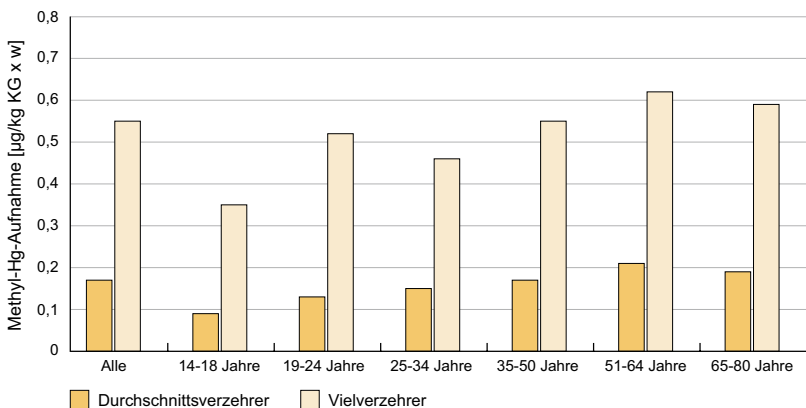


Abbildung 3-9: Wöchentliche nahrungsbedingte Methylquecksilber-Exposition in Abhängigkeit vom Alter. Der PTWI für Methylquecksilber ($1,6 \mu\text{g}/\text{kg KG}$) wird zur besseren Darstellung der Bevölkerungsgruppen hier nicht dargestellt.

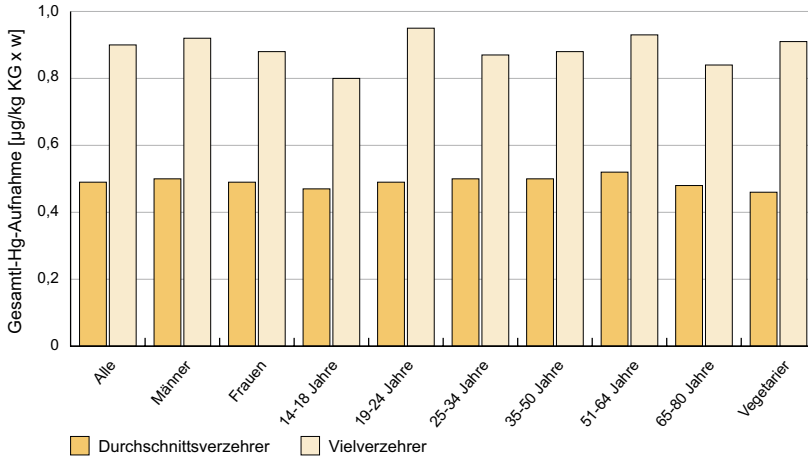


Abbildung 3-10: Wöchentliche nahrungsbedingte Gesamtquecksilber-Exposition in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und vegetarischer Ernährungsweise. Der Beurteilungswert für Gesamtquecksilber (2,4 µg/kg KG) wird zur besseren Darstellung der Bevölkerungsgruppen hier nicht dargestellt.

Neben Lebensmitteln können weitere Quellen über orale, inhalative und dermale Wege zur Quecksilberexposition beitragen. Große Bedeutung haben dabei Amalgamfüllungen bei der Zahnbehandlung. Darüber hinaus können Anwender von quecksilberhaltigen Medikamenten oder Hautcremes zusätzlich exponiert sein. Aufgrund der sehr stark variierenden Methylquecksilbergehalte verschiedener Fischarten kann der Verbraucher durch den Verzehr niedrig kontaminierter Fischarten zudem seine Methylquecksilberaufnahme beeinflussen. In seinen Verbrauchertipps verweist das BMU auf die Bedeutung von Fisch für die Aufnahme wichtiger Nährstoffe. Deshalb gilt es besonders für Schwangere und Stillende die vom BMU benannten Fischarten möglichst zu meiden.²⁴

3.4 Dioxine und PCB

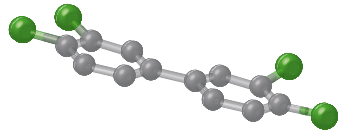
Zu Gehalten an Dioxinen und PCB in Lebensmitteln liegen im Vergleich zu den bisher betrachteten Kontaminanten deutlich weniger Daten vor. Es sind weniger Lebensmittelgruppen mit Daten hinterlegt und zu einigen dieser Gruppen ist die Probenzahl gering.

Deshalb sind die hier vorgestellten Ergebnisse bezüglich Dioxinen und PCB mit größerer Unsicherheit behaftet und ihre Interpretation insofern als vorläufig zu betrachten.

3.4.1 PCDD/F und dioxinähnliche PCB

Polychlorierte Dibenzop-dioxine (PCDD) und -furane (PCDF) sowie dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle (dl-PCB) sind Gruppen von persistenten chlororganischen Verbindungen, die überwiegend aus anthropogenen Quellen stammen. PCDD/F kommen zum Beispiel als Nebenprodukt bei der chemischen Synthese chlororganischer Verbindungen oder bei Verbrennungsprozessen unter Anwesenheit von chlorhaltigen Verbindungen vor. Waren früher Müllverbrennungsanlagen und die Papierbleiche mit Chlor wichtige Emissionsquellen von

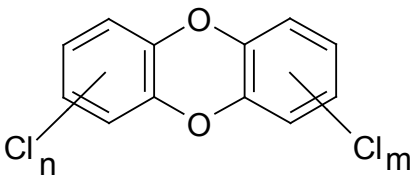
PCDD/F, so führten Umstellungen in der Verfahrenstechnologie zu einer deutlichen Reduktion der Emission in diesem Bereich. PCB-Gemische wurden in Transformatoren, Kondensatoren, Flammschutzmitteln, Dichtungsmassen und Wärmetauschern sowie als Hydraulikflüssigkeit verwendet. Inzwischen ist die Verwendung von PCB verboten.



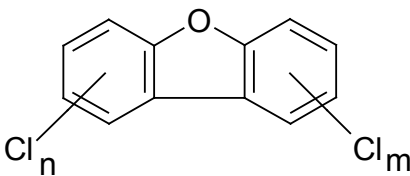
dl-PCB: 3,3',4,4'-Tetrachlorbiphenyl (planare Struktur)

So zeigen auch Kontaminationsdaten zu PCDD/F bzw. dl-PCB, dass beispielsweise die Belastung für Milch bis ins Jahr 2000 stark rückläufig war, aber seitdem kein Rückgang der Dioxingehalte mehr beobachtet werden konnte.²⁵ Aus diesem Grund wurden für die vorliegende Expositionsschätzung von Dioxinen Belastungsdaten ab 2000 verwendet.

PCDD/F und PCB sind sehr persistente Verbindungen, die sich aus der Umwelt in fetthaltigem tierischem Gewebe anreichern und vor allem über die Nahrungskette in den menschlichen Organismus gelangen. Als chronische Wirkungen von Dioxinen und PCB wurden bei Tierversuchen Störungen der Reproduktionsfunktionen, des Immunsystems, des Nervensystems und des Hormonhaushalts beschrieben. Als empfindlichste Zielorgane gegenüber den Dioxin- und PCB-Expositionen wurden dabei die Leber und die Schilddrüse identifiziert. Darüber hinaus gelten einige Dioxinkongenerne als Tumorpromotoren. Um dem gemeinsamen Wirkmechanismus und der additiven Wirkung der einzelnen PCDD/F- und dl-PCB-Gemische Rechnung zu tragen, werden diese in Form von sogenannten Toxizitätsäquivalenten (TEQ) zusammengefasst (WHO 2000).²⁶



polychlorierte Dibenzop-dioxine (PCDD)



polychlorierte Dibenzop-furane (PCDF)

Um einer gesundheitlichen Gefährdung des Verbrauchers durch die Aufnahme von PCDD/F und dl-PCB über die Nahrung entgegenzuwirken, hat die Europäische Kommission Höchstgehalte für die Summe der WHO-PCDD/F-TEQ sowie die Summe der WHO-PCDD/F-PCB-TEQ in Lebensmitteln festgelegt. Diese Höchstgehalte sind in der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 565/2008 verankert (siehe Tabelle 3-14) und regeln die Gehalte von Dioxinen und dl-PCB in tierischen Lebensmitteln, pflanzlichen Ölen und Fetten.

Aufgrund ihrer Lipophilie sind für Dioxine und PCB im Gegensatz zu anderen Umweltkontaminanten sowohl für Trink- als auch für Mineralwasser keine Höchstgehalte festgelegt. Ein weiterer Unterschied zu anderen Kontaminanten ist der fast ausschließliche Bezug der Höchstgehalte für PCDD/F und dl-PCB auf den Fettanteil der Lebensmittel, da sich diese Stoffe im Fett anreichern. Lediglich bei Fischen bleibt der Bezug zum Frischgewicht bestehen. Die Regelung der Höchstgehalte unterliegt zudem der Bestimmung, dass sämtliche Werte, die unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, gleich der Bestimmungsgrenze sind (upper bound-Ansatz). Im Gegensatz dazu würden beim lower bound-Ansatz für Proben, deren Dioxin-Gehalt unterhalb der Bestimmungsgrenze liegt, der Wert „null“ eingerechnet.

PCDD/F- und dl-PCB-Gehalte in Lebensmitteln und Höchstgehaltsüberschreitungen

Die BVL-Berichte zur Lebensmittelsicherheit zeigen, dass im LM-M von 1995 bis 2005 keine Messungen für PCDD/F bzw. dl-PCB in Lebensmitteln vorgenommen wurden, die eine Summenbildung der TEQ ermöglichen. Somit gibt Tabelle 3-12 einen Überblick über die im LM-M untersuchten Lebensmittel der Jahre 2006 bis 2008, welche Überschreitungen für PCDD/F und PCDD/F+dl-PCB hinsichtlich der jeweils geltenden Höchstgehalte (HG) bzw. Richtwerte (RW, Erläuterung siehe Cadmium) aufwiesen. Der Anteil an Gehalten oberhalb der HG bzw. RW ist in Klammern zu jedem Lebensmittel angegeben.

