

# **AUFNAHME VON CADMIUM ÜBER LEBENSMITTEL**

## **2007 - 2012**

**Kristina Marchart**

**Melanie Kuffner**

**Daniela Hofstädter**

**Angelika Keckeis**

**Karin Manner**

## **Autoren**

**Kristina Marchart**

**Melanie Kuffner**

**Daniela Hofstädter**

**Angelika Keckeis**

**Karin Manner**

**Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit  
Daten, Statistik und Integrative Risikobewertung  
Spargelfeldstraße 191, 1220 WIEN**

## **Analytik**

**Kompetenzzentrum Elemente (ehem.)  
Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit  
Spargelfeldstraße 191, 1220 Wien**

**Elementanalytik  
Institut für Tierernährung und Futtermittel  
Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit  
Wieningerstraße 8, 4020 LINZ**

**Institut für Hydroanalytik  
Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit  
Wieningerstraße 8, 4020 LINZ**

**November 2013**

## Zusammenfassung

Cadmium ist ein Kontaminant, der auf Grund von Gesteinserosionen und Vulkanismus sowie durch Emissionen der Industrie in der Umwelt weit verbreitet ist. Aus der Umwelt gelangt Cadmium auf verschiedenen Aufnahmewegen in Lebensmittel. Auch Zigarettenkonsum führt durch den Cadmiumgehalt in den Tabakblättern zu einer zusätzlichen Aufnahme für Raucher und Passiv-Raucher. Cadmium reichert sich vor allem in der Niere an, und diese kann bei einer lang andauernden oralen Aufnahme geschädigt werden. Auch Schädigungen am Knochengewebe werden beschrieben. Die EFSA (European Food Safety Authority) legte einen TWI („Tolerable Weekly Intake“) von 2,5 µg/kg Körpergewicht (KG) für Cadmium fest.

Die Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) untersuchte in den Jahren 2007 – 2012 insgesamt 4067 Proben aus 67 verschiedenen Lebensmittelkategorien im österreichischen Handel auf Cadmium. Viele Grundnahrungsmittel pflanzlichen Ursprungs wie Getreide, Blattgemüse und Kartoffeln zeigten mittlere Cadmiumkonzentrationen zwischen 18 und 30 µg/kg. Besonders stark mit Cadmium belastet waren Nahrungsergänzungsmittel, Wasserweichtiere, Pilze, Kakaoerzeugnisse und Schokolade, mit Mittelwerten über 65 µg/kg. Besonders niedrige Cadmiumkonzentrationen mit Mittelwerten unter 5 µg/kg wurden in Fruchtgemüse, Kuhmilch und Wasser gemessen.

Zu Überschreitungen der Höchstgehalte gemäß Verordnung (EG) 1881/2006 idgF. kam es bei 9 Proben aus der Kategorie Meeresfrüchte, bei 8 Gänsen sowie 1 Spinatprobe und 1 Krenprobe. Zur Überschreitung nationaler Aktionswerte kam es bei 43 Proben, größtenteils aus den Kategorien Ölsamen sowie Säuglings- und Kleinkindernahrung.

Blattgemüse, Wurzelgemüse und Kartoffeln sind durchschnittlich stärker mit Cadmium belastet als Frucht- und Stielgemüse. Weiters zeigen die Daten, dass Roggen weniger Cadmium enthält als andere Getreidesorten. Bei Schokolade konnte ein Zusammenhang zwischen Kakao- und Cadmiumgehalt demonstriert werden.

Die Aufnahme von Cadmium über verschiedene Lebensmittel wurde unter Verwendung durchschnittlicher Cadmiumgehalte in Lebensmitteln und durchschnittlicher Verzehrsmengen von Männern, Frauen und Schulkindern berechnet. Als bedeutende Quellen für die Cadmiumaufnahme wurden Getreide, Kartoffeln, Schokolade und Blattgemüse identifiziert. Die Schokolade fiel aufgrund der beobachteten hohen Cadmiumgehalte als Aufnahmequelle ins Gewicht, Getreide, Kartoffeln und Blattgemüse hingegen aufgrund des hohen Verzehrs. Im Zeitraum 2007 – 2012 wurden Brot und Gebäck, Nutztierfleisch, Teigwaren und Obst noch nicht erfasst. Diese Lebensmittelgruppen wurden von der EFSA als weitere wichtige Cadmiumquellen beschrieben, und werden deshalb in Österreich in den nächsten Jahren untersucht.

Die Cadmiumaufnahme über die 2007 - 2012 in Österreich untersuchten Lebensmittel beträgt bei Männern, Frauen und Kindern insgesamt 24%, 30% und 33% des TWI-Wertes. Vielverzehrer von Kartoffeln und Getreide bei Männern und Frauen schöpfen den TWI-Wert über die untersuchten Lebensmittel zu 57% und 71% aus. Vielverzehrer von Kartoffeln und Schokolade bei Kindern erreichen 64% des TWI Wertes. Es muss beachtet werden, dass Brot und Gebäck, Nutztierfleisch, Teigwaren und Obst nicht in diese Berechnung einbezogen wurden, und dass die 2007 - 2012 untersuchten Lebensmittel nur einen Teil der insgesamt verzehrten Nahrung ausmachen.

Die EFSA hat bereits Cadmium-Auftretensdaten zu vielen wichtigen Lebensmitteln zur Verfügung und schätzte die nahrungsbedingte Gesamtaufnahme von Cadmium über Lebensmittel in Europa bei Erwachsenen auf 68%, bei Kindern auf 158%, bei erwachsenen Vielverzellern auf 124% und bei Vielverzellern im Kindesalter auf 263% des TWI.

Um die österreichische Situation genauer einschätzen zu können, ist es wichtig, Cadmium-Untersuchungen in bisher nicht erfassten Lebensmittelgruppen durchzuführen, die von der EFSA als wichtige Cadmium-Aufnahmequellen identifiziert wurden. Dies sind in erster Linie Brot und Kleingebäck, gefolgt von Nutztierfleisch, Teigwaren und Obst. Im laufenden Jahr werden bereits Proben von Brot, Kleingebäck und Teigwaren gezogen. In den nächsten Jahren sind auch Probenziehungen von Nutztierfleisch und Obst geplant, um alle wesentlichen Cadmiumquellen im Lebensmittelbereich abzudecken. Eine höhere Auslastung des TWI-Wertes kann dadurch nicht ausgeschlossen werden.

Generell wird Konsumentinnen und vor allem Frauen im gebärfähigen Alter, Schwangeren und Stillenden empfohlen, auf eine gute Mineralstoffversorgung von Eisen, Zink und Calcium zu achten, damit die Cadmium Aufnahme verringert wird.

Diese Risikobewertung befasst sich ausschließlich mit der oralen Cadmium-Aufnahme von Lebensmitteln, jedoch ist darauf hinzuweisen, dass Zigarettenrauch einen sehr hohen Beitrag zur Cadmium Exposition leistet.

## Summary

Cadmium is a heavy metal found as an environmental contaminant. It is ubiquitous due to natural erosion, volcanism and emissions from industrial sources. For the non-smoking population the main source of cadmium is food. It has a very long half-life ranging from 10 – 30 years and it accumulates especially in the kidney. Over time Cadmium may cause renal dysfunction and bone demineralisation. The International Agency for Research on Cancer (IARC) has classified cadmium as a human carcinogen Group 1, which means carcinogenic to humans. The EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (European Food Safety Authority) established a tolerable weekly intake (TWI) of 2.5 µg/kg body weight.

In 2007 – 2012 the Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES) analysed Cadmium in 4067 food samples from retail sources in Austria. Basic foods of plant origin such as grains, leaf vegetables and potatoes had an average concentration between 18 – 30 µg/kg. Food supplements, water molluscs, fungi, chocolate (cocoa) products and chocolate were higher contaminated with a mean concentration above 65 µg/kg. Low levels of Cadmium were detected in fruiting vegetables, cow milk and water with mean concentrations below 5 µg/kg.

9 samples of seafood, 8 geese, 1 spinach and 1 horse-radish exceeded the maximum level corresponding Commission Regulation (EC) No 1881/2006. 43 samples, mainly from the food category oilseeds and food for infants and small children, exceeded the official maximum value of tolerable Cadmium concentrations in Austria ("nationalen Aktionswert").

Statistical analyses revealed that leaf vegetables, root vegetables and potatoes had a higher Cadmium content than fruiting- and stem vegetables. Among grains, rye had a lower Cadmium content than other cultivars and species. In chocolate, a correlation between cocoa amount and Cadmium concentration could be demonstrated.

The dietary exposure assessment was performed by combining average concentration of Cadmium with average food consumption data of men, women and children. Grains, potatoes, chocolate and leaf vegetables have been identified as important sources for Cadmium intake. Grains, potatoes and leaf vegetables contribute to Cadmium exposure mainly because of the high consumption, whereas chocolate contributes because of its high cadmium content. "Often it is not the food with the highest cadmium levels, but foods that are consumed in larger quantities that have the greatest impact on cadmium dietary exposure (EFSA, 2012)." EFSA describes bread and rolls, livestock meat, pasta and fruits as important Cadmium sources. In 2007 – 2012 not enough samples have been analysed of these food categories. In the next years analyses of these categories are planned.

Cadmium intake from the food categories analysed in Austria 2007-2012 amounts in total to 24% of the TWI in men, 30% of the TWI in women and 33% of the TWI in children. Men and women who are high consumers of grains and potatoes exhaust the TWI to 57% and 71% based on the analysed food categories. Children who consume high amounts of potatoes and chocolate utilize 64% of the TWI. It should be noted, that bread and rolls, livestock meat, pasta and fruits were not included in this calculation and that the analysed food categories only represent a part of food which is consumed from the Austrian population.

EFSA, which has covered more food categories, came to the result, that total dietary cadmium intake via food for the European population amounts to 68% of the TWI for adults, to 158% for children, to 124% for high consumer adults and 263% for high consumer children. As already described, some important food categories are not included in this cadmium dietary exposure for the Austrian population.

Cadmium concentration data from bread and rolls, pasta, livestock meat and fruits will allow a more precise assessment of the dietary Cadmium exposure in Austria and so the TWI could be higher. A part of these food categories are analysed actually and the rest of it are planned to be analysed in the next years.

We recommend a good supply of minerals including ferritin, zinc and calcium especially to women of childbearing age, pregnant and breastfeeding women to reduce cadmium resorption.

