



Foto: © AUTO BILD/M. Heimbach

Bärbel Rott · Britta Riedel-Löschenbrand · Elke Meinken

Cadmium – Schleichendes Gift

Die Toxizität von Cadmium ist seit Langem bekannt. Das Schwermetall gelangt vor allem durch menschliche Aktivität in die Umwelt und damit auch in die menschliche Nahrungskette. Äußerst problematisch ist die Tatsache, dass Cadmium in geringer Konzentration, die keine akut toxische Wirkung aufweist, bei langfristiger Aufnahme über Nahrung und Atemluft Schäden verursacht. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) warnt vor den toxischen Effekten auf Nieren, Skelettsystem und Atmungssystem und klassifiziert Cadmium als karzinogen für den Menschen.

Bereits im Jahr 1887 verbot Paragraf eins Farbensgesetz die Verwendung von cadmiumhaltigen Farbpigmenten zur Herstellung von Nahrungs- und Genussmitteln sowie von Bedarfsgegenständen. 1940 warnte der Präsident des Reichsgesundheitsamtes vor der Verwendung von Cadmium als Werkstoff für Bedarfsgegenstände: diese würden vor allem an saure Lebensmittel Cadmium abgeben (*Elmadfa, König 1988*). Das Metall steht seit Jahrzehnten auf der Prioritätenliste aller Organisationen, die sich mit der Gefährdung der menschlichen Gesundheit beschäftigen, zum Beispiel EU-Kommission, WHO und ATDSR (*Anon. 1989; WHO 2012; ATDSR 2012*).

Das Element Cadmium

Cadmium (chemisch: Cd) ist ein weiches, silbrig-weißes Metall mit einem Schmelzpunkt von 320,9 Grad Celsius und einem Siedepunkt von 767 Grad Celsius. Da seine Dichte mit 8,64 Gramm je Kubikzentimeter höher als fünf Gramm je Kubikzentimeter liegt, zählt es zu den Schwermetallen und gehört zur Zinkgruppe des Periodensystems der Elemente. Cadmium und seine Verbindungen sind, verglichen mit anderen Schwermetallen, relativ gut wasserlöslich. Sie werden bei natürlichen und technischen Vorgängen unter hohen Temperaturen freigesetzt, zum Beispiel bei Vulkanausbrüchen und Waldbränden, dem Schmelzen von Zink und anderen Metallen sowie dem Verfeuern von fossilen Brennstoffen (v. a. Kohle, Erdöl) und Müll. So wird Cadmium großflächig in der Atmosphäre über ganze Kontinente verteilt (*Amundsen et al. 1992*). In der Natur ist Cadmium in der Lithosphäre ubiquitär verbreitet. Da es ähnliche chemische Eigenschaften besitzt wie Zink (chemisch: Zn), tritt es immer gemeinsam mit Zink auf. Das Verhältnis beträgt etwa drei Kilogramm Cadmium je Tonne Zink. Elementares Cadmium wird nicht abgebaut und hält sich über Jahrtausende in der Biosphäre. Daher steigen die Konzentrationen in der Umwelt kontinuierlich an (*Moulis, Thévenod 2010*).

Wirtschaftliche Bedeutung

Cadmium besitzt Eigenschaften, die für die industrielle Verarbeitung überaus wertvoll sind. Unter anderem verbessert es die Anwendungsqualität vieler Materialien. Das Metall und seine Verbindungen dienen seit Jahrzehnten in Kunststoffen als Stabilisatoren (z.B. Behälter oder Folien aus PVC), zum Löten und Galvanisieren, in Legierungen und Halbleitern, in Fernsehrohren, Batterien und Akkumulatoren, Belichtungsmessern, Kamerasensoren, Dünnschicht-Solarzellen, in Modeschmuck, als Pigmente und in der Quantentechnologie (Tolcin 2016). Cadmium ist Bestandteil von Benzin, Diesel und Schmierölen und wird für die Herstellung von Bremsbelägen, Autoreifen und Textilien verwendet. In Farbpigmenten, vor allem den Farben Weiß, Gelb und Orange bis Tiefrot, die zum Beispiel den Maler Franz Marc begeisterten, ist es heute noch zugelassen. Außerdem ist es weiterhin weltweit als effektiver Korrosionsschutz für Eisen und Stahl sowie für Kontrollstäbe in Nuklearreaktoren als Neutronenabsorber zugelassen. In den vergangenen Jahren nahm die Verwendung von Cadmium in Leiterplatten elektronischer Geräte sowie in den Verbindungen Cadmiumtellurid (CdTe) und Cadmiumsulfid (CdS) für Solarzellen stark zu (Greenpeace 2015).

In Europa wurden Produktion und industrielle Verarbeitung von Cadmium in den vergangenen 20 Jahren mit strengen gesetzlichen Auflagen versehen. Rein rechnerisch reduzierten sich daraufhin Emissionen und atmosphärischer Eintrag (NAEI 2015; UBA 2015). Die prozentuale Abnahme von Cadmium im letzten Vierteljahrhundert liegt jedoch weit unter der Abnahme anderer Schwermetalle. Das ist einerseits auf deren im Jahr 1990 noch sehr hohe Werte zurückzuführen und andererseits auf die Veränderungen in der Industrie Osteuropas. Die Produktionsverlagerung von cadmiumhaltigen