Im Gegensatz zu den Messungen des LM-M hinsichtlich der in den vorangegangenen Kapiteln betrachteten Schwermetalle weisen einige Lebensmittel nicht nur vereinzelt Überschreitungen der Höchstgehalte für PCDD/F und dl-PCB auf, sondern teilweise liegt auch ein größerer Prozentsatz der Proben oberhalb des definierten Höchstgehaltes. Wie in Tabelle 3-13 zu sehen, ist dies beispielsweise für Aal und Dorschleber der Fall. So wurden bei den Messungen der PCDD/F-Gehalte im Rahmen des Lebensmittel-Monitorings 2006 Überschreitungen des derzeit gültigen Höchstgehalts in 9 von 18 Proben für die Summe von PCDD/F+dl-PCB in Dorschleber

Berichtsjahr	Lebensmittel mit Höchstgehalts- bzw. Richtwertüberschreitungen*	
	PCDD/F	PCDD/F-PCB
2008	Hühnereier (7,1 %)	Aal (33,3 %), Hühnereier (7,1 %), Rindfleisch (6,4 %), Rindnierenfett (80 %)
2007	Hühnereier (10 %), Aal (20 %)	Milch (2,3 %), Hühnereier (5 %), Aal (100 %)
2006	Dorschleber (66,7 %)	Dorschleber (88,9 %)
1995-2005	–	–

* Überschreitungen von Höchstgehalten beziehen sich in Abhängigkeit vom Berichtsjahr auf die jeweils gelten-den Verordnungen: VO (EG) Nr. 1881/2006, VO (EG) Nr. 565/2008, Schadstoffhöchstmengenverordnung (SHmV) etc.

Tabelle 3-12: Dokumentierte Höchstgehalts- bzw. Richtwertüberschreitungen für PCDD/F und dl-PCB in den BVL-Berichten zum Lebensmittel-Monitoring 1995-2008

Lebensmittel	Probenzahl der Jahre 2006 - 2008	Mittlerer Gehalt [pg/g]	Maximaler Gehalt [pg/g]	HG [pg/g] nach VO (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 565/2008	Anteil ≤ 50 % des HG	Anteil Überschreitung des HG
Lebensmittel mit eher höheren PCDD/F und dl-PCB-Konzentrationen						
Aal	8	20,8	56,3	12,0 pg/g Frischgewicht	25,0 %	75,0 %
Dorschleber	18	32,9	76,5	25,0 pg/g Frischgewicht	22,2 %	50,0 %
Lebensmittel mit eher niedrigeren PCDD/F und dl-PCB -Konzentrationen						
Rindfleisch	64	2,2	17,4	4,5 pg/g Fett	68,8 %	4,7 %
Milch	82	1,3	2,3	6,0 pg/g Fett	98,8 %	1,2 %
Eier	34	9,5	262,1	6,0 pg/g Fett	70,6 %	5,9 %

Tabelle 3-13: PCDD/F+dl-PCB - Gehalte in ausgewählten Lebensmitteln und Ausschöpfung der Höchstgehalte (HG) nach Lebensmittel-Monitoring zwischen 2006 und 2008

festgestellt. Im Jahr 2006 war wegen des damals noch geltenden niedrigeren Höchstgehalts der Anteil der Höchstgehaltsüberschreitungen mit 89 % noch deutlich höher als beim Vergleich mit dem seit 2008 geltenden Höchstgehalt (Tabelle 3-12, Tabelle 3-13). Aus diesem Grund hat das BfR bereits 2007 empfohlen, Dorschleber in Öl bei einer Portionsgröße von 150 Gramm höchstens alle 2 Monate zu verzehren.²⁷

Bei den Eiern überschritten 2 von 34 Proben mit Werten von 7 und 262 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Fett den Höchstgehalt von 6 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Fett. Der Gehalt von 262 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Fett weicht dabei maßgeblich von allen anderen Messwerten für Eier ab. Diese Probe stammt aus der Freilandhaltung und es wird vermutet, dass der hohe Gehalt auf eine, auf diesen Einzelfall beschränkte, besonders hohe Kontamination mit dl-PCB zurückzuführen ist.²⁸

Sowohl Rindfleisch als auch Milch sind Beispiele aus dem LM-M, die zwar vereinzelte Höchstgehaltsüberschreitungen zeigen, aber im Durchschnitt deutlich unterhalb der Höchstgehalte liegen (Tabelle 3-13). So ist für Milch eine mit-

tlere Belastung von 1,3 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Fett festzustellen, die deutlich unterhalb des Höchstgehaltes von 6 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Fett liegt. Eine Überschreitung des Höchstgehaltes weisen 1,2 % der Proben im LM-M auf und mit knapp 99 % liegen fast alle Messwerte unterhalb der Hälfte des Höchstgehaltes für Milch. Zur Veranschaulichung gibt Abbildung 3-7 einen Überblick zur Verteilung der im LM-M gemessenen PCDD/F- und dl-PCB Gehalte in Milch. Es zeigt sich, dass auch bei vereinzeltm Auftreten von Messwerten oberhalb der Höchstgehalte die Wahrscheinlichkeit für den Verbraucher, über längere Zeiträume ausschließlich Lebensmittel mit Dioxingehalten nahe oder gleich dem Höchstgehalt zu verzehren, äußerst gering ist.

Es bleibt zu beachten, dass auch Lebensmittel mit niedrigen Konzentrationen an PCDD/F und dl-PCB eine große Bedeutung in der Dioxinaufnahme spielen können, wenn sie in hohen Mengen verzehrt werden.

Daher besteht die Notwendigkeit, die Gehalte an Dioxinen für diese Lebensmittel besonders niedrig zu halten. So haben Lebensmittelgrup-

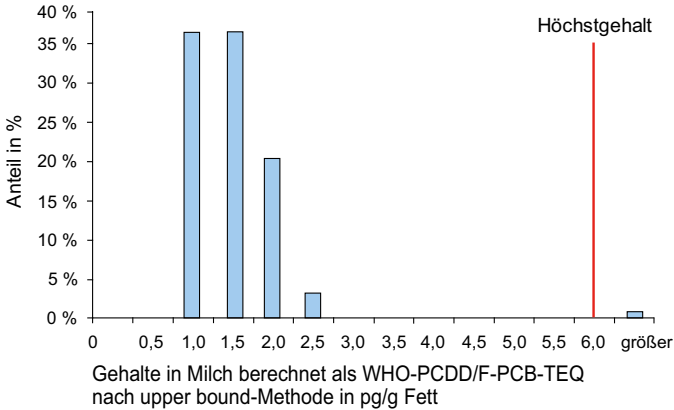


Abbildung 3-11: Vergleich der im Lebensmittel-Monitoring gemessenen WHO-PCDD/F-PCB-TEQ in Milch mit dem geltenden Höchstgehalt nach Verordnung (EG) Nr. 1881/2006

pen, die der Höchstgehaltsregulierung unterliegen und einen hohen Verzehr aufweisen, in der Regel einen niedrigeren Höchstgehalt. Lebensmittel mit einer höheren Belastung an Umweltkontaminanten sind über höhere Höchstgehalte geregelt, werden aber meist weniger verzehrt. Dies spiegelt sich auch in der Darstellung der PCDD/F- und dl-PCB-Aufnahme über die Höchstgehaltskategorien der VO (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 565/2008 für Durchschnitts- sowie Vielverzehrer wider (siehe Tabelle 3-14). So weist die Kategorie 5.4 für Muskelfleisch vom Europäischen Flusssaal mit einem vergleichsweise höheren Höchstgehalt von 12 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Frischgewicht einen geringeren Beitrag zur Dioxinaufnahme bei Durchschnittsverzehrern der Gesamtbevölkerung auf als die Kategorie 5.5 für Rohmilch und Milcherzeugnisse einschließlich Butterfett mit einem demgegenüber niedrigeren Höchstgehalt von 6 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/g Fett.

Zu den Lebensmitteln mit hohen TEQ-Gehalten gehören in Hinsicht auf PCDD/F Schafleber, Lebertran, Dorschleber sowie Fleisch vom Wild oder Wildgeflügel. Zu Lebensmitteln mit besonders hohen Gesamt-TEQ-Gehalten aus PCDD/F

und dl-PCB gehören ebenfalls Schafleber, Lebertran, Dorschleber, Flusssaal, Hasenfleisch und Wildente. Diese höher belasteten Lebensmittel tragen aufgrund ihrer geringeren Verzehrsmengen im Vergleich zu anderen, weniger belasteten Lebensmitteln in einem geringeren Maß zur durchschnittlichen Exposition der Verbraucher mit Dioxinen bei.

Insgesamt zeigt sich, dass Milchprodukte aufgrund des Verzehrverhaltens der Bevölkerung in Verbindung mit der Lebensmittelbelastung den größten Beitrag zur Exposition für PCDD/F und dl-PCB liefern, gefolgt von Fleisch und – mit nur geringfügig niedrigerem Beitrag – Fisch. Der Beitrag der Hauptgruppe „Ei“ (siehe Abbildung 3-12) ist wegen des einen sehr hohen Wertes verbunden mit der vergleichsweise geringen Probenzahl mit höherer Unsicherheit behaftet und stellt eine Überschätzung dar. Eine weitere Unterscheidung des Beitrags zur Dioxinexposition ist aufgrund des im Projekt entwickelten Kategoriensystems auch innerhalb der einzelnen Lebensmittelgruppen möglich, wie in Abbildung 3-12 für die unterschiedlichen Lebensmittel der Gruppe Milchprodukte dargestellt.

Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel

Höchstgehaltskategorien für WHO-PCDD/F-TEQ bzw. WHO-PCDD/F-PCB-TEQ nach Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 und Nr. 565/2008	HG [pg/g]		Gesamtbevölkerung		Gesamtbevölkerung	
			WHO-PCDD/F-TEQ-Aufnahme [pg/kg KG pro Tag]		WHO-PCDD/F-PCB-TEQ-Aufnahme [pg/kg KG pro Tag]	
	Summe WHO-PCDD/F-TEQ	Summe WHO-PCDD/F-PCB-TEQ	Durchschnittsverzehrer ³	Vielverzehrer ⁴	Durchschnittsverzehrer ⁵	Vielverzehrer ⁶
5.1.1 Fleisch und Fleischerzeugnisse außer Schlachtnebenprodukten von Rindern und Schafen ¹	3	4,5	0,010	0,029	0,034	0,099
5.1.2 Fleisch und Fleischerzeugnisse außer Schlachtnebenprodukten von Geflügel ¹	2	4	0,012	0,043	0,032	0,111
5.1.3 Fleisch und Fleischerzeugnisse außer Schlachtnebenprodukten von Schweinen ¹	1	1,5	0,012	0,030	0,029	0,073
5.2 Leber und ihre Verarbeitungsprodukte der unter 5.1 aufgeführten an Land lebenden Tiere ¹	6	12	0,002	0,010	0,003	0,013
5.3 Muskelfleisch von Fischen und Fischereierzeugnissen sowie ihre Verarbeitungserzeugnisse außer Aal ²	4	8	0,116	0,344	0,405	1,204
5.4 Muskelfleisch vom Europäischen Flusssaal und seine Verarbeitungserzeugnisse ²	4	12	0,002	0	0,009	0
5.5 Rohmilch und Milchzeugnisse, einschließlich Butterfett ¹	3,0	6	0,218	0,508	0,575	1,339
5.6 Hühnereier und Eiprodukte ¹	3	6	0,049*	0,119*	0,400*	0,977*
5.7.1 Fett von Rindern und Schafen ¹	3	4,5	0,006	0,017	0,054	0,152
5.7.2 Fett von Geflügel ¹	2	4	< 0,001	0	< 0,001	0
5.7.3 Fett von Schweinen ¹	1	1,5	0,022	0,065	0,335	0,977
5.8 Gemischte tierische Fette ¹	2	3	0	0	0	0
5.9 Pflanzliche Öle und Fette ¹	0,75	1,5	0,049	0,117	0,095	0,228
5.10 Öle von Meerestieren ¹	2	10	< 0,001	0	0,002	0
5.11 Fischleber und ihre Verarbeitungserzeugnisse außer die in 5.10 enthaltenen ²	–	25,0	< 0,001	0	0,001	0

* Der Beitrag von „Ei“ ist mit höherer Unsicherheit verbunden und stellt eine Überschätzung dar

Tabelle 3-14: Darstellung der täglichen WHO-PCDD/F bzw. PCDD/F-PCB-TEQ-Aufnahme (upper bound) aus den Gruppen der Höchstgehaltsverordnung (EG) Nr. 1881/2006 bzw. Nr. 565/2008 für die deutsche Gesamtbevölkerung

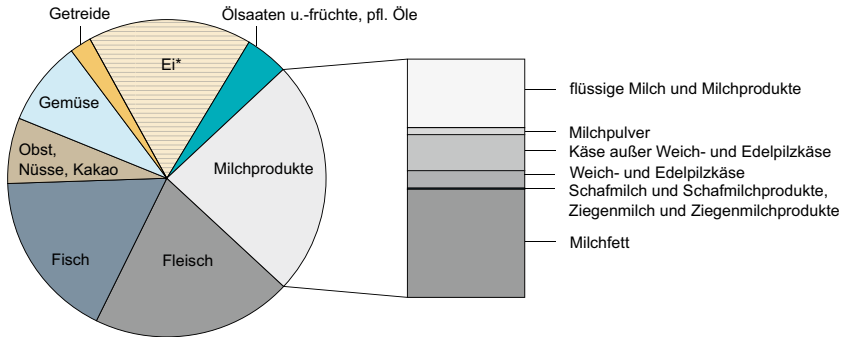
¹ bezogen auf den Fettanteil / ² bezogen auf Frischgewicht

³ Basis: Mittlere PCDD/F-Konzentration; mittlerer Verzehr

⁴ Basis: Mittlere PCDD/F-Konzentration, 95. Perz. Verzehr

⁵ Basis: Mittlere PCDD/F+dl-PCB-Konzentration; mittlerer Verzehr

⁶ Basis: Mittlere PCDD/F+dl-PCB-Konzentration, 95. Perz. Verzehr



* Der Beitrag von „Ei“ ist mit höherer Unsicherheit verbunden und stellt eine Überschätzung dar

Abbildung 3-12: Anteil verschiedener Lebensmittelgruppen an der täglichen Aufnahme von PCDD/F und dl-PCB. Die Lebensmittelgruppe „Milchprodukte“ wurde hier noch weiter aufgeschlüsselt.

PCDD/F+dl-PCB-Exposition im Vergleich mit toxikologischen Referenzwerten

Zur Einschätzung der Aufnahme von Dioxinen über den Verzehr von Lebensmitteln und des damit verbundenen Risikos von gesundheitlichen Schädigungen erfolgt eine Gegenüberstellung der Exposition und des für Dioxine geltenden toxikologischen Referenzwerts. Dieser gibt die Menge eines Stoffes an, die bei regelmäßiger Aufnahme lebenslang aufgenommen werden kann, ohne gesundheitliche Schädigungen hervorzurufen. Dabei dient für Dioxine und dl-PCB die vom Scientific Committee on Food (SCF) 2001 abgeleitete tolerable wöchentliche

Aufnahme (tolerable weekly intake, TWI) von 14 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg KG pro Woche als toxikologischer Referenzwert. Bei der hier vorgestellten Expositionsrechnung ist die eingangs geschilderte Datenlage zu beachten. Deshalb sind die Schätzungen zur Exposition des Verbrauchers mit PCDD/F und dl-PCB als vorläufig zu betrachten. Die derzeit errechnete Exposition für die Gesamtbevölkerung mit den WHO-TEQ aus der Summe von PCDD/F und dl-PCB ist Tabelle 3-15 zu entnehmen. Dargestellt wird die Spanne der Aufnahmemengen, die sich bei Anwendung der lower bzw. der upper bound-Berechnung sowohl

	WHO-PCDD/F-TEQ	WHO-PCDD/F-PCB-TEQ	Ausschöpfung TWI (SCF, 2001) durch Summe PCDD/F-PCB
Durchschnittsverzehrer, Berechnung über die Expositionsgruppen			
Aufnahme pro Woche [pg/kg KG] (lower bound – upper bound)	2,69-5,08	12,66-16,89	90-121 %
Vielverzehrer, Berechnung über die Hauptgruppen (nach EFSA Methode)			
Aufnahme pro Woche [pg/kg KG] (lower bound – upper bound)	5,84-8,74	22,04-27,25	157-195 %

Tabelle 3-15: Vorläufige Schätzung der wöchentlichen Exposition mit WHO-PCDD/F-PCB-TEQ der deutschen Gesamtbevölkerung (Bereich zwischen lower und upper bound)

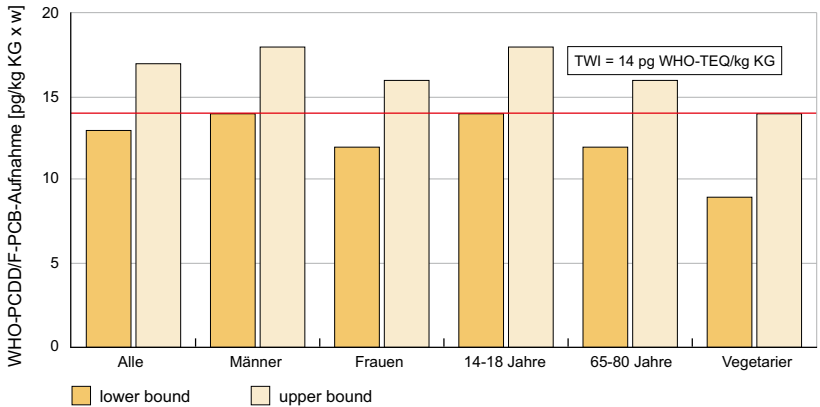


Abbildung 3-13: Wöchentliche nahrungsbedingte WHO-PCDD/F-PCB-TEQ-Exposition in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und vegetarischer Ernährungsweise für Durchschnittsverzehrer nach lower und upper bound. Zum Vergleich ist die tolerable wöchentliche Aufnahme (TWI) von 14 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg KG dargestellt.

für den Durchschnittsverzehrer als auch für den Vielverzehrer ergeben. Mit einer wöchentlichen Dioxinaufnahme von 12,7-16,9 pg WHO-PCDD/F-PCB-TEQ/kg Körpergewicht für Durchschnittsverzehrer der Gesamtbevölkerung wird der TWI des SCF bereits zu 90-121 % ausgeschöpft bzw. überschritten. Vielverzehrer erreichen eine Ausschöpfung von rund 157-195 %. Nahrungsweise zwei Drittel der TEQ-Gesamtbelastung gehen dabei auf die Aufnahme von dl-PCB zurück, PCDD/F nehmen nur etwa ein Drittel der Exposition ein.

mitteln mit über 90 %. Zudem kann PCDD/F neben der Nahrung auch auf dem inhalativen Pfad über die Umgebungsluft aufgenommen werden, was etwa 2 % der Gesamtaufnahme ausmacht.²⁹ Eine zusätzliche Quelle können auch kontaminierte Böden mit Altlasten von Dioxinen und PCB sein, die lokal zu einer erhöhten oralen Exposition über die Aufnahme von Bodenpartikeln bzw. Hausstaub führen.