This risk assessment exclusively analysed the oral intake of cadmium via nutrition, but it should be noted that cigarette smoke makes a very large contribution to cadmium exposure.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b> .....	9
<b>2. ALLGEMEINER TEIL</b> .....	9
<b>2.1 GESETZLICHE REGELUNGEN</b> .....	9
<b>2.2 SCHWERPUNKTAKTIONEN</b> .....	10
<b>2.3 SONSTIGE ROUTINEPROBEN</b> .....	10
<b>2.4 VERDACHTSPROBEN</b> .....	10
<b>3. SPEZIELLER TEIL</b> .....	10
<b>3.1 CADMIUM</b> .....	10
<b>3.2 AUFNAHMEQUELLEN VON CADMIUM</b> .....	11
<b>3.3 VERHALTEN VON CADMIUM IM KÖRPER</b> .....	11
3.3.1 Akute Toxizität.....	12
3.3.2 Chronische Toxizität.....	12
3.3.3 Mutagenität und Kanzerogenität.....	13
<b>3.4 AUFTRETENS DATEN</b> .....	14
3.4.1 Analytik.....	14
3.4.2 Ergebnisübersicht.....	14
3.4.3 Überschreitungen von Höchstgehalten und Aktionswerten .....	18
3.4.4 Häufig verzehrte pflanzliche Lebensmittel.....	19
3.4.4.1 Getreide.....	19
3.4.4.2 Gemüse.....	22
3.4.5 Stark belastete Lebensmittelgruppen.....	23
3.4.5.1 Fisch und Meeresfrüchte.....	23
3.4.5.2 Schokolade.....	24
3.4.5.3 Andere stark belastete Lebensmittelgruppen.....	25
<b>3.5 EXPOSITIONSABSCHÄTZUNG</b> .....	26
<b>3.6 RISIKOCHARAKTERISIERUNG</b> .....	30
<b>4. LITERATUR</b> .....	31
<b>5. RECHTSAKTE IDGF.</b> .....	33

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Eintragungsquellen von Cadmium in die Lebensmittelkette .....	11
<b>Abbildung 2:</b> Cadmiumgehalt in verschiedenen Getreidearten.....	20
<b>Abbildung 3:</b> Vergleich Getreidekörner mit Mahlprodukten.. .....	21
<b>Abbildung 4:</b> Cadmium in unterschiedlichen Gemüsekategorien und Kartoffeln .....	22
<b>Abbildung 5:</b> Cadmium in Fisch und Meeresfrüchten .....	24
<b>Abbildung 6:</b> Zusammenhang zwischen Kakaogehalt und Cadmiumgehalt in Schokolade.....	25
<b>Abbildung 7:</b> Ermittlung der Cadmium-Aufnahme in Österreich über verschiedene Lebensmittel .....	29

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Cadmium-Gehalte in österreichischen Lebensmitteln.....	16
<b>Tabelle 2:</b> Überschreitungen nach VO (EG) 1881/2006 idgF.....	18
<b>Tabelle 3:</b> Überschreitungen nach nationalem Aktionswert.....	18
<b>Tabelle 4:</b> Überblick Cadmium-Auftretensdaten, Verzehrdaten und Cadmium-Aufnahme von Männern, Frauen und Kindern über Lebensmittel.....	27



# 1. EINLEITUNG

Cadmium (Cd) ist ein ubiquitär in der Umwelt auftretendes Schwermetall, das als Kontaminant in die Lebensmittelkette gelangen kann. Spuren von Cadmium sind in fast allen Lebensmittelproduktgruppen zu finden. Um die Gesundheit der Konsumenten zu schützen, wird der Cadmiumgehalt von Lebensmitteln in Österreich kontinuierlich überwacht. Schwerpunkte werden bei der Kontrolle auf Lebensmittelgruppen gelegt, in denen sich Cadmium erfahrungsgemäß anreichert sowie auf Produkte, von denen große Mengen verzehrt werden. Dieser Bericht fasst die in den Jahren 2007 - 2012 durchgeführten Lebensmitteluntersuchungen zusammen. Anhand dieser Daten wurde die orale Aufnahme von Cadmium über Lebensmittel berechnet. Diese Risikobewertung befasst sich ausschließlich mit der oralen Cadmium-Aufnahme von Lebensmitteln, jedoch ist darauf hinzuweisen, dass Zigarettenrauch einen sehr hohen Beitrag zur Cadmium Exposition leistet und ein Verzicht gesundheitliche Risiken reduziert

## 2. ALLGEMEINER TEIL

### 2.1 Gesetzliche Regelungen

Auf EU-Ebene sind in der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln für spezifische Lebensmittelgruppen Cadmium-Höchstgehalte festgelegt. Es handelt sich dabei um Höchstgehalte für Fleisch von Nutztieren, Geflügel, Fisch, Krebstiere, Muscheln und Kopffüßer, Innereien von Nutztieren und Geflügel (Leber und Niere), Getreide, Kleie, Keime, Sojabohnen, Gemüse, Früchte, Pilze und Kartoffeln. In den Verordnungen VO (EG) Nr. 629/2008 idgF. sowie VO (EG) Nr. 420/2011 idgF. wurden geringfügige Änderungen der Lebensmittelgruppen und Höchstgehalte für Cadmium vorgenommen.

Ergänzend zu den europäischen Höchstgehalten gibt es in Österreich nationale Aktionswerte für Lebensmittel, für die es keine europäischen Höchstgehalte gibt. Diese sind im Erlass BMGFJ-75210/0022-IV/B/7/2008 idgF. festgehalten. Die Lebensmittel Milch, Säuglings- und Kleinkindernahrung, Hühnereier, Wildfleisch, Feldhase, Süßwasserfische, Innereien, Leinsamen, Honig, Mohn, geschälte Sonnenblumenkerne und Kürbiskerne werden durch Aktionswerte geregelt. Ziel der Aktionswerte ist ein vorausschauendes Vorgehen. „Aktionswerte sollen den zuständigen Behörden und den Lebensmittelunternehmern dazu dienen, diejenigen Fälle ausfindig zu machen, in denen es angezeigt ist, eine Kontaminationsquelle zu ermitteln und im Sinne des § 21 LMSVG idgF. (Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetz) Maßnahmen zur Mängelerrhebung oder Risikominderung zu setzen. Bei Überschreitungen des Aktionswertes sind entsprechende Maßnahmen durch den Lebensmittelunternehmer, gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit der Behörde, zu setzen (BMG, 2009).

Die für Trinkwasser geltenden Höchstgehalte für Österreich sind in der Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch in der Trinkwasserverordnung idgF. festgelegt (Trinkwasserverordnung, 2001).

### 2.2 Schwerpunktaktionen

Schwerpunktaktionen zu verschiedenen Kontaminanten in Lebensmitteln werden vom Bundesministerium für Gesundheit und der AGES geplant und per Durchführungserlass des BMG angeordnet. Cadmium wurde im Beobachtungszeitraum 2007 – 2012 unter anderem im Rahmen folgender Schwerpunktaktionen untersucht: „Fische (roh) aus der EU und Drittländern“, „Krusten- und Weichtiere (roh und erhitzt) aus Wildfang und

Aquakultur aus Drittländern (keine Mischprodukte) auf Rückstände und Kontaminanten“; „Schokolade mit hohem Kakaoanteil (> 55%)“, „Untersuchung von Beikost für Säuglinge und Kleinkinder auf Obst – und Gemüsebasis (in Gläsern)“.

### **2.3 sonstige Routineproben**

Es werden auch Routineproben der Lebensmittelaufsicht, die keiner Schwerpunktaktion zugeordnet sind, auf Schwermetalle untersucht. Diese Proben werden routinemäßig ganzjährig, über das gesamte Warenspektrum verteilt gezogen und bieten somit eine repräsentative Gesamtaussage zur Lebensmittelsicherheit (BMG, 2011).

### **2.4 Verdachtsproben**

Zusätzlich zu den Routineproben der verschiedenen Untersuchungsaktionen und Programme werden auch so genannte Verdachtsproben gezogen und untersucht. Diese können durch Beschwerden von Konsumentinnen, Wahrnehmungen der Aufsichtsbehörden oder aufgrund von Meldungen über die Schnellwarnsysteme begründet sein (BMG, 2011).

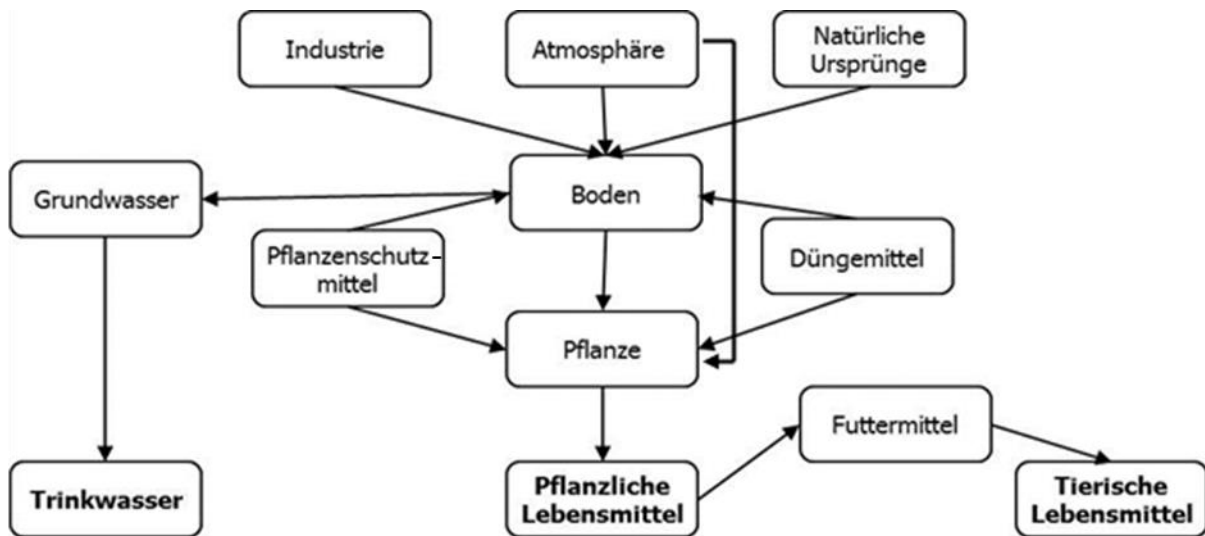
## **3. SPEZIELLER TEIL**

### **3.1 Cadmium**

Cadmium ist ein toxisches Schwermetall und kommt natürlich in der Erdkruste vor. Es stammt von verwitternden Gesteinen oder Vulkanausbrüchen. Weiters tragen auch anthropogene Quellen zum Eintrag von Cadmium in die Biosphäre bei. Diese werden durch industrielle Emissionen wie Metallabbau und –schmelzen, Industrie- und Landwirtschaftsabfälle, Phosphatdünger, Klärschlamm, Verbrennung von Kohle sowie die Verwendung in Batterien und Legierungen verursacht. Dadurch gelangt das Schwermetall in Böden und Sedimente der Gewässer. In der Umwelt kommt Cadmium selten als reines Metall vor, sondern meistens als anorganische Verbindung wie z.B. als Cadmiumchlorid, -bromid, -sulfat, -oxid und -sulfit. In Säugetieren, Vögeln und Fischen sowie Pflanzen liegt Cadmium an Proteine gebunden vor.

Nutzpflanzen können Cadmium unterschiedlich gut aus dem Boden aufnehmen. Verschiedene Faktoren wie z.B. Bodenbeschaffenheit, Anbausorte und unterschiedliche landwirtschaftliche Praktiken wie der Einsatz von Phosphatdünger oder Klärschlamm beeinflussen die Resorption. Auch über atmosphärische Depositionen kann Cadmium in pflanzliche Lebensmittel gelangen (Abbildung 1).

**Abbildung 1: Eintragsquellen von Cadmium in die Lebensmittelkette**



### **3.2 Aufnahmequellen von Cadmium**

Die Hauptaufnahme von Cadmium bei Nichtrauchern ist auf Lebensmittel zurückzuführen und beträgt etwa 90%. Die restliche Exposition (10%) setzt sich aus der Umgebungsluft und dem Trinkwasser zusammen (EFSA, 2012). Ölsaaten, Kakaobohnen, Wildpilze, Nüsse, Getreide, Algen und einige Gemüsearten zählen zu den pflanzlichen Lebensmitteln mit den stärksten Cadmiumbelastungen. Innereien und Meeresfrüchte können ebenfalls mit erhöhten Cadmiumwerten kontaminiert sein. Oft leisten jedoch nicht die Lebensmittel mit den höchsten Cadmiumgehalten den größten Beitrag zur Cadmium-Aufnahme, sondern die Lebensmittel, die in großen Mengen und oft konsumiert werden, wie z.B. Getreide und Gemüse (EFSA, 2009).

Neben Lebensmitteln stellt das Rauchen eine zusätzliche Expositionsquelle für Cadmium dar. Studien zeigen, dass eine Zigarette etwa 1 – 2 µg Cadmium enthält, hiervon werden pro Zigarette etwa 0,1 – 0,2 µg inhaliert. Bei einem Konsum von 20 Zigaretten pro Tag ergibt sich daraus eine inhalative Cadmiumaufnahme von 2 – 4 µg/Tag (Ewers, 1990). Cadmiumverbindungen sind relativ flüchtig, und daher nehmen Raucher über den Tabakrauch erhebliche Mengen an Cadmium auf. Außerdem ist die Resorption von Cadmium über die Lunge effektiver als über den Magen-Darm-Trakt (EFSA, 2009).