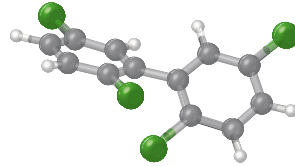
Es konnten nur geringe Unterschiede zwischen den Geschlechtern gefunden werden. Aus den sechs untersuchten Altersgruppen wies die jüngste Gruppe (14-18 Jahre) mit einer TWI Ausschöpfung von 98-132 % (Durchschnittsverzehrer) eine im Vergleich zur Gesamtbevölkerung leicht höhere Exposition auf. Die älteste Gruppe (65-80 Jahre) ist etwas geringer gegenüber PCDD/F+dl-PCB exponiert als die Gesamtbevölkerung. Vegetarier weisen im Vergleich zur Gesamtbevölkerung eine etwas niedrigere Gesamt-TEQ-Aufnahme über die Nahrung auf. Den größten Beitrag zur Aufnahme von PCDD/F und dl-PCB leistet zwar der Verzehr von Lebens-

3.4.2 Nicht dioxinähnliche PCB

Polychlorierte Biphenyle (PCB) unterscheiden sich in dioxinähnliche (dl-PCB) und nicht-dioxinähnliche PCB (ndl-PCB). Dabei nehmen ndl-PCB mit einem Anteil von etwa 90 % die hauptsächliche Bedeutung an den Gesamt-PCB ein.³⁰ Die Analyse der Belastungsdaten zu ndl-PCB in Lebensmitteln aus dem Lebensmittel-Monitoring, der Dioxin-Datenbank des Bundes und der Länder sowie publizierten Untersuchungen von Behörden oder aus der wissenschaftlichen Literatur zeigt, dass auch diese Belastung in den vergangenen Jahrzehnten rückläufig ist. Für die vorliegende Expositionsschätzung wurden Belastungsdaten ab 2000 verwendet. Um einer gesundheitlichen Gefährdung des Verbrauchers durch die Aufnahme von ndl-PCB über die Nahrung entgegenzuwirken, wurden zunächst auf nationaler Ebene mit der Schadstoffhöchstmengenverordnung (SHmV) Regelungen für Höchstgehalte von ndl-PCB in Lebensmitteln eingeführt. Inzwischen wurde die SHmV durch die Kontaminantenverordnung (KmV) abgelöst. Seit 2006 werden auch Diskussionen auf europäischer Ebene zur Einführung von Höchstgehalten für ndl-PCB geführt und inzwischen liegt von der Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucher der Europäischen Kommission (DG SANCO, 2009) ein Entwurf einer Verordnung zur Festlegung von Höchstgehalten für die Summe der 6 Indikator-PCB (PCB 28, 52, 101, 138, 153 und 180) in Lebensmitteln vor (siehe Tabelle 3-18). Dort sind Regelungen für die Gehalte von ndl-PCB vor allem in tierischen Lebensmitteln sowie pflanzlichen Ölen und Fetten vorgeschlagen.

Aufgrund ihrer lipophilen Eigenschaften sind für ndl-PCB ebenso wie für Dioxine sowohl für Trinkwasser als auch für Mineralwasser keine Höchstgehalte festgelegt. So sind auch die Höchstgehalte fast ausschließlich auf den Fettanteil bezogen, da sich ndl-PCB im Fett anreichern. Lediglich bei Fischen bleibt der Bezug zum Frischgewicht bestehen. Die Regelung der Höchstgehalte legt

außerdem fest, dass für sämtliche Mess-Werte, die unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, der Wert der Bestimmungsgrenze einzurechnen ist (upper bound-Ansatz).



ndl-PCB: 2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl (nicht planare Struktur)

Ndl-PCB-Gehalte in Lebensmitteln und Höchstgehaltsüberschreitungen

Tabelle 3-14 gibt einen Überblick über die im LM-M untersuchten Lebensmittel der Jahre 1995 bis 2008, welche Überschreitungen für ndl-PCB hinsichtlich der jeweils geltenden Höchstgehalte (HG) aufwiesen. Der Anteil an Gehalten oberhalb der HG ist in Klammern zu jedem Lebensmittel angegeben. Dabei lagen die in den Jahren 1995, 2002, 2005, 2007 und 2008 auf ndl-PCB untersuchten Lebensmittelproben alle unterhalb der Höchstgehalte. In den übrigen Jahren zwischen 1996 und 2006 wurden jedoch PCB-Gehalte oberhalb der Grenzwerte gemessen. So zeigen beispielsweise die Messungen der ndl-PCB-Gehalte im Rahmen des Lebensmittel-Monitorings 2006 Höchstgehaltsüberschreitungen für PCB 101, 138, 153 und 180 unter anderem bei etwa 2 % (1 von 50 Proben) der Messwerte für Aal.

Bei den in Tabelle 3-16 aufgeführten Lebensmitteln mit PCB-Gehalten oberhalb der Höchstgehalte handelt es sich in erster Linie um vereinzelte Werte unter einer Vielzahl von Proben. Zwar weisen einzelne Lebensmittel, wie Hai (11,1 % für PCB 138, 153; 7,4 % für PCB 180) im Bericht von 2006, eine hohe Anzahl an HG-Überschreitungen auf. Im Mittel zeigt sich jedoch für die meisten Lebensmittel eine deutlich geringere Belastung im Vergleich zu den Höchstgehalten, wie sich

Aufnahme von Umweltkontaminanten über Lebensmittel

Berichtsjahr	Lebensmittel mit Höchstgehaltsüberschreitungen*			
	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180
2007/2008	Alle Messwerte unterhalb der Höchstgehalte			
2006	Aal (2 %)	Butter (0,7 %), Hai (11,1 %), Aal (2 %)	Butter (0,7 %), Hai (11,1 %), Aal (2 %)	Butter (0,7 %), Hai (7,4 %), Aal (2 %)
2005	Alle Messwerte unterhalb der Höchstgehalte			
2004	–	–	Brühwürstchen (0,4 %)	–
2003	–	Hauskaninchen(0,4 %), Ente (0,8 %)	Hauskaninchen (0,4 %), Ente (0,8 %)	Ente (0,8 %)
2002	Alle Messwerte unterhalb der Höchstgehalte			
2001	–	Scholle (0,4 %), Rotbarschfilet (0,4 %)	Scholle (0,4 %)	–
2000	–	Frischkäse (0,9 %), Hühnereier (0,8 %)	Frischkäse (0,9 %), Hühnereier (0,8 %)	Frischkäse (0,4 %)
1999	–	Putenfleisch (0,3 %)	Putenfleisch (0,6 %)	Putenfleisch (0,3 %)
1998	–	Wildschweinfettgewebe (2,3 %)	Wildschweinfettgewebe (3,5 %)	Wildschweinfettgewebe (1,7 %)
1997	–	Schafskäse (0,4 %), Wildschweinfettgewebe (1,4 %), Aal geräuchert (0,8 %)	Schafskäse (0,4 %), Wildschweinfettgewebe (2,4 %), Aal geräuchert (0,8 %)	Schafskäse (0,4 %), Aal geräuchert (0,4 %)
1996	–	Schweineleber (1,5 %), Lammleber (0,7 %), Lammnierenfett (0,3 %)	Schweineleber (0,5 %), Lammleber (2,5 %), Lammnierenfett (1 %)	Schweineleber (0,5 %)
1995	Alle Messwerte unterhalb der Höchstgehalte			

* Überschreitungen von Höchstgehalten beziehen sich in Abhängigkeit vom Berichtsjahr auf die jeweils geltenden Verordnungen: Schadstoffhöchstmengenvorordnung (SHmV) etc.

Tabelle 3-16: Dokumentierte Höchstgehaltsüberschreitungen für ndl-PCB in den BVL-Berichten zum Lebensmittel-Monitoring 1995-2008

Lebensmittel	Proben- zahl der Jahre 1995-2008	Mittlerer Gehalt [ng/g]	Maximaler Gehalt [ng/g]	HG [ng/g] nach VO (EG) Entwurf der DG Sanco 2009	Anteil ≤ 50 % des HG	Anteil Über- schreitung des HG
Dorschleber	44	307,1	787,0	200 ng/g Frischgewicht	15,9 %	61,4 %
Hai	105	38,3	670,0	75 ng/g Frischgewicht	81,0 %	10,5 %
Regenbogenforelle	123	5,9	83,0	75 ng/g Frischgewicht	99,2 %	0,8 %
Karpfen	99	3,7	26,0	75 ng/g Frischgewicht	100,0 %	0 %
Kabeljau	101	0,7	12,3	75 ng/g Frischgewicht	100,0 %	0 %

Tabelle 3-17: Ndl-PCB-Gehalte in ausgewählten Lebensmitteln und Ausschöpfung der Höchstgehalte (HG) nach Lebensmittel-Monitoring zwischen 1995 und 2008

aus den Beispielen in Tabelle 3-17 zur Belastung einiger Fische erkennen lässt. So liegt die mittlere Belastung der im LM-M untersuchten Proben für Hai mit 38,3 ng/g Frischgewicht ungefähr bei der Hälfte des vorgeschlagenen Höchstgehaltes der DG SANCO von 75 ng/g Frischgewicht, dennoch haben 10,5 % der Proben diesen überschritten.

Zur Veranschaulichung gibt Abbildung 3-14 einen Überblick zur prozentualen Verteilung der im LM-M gemessenen ndl-PCB-Gehalte in Haifischen. Dabei lässt sich erkennen, dass ca. 75 % der Haifischproben unter einem Drittel und damit deutlich unterhalb des Höchstgehaltes liegen. Die höheren Gehalte lassen sich darauf zurückführen, dass im Fettgewebe des Haifisches aufgrund der längeren Lebensdauer und des räuberischen Verhaltens vermehrt PCB akkumuliert.