Laut EFSA liegt die durchschnittliche Cadmiumkonzentration in der Luft im städtischen Gebiet in einem Bereich von 1 – 10 ng/m<sup>3</sup> (EFSA, 2009). Die Konzentration von Cadmium-Schwebstaub in der Luft nicht belasteter Regionen liegt bei 0,003 – 1,1 ng/m<sup>3</sup> (Lauber, 1993). Laut JECFA (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) überschreitet die Cadmiumaufnahme der Bevölkerung über die Luft, die nicht in Industriegebieten wohnt, normalerweise nicht 0,8 µg/Tag (WHO, 2011).

Kleinkinder können Cadmium auch über Hausstaub oder Boden oral aufnehmen (EFSA, 2009).

### **3.3 Verhalten von Cadmium im Körper**

Cadmium ist ein akkumulierendes toxisches Schwermetall mit einer biologischen Halbwertszeit von 10 – 30 Jahren. Es reichert sich in der Lebensmittelkette, in den menschlichen Organen, vor allem in Leber und Niere und auch in Knochen an. Nur sehr langsam wird es über Niere und Darm wieder ausgeschieden.

Beim Menschen sind die Bioverfügbarkeit und die Speicherung von Cadmium sowie die daraus folgende Toxizität von verschiedenen Faktoren wie Ernährungsstatus und Krankheiten abhängig. Cadmium benutzt Transportsysteme, die bei der Aufnahme von Calcium und Eisen verwendet werden. Personengruppen mit einem Mangel an Mineralstoffen (Bsp. Eisen und Calcium) nehmen vermehrt Cadmium auf (Hartwig, 2010). Frauen sind im Gegensatz zu Männern mehr mit Cadmium belastet, da sie von Eisenmangel eher betroffen sind. Oft leiden Frauen im gebärfähigen Alter unter Eisenmangel und besonders Schwangerschaften sorgen für einen niedrigen Status. Kippler et al. beschreibt, dass Frauen eine höhere Cadmium-Konzentration in Blut, Urin und Nierencortex als Männer aufweisen. In der Menopause ist der Eisen-Status von Frauen üblicherweise wieder besser und es gibt keinen Unterschied zwischen der Cadmium-Konzentration von Männern und Frauen (Kippler et al. 2007; Kippler et al. 2009).

Nach oraler Aufnahme erfolgt die Resorption von Cadmium aus dem Gastrointestinaltrakt. Cadmium wird in zwei Schritten aus dem Darmlumen in das Blut transportiert:

- Die  $Cd^{2+}$ -Ionen werden an die apikale Membran der Bürstensaumzellen gebunden. Dieser Prozess verläuft schnell und ist durch  $Ca^{2+}$ -Ionen zu hemmen.
- Der Übertritt des Cadmiums aus den Mucosazellen in den Organismus ist geschwindigkeitsbestimmend für den Resorptionsvorgang (Schäfer et al., 2004). Ein Teil des Cadmiums wird intrazellulär an Metallothionein gebunden und aufgrund der Desquamation der Bürstensaumzellen mit den Fäzes ausgeschieden.

Cadmium wird nach Resorption aus dem Dünndarm oder der Lunge an Albumin gebunden und in die Leberzellen aufgenommen. Dort wird die Synthese von Metallothionein stimuliert, und dieses bindet an Cadmium. Cadmium-Metallothionein wird aus der Leber in das Plasma abgegeben und gelangt durch glomeruläre Filtration in den Nierentubulus. Durch die Proteinbindung erfolgt die Ausscheidung sehr langsam. Ein geringer Teil wird via Harn ausgeschieden, der größte Anteil wird in die Tubuluszelle aufgenommen. In den Lysosomen wird das Cd-Metallothionein metabolisiert und Cadmium freigesetzt. Auch in den Nierentubuluszellen wird die Metallothionein-Synthese induziert. Cadmium und Cadmium-Metallothionein stehen in einem gewissen Gleichgewicht, das zugunsten von Cd-Metallothionein verschoben ist. Cd-Metallothionein akkumuliert in den Tubuluszellen (Schäfer et al., 2004; Lampen, 2010). Mit zunehmendem Alter steigt die Cadmium Konzentration im Körper an, dies ist auf die starke Retention des aufgenommenen Cadmiums zurück zu führen. Nur in geringen Mengen wird das Schwermetall via Niere und Fäzes ausgeschieden. In Folge einer Nierenschädigung wird hingegen Cadmium in hohen Dosen ausgeschieden.

### **3.3.1 Akute Toxizität**

Inhalative Cadmiumvergiftungen können tödliche Folgen haben, dies zeigte eine Reihe von Arbeitsunfällen. Eine orale akute Vergiftung durch Wasser und Getränke, die sehr hohe Cadmiumgehalte aufweisen, verursachen bereits wenige Minuten nach der Aufnahme vor allem gastrointestinale Beschwerden. Der NOEL („No Observed Effect Level“) nach einmaliger oraler Aufnahme wird bei 3 mg Cadmium/Person geschätzt. Die tödliche Konzentration liegt im Bereich von 350 – 8900 mg/Person (EFSA, 2009).

### **3.3.2 Chronische Toxizität**

Das empfindlichste Zielorgan einer lang andauernden oralen Aufnahme von Cadmium ist die Niere. Bei einer Grenzkonzentration ( $> 200$  mg/kg) in der Nierenrinde ist mit Nierenschäden zu rechnen. Es kann zu Schädigung der Zelle und in weiterer Folge zu Funktionsstörungen kommen. Ein erstes Anzeichen einer Nierenschädigung ist die erhöhte Ausscheidung von Proteinen (z.B. retinol binding protein, beta 2-microglobulin), die auch als Biomarker für Nierenschäden herangezogen werden (EFSA, 2009).

Zusätzlich zu den Nierenfunktionsstörungen kann es durch eine verminderte Calcium-Rückresorption in den Nierentubuli und durch vermehrte Calciumausscheidung mit dem Harn zu Knochenschädigungen kommen. Der Körper mobilisiert vermehrt Calcium aus dem Knochengewebe, um die Calciumverluste wieder auszugleichen (Schäfer et al., 2004; Lampen, 2010). Cadmium ist daher auch ein Risikofaktor für das Auftreten von Osteoporose (EFSA, 2009). Schädigungen am Knochengewebe durch lang andauernden Verzehr von stark mit Cadmium kontaminiertem Wasser und Reis wurden erstmals in Japan beschrieben (Itai-Itai Krankheit). Die betroffene Bevölkerung litt unter starken Schmerzen im Rücken und in den Beinen, die durch Osteomalazie und Osteoporose ausgelöst wurden. Dies führte zu Skelettdeformationen und Knochenbrüchen. Viele litten an einer Enteropathie. Massive Nierenschädigungen, verursacht durch sehr hohe Konzentrationen an Cadmium, führten zu Störungen im Calcium-, Phosphor- und Vitamin D-Metabolismus in den Knochen.

### **3.3.3 Mutagenität und Kanzerogenität**

Die International Agency of Cancer Research (IARC) stufte 1993 Cadmium als Humankanzerogen in Gruppe 1 ein. Diese Erkenntnisse basieren größtenteils auf inhalativen Toxizitätsstudien und experimentellen Tierstudien (IARC, 1993; IARC, 2013a, IARC, 2013b).

Von der EFSA wurde 2009 ein TWI („Tolerable Weekly Intake“) von 2,5 µg/kg Körpergewicht (KG) festgelegt und 2011 bestätigt. Von der JECFA wurde 2010 ein PTMI („Provisional Tolerable Monthly Intake“) von 25 µg/kg festgelegt.

## 3.4 Auftretensdaten

### 3.4.1 Analytik

Die **Untersuchungen der Lebensmittelproben** wurden vom ehemaligen Kompetenzzentrum Elemente am Standort AGES Wien und von der Abteilung Elementanalyse vom AGES Institut für Tierernährung in Linz mittels ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry), AAS (Atomic Absorption Spectrometry) und GF-AAS (Graphite Furnace-Atomic Absorption Spectrometry) durchgeführt.

Die **Untersuchungen der Wasserproben** wurden vom AGES Institut für Hydroanalytik am Standort Linz mittels ICP-OES nach EN ISO 11885 durchgeführt.

Die von der AGES untersuchten Lebensmittelproben wurden **aufbereitet**, wie es in der „Leitlinie zur Vorbehandlung von Lebensmittel-Proben bei der Bestimmung von Schwermetallen“ festgehalten ist. So werden beispielsweise Kartoffeln von Keimen und Schmutz befreit, gegebenenfalls gewaschen, geschält, gewaschen und anschließend analysiert (BMG, 2010).

### 3.4.2 Ergebnisübersicht

Im Zeitraum von 2007 bis 2012 wurden insgesamt **4067 Lebensmittelproben** im Rahmen der behördlichen Überwachung von Cadmium untersucht (Tabelle 1).

In 2446 der 4067 Proben (60%) konnte Cadmium bestimmt werden. In den übrigen Proben lag der Cadmiumgehalt unter der jeweiligen **Bestimmungsgrenze**. Für die deskriptive Statistik wurde bei der Berechnung von Mittelwerten und für nicht bestimmbare Ergebnisse ein Cadmium-Gehalt in der Höhe der Bestimmungsgrenze angenommen (Upper-Bound Ansatz).

Die untersuchten Proben wurden nach dem **FoodEx1 Klassifizierungssystem** der EFSA in Produktgruppen eingeordnet. Insgesamt wurden Lebensmittel aus 18 verschiedenen Obergruppen (FoodEx Level 1) und 67 verschiedenen Untergruppen (FoodEx Level 2) untersucht. Besonders umfangreich waren im angegebenen Zeitraum die Untersuchungen bei Nahrungsergänzungsmitteln, Fischfleisch, Fischprodukten, Wild, Getreide, Getreideprodukten, Kuhmilch, Fruchtsaft, Honig, Schokolade, Säuglings- und Kleinkindnahrung. Für jede Obergruppe und für jede Untergruppe wurde der mittlere Cadmiumgehalt berechnet (Tabelle 1). In 42 Untergruppen standen zumindest zehn Einzelproben zur Verfügung, und die daraus errechneten Mittelwerte wurden als repräsentativ erachtet.

Viele Grundnahrungsmittel pflanzlichen Ursprungs wie Getreide, Blattgemüse und Kartoffeln zeigten **mittlere Cadmiumkonzentrationen** zwischen 18 und 30 µg/kg. Besonders stark mit Cadmium belastete Untergruppen mit Mittelwerten über 65 µg/kg waren Nahrungsergänzungsmittel, Wasserweichtiere, Pilze, Kakaoerzeugnisse und Schokolade. Besonders niedrige Cadmiumkonzentrationen mit Mittelwerten unter 5 µg/kg wurden in Fruchtgemüse, Kuhmilch und Wasser gemessen.

Auffallend an den beobachteten Cadmiumkonzentrationen ist das Auftreten von **stark belasteten Einzelproben** in manchen Lebensmittelgruppen. So war in Krebstieren, Geflügel und Ölsamen das 95. Perzentil ein Vielfaches des Mittelwertes (Tabelle 1). Der Mittelwert war in diesen Gruppen wiederum ein Vielfaches des Medians. Somit stellt der Mittelwert eine relativ konservative Kennzahl für die Cadmiumkonzentrationen in Lebensmitteln dar. In dieser Arbeit wurde der Mittelwert als Kennzahl herangezogen, um Vergleiche mit der aktuellen Expositionsabschätzung der EFSA (EFSA, 2012) zu ermöglichen, in der ebenfalls Mittelwerte wiedergegeben werden.

In einigen viel verzehrten Lebensmitteln waren die in Österreich beobachteten mittleren Cadmiumgehalte geringer als die entsprechenden **europäischen Werte** (EFSA, 2012), bei Kartoffeln, Getreide für den menschlichen Verzehr z.B. jeweils um ca. 20%. Darüber hinaus waren die österreichischen Mittelwerte bei Fischfleisch, Innereien, Kakaoerzeugnissen und Ölsamen um ein Vielfaches geringer als die europäischen Werte. Über den europäischen Werten liegende Mittelwerte traten in Österreich bei Geflügel, Fruchtsaft und Schokolade auf. Die hohen Mittelwerte beim Geflügel gingen allerdings auf einige wenige Ausreißerwerte von gezielt beprobten ungarischen Gänsen zurück (Kapitel 3.4.5.3). Beim Fruchtsaft wurde Cadmium nur in wenigen Proben nachgewiesen. Die hohen österreichischen Mittelwerte spiegeln die hohen Bestimmungsgrenzen wieder. Der Cadmiumgehalt von Schokolade ist vom Kakaogehalt abhängig (Kapitel 3.4.5.2). Je höher der Kakaogehalt, umso höher der Cadmiumgehalt. Bei den in Österreich untersuchten Proben handelt es sich vor allem um Bitterschokoladen.

Innerhalb einiger Lebensmittel-Obergruppen zeigten sich **zwischen den verschiedenen Untergruppen deutliche Unterschiede** im Cadmium-Gehalt (Tabelle 1). Kapitel 3.4.2 und 3.4.3 gehen auf diese Unterschiede genauer ein. In der Expositionsabschätzung werden deshalb Auftretensdaten und Verzehrdaten auf dem Level der Untergruppen miteinander verknüpft (Kapitel 3.5).

**Tabelle 1: Cadmium-Gehalte in österreichischen Lebensmitteln**

	<b>Proben- anzahl</b>	<b>Werte &gt; BG</b>	<b>Mittelwert Cd-Gehalt (µg/kg)*</b>	<b>95. Perzentil Cd-Gehalt (µg/kg)*</b>
<b>Besondere Nahrungsmittel</b>	<b>281</b>	<b>226</b>	<b>72</b>	<b>277</b>
Lebensmittel für kalorienarme Ernährung zur Gewichtsüberwachung	1	0	10	10
Lebensmittel für Sportler	30	23	12	34
Medizinische Lebensmittel	1	1	77	77
Nahrungsergänzungsmittel	191	159	88	352
Sonstige Spezialnahrung	58	43	53	231
<b>Fette und Öle</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
Pflanzenöl	4	0	7	10
<b>Fisch und Meeresfrüchte</b>	<b>771</b>	<b>431</b>	<b>54</b>	<b>238</b>
Fischfleisch	356	144	7	17
Fischinnereien	5	5	385	608
Fischprodukt	195	139	19	59
Krebstiere	137	71	60	251
Schnecken	4	4	225	530
Wasserweichtiere	74	68	331	1100
<b>Fleisch</b>	<b>289</b>	<b>131</b>	<b>17</b>	<b>39</b>
Geflügel	54	18	55 <sup>a</sup>	392
Innereien	18	18	27	70
Nutztiere	2	1	18	24
Pasteten und Terrinen	6	6	9	12
Sonstiges Fleisch	1	0	10	10
Wild	196	82	6	10
Wurst	12	6	8	19
<b>Früchte</b>	<b>38</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>22</b>
Obstkompott	35	16	12	23
Sonstige Früchte	2	1	14	17
Trockenfrüchte	1	1	5 <sup>b</sup>	5
<b>Gemüse</b>	<b>194</b>	<b>178</b>	<b>39</b>	<b>180</b>
Blattgemüse	25	24	30	157
Fruchtgemüse	24	18	4	10
Kakaobohnen und Kakaoerzeugnisse	28	28	66	213
Kohlgemüse	2	2	9	9
Pilze	58	55	69	323
Stielgemüse	8	6	7	18
Wurzel- und Knollengemüse	49	45	16	44
<b>Getreideprodukte</b>	<b>281</b>	<b>260</b>	<b>24</b>	<b>55</b>
Frühstückszerealien	24	21	22	36
Gepuffte Erzeugnisse	1	1	43	43
Getreide für menschlichen Verzehr	126	120	29	60
Getreide Mahlprodukte	130	118	20	43
<b>Gewürze, Kräuter, Würzmittel</b>	<b>51</b>	<b>27</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
Gewürze	12	11	42	116
Würzmittel	39	16	46	100



	Proben- anzahl	Werte > BG*	Mittelwert Cd-Gehalt (µg/kg)*	95.Perzentil Cd-Gehalt (µg/kg)*
<b>Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsamen</b>	<b>38</b>	<b>32</b>	<b>74</b>	<b>285</b>
Hülsenfrüchte, Bohnen	5	3	17	60
Ölsamen	33	29	82 <sup>a</sup>	502
<b>Milch und Milchprodukt-Imitate</b>	<b>47</b>	<b>43</b>	<b>15</b>	<b>42</b>
Sojagetränk	18	18	6	12
Tofu	24	24	26	43
Sonstige Getreidegetränke	5	1	1	2
<b>Milchprodukte</b>	<b>213</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
Kuhmilch	208	12	1	4
Sonstige Milch	5	0	1	2
<b>Nicht alkoholische Getränke</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
Soft Drinks	8	0	10	10
Sonstige nicht alkoholische Getränke	2	0	10	10
<b>Säfte</b>	<b>394</b>	<b>48</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
Fruchtnektar	26	2	6	10
Fruchtsaft	338	36	6	10
Fruchtsaftkonzentrate (Sirupe)	18	3	5 <sup>b</sup>	10
Gemüsesaft	12	7	7	10
<b>Säuglings- u. Kleinkindernahrung</b>	<b>824</b>	<b>703</b>	<b>7</b>	<b>23</b>
Folgenahrung	15	15	9	24
Früchtepüree für Kinder	1	0	2	2
Gemischte Frucht- und Gemüsesäfte	2	2	9	16
Gemischte Fruchtsäfte	1	0	2	2
Medizinische Formulanahrung für Babys	24	14	7	24
Nahrung auf Getreidebasis	111	110	17	36
Säuglingsanfangsnahrung	4	4	8	20
Sonstige Babynahrung	666	558	6	17
<b>Stärkehaltige Wurzeln</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>35</b>
Kartoffel	11	11	18	35
<b>Wasser</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Wasser	42	0	1	1
<b>Zucker und Süßwaren</b>	<b>519</b>	<b>281</b>	<b>47</b>	<b>220</b>
Honig	322	97	11	20
Kakaoprodukte	195	184	106	361
Süßwaren	2	0	2	2
<b>Zusammengesetzte Lebensmittel</b>	<b>60</b>	<b>45</b>	<b>16</b>	<b>63</b>
Fischgerichte	3	2	7	10
Fleischgerichte	23	17	10	28
Getreide basierte Gerichte	14	9	13	33
Kartoffelgericht	3	3	71	77
Sojabasis	13	13	23	51
Suppen	4	1	6	10
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>4067</b>	<b>2446</b>	<b>30</b>	<b>130</b>

\* Werte unter der BG wurden gemäß dem Upper Bound Prinzip in der Höhe der BG angenommen

<sup>a</sup> bei Geflügel traten 7 und bei Ölsamen traten 2 extreme Ausreißer auf (siehe Kapitel. 3.4.5.3). Bei Ausschluss der Ausreißer waren die Mittelwerte für Geflügel und Ölsamen 10 und 20 ng/kg.

<sup>b</sup> bei Trockenfrüchten wurde ein Verdünnungsfaktor (VF) von 10 einbezogen, bei Fruchtsaftkonzentraten ein VF von 7.

### 3.4.3 Überschreitungen von Höchstgehalten und Aktionswerten

Die Anzahl der Lebensmittel, die den jeweiligen Höchstgehalt nach der Verordnung (EG) 1881/2006 idgF. bzw. den aktuellen in Österreich geltenden Aktionswert überschreiten, sind in Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgelistet. Die Anzahl der Überschreitungen war im Vergleich zu den untersuchten Proben gering.

**Tabelle 2: Überschreitungen nach VO (EG) 1881/2006 idgF.**

Lebensmittelgruppe	Anzahl untersuchter Lebensmittel	Höchstgehalte nach 1881/2006 idgF. (mg/kg)	Anzahl Überschreitung Höchstgehalt
<i>Anzahl der Überschreitungen nach VO (EG) 1881/2006 idgF.</i>			
<b>Fisch und Meeresfrüchte</b>	<b>771</b>		<b>9</b>
Sardine	19	0,1	2
Hummer	8	0,5	2
Muscheln	30	1	1
Kopffüßer	36	1	4
<b>Fleisch</b>	<b>289</b>		<b>8</b>
Gänse	49	0,05	8
<b>Gemüse inklusive Pilze</b>	<b>166</b>		<b>2</b>
Kren	2	0,1	1
Blattspinat	5	0,2	1

**Tabelle 3: Überschreitungen nach nationalem Aktionswert**

Lebensmittelgruppe	Anzahl untersuchter Lebensmittel	Höchstgehalt nach nationalem Aktionswert (mg/kg)	Anzahl Überschreitung Höchstgehalt
<i>Anzahl der Überschreitungen nach nationalen Aktionswerten</i>			
<b>Fisch und Meeresfrüchte</b>	<b>771</b>		<b>1</b>
Dorschleber	4	0,4	1
<b>Fleisch</b>	<b>289</b>		<b>1</b>
Hirsch	58	0,1	1
<b>Hülsenfrüchte, Nüsse und Ölsamen</b>	<b>38</b>		<b>4</b>
Kürbiskerne	25	0,02	2
Mohn	2	0,8	2
<b>Milch</b>	<b>213</b>		<b>3</b>
Kuhmilch	208	0,0025	3
<b>Säuglings- und Kleinkindernahrung</b>	<b>824</b>		<b>33</b>
Milchfertignahrung, adaptierte und teil-adaptierte Milchnahrung, zubereitet laut Dosierungsanleitung.		0,002	27
Alle übrigen Zubereitungen für Säuglinge und Kleinkinder.		0,04	6
<b>Zucker und Süßwaren</b>	<b>519</b>		<b>1</b>
Honig	322	0,05	1

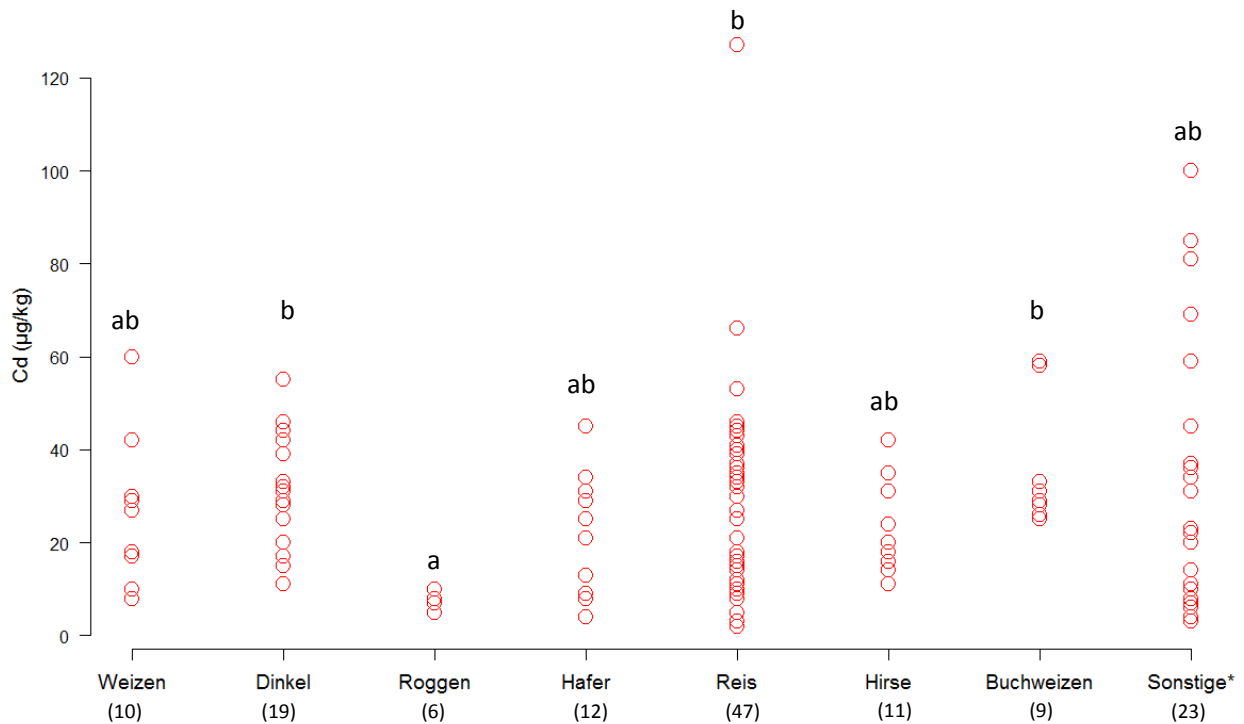
### 3.4.4 Häufig verzehrte pflanzliche Lebensmittel

Die Konzentration von Cadmium in Pflanzen ist abhängig von dessen Konzentration und Bioverfügbarkeit im Boden. Bodenart und pH-Wert haben einen großen Einfluss auf die Cadmium-Aufnahme. Sandiger Boden sorgt für eine höhere Mobilität und Bioverfügbarkeit von Schwermetallen als lehmiger Boden. Auf nicht kalkhaltigem, i.e. saurem Boden kommt es ebenfalls zu einer stärkeren Resorption als auf kalkhaltigem Boden (EFSA, 2009).