Ein anderes Bild zeigt sich bei der Dorschleber, die im Rahmen des Lebensmittel-Monitorings 2006 auf ndl-PCB untersucht wurde. Wie in Tabelle 3-16 zu sehen, wurden hier keine Höchstgehaltsüberschreitungen für Dorschleber

dokumentiert. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass im Jahre 2006 für Dorschleber noch der Höchstgehalt von 400 ng/g Frischgewicht jeweils für die ndl-PCB 28, 52, 101 und 180 bzw. 800 ng/g Frischgewicht jeweils für die ndl-PCB 138 und 153 aus der nationalen Schadstoffhöchstmengenverordnung (SHmV) als Grundlage verwendet wurde. Inzwischen liegt jedoch für Dorschleber im Entwurf zu der EU-Verordnung der DG SANCO von 2009 ein vorgeschlagener Höchstgehalt von 200 ng/g Frischgewicht für die Summe der 6 Indikator-PCB vor. Auf dieser Basis lägen etwa 61 % der im Jahre 2006 untersuchten Dorschleberproben oberhalb des Höchstgehaltes für die Summe der 6 Indikator-PCB und auch der mittlere Gehalt würde mit 307 ng/g Frischgewicht den vorgeschlagenen Grenzwert deutlich überschreiten (Tabelle 3-17). Abgesehen von der Dorschleber zeigt sich im Allgemeinen, dass auch bei vereinzeltm Auftreten von Messwerten oberhalb der Höchstgehalte die Wahrscheinlichkeit für den Verbraucher, über längere Zeiträume ausschließlich Lebensmittel mit ndl-PCB-Gehalten nahe oder gleich dem Höchstgehalt zu verzehren, äußerst gering ist.

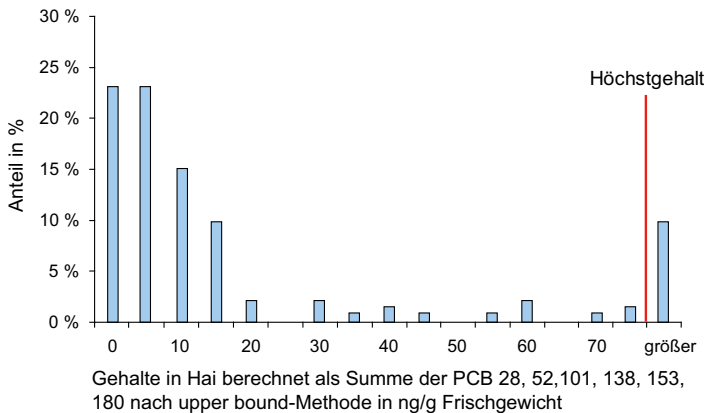


Abbildung 3-14: Vergleich der im Lebensmittel-Monitoring gemessenen ndl-PCB-Gehalte in Hai mit dem vorgeschlagenen Höchstgehalt

Höchstgehaltskategorien für ndl-PCB nach VO-(EU)-Entwurf der DG SANCO (2009)	HG für Summe der PCB: 28, 52, 101, 138, 153, 180 [ng/g]	Gesamtbevölkerung	
		ndl-PCB-Aufnahme [pg/kg KG pro Tag]	
		Durchschnittsverzehrer (Basis: Mittlere ndl-PCB-Konzentration; mittlerer Verzehr)	Vielverzehrer (Basis: Mittlere ndl-PCB-Konzentration, 95. Perz. Verzehr)
1.1 Fleisch und Fleischerzeugnisse außer Schlachtnebenprodukte von Rindern und Schafen ¹	30	212,8	618,1
1.2 Fleisch und Fleischerzeugnisse außer Schlachtnebenprodukte von Geflügel ¹	30	115,6	401,2
1.3 Fleisch und Fleischerzeugnisse außer Schlachtnebenprodukte von Schweinen ¹	15	54,7	137,3
2 Leber und ihre Verarbeitungsprodukte der unter 1 aufgeführten an Land lebenden Tiere ¹	50	17,8	87,9
3.1 Muskelfleisch von Fischen und Fischereierzeugnissen sowie ihre Verarbeitungserzeugnisse außer Aal ²	75	3.611,1	1.0743,4
(3.2 Muskelfleisch von Fischen) ²	200	–	–
3.3 Muskelfleisch vom Europäischen Flusssaal und seine Verarbeitungserzeugnisse ²	300	173,6	–
3.4 Fischleber ²	200	9,1	–
4 Rohmilch und Milcherzeugnisse, einschließlich Butterfett ¹	25	3.214,1	7.485,7
5 Hühnereier und Eiprodukte ¹	50	510,1	1.245,6
6.1 Fett von Rindern und Schafen ¹	30	31,5	88,8
6.2 Fett von Geflügel ¹	30	0,1	–
6.3 Fett von Schweinen ¹	15	297,7	868,5
6.4 Gemischte tierische Fette ¹	30	–	–
6.5 Pflanzliche Öle und Fette ¹	15	598,1	1.434,3
6.6 Öle von Meerestieren ¹	200	1,6	–

¹ bezogen auf den Fettanteil

² bezogen auf Frischgewicht

Tabelle 3-18: Darstellung der täglichen ndl-PCB-Aufnahme für die deutsche Gesamtbevölkerung aus den Höchstgehalts(HG)-gruppen des Entwurfs einer Verordnung (EU) der DG SANCO von 2009

Auch für ndl-PCB lässt sich feststellen, dass Lebensmittel, die in hohen Mengen verzehrt werden, einen großen Beitrag zur ndl-PCB-Aufnahme leisten können, auch wenn der Gehalt an ndl-PCB niedrig ist. Daher besteht hier ebenso die Notwendigkeit, die Gehalte an ndl-PCB für diese Lebensmittel besonders niedrig zu halten.

So haben Lebensmittelgruppen, die der Höchstgehaltsregulierung unterliegen und einen hohen Verzehr aufweisen, in der Regel einen niedrigeren Höchstgehalt. Lebensmittel mit einer höheren Belastung an Umweltkontaminanten sind über höhere Höchstgehalte geregelt, werden aber meist weniger verzehrt. Dies spiegelt sich auch

Höchstgehaltskategorien für ndl-PCB nach KmV	HG [mg/kg]		Gesamtbevölkerung	
			ndl-PCB-Aufnahme [pg/kg KG pro Tag]	
	PCB 28, 52, 101, 180 jeweils	PCB 138, 153 jeweils	Durchschnittsverzehrer (Basis: Mittlere ndl-PCB-Konzentration; mittlerer Verzehr)	Vielverzehrer (Basis: Mittlere ndl-PCB-Konzentration, 95. Perz. Verzehr)
	0,008	0,01	17,080	90,405
Fleisch von Pferd, Kaninchen, Federwild und Haarwild; Fleisch und Fleischerzeugnisse von warmblütigen Schlachttieren und Wildschwein mit Fettgehalt bis zu 10 % ¹	0,08	0,1	–	–
Fleisch von warmblütigen Schlachttieren (außer Pferd, Kaninchen, Federwild und Haarwild) und Wildschwein mit Fettgehalt von mehr als 10 %				
Innereien (außer Leber) ¹	0,008	0,01	0,340	0,576
Weich- und wechselwarme Tiere ²	0,08	0,1	1,3	–

¹ bezogen auf den Fettanteil

² bezogen auf Frischgewicht

Tabelle 3-19: Darstellung der täglichen ndl-PCB-Aufnahme für die deutsche Gesamtbevölkerung für nicht im EU-Entwurf der DG SANCO berücksichtigte Lebensmittel anhand der Höchstgehalts(HG)-gruppen in der Kontaminantenverordnung (KmV)

in der Darstellung der ndl-PCB-Aufnahme über die Höchstgehaltskategorien des VO-Entwurfs der DG SANCO (siehe Tabelle 3-18) sowie der KmV (Tabelle 3-19) für Durchschnitts- sowie Vielverzehrer wider. So weist die Kategorie 3.4 für Fischleber mit einem vergleichsweise höheren Höchstgehalt von 200 ng/g Frischgewicht einen geringeren Beitrag zur ndl-PCB-Aufnahme bei Durchschnittsverzehrern der Gesamtbevölkerung auf als die Kategorie 4 für Rohmilch und Milcherzeugnisse einschließlich Butterfett mit einem demgegenüber niedrigeren Höchstgehalt von 25 ng/g Fett.

Zu den Lebensmitteln mit hohen ndl-PCB-Gehalten gehören vor allem Fische, die aufgrund ihrer räuberischen Lebensweise (Hecht, Dorschartige, Dornhai, Wels und Zander), eines hohen Fettgehalts (Aal) sowie langer Lebensdauer (Hecht, Dorschartige, Zander, Dornhai und Wels) ein ho-

hes Bioakkumulationspotential haben. Besonders hoch belastet sind die stark fetthaltige Dorschleber und der daraus gewonnene Lebertran. Doch auch Rinderleber, Eier und Wildschwein können hohe PCB-Belastungen aufweisen.

Insgesamt zeigt sich, dass Fisch aufgrund des Verzehrverhaltens der Bevölkerung in Verbindung mit der Lebensmittelbelastung den größten Beitrag zur Exposition für ndl-PCB liefert, gefolgt von Milchprodukten (siehe Abbildung 3-15).

An dritter Stelle stehen die Hauptgruppen Gemüse, Fleisch und Ölsaaten, Ölfrüchte sowie Öle, die in ähnlichem Maße (aber deutlich weniger als Fisch und Milch) zur PCB-Aufnahme beitragen. Zwar enthält Gemüse nur etwa ein Neuntel der Indikator-PCB-Konzentration von Ölsaaten, Ölfrüchten und Ölen, wird aber in über 10-facher Menge verzehrt. Nur geringfügig niedriger ist der

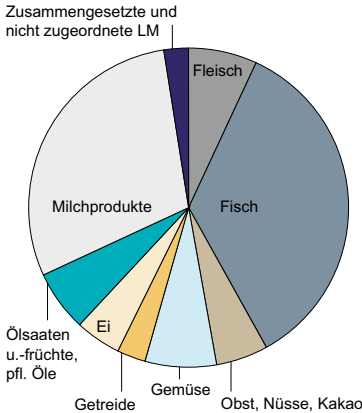


Abbildung 3-15: Anteil verschiedener Lebensmittelgruppen an der täglichen Aufnahme von ndl-PCB

Beitrag der Hauptgruppen Ei (vergleichsweise hohe Belastung bei geringem Verzehr) sowie Obst, Nüsse und Kakao (niedrige Belastung bei hohem Verzehr).

ndl-PCB-Exposition im Vergleich mit toxikologischen Referenzwerten

Zur Einschätzung der Aufnahme von ndl-PCB über den Verzehr von Lebensmitteln und des damit verbundenen Risikos von gesundheitlichen Schädigungen erfolgt eine Gegenüberstellung der Exposition und des für PCB geltenden toxikologischen Referenzwerts. Dieser gibt die Menge eines Stoffes an, die bei täglicher Aufnahme lebenslang aufgenommen werden kann, ohne gesundheitliche Schädigungen hervorzurufen. Dabei dient die für Gesamt-PCB von der WHO (2003) abgeleitete tolerable tägliche Aufnahmemenge von 20 ng/kg KG pro Tag („tolerable daily intake“, TDI) als toxikologischer Referenzwert. Da der Anteil von ndl-PCB an den Gesamt-PCB etwa 90 % beträgt, werden zur überschlägigen Betrachtung die ndl-PCB den Gesamt-PCB mengenmäßig gleichgesetzt. Die ermittelten Aufnahmemengen der 6 Indikator-PCB machen zudem ca. 50 % an der Gesamtaufnahme der ndl-PCB aus, weshalb zur toxikologischen Einordnung der

Exposition die Hälfte des TDI der WHO herangezogen wird, der im Folgenden als Beurteilungswert bezeichnet wird.