Zusätzlich zu diesen Standortfaktoren gibt es bei Pflanzen art- und sortenspezifische Unterschiede in der Cadmiumaufnahme. Die AGES konnte dies anhand von Untersuchungen einer Studie zeigen, in der an verschiedenen Standorten die Elementarzusammensetzung des Bodens sowie verschiedener Weizen- und Kartoffelsorten untersucht wurde (Spiegel und Sager, 2008).

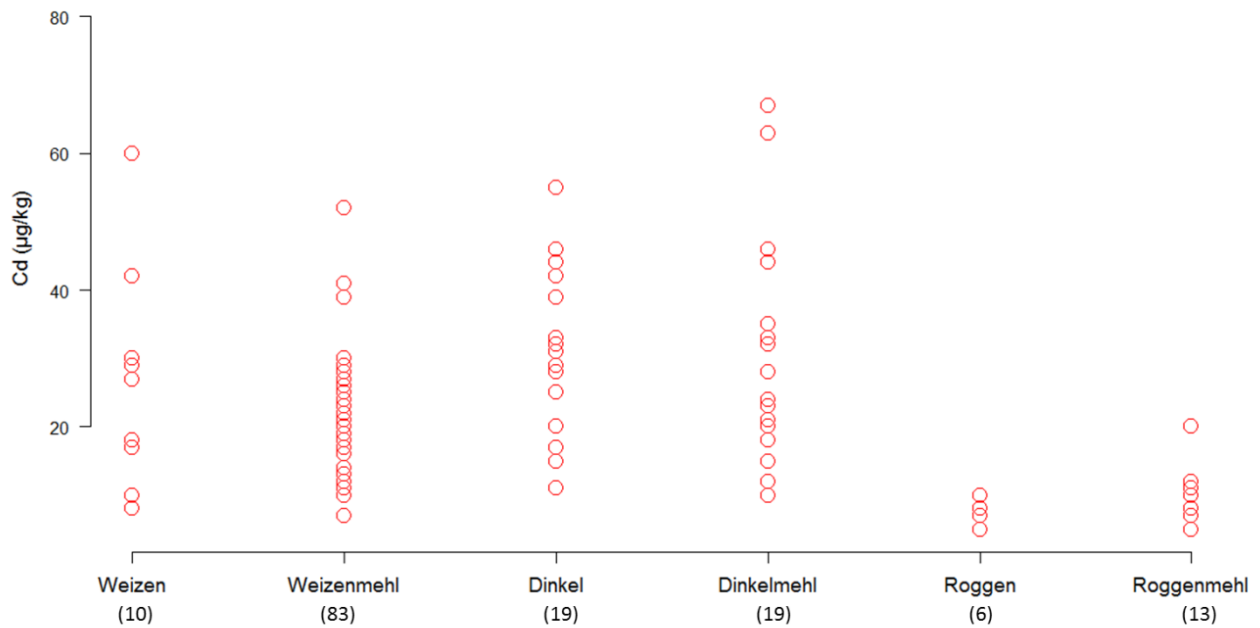
#### 3.4.4.1 Getreide

Die in Österreich beprobten Getreide für den menschlichen Verzehr enthielten im Gesamtdurchschnitt 29 µg Cadmium pro kg (Tabelle 1). Abbildung 2 zeigt die Cadmiumgehalte der unverarbeiteten Körner verschiedener Getreidearten. Es ist ersichtlich, dass Roggen im Vergleich zu anderen Getreidearten besonders geringe Cadmiumkonzentrationen aufwies. Signifikant war dieser Unterschied gegenüber Dinkel, Reis und Buchweizen (Kruskal-Wallis-Rangsummentest,  $p < 0,05$ ). Zwischen den übrigen Getreidearten wurden keine signifikanten Unterschiede im Cd-Gehalt beobachtet. Aus der Literatur ist bekannt, dass verschiedene Getreidearten und -sorten Cadmium in unterschiedlichem Maße aus dem Boden aufnehmen (Spiegel und Sager, 2008). Im Besonderen wird die geringe Cadmiumaufnahme in Roggen und die verhältnismäßig hohe Aufnahme in Hartweizen beschrieben. Hartweizen ist eine Weizenart, die hauptsächlich für die Herstellung von Teigwaren verwendet wird. Bei den in Österreich untersuchten Weizenproben handelte es sich jedoch nicht um Hartweizen, sondern um gewöhnlichen Weichweizen.



**Abbildung 2: Cadmiumgehalt in verschiedenen Getreidearten.** Dargestellt sind die gemessenen Einzelwerte. Die Anzahl der untersuchten Einzelproben ist in Klammern angegeben. **\*Die Kategorie „Sonstige“** umfasst Amaranth, Bulgur, Quinoa, Einkorn, Gerste, Getreidemischungen, Kamut, Wildreis und Popcorn Mais. **Die Kleinbuchstaben** kennzeichnen signifikante Unterschiede im Cd-Gehalt zwischen den Getreidearten: **a** unterscheidet sich signifikant von **b**, **ab** unterscheidet sich weder von a noch von b. Die Signifikanz der Unterschiede wurde mithilfe des **Kruskal-Wallis Rangsummentests** überprüft. Das Signifikanzniveau wurde bei 0,05 festgesetzt ( $p < 0,05$ ). Als unterschiedlich gekennzeichnete Getreidearten unterscheiden sich also mit einer Wahrscheinlichkeit von 95%.

Mit dem Kruskal-Wallis Rangsummentest kann überprüft werden, ob unabhängige Stichproben (auch mehr als zwei Gruppen) hinsichtlich einer ordinalskalierten (oder metrischen) Variable einer gemeinsamen Population entstammen.

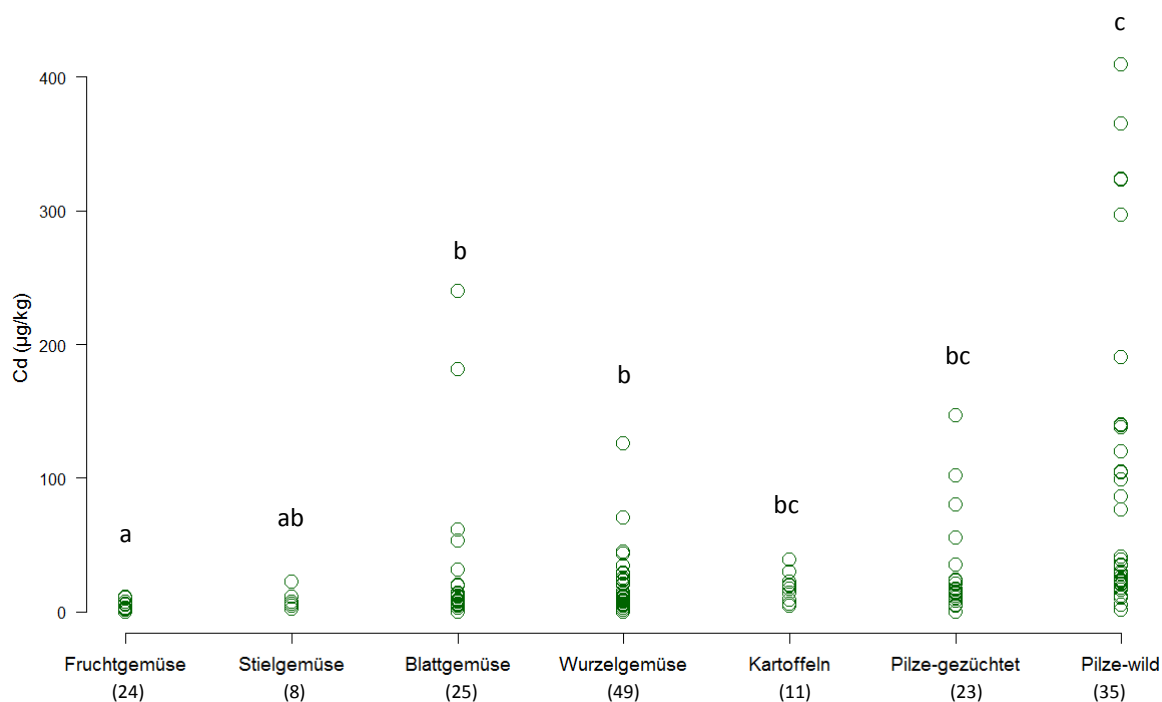


**Abbildung 3: Vergleich Getreidekörner mit Mahlprodukten.** Dargestellt sind die gemessenen Einzelwerte. Die Anzahl der untersuchten Einzelproben ist in Klammern angegeben.

Cadmium wird vor allem in den äußeren Teilen des Getreidekorns eingelagert und kann durch Schälen und Mahlen reduziert werden. Die Cadmiumkonzentrationen in Mehl oder Brot sind daher oft niedriger als im ganzen Korn. Auch bei Vollkornprodukten wurden höhere Cadmiumbelastungen beobachtet als bei ausgemahlenem Mehl (EFSA, 2009). In Österreich wurden Weizen-, Dinkel- und Roggenmehl untersucht. Abbildung 3 zeigt den Vergleich zwischen ganzen Körnern und Mehl. Bei den untersuchten Proben war kein signifikanter Verarbeitungseffekt erkennbar (Kruskal-Wallis-Rangsummentest,  $p > 0,05$ ).

### 3.4.4.2 Gemüse

Das Gemüse wird im FoodEx1 System unterteilt in Blattgemüse (Salat, Spinat und Mangold), Fruchtgemüse (Tomaten, Paprika, Melanzani, Zucchini, Kürbis und Gurken), Kohlgemüse (Kohl und Chinakohl), Stielgemüse (Artischocken, Spargel und Fenchel), Wurzel- und Knollengemüse (Karotten, Sellerie, Knoblauch, Kren, Radieschen und Rote Rüben) und Pilze (gezüchtete und wilde Pilze). Kartoffeln und stärkehaltige Wurzeln gehören in diesem System nicht zum Gemüse und bilden eine eigenständige Produktgruppe. In Abbildung 4 sind die Cadmiumgehalte in verschiedenen Gemüsegruppen dargestellt. Die Kartoffeln wurden in die Darstellung einbezogen, weil sie im Allgemeinen zum Gemüse gezählt werden und in Österreich ein wichtiges Grundnahrungsmittel sind.



**Abbildung 4: Cadmium in unterschiedlichen Gemüsekategorien und Kartoffeln.** Die Anzahl der untersuchten Einzelproben ist in Klammern angegeben. Dargestellt sind die gemessenen Einzelwerte. **Die Kleinbuchstaben** kennzeichnen signifikante Unterschiede im Cd-Gehalt zwischen den Gemüsekategorien: **a**, **b** und **c** unterscheiden sich signifikant voneinander; **ab** unterscheidet sich signifikant von c jedoch nicht von a oder b; **bc** unterscheidet sich signifikant von a, jedoch nicht von b oder c. Die Signifikanz der Unterschiede wurde mithilfe des **Kruskal-Wallis Rangsummentests** überprüft, wobei das Signifikanzniveau bei 0,05 festgesetzt wurde ( $p < 0,05$ ). Als unterschiedlich gekennzeichnete Gemüsearten unterscheiden sich also mit einer Wahrscheinlichkeit von 95%.

In den meisten Gemüseproben war die Cadmiumkonzentration geringer als 40 µg/kg, höhere Einzelwerte traten bei Blattgemüse, Wurzelgemüse und vor allem bei den Pilzen auf. Die untersuchten Fruchtgemüse waren signifikant geringer belastet als Blattgemüse, Wurzelgemüse und Kartoffeln (Kruskal Wallis Rangsummentest  $p < 0,05$ ). In der Scientific Opinion der EFSA bezüglich „Cadmium in Food“ (2009) wird beschrieben, dass sich Cadmium vor allem in den Blättern der Pflanzen anreichert, und dass daher auf kontaminiertem Boden die Belastung von Blattgemüse höher ist als von Samen und Wurzelgemüse. He and Singh (1993)

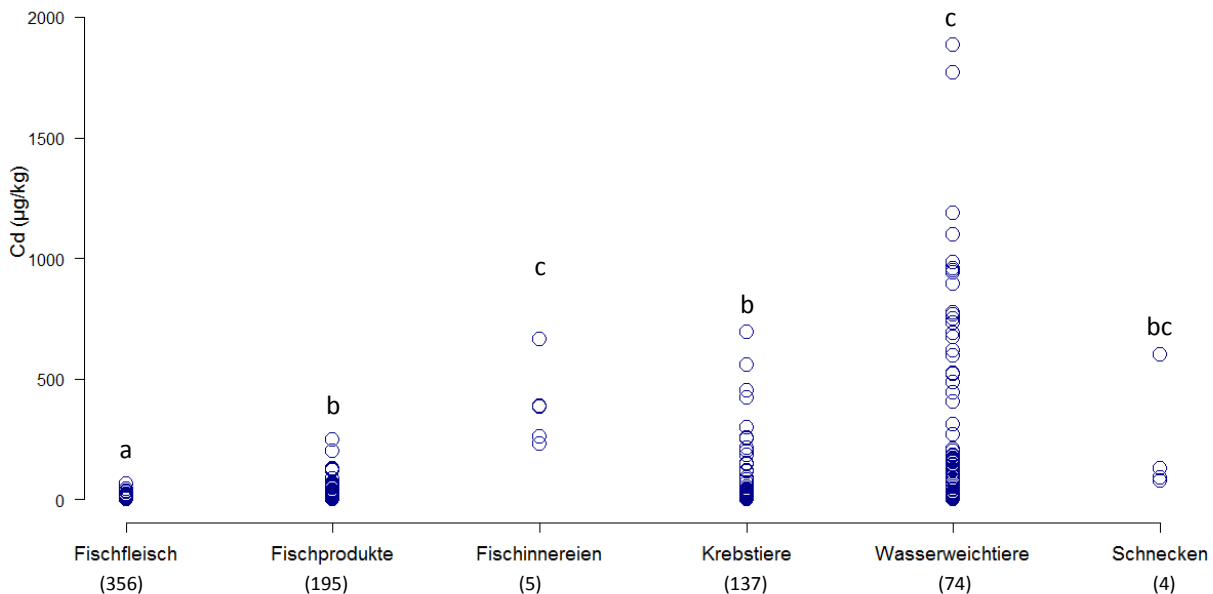
zeigten experimentell, dass auf demselben Boden Blattgemüse am meisten Cadmium aufnimmt, gefolgt von Wurzelgemüse und Getreide (EFSA, 2009).

Pilze gehören aus biologischer Sicht nicht zum Pflanzenreich und sind dafür bekannt, dass sie besonders leicht Metalle aus dem Boden aufnehmen können. Insgesamt unterschieden sich die untersuchten gezüchteten Pilze (Champignons, Austernpilze, Kräuterseitlinge und Shiitake) in ihrem Cd-Gehalt jedoch nicht signifikant von den pflanzlichen Gemüseproben. Im Gegensatz dazu hatten viele Wildpilze (Steinpilze, Eierschwammerl, Morcheln, Trüffeln und Black Fungus) einen deutlich höheren Cadmiumgehalt und unterschieden sich signifikant von den pflanzlichen Gemüsen (Kruskal Wallis Rangsummen Test  $p < 0,05$ ). Das ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Aufzucht von kultivierbaren Pilzen unter kontrollierbaren Bedingungen stattfindet. In der EFSA Scientific Opinion „Cadmium in food“ wird beschrieben, dass Personen, die regelmäßig wilde Pilze konsumieren eine erhöhte Exposition verzeichnen (EFSA, 2009).

### **3.4.5 Stark belastete Lebensmittelgruppen**

#### *3.4.5.1 Fisch und Meeresfrüchte*

Von 356 untersuchten Fischfleischproben hatten 355 einen Cadmiumgehalt von weniger als 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  und die am stärksten belastete Probe enthielt 63  $\mu\text{g}/\text{kg}$  Cadmium (Abbildung 5). Die Cd-Konzentrationen im Fischfleisch waren somit signifikant geringer als in den übrigen untersuchten Fischprodukten und Meeresfrüchten (Kruskal-Wallis Rangsummentest,  $p < 0,05$ ). Fischinnereien und viele Meeresfrüchte waren um einen Faktor 10 stärker belastet als das Fischfleisch. Dies ist auf die Schwermetallbelastung der Meere zurückzuführen. Fische konzentrieren das aufgenommene Cadmium besonders in ihren Innereien. Wasserweichtiere nehmen im Verhältnis zu ihrer Masse besonders große Wassermengen auf und reichern viele gelöste Stoffe in ihren Geweben an. Wasserweichtiere und Krebstiere können zu dem mitsamt ihren Innereien verspeist werden.



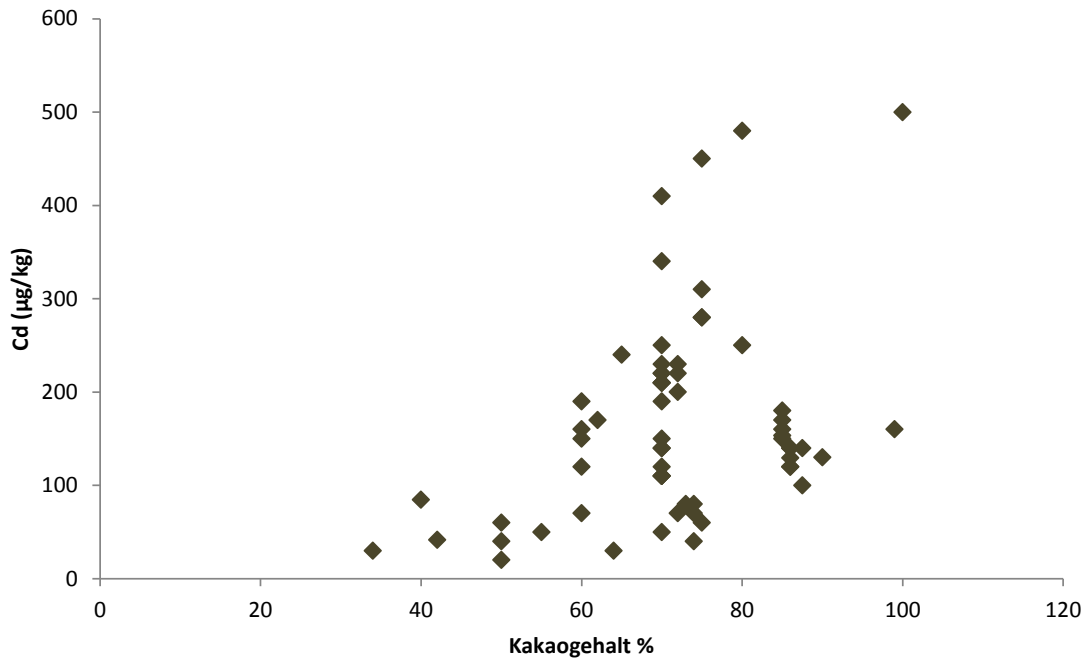
**Abbildung 5: Cadmium in Fisch und Meeresfrüchten.** Dargestellt sind die gemessenen Einzelwerte. Die Anzahl der untersuchten Einzelproben ist in Klammern angegeben. **Die Kleinbuchstaben** kennzeichnen signifikante Unterschiede im Cd-Gehalt zwischen den Lebensmitteluntergruppen: **a**, **b** und **c** unterschieden sich signifikant voneinander; **bc** unterscheidet sich signifikant von a, jedoch nicht von b oder c. Die Signifikanz der Unterschiede wurde mithilfe des **Kruskal-Wallis Rangsummentests** überprüft, wobei das Signifikanzniveau bei 0,05 festgesetzt wurde ( $p < 0,05$ ). Als unterschiedlich gekennzeichnete Fisch und Meeresfrüchte unterscheiden sich also mit einer Wahrscheinlichkeit von 95%.

### 3.4.5.2 Schokolade

In der Lebensmittelgruppe „Zucker- und Süßwaren“ wurden zum einen Honigproben untersucht, die durchwegs geringe Cadmiumgehalte aufwiesen, zum anderen Schokoladen, die erwartungsgemäß stärker belastet waren. Kakaobohnen stammen aus afrikanischen und mittel- sowie südamerikanischen Anbaugebieten. Edelschokoladen mit hohem Kakaoanteil werden aus mittel- und südamerikanischen Kakaopflanzen hergestellt, die hauptsächlich auf Vulkangesteinsböden mit hohem Cadmiumgehalt wachsen. Dunkle Schokoladen mit einem höheren Kakaoanteil haben daher tendenziell einen höheren Anteil an Cadmium als Milkschokoladen. Cadmium kommt vor allem in jenem Teil der Kakaobohne vor, der weiter zu Kakaopresskuchen und in Folge zu Schokolade verarbeitet wird.

Bei 63 der untersuchten Schokoladeproben war der Kakaoanteil auf der Verpackung deklariert. Kakao- und Cadmiumgehalt in diesen Proben korrelierten signifikant (Spearman rank correlation,  $p < 0,05$ ). Abbildung 6 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Kakao- und Cadmiumgehalt und zeigt, dass Schokoladen mit einem Kakaoanteil unter 60% durchwegs weniger als 100 µg/kg Cadmium enthielten, während bei höherprozentigen Schokoladesorten höhere Cadmiumwerte von bis zu 500 µg/kg auftraten.





**Abbildung 6: Zusammenhang zwischen Kakaogehalt und Cadmiumgehalt in Schokolade**

### 3.4.5.3 Andere stark belastete Lebensmittelgruppen

Hülsenfrüchte, Nüsse und Ölsaaten gehören bekanntermaßen zu den stärker mit Cadmium belasteten Lebensmittelgruppen (EFSA, 2012). Der in vorliegender Studie beobachtete hohe mittlere Cadmiumgehalt in der Lebensmittelgruppe „Hülsenfrüchte, Nüsse und Ölsaamen“ ist allerdings im Wesentlichen auf zwei außergewöhnlich stark belastete Mohnproben zurückzuführen, die im Rahmen der amtlichen Lebensmittelkontrolle beanstandet werden mussten (Tabelle 3). Geflügelfleisch gehört eigentlich nicht zu den Lebensmittelgruppen, die typischerweise hohe Cadmiumgehalte aufweisen (EFSA, 2012). Die hohen Mittelwerte beim österreichischen Geflügel (55 µg/ kg) gingen auf sieben Ausreißerwerte von gezielt beprobten ungarischen Gänsen zurück, die für die Gesamtheit des in Österreich konsumierten Geflügels nicht repräsentativ sind und beanstandet wurden. Die Lebensmittelgruppe „Gewürze, Kräuter und Würzmittel“ setzt sich zusammen aus Salz, das aufgrund seines Ursprunges (Meer bzw. Gestein) mit Cadmium belastet ist sowie aus getrocknetem Pflanzenmaterial, das im Vergleich zu frischen Pflanzen naturgemäß mehr Cadmium enthält. In der Gruppe „Besondere Lebensmittel“ weisen vor allem Proben aus der Untergruppe „Nahrungsergänzungsmittel“ hohe Cadmiumgehalte auf. Dabei handelt es sich um mineralische Produkte sowie um Präparate aus Algen, Seetang und speziellen Pflanzen.