Die errechnete Exposition für die Gesamtbevölkerung mit den 6 Indikator-PCB ($\Sigma 6$ -PCB) ist Tabelle 3-20 zu entnehmen. Dargestellt wird die Spanne zwischen der lower und der upper bound-Schätzung sowohl für den Durchschnittsverzehrer als auch für den Vielverzehrer. Mit einer täglichen $\Sigma 6$ -PCB-Aufnahme von 7,5-10,9 ng/kg Körpergewicht bzw. von 15-21,7 ng/kg Körpergewicht ndl-PCB für Durchschnittsverzehrer der Gesamtbevölkerung wird der TDI nach WHO bereits zu 75-109 % ausgeschöpft bzw. überschritten. Vielverzehrer nehmen in Deutschland täglich durchschnittlich 18,4-22,6 ng/kg Körpergewicht $\Sigma 6$ -PCB bzw. 36,9-45,2 ng/kg Körpergewicht ndl-PCB auf und erreichen so mit einer Ausschöpfung von rund 184-226 % etwa das Doppelte der tolerierbaren Aufnahme. In Abbildung 3-16 ist die Exposition der Durchschnittsverzehrer von verschiedenen Bevölkerungsgruppen im Vergleich zur Gesamtbevölkerung dargestellt. Der Unterschied bei der Exposition zwischen den Geschlechtern ist klein, wobei Frauen mit ihrer Aufnahme marginal unter denen der Männer liegen. Ebenso sind kaum Schwankungen in der $\Sigma 6$ -PCB-Aufnahme hinsichtlich der Altersgruppen zu sehen. Dies liegt in erster Linie daran, dass der Verzehr der Hauptlieferanten Milchprodukte und Fisch für ndl-PCB mit zunehmendem Alter nahezu entgegengesetzt verläuft. Der Verzehr von Milch und Milchprodukten nimmt mit den Jahren ab, wohingegen Fisch mit dem Alter vermehrt gegessen wird. Die Bevölkerungsgruppen von 14-18 und von 25-34 Jahren sind geringfügig weniger, die Altersgruppen ab 35 Jahre geringfügig höher als die Gesamtbevölkerung gegen ndl-PCB exponiert.

Für alle Altersgruppen liegt die upper bound-Schätzung bereits knapp über dem TDI von 10 ng/kg KG und Tag. Vegetarier verzehren zwar etwa 15 % mehr Milch und Milchprodukte als die Gesamtbevölkerung, verzehren aber

	Aufnahme der 6 Indikator-PCB [ng/kg KG]	Ausschöpfung TDI (WHO, 2003)
Durchschnittsverzehrer, Berechnung über die Expositionsgruppen		
Aufnahme pro Tag (lower bound-upper bound)	7,48-10,86	75-109 %
Vielverzehrer, Berechnung über die Hauptgruppen (EFSA-Methode)		
Aufnahme pro Tag (lower bound-upper bound)	18,44-22,61	184-226 %

Tabelle 3-20: Bereich der täglichen Exposition mit ndl-PCB der deutschen Gesamtbevölkerung zwischen lower und upper bound

insgesamt rund 85 % weniger von den fettbasierten Lebensmittelgruppen. Vor allem aber zeigen Vegetarier einen deutlich geringeren Fischkonsum, der um etwa 40 % niedriger als der der Gesamtbevölkerung liegt. Für die ndl-PCB-Aufnahme der Vegetarier ist dieser Aspekt von hoher Bedeutung, welcher die leicht unter der Gesamtbevölkerung liegende mittlere Exposition begründet. Dennoch erreichen auch hier die Durchschnittsverzehrer nach der upper bound-Schätzung fast den

Beurteilungswert von 10 ng/kg KG und Tag (siehe Abbildung 3-16).

Wie für Dioxine stellt die Nahrung mit 90 % auch für ndl-PCB die Hauptquelle dar. Die weitere Exposition erfolgt hauptsächlich über die Atemwege. In Gebieten, in denen Böden mit Altlasten vorkommen, kann die orale Aufnahme dieser Böden, insbesondere durch das Hand-zu-Mund-Verhalten von Kindern, zu einer erhöhten lokalen Exposition führen.

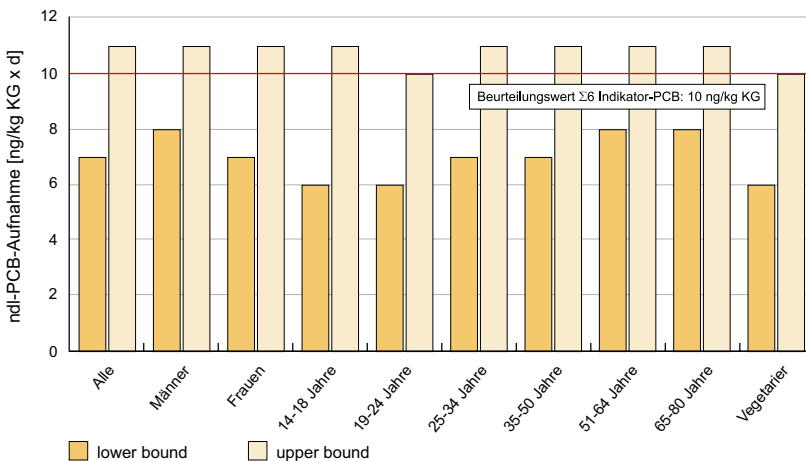


Abbildung 3-16: Tägliche nahrungsbedingte ndl-PCB-Exposition in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und vegetarischer Ernährungsweise für Durchschnittsverzehrer nach upper und lower bound

4 Diskussion

Mit der Durchführung des LExUKon-Projektes liegen nun aktuelle Informationen zur Aufnahme der Umweltkontaminanten Cadmium, Blei, Quecksilber, PCDD/F, dl-PCB und ndl-PCB über den Verzehr von Lebensmitteln für die deutsche erwachsene Bevölkerung vor. Das in diesem Zusammenhang entwickelte mehrstufige Kategoriensystem zur Einordnung und Auswertung der in der Nationalen Verzehrsstudie II erfassten Lebensmittel ermöglicht Aussagen auf verschiedenen Aggregations- bzw. Disaggregationsebenen und kann durch seine flexible Struktur auf Veränderungen in den Höchstgehaltsregelungen reagieren. Höchstgehalte für Umweltkontaminanten sind in den Verordnungen (EG) Nr. 1881/2006, Nr. 629/2008 und Nr. 565/2008 in erster Linie für unverarbeitete Lebensmittel als Einzelkomponenten festgelegt. Eine Ausnahme stellt die Lebensmittelgruppe der Fruchtsäfte in den Höchstgehaltsregelungen für Blei dar. Für solche Fälle konnten jedoch die einzelnen Komponenten der Lebensmittel auf der untersten Stufe des LExUKon-Kategorisierungssystems zu den zusammengesetzten Lebensmitteln wie Fruchtsäften zusammengeführt werden. Somit bietet sich die Möglichkeit, Höchstgehaltsvorschläge zu überprüfen und mögliche Auswirkungen von den Höchstgehalten entsprechenden Konzentrationen auf die Gesamtexposition von Umweltkontaminanten zu ermitteln.

Die im LExUKon-Projekt verwendeten NVS II-Daten aus den DISHES-Interviews stellen das übliche Verzehrverhalten dar und eignen sich daher gut für die Abschätzung der chronischen Exposition gegenüber Umweltkontaminanten, vor allem über häufig verzehrte Lebensmittel oder aggregierte Lebensmittelgruppen. Auch wenn Schätzungen der Aufnahme von Umweltkontaminanten über einzelne Lebensmittel vorgenommen werden können, bestehen jedoch oftmals Unsicherheiten hinsichtlich der Aus-

gefähigkeit der Ergebnisse, wenn die Fallzahlen für das entsprechende Lebensmittel zu niedrig sind, es sich also um ein selten verzehrtes Lebensmittel handelt. Sollen also selten verzehrte Lebensmittel einzeln ausgewertet werden, so sind die DISHES-Daten weniger geeignet.