### **3.5 Expositionsabschätzung**

Zur Abschätzung der Cd-Aufnahme der österreichischen Bevölkerung wurden die im österreichischen Ernährungsbericht 2008 erhobenen **Verzehrmengen** (Elmadfa et al., 2009) herangezogen. Das Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien hat diese Erhebungen durchgeführt und einen Teil der österreichischen Bevölkerung zu ihren Ernährungsgewohnheiten befragt. Für Erwachsene wurden die Verzehrdaten in einem 24-Stunden-Recall und für Kinder mit einem 3-Tage-Schätzprotokoll erhoben.

Die Cd-Aufnahme über verschiedene Lebensmittel wurde auf dem Level der Untergruppen (FoodEx Level 2) berechnet, weil sich innerhalb der Obergruppen (FoodEx Level 1) einzelne Untergruppen stark in ihrem Cd-Gehalt unterschieden. Eine Zusammenfassung der Cadmiumkonzentrationen zu Obergruppen-Mittelwerten wäre für die Expositionsabschätzung dementsprechend ungünstig gewesen. Die **Expositionsberechnungen** wurden für alle Untergruppen durchgeführt, bei denen zumindest 10 Einzelproben untersucht worden waren (Tabelle 1) und für die österreichische Verzehrdaten zur Verfügung standen. Bei 31 verschiedenen Lebensmitteluntergruppen waren diese Informationen verfügbar (Tabelle 4). Für jede Lebensmittelgruppe wurde der mittlere Cd-Gehalt mit der mittleren Verzehrmenge des Gesamtkollektivs der untersuchten Männer, Frauen und Kinder verknüpft. Die Cd-Aufnahme wurde auf das mittlere Körpergewicht der beobachteten Männer (81,5 kg), Frauen (63,6 kg) und Kinder (39,7 kg) bezogen.

In Abbildung 7 ist die **Cadmium-Aufnahme über die verschiedenen Lebensmittelgruppen** graphisch dargestellt. Als bedeutende Quellen für die Cadmiumaufnahme wurden Getreide, Kartoffeln und Schokolade identifiziert. Über jede dieser Lebensmittelgruppen wird in allen drei Bevölkerungsgruppen wöchentlich eine geschätzte Menge von mehr als 60 ng Cadmium pro kg Körpergewicht aufgenommen. Wichtige gruppenspezifische Cadmium-Aufnahmequellen waren Blattgemüse für Frauen und Fruchtsaft für Kinder. Die Schokolade fiel aufgrund der beobachteten hohen Cadmiumgehalte als Aufnahmequelle ins Gewicht. Getreide, Kartoffeln, Blattgemüse und Fruchtsaft waren hingegen nicht stärker mit Cadmium belastet als andere untersuchte Lebensmittelgruppen und verursachen hohe Cadmium-Aufnahme aufgrund des hohen Verzehrs. Dieselben Lebensmittelgruppen wurden auch von der EFSA als wichtige Cadmium-Aufnahmequellen identifiziert (EFSA, 2012). Die EFSA beschreibt Brot und Gebäck, Nutztierfleisch, Teigwaren und Kernobst als weitere wichtige Cadmiumquellen. Diese wurden in Österreich im Zeitraum 2007 – 2012 noch nicht ausreichend erfasst.

Zur Einschätzung der Situation von „**Vielverzehrern**“, also von Konsumenten, die aufgrund ihres Verzehrverhaltens besonders exponiert sind, wurde bei den zwei identifizierten Hauptquellen anstelle der mittleren Verzehrmenge das 95. Perzentil der User (Elmadfa et al., 2009; EFSA, 2011) herangezogen. Bei erwachsenen Männern und Frauen wurden Vielverzehrer-Werte für Kartoffeln und Getreide herangezogen, bei Kindern für Kartoffeln und Schokolade (Tabelle 4). Erwachsene Vielverzehrer verzehrten im Vergleich zum Durchschnitt die 5-fache Menge an Kartoffeln und die 7-fache (Männer) bzw. 8-fache (Frauen) Menge an Getreide. Bei Kindern nahmen Vielverzehrer die 3-fache Menge an Kartoffeln und die 6-fache Menge an Schokolade auf. Dementsprechend stark erhöht ist die Cadmiumaufnahme aus diesen Lebensmitteln (Tabelle 4). Bei den in Tabelle 4 dargestellten Zahlen handelt es sich um gerundete Zahlenwerte.

**Tabelle 4: Überblick Cadmium-Auftretensdaten, Verzehrdaten und Cadmium-Aufnahme von Männern, Frauen und Kindern über Lebensmittel**

	Cd Auftretensdaten		Verzehrdaten (g/Tag)			Cd-Aufnahme (ng/ kg KG/W)		
	Mittelwert (µg/kg)*	Männer (KG=81,5 kg)	Frauen (KG=63,6kg)	Kinder (KG=39,7kg)	Männer	Frauen	Kinder	
<b>Fisch und Meeresfrüchte</b>								
Fischfleisch	7	9	11	8	5	8	10	
Fischprodukt	19	4	2	1	6	5	3	
Krebstiere	60	0,2	1	0,2	1	3	2	
Wasserweichtiere	331	0	0,1	0	0	5	0	
<b>Fleisch</b>								
Geflügel	10 <sup>a</sup>	23	23	13	20	26	23	
Innereien	27	1	1	0,3	2	2	1	
Wild	6	1	1	0,1	1	1	0,1	
Wurst	8	84	36	34	60	33	49	
<b>Früchte</b>								
Obstkompott	12	1	2	1	1	2	2	
<b>Gemüse</b>								
Blattgemüse	30	22	24	8	58	80	42	
Fruchtgemüse	4	47	70	23	15	29	15	
Kakaobohnen und -erzeugnisse	66	0,4	1	0,3	3	5	3	
Pilze	69	3	4	1	16	30	15	
Wurzel- und Knollengemüse	16	9	11	3	12	19	9	
<b>Getreideprodukte</b>								
Frühstückszerealien	22	5	5	9	10	11	35	
Getreide für menschlichen Verzehr	29	30	212 <sup>b</sup>	26	216 <sup>b</sup>	17	75	522 <sup>b</sup>
Getreide Mahlprodukte	20	22	18	17	37	38	59	
<b>Gewürze, Kräuter und Würzmittel</b>								
Gewürze	42	2	2	1	6	8	7	
Würzmittel	46	5	4	3	18	20	23	

	Cd Auftretensdaten		Verzehrsdaten (g/Tag)				Cd-Aufnahme (ng/ kg KG/W)						
	Mittelwert (µg/kg)*	Männer (KG=81,5 kg)	Frauen (KG=63,6kg)	Kinder (KG=39,7kg)	Männer	Frauen	Kinder						
<b>Hülsenfrüchte, Nüsse und Ölsamen</b>													
Ölsamen	82	1	1	0,2	4	5	3						
<b>Milch und Milchprodukt-Imitate</b>													
Sojagetränk	6	0,1	2	1	0,1	1	1						
Tofu	26	2	0,4	0	3	1	0						
<b>Milchprodukte</b>													
Kuhmilch	1	65	71	94	7	10	21						
<b>Säfte</b>													
Fruchtnektar	6	21	19	29	10	12	28						
Fruchtsaft	6	110	103	103	58	70	112						
Fruchtsaftkonzentrat	5	8	7	17	4	4	16						
Gemüsesaft	7	2	3	1	1	3	1						
<b>Stärkehaltige Wurzeln</b>													
Kartoffel	18	55	301 <sup>b</sup>	51	280 <sup>b</sup>	39	113 <sup>b</sup>	84	457 <sup>b</sup>	99	545 <sup>b</sup>	122	351 <sup>b</sup>
<b>Wasser</b>													
Wasser	1	705	749	532	33	45	51						
<b>Zucker und Süßwaren</b>													
Honig	11	2	3	1	2	3	2						
Schokolade	106	7	7	5	33 <sup>b</sup>	60	76	98	625 <sup>b</sup>				
<b>Gesamt<sup>d</sup></b>		<b>1245</b>	<b>1673<sup>c</sup></b>	<b>1255</b>	<b>1674<sup>c</sup></b>	<b>961</b>	<b>1063<sup>c</sup></b>	<b>612</b>	<b>1433<sup>c</sup></b>	<b>738</b>	<b>1781<sup>c</sup></b>	<b>837</b>	<b>1594<sup>c</sup></b>

Es handelt sich bei dieser Darstellung um **gerundete Zahlenwerte**.

\* Werte unter der BG wurden gemäß dem Upper Bound Prinzip in der Höhe der BG angenommen

<sup>a</sup> Für das Geflügel wurden bei der Expositionsabschätzung 7 Ausreißer-Werte, die auf gezielte Probennahmen zurückgingen, und die übrigen Werte mehr als zehnfach übertrafen, aus dem Mittelwert ausgeschlossen.

<sup>b</sup> Vielverzehrer-Werte: Verzehrsmenge des 95. Perzentils der User verknüpft mit dem mittleren Cadmiumgehalt.

<sup>c</sup> Vielverzehrer: Die Gesamtaufnahme bei erwachsenen Vielverzellern ergibt sich aus den Vielverzehrer-Werten für Getreide und Kartoffel und den Mittelwerten des Gesamtkollektivs in den übrigen Lebensmittelgruppen. Die Gesamtaufnahme bei Vielverzellern im Kindesalter ergibt sich aus den Vielverzehrer-Werten für Kartoffel und Schokolade und den Mittelwerten des Gesamtkollektivs in den übrigen Lebensmittelgruppen.

<sup>d</sup> wichtige fehlende Warengruppen: Brot und Gebäck, Teigwaren, frisches Obst, Nutztiere werden im laufendem und nächstes Jahr untersucht.