Des Weiteren beschränken sich im LExUKon-Projekt die Aussagen zur Exposition auf Lebensmittel, die in der NVS II erfasst wurden. Nicht dokumentierte Lebensmittel wie z.B. Rucola konnten in die Aufnahmeschätzung folglich nicht einbezogen werden. Unsicherheiten bei der Aufschlüsselung von zusammengesetzten Lebensmitteln in die einzelnen Bestandteile hinsichtlich der Reduzierung der Gehalte an Kontaminanten durch die Verarbeitung bzw. Zubereitung der Lebensmittel wurden derart berücksichtigt, dass die berechneten Mengen eine leichte Überschätzung der tatsächlich verzehrten Mengen ergeben. Damit wird an dieser Stelle dem Vorsorgeprinzip Rechnung getragen. Neben der Expositionsschätzung für die deutsche erwachsene Gesamtbevölkerung konnten im LExUKon-Projekt zudem Schätzungen zur Aufnahme bei verschiedenen Bevölkerungsgruppen erfolgen. So können eventuelle Unterschiede in der Exposition bei Männern, Frauen, verschiedenen Altersgruppen sowie Vegetariern und Schwangeren festgestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass die letzten beiden Bevölkerungsgruppen geringe Fallzahlen aufweisen und die Schätzungen für einzelne Lebensmittelgruppen deshalb Unsicherheiten aufweisen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich für alle betrachteten Untergruppen konsistente Ergebnisse hinsichtlich der Gesamtaufnahme ergeben. Da sich die Erhebungen zum Ernährungsverhalten in der NVS II auf die Erwachsenen von 14-80 Jahren beschränken, konnten im LExUKon-Projekt keine Auswertungen für Kinder vorgenommen werden. Bei verschiedenen

Kontaminanten wie zum Beispiel Blei stellen Kinder jedoch eine besonders sensible Bevölkerungsgruppe dar, die es vor einer erhöhten Exposition zu schützen gilt. Hierfür sind weitere Untersuchungen unter Berücksichtigung aktueller Verzehrdaten für Kinder notwendig. Weitere Bevölkerungsgruppen, die eine erhöhte Exposition im Vergleich zur Gesamtbevölkerung aufweisen könnten, sind Diabetiker im Hinblick auf Cadmium. Eine Quantifizierung der Aufnahme konnte im LEXUKon-Projekt jedoch nicht erfolgen, da hierfür keine Daten in der NVS II vorliegen.

Insgesamt stellen die Verzehrdaten der NVS II eine fundierte Grundlage für die Expositionsschätzung von Umweltkontaminanten dar. Aus Sicht der Expositionsschätzung bestehen noch Lücken in den Kontaminationsdaten für bestimmte Lebensmittelgruppen. Zum Beispiel weisen zahlreiche Datensätze eine hohe Anzahl an Werten unterhalb der Nachweisgrenzen auf, welche in Abhängigkeit vom analysierenden Labor erheblich schwanken können. Um zukünftig mehr qualitativ hochwertige Belastungsdaten für die Expositionsschätzung verwenden zu können, sollten die Nachweis- und Bestimmungsgrenzen nicht ausschließlich an den Höchstgehalten orientiert werden, sondern so niedrig liegen, dass sie die tatsächliche Angabe zur Kontamination ermöglichen. Zudem sind vermehrt Daten zur Kontamination auch für die Lebensmittelgruppen erforderlich, für die keine Höchstgehalte festgelegt sind. Dieses gilt insbesondere für Dioxine und PCB. Auch standen für dieses Projektes nicht alle erhobenen Daten zur Verfügung. Deshalb ist die hier vorgenommene Expositionsschätzung für Dioxine und PCB mit größeren Unsicherheiten behaftet und als vorläufig zu betrachten. Das BfR beabsichtigt, die Expositionsschätzung auf eine breitere Datenbasis zu stellen.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) überprüfte das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) von Juli 2008 bis Dezember 2010 in Zusammenarbeit mit dem Forschungs- und Beratungsinstitut für Gefahrstoffe GmbH (FoBIG) und der Universität Bremen die lebensmittelbedingte Aufnahme der Umweltkontaminanten Cadmium, Blei, Quecksilber, PCDD/F und PCB sowie Lösungsmittel für die deutsche erwachsene Bevölkerung unter Verwendung der aktuellen Verzehrdaten der Nationalen Verzehrstudie II (NVS II).

Es hat sich herausgestellt, dass vor allem durch die höheren Verzehrsmengen von Gemüse und Getreide viel Cadmium aufgenommen wird. Über alle Lebensmittelgruppen betrachtet liegt die Exposition der deutschen erwachsenen Bevölkerung gegenüber Cadmium im Mittel bei knapp 1,5 µg/kg Körpergewicht pro Woche, womit der TWI der EFSA von 2,5 µg/kg Körpergewicht zu etwa 58 % ausgeschöpft wird. Vielverzehrer nehmen wöchentlich 2,35 µg Cadmium/kg Körpergewicht auf und erreichen mit 94 % Ausschöpfung nahezu den TWI.

Den höchsten Beitrag zur Bleiexposition liefern die Lebensmittelgruppen Getränke und Gemüse. Die wöchentliche Bleiaufnahme über den gesamten Verzehr beträgt für Durchschnittsverzehrer 3,7 µg/kg Körpergewicht und für Vielverzehrer 5,1 µg/kg Körpergewicht. Damit ergibt sich auf Grundlage der von der EFSA aufgestellten Benchmark-Dosen ein MoE für nierentoxische Effekte von 1,2 bei Durchschnittsverzehrern und 0,9 bei Vielverzehrern; der MoE für Wirkungen hinsichtlich des systolischen Bluthochdrucks liegt bei 2,8 bei Durchschnittsverzehrern und bei 2,1 bei Vielverzehrern.

Quecksilber wird in erster Linie in methylierter Form über den Verzehr von Fischen aufgenom-

men. Methylquecksilber kommt überwiegend in Fischen und in Meeresfrüchten vor und stellt dort über 90 % des Gesamtquecksilbers. Die wöchentliche Methylquecksilberaufnahme der Gesamtbevölkerung beträgt 0,18 µg/kg Körpergewicht für Durchschnittsverzehrer, was einer Ausschöpfung des PTWI der JECFA (1,6 µg/kg KG und Woche) von 11 % entspricht. Vielverzehrer nehmen 0,55 µg Methylquecksilber pro kg Körpergewicht auf und erreichen damit den PTWI zu rund 34 %. Quecksilber wird neben Fisch aber auch über den Verzehr von Getreide, Gemüse, Fleisch und anderen Lebensmitteln aufgenommen. Die Aufnahme von Gesamtquecksilber (einschließlich Methylquecksilber) für Durchschnittsverzehrer von 0,49 µg/kg KG pro Woche zeigt demzufolge eine Ausschöpfung des Beurteilungswertes nach JECFA (2,4 µg/kg KG und Woche) von 21 %, bei Vielverzehrern führt eine wöchentliche Exposition von 0,9 µg/kg KG zu einer Ausschöpfung von 37 %.

Milchprodukte und Fleisch leisten den größten Beitrag zur Exposition mit PCDD/F und dl-PCB. Insgesamt nimmt ein Durchschnittsverzehrer 12,7-16,9 pg Dioxine und dl-PCB pro kg Körpergewicht auf und schöpft damit den TWI des SCF (14 pg/kg KG und Woche) bereits zu 90-121 % aus. Etwa zwei Drittel der TEQ-Gesamtbelastung gehen dabei auf die Aufnahme von dl-PCB zurück, PCDD/F nehmen nur etwa ein Drittel der Exposition ein. Es ist zu beachten, dass die Expositionsschätzung für Dioxine und PCB aufgrund der begrenzten Datenlage mit vergleichsweise größeren Unsicherheiten behaftet und insofern als vorläufig zu betrachten ist.

Neben den dioxinähnlichen PCB wurde im LExUKon-Projekt auch die Aufnahme von nicht-dioxinähnlichen PCB berechnet. Hier zeigt sich, dass aufgrund des Verzehrverhal-

tens der deutschen Bevölkerung in Kombination mit der Kontamination der Lebensmittel vor allem die Gruppen Fisch und Milchprodukte zur Exposition mit ndl-PCB beitragen. Es ergibt sich eine tägliche Aufnahme für ndl-PCB von 15-21,7 ng/kg KG für Durchschnittsverzehrer. Der TDI der WHO (20 ng/kg KG und Tag) wird damit bereits zu 75-109 % ausgeschöpft.

Die aktualisierten Aufnahmeschätzungen zeigen, dass insbesondere für einzelne Bevölkerungsgruppen und Vielverzehrer die toxikologischen Referenzwerte für die täglichen Aufnahmemengen bei bestimmten Umweltkontaminanten erreicht bzw. überschritten werde. Darüber hinaus kann die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln zur Exposition der Umweltkontaminanten Cadmium, Blei, Quecksilber sowie Dioxine und polychlorierte Biphenyle beitragen. Welchen Anteil diese Quelle an der Gesamtexposition der benannten Umweltkontaminanten einnimmt, wird unter Verwendung der Daten aus der NVS II derzeit untersucht.

Insgesamt konnte das LExUKon-Projekt wertvolle Informationen zur aktuellen Exposition der deutschen Bevölkerung hinsichtlich der untersuchten Umweltkontaminanten gewinnen. Dennoch sind weitere Kontaminationsdaten notwendig, vor allem für Dioxine und PCB, um gezielte Aussagen zu Risikomanagementoptionen machen und zielführende Modifikationen in den derzeitigen Höchstgehaltsregelungen umsetzen zu können. Des Weiteren konnten in LExUKon keine Aussagen zur Exposition von Kindern vorgenommen werden. Diese Lücke gilt es vor allem in Hinblick auf Blei zu schließen.

Anhang

Bevölkerungsgruppe	n	Cadmium PTWI (7 µg/kg KG pro Woche) Ausschöpfung in %		Cadmium TWI (2,5 µg/kg KG pro Woche) Ausschöpfung in %	
		Durchschnittsverzehrer	Vielverzehrer	Durchschnittsverzehrer	Vielverzehrer
Alle	15.371	21	34	58	94
Männer	7.613	21	33	58	93
Frauen	7.758	21	34	58	94
14-18 Jahre	1.058	26	41	72	114
19-24 Jahre	1.286	24	40	68	111
25-34 Jahre	2.201	23	36	63	101
35-50 Jahre	4.737	21	34	58	94
51-64 Jahre	3.169	19	30	53	85
65-80 Jahre	2.921	18	28	50	78
Vegetarier	231	26	43	72	122
Schwangere	82	25	41	71	115

Tabelle A-1: Ausschöpfung der toxikologischen Referenzwerte für die Umweltkontaminante Cadmium für die Gesamtbevölkerung, Männer, Frauen, verschiedene Altersgruppen sowie Vegetarier und Schwangere in Prozent

Bevölkerungsgruppe	n	Blei PTWI (25 µg/kg KG pro Woche) Ausschöpfung in %		Blei BMDL _{SBP,1} (1,5 µg/kg KG pro Tag) Margin of Exposure		Blei BMDL _{CKD,10} (0,63 µg/kg KG pro Tag) Margin of Exposure	
		Durchschnittsverzehrer	Vielverzehrer	Durchschnittsverzehrer	Vielverzehrer	Durchschnittsverzehrer	Vielverzehrer
Alle	15.371	15	20	2,8	2,1	1,2	0,9
Männer	7.613	15	20	2,9	2,1	1,2	0,9
Frauen	7.758	15	21	2,8	2,0	1,2	0,9
14-18 Jahre	1.058	17	22	2,5	1,9	1,0	0,8
19-24 Jahre	1.286	16	22	2,6	1,9	1,1	0,8
25-34 Jahre	2.201	16	21	2,7	2,0	1,1	0,8
35-50 Jahre	4.737	15	20	2,8	2,1	1,2	0,9
51-64 Jahre	3.169	15	20	2,9	2,1	1,2	0,9
65-80 Jahre	2.921	13	18	3,1	2,4	1,3	1,0
Vegetarier	231	17	24	2,4	1,7	1,0	0,7
Schwangere	82	17	23	2,4	1,8	1,0	0,8

Tabelle A-2: Ausschöpfung der toxikologischen Referenzwerte für die Umweltkontaminante Blei für die Gesamtbevölkerung, Männer, Frauen, verschiedene Altersgruppen sowie Vegetarier und Schwangere in Prozent

Bevölkerungsgruppe	n	Gesamtquecksilber BW (2,4 µg/kg KG pro Woche) Ausschöpfung in %		Methylquecksilber TWI (1,6 µg/kg KG pro Woche) Ausschöpfung in %	
		Durchschnitts- verzehrer	Vielverzehrer	Durchschnitts- verzehrer	Vielverzehrer
Alle	15.371	21	37	11	34
Männer	7.613	21	38	11	35
Frauen	7.758	20	37	11	33
14-18 Jahre	1.058	20	33	6	22
19-24 Jahre	1.286	20	39	8	32
25-34 Jahre	2.201	21	36	9	29
35-50 Jahre	4.737	21	37	11	35
51-64 Jahre	3.169	22	39	13	39
65-80 Jahre	2.921	20	35	12	37
Vegetarier	231	19	38	7	34
Schwangere	82	22	40	10	34

Tabelle A-3: Ausschöpfung der toxikologischen Referenzwerte für die Umweltkontaminante Quecksilber für die Gesamtbevölkerung, Männer, Frauen, verschiedene Altersgruppen sowie Vegetarier und Schwangere in Prozent

Bevölkerungsgruppe	n	Dioxine/dl-PCB TWI (14 pg WHO-TEQ/kg KG pro Woche) Ausschöpfung in %		ndl-PCB TDI (20 ng/kg KG pro Tag) Ausschöpfung in %	
		Durchschnitts- verzehrer	Vielverzehrer	Durchschnitts- verzehrer	Vielverzehrer
Alle	15.371	121	195	109	226
Männer	7.613	127	210	111	237
Frauen	7.758	114	189	106	216
14-18 Jahre	1.058	132	230	107	208
19-24 Jahre	1.286	124	215	105	223
25-34 Jahre	2.201	124	198	106	209
35-50 Jahre	4.737	120	196	108	224
51-64 Jahre	3.169	120	202	112	234
65-80 Jahre	2.921	114	194	109	224
Vegetarier	231	102	167	99	215
Schwangere	82	134	211	126	265

Tabelle A-4: Ausschöpfung der toxikologischen Referenzwerte für die Umweltkontaminanten Dioxine und PCB für die Gesamtbevölkerung, Männer, Frauen, verschiedene Altersgruppen sowie Vegetarier und Schwangere in Prozent

- ¹ http://www.bfr.bund.de/cm/238/cadmium_in_lebensmitteln.pdf
- ² <http://www.bfr.bund.de/cd/30247>
- ³ Schroeter A, Sommerfeld G, Klein H, Hübner D (1999): Warenkorb für das Lebensmittel-Monitoring in der Bundesrepublik Deutschland, Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin Berlin und Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen, erschienen in: Bundesgesundheitsblatt für Gesundheitsforschung und Gesundheitsschutz Nr. 42: 77-84, Springer Verlag.
- ⁴ Schroeter A, Sommerfeld G, Klein H, Hübner D (1999): Warenkorb für das Lebensmittel-Monitoring in der Bundesrepublik Deutschland, Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin Berlin und Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen, erschienen in: Bundesgesundheitsblatt für Gesundheitsforschung und Gesundheitsschutz Nr. 42: 77-84, Springer Verlag.
- ⁵ Sieke C, Lindtner O, Banasiak U: Refined Design for a German Food Monitoring Program for Pesticide Residues. European Pesticide Residue Workshop, Berlin 1st - 5th June 2008, Final Programme, Book of Abstracts 2008: S. 271, und Sieke C, Lindtner O, Banasiak U: Pflanzenschutzmittelrückstände. Nationales Monitoring - Abschätzung der Verbraucherexposition: Teil 1. Dt. Lebensmittel-Rundschau 2008, 104 (6): 271-279, und Teil 2. Dt. Lebensmittel-Rundschau 2008, 104 (7): 336-341.
- ⁶ Leblanc JC et al. (2006): CALIPSO Fish and seafood consumption study and biomarker of exposure to trace elements, pollutants and omega 3, AFSSA, INRA and Ministry of Agriculture and Fisheries.
- ⁷ Kruse R et al. (2008): Exposition mit Methylquecksilber durch Fischverzehr, Forschungskennzahl 70561416, Etablierung analytischer Methoden zur Bestimmung von Methylquecksilber in Fischereierzeugnissen, Forschungskennzahl UM 0761641 und Klimawandel bedingte Aufnahme von toxischem Methylquecksilber über den Fischkonsum, Forschungskennzahl 0849745, Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Institut für Fische und Fischereierzeugnisse, Cuxhaven, im Auftrag des BfR, Berlin.
- ⁸ <http://www.food.gov.uk/science/surveillance/>
- ⁹ US-FDA TDS, U.S. Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition (2007): Total Diet Study Statistics on Element Results, online: <http://www.cfsan.fda.gov/~acrobat/tds1byel.pdf>.
- ¹⁰ Leblanc JC et al. (2005): Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study, Food Additives and Contaminants, 22: 624-641.
- ¹¹ BVL (2006): Nationale Staturerhebung von Dioxinen und PCB in Lebensmitteln pflanzlichen Ursprungs 2004/2005.
- ¹² <http://www.mri.bund.de/de/veroeffentlichungen/archiv/2007.html>
- ¹³ <http://www.pop-dioxindb.de/>
- ¹⁴ Pennington JA, Hernandez TB (2002): Core foods of the US food supply, Food Additives and Contaminants, 2002, Vol. 19, No. 3: 246-271, Taylor&Francis.
- ¹⁵ Max Rubner-Institut (2008): Nationale Verzehrsstudie II, Ergebnisbericht 1, 2, online: <http://www.was-esse-ich.de>.
- ¹⁶ Mensink GBM, Haftenberger M, Thamm M (2001): Validity of DISHES 98, a computerized dietary history interview: energy and macronutrient intake, European Journal of Clinical Nutrition 55: 409-417.
- ¹⁷ Guidance Document for the use of the Concise Database in Exposure Assessment, <http://www.efsa.europa.eu/en/datex/datexfooddb.htm>
- ¹⁸ Cadmium in food – Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain; EFSA Journal (2009) 980: 1-139.
- ¹⁹ BVL (2001): Lebensmittel-Monitoring 2001, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, www.bvl.bund.de.
- ²⁰ Cadmium in food – Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain; EFSA Journal (2009) 980: 1-139.
- ²¹ EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Lead in Food. EFSA Journal 2010, 8(4): 1570. [147pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2010.1570. Available online: www.efsa.europa.eu.
- ²² EFSA Opinion of the Scientific Committee: A Harmonized Approach for Risk Assessment of Substances Which are both Genotoxic and Carcinogenic, EFSA Journal 2005; 282. [31pp.]. Available online: www.efsa.europa.eu.
- ²³ <http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/summary67.pdf>
- ²⁴ http://www.bmu.de/gesundheit_und_umwelt/lebensmittelsicherheit/verbrauchertipp/doc/2423.php
- ²⁵ http://www.bmu.de/gesundheit_und_umwelt/lebensmittelsicherheit/verbraucherschutz_eu/doc/print/41906.php
- ²⁶ World Health Organization [WHO] (2000) WHO European Centre for Environment and Health, Executive summary, 1998, Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI); Food Additive Contaminants 17, 223-240.
- ²⁷ <http://www.bfr.bund.de/cd/23218>; BfR (2007): BfR rät zu regionalen Verzehrsempfehlungen für frische Dorschleber. Stellungnahme Nr. 038/2007 des BfR vom 13. Juli 2007.
- ²⁸ BVL (2008): Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2008 – Lebensmittel-Monitoring, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, www.bvl.bund.de.
- ²⁹ ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (1998): Toxicological Profile for Chlorinated Dibenzop-dioxins. Update, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- ³⁰ BfR (2006): Vorgeschlagene EU-Höchstgehalte für nicht dioxinähnliche Polychlorierte Biphenyle (ndl-PCB) in Lebensmitteln sind zu hoch. Stellungnahme Nr. 004/2007 des BfR vom 30. Juni 2006.

Bundesinstitut für Risikobewertung
Thielallee 88-92
14195 Berlin
www.bfr.bund.de

Tel. 030 18412-0
Fax 030 18412-4741
bfr@bfr.bund.de