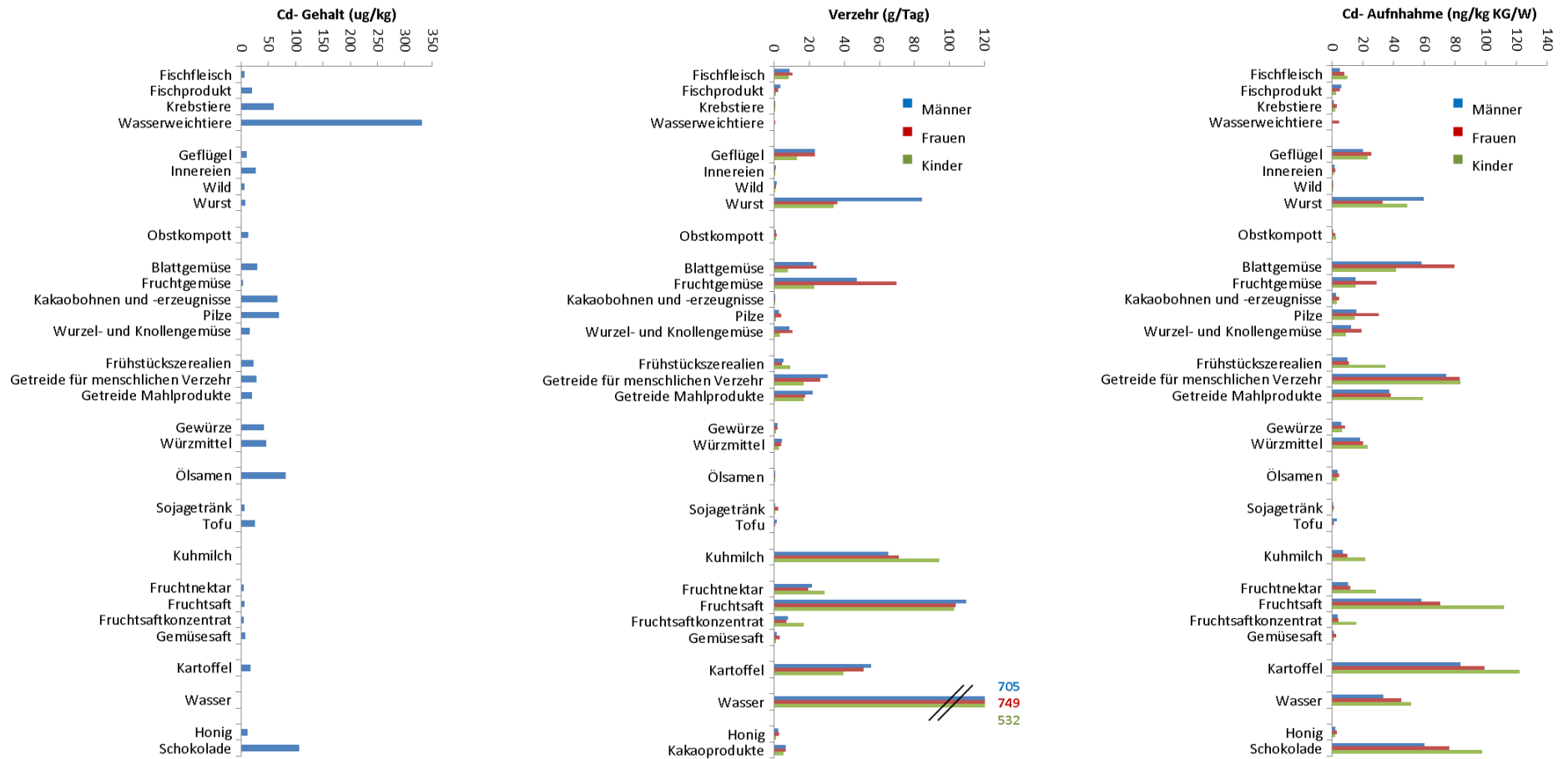


Abbildung 7: Ermittlung der Cadmium-Aufnahme in Österreich über verschiedene Lebensmittel

### **3.6 Risikocharakterisierung**

Der **TWI Wert** für Cadmium ist bei 2,5 µg/kg KG/Woche festgelegt (Kapitel 3.3.3).

Laut vorliegender Berechnung werden **über die bisher in Österreich untersuchten Lebensmittel** (Tabelle 4) von Männern, Frauen und Kindern insgesamt 612 ng, 738 ng und 837 ng Cadmium pro kg Körpergewicht und Woche aufgenommen. Diese Zahlen entsprechen 24%, 30% und 33% des TWI-Wertes, der bei 2,5 µg/kg KG/Woche festgelegt ist. Vielverzehrer von Kartoffeln und Getreide bei Männern und Frauen nehmen 1433 ng/kg KG/Woche und 1781 ng/kg KG/Woche auf, was 57% und 71% des TWI-Wertes entspricht. Vielverzehrer von Kartoffeln und Schokolade bei Kindern nehmen 1594 ng/kg KG/Woche auf, also 64% des TWI-Wertes.

Im Vergleich dazu schätzte die EFSA die **Gesamtaufnahme von Cadmium über Lebensmittel in Europa** auf 1,7 µg/kg KG/Woche für Erwachsene (68% des TWI) und auf 3,96 µg/kg KG/Woche für Kinder (158% des TWI). Die Gesamtaufnahme besonders exponierter Vielverzehrer wurde auf 3,09 µg/kg KG/Woche (124% des TWI) bei Erwachsenen und auf 6,58 µg/kg KG/Woche bei Kindern (263% des TWI) geschätzt. Diese höhere Exposition lässt sich auf die Tatsache zurückführen, dass die EFSA bereits weitere wichtige Lebensmittel in ihre Schätzungen mit einbezogen hat.

Um die österreichische Situation genauer einschätzen zu können, ist es wichtig **Cadmium-Untersuchungen in bisher nicht erfassten Lebensmittelgruppen** durchzuführen, die von der EFSA als wichtige Cadmium-Aufnahmequellen identifiziert wurden. Dies sind in erster Linie Brot und Kleingebäck, gefolgt von Nutztierfleisch, Teigwaren und Obst. Im laufenden Jahr werden bereits Proben von Brot, Kleingebäck und Teigwaren gezogen. In den nächsten Jahren sind auch Probenziehungen von Nutztierfleisch und Obst geplant, um alle wesentlichen Cadmiumquellen im Lebensmittelbereich abzudecken.

### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

Cadmium ist ubiquitär und wird vor allem über viel verzehrte Lebensmittel aufgenommen. Wichtige Cadmiumaufnahmequellen für die österreichische Bevölkerung sind Getreide, Kartoffeln, Schokolade und Blattgemüse.

Besonders stark mit Cadmium belastete Lebensmittel sind Wasserweichtiere, Pilze, Kakaoerzeugnisse, Schokolade und bestimmte Nahrungsergänzungsmittel.

Der Cadmiumgehalt ist bei Getreiden und Gemüsen nicht nur standortsabhängig, sondern auch abhängig von Art, Sorte und Pflanzenorgan. Bei der Schokolade korreliert der Cadmiumgehalt mit dem Kakaogehalt.

Über die 2007 - 2012 in Österreich untersuchten Lebensmittel, werden von Männern, Frauen und Kindern insgesamt 24%, 30% und 33% des TWI-Wertes an Cadmium aufgenommen. Besonders exponierte „Vielverzehrer“ bei Männern, Frauen und Kindern nehmen über die bisher untersuchten Lebensmittel insgesamt 57%, 71% und 64% des TWI-Wertes auf.

Im laufenden Jahr werden bereits Proben von Brot, Kleingebäck und Teigwaren gezogen. In den nächsten Jahren sind zusätzliche Untersuchungen von frischem Obst und Nutztieren geplant. Damit werden weitere wichtige Cadmiumquellen untersucht, und die Gesamtaufnahme für die österreichische Bevölkerung kann genauer und realistischer abgeschätzt werden. Eine höhere Auslastung des TWI-Wertes kann dadurch nicht ausgeschlossen werden.

Im Hinblick auf die Cadmium-Aufnahme kann aus h.o. ernährungsphysiologischer Sicht empfohlen werden, dass die Konsumenten und vor allem Frauen im gebärfähigen Alter, Schwangere und Stillende auf einen guten Mineralstoffstatus von Eisen, Zink und Calcium achten sollen, da dadurch die Aufnahme von Cadmium verringert wird.

Generell wird empfohlen, Produkte wie Innereien, Wildpilze und Muscheln seltener oder in geringeren Mengen zu verzehren, da diese im Vergleich zu anderen Lebensmittel höhere Cadmiumwerte aufweisen. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass z.B. der Cadmium-Gehalt in Innereien vom Alter des Tieres abhängig ist und bei wilden Pilzen und Muscheln es zu Standort bezogenen Cadmium-Unterschieden kommen kann.

Des Weiteren wird beschrieben, dass ein Lebensstil in dem der Verzehr von Fleisch durch Nüsse und Ölsaamen ersetzt wird, ebenfalls für eine höhere Cadmium Exposition sorgen kann. Hiervon sind vor allem Vegetarier und Veganer betroffen. Die Aufnahme von Nahrungsergänzungsmittel aus Algen ist nicht zu unterschätzen, da diese ebenfalls erhöhte Werte aufweisen (EFSA, 2009; Leblanc et al., 2004).

Diese Risikobewertung befasst sich ausschließlich mit der oralen Cadmium-Aufnahme von Lebensmitteln, jedoch ist darauf hinzuweisen, dass Zigarettenrauch einen sehr hohen Beitrag zur Cadmium Exposition leistet.

#### **4. Literatur**

EFSA (European Food Safety Authority), 2009. Scientific Opinion Cadmium in food; Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA Journal (2009) 980, 1-139.

EFSA (European Food Safety Authority), 2011. Guidance of EFSA; Use of the EFSA Comprehensive European Food Consumption Database in Exposure Assessment. EFSA Journal 2011; 9(3):2097;21.

EFSA (European Food Safety Authority), 2012: Scientific Report of EFSA; Cadmium dietary exposure in the European population; EFSA Journal 212; 10(1):2551, 1-37.

Elmadfa I, Freisling H, Nowak V et al., 2009. Österreichischer Ernährungsbericht 2008. Institut für Ernährungswissenschaften, Universität Wien, 1. Auflage.

Ewers U, 1990. Schadstoffe und Lebensmittel. Untersuchungen zur Cadmiumbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland. 4. Auflage, Erich Schmidt Verlag, Berlin. 7-19.

He QB and Singh BR, 1993. Effect of organic matter on the distribution, extractability and uptake of cadmium in soils. European Journal of Soil Science 44 (4), 641-650.

IARC (World Health Organization International Agency For Research On Cancer), 1997. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing Industry Summary of Data Reported and Evaluation. Volume 58: 8-13.  
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol58/volume58.pdf>; Zugriff: 29.07.2013

IARC (World Health Organization International Agency For Research On Cancer), 2013a. Agents Classified by the IARC Monographs Volumes 1-107

IARC (World Health Organization International Agency For Research On Cancer), 2013b. IARC Monograph: Volume 1-108: 6.

Kippler M, Ekström EC, Lönnerdal B, Goesler W, Akesson A, El Arifeen S, Persson LA, Vahter M, 2007. Influence of iron and zinc status on cadmium accumulation in Bangladeshi women. *Toxicology and Applied Pharmacology* 222(2007):221-226

Kippler M, Goessler W, Nermell B, Ekström EC, Lönnerdal B, El Arifeen S, Vahter M, 2009. Factors influencing intestinal cadmium uptake in pregnant Bangladeshi women-A prospective cohort study. *Environmental Research* 109 (2009):914-921.

Leblanc JC, Verger P, Guerin T, Volatier JL, et al., 2004. 1st French Total Diet Study Mycotoxins, minerals and trace elements. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris; 1-72.

Lampen A, 2010. Lebensmittel. In: Vohr HW (Hrsg.) *Toxikologie Band 1. Grundlagen der Toxikologie*. Wiley-VCH-Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 386-388.

Lauber W, Cadmium in Österreich, 1993. Umweltbelastung und Umweltschutz. Informationen zur Umweltpolitik. 1993. Arbeiterkammer, 23.

Schäfer SG, Elsenhans B, Forth W, Schümann K, 2004. Metalle. In: Marquardt H, Schäfer S (Hrsg.): *Lehrbuch der Toxikologie*. 2. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart 780-786.

Spiegel H, Sager M, 2008. Elementzusammensetzung von Weizen und Kartoffeln in Österreich unter Berücksichtigung des Einflusses von Sorte und Standort. *Ernährung/ Nutrition* 32, 297-308.

WHO (World Health Organization), 2011. Cadmium in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. 2.



## **5. Rechtsakte idgF.**

BMG (Bundesministerium für Gesundheit), 2009. Aktionswerte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. Veröffentlicht mit Erlass: BMGFJ-75210//0022-IV/B/7/2008 vom 14.1.2009.

BMG (Bundesministerium für Gesundheit), 2010. Leitlinie zur Vorbehandlung von Lebensmittel-Proben bei der Bestimmung von Schwermetallen. Veröffentlicht mit Erlass: 75210/0015-II/B/13/2010 vom 23.12.2010.

BMG (Bundesministerium für Gesundheit), 2011. Lebensmittelsicherheitsbericht 2011 Zahlen, Daten, Fakten aus Österreich. S.11.

Trinkwasserverordnung, 2001. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 304. Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TWV); Ausgegeben am 21. August 2001, Teil II: S.7.

Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 Der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalt für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. ABl. L 364/5 vom 20.12.2006, S.19-20.

Verordnung (EG) Nr. 629/2008 DER KOMMISSION vom 2. Juli 2008 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. ABl. L 173/6 vom 3.7.2008, S.3-4.

Verordnung (EU) Nr.420/2011 DER KOMMISSION vom 29. April 2011 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. ABl. L 111/3 vom 30.4.2011, S.5-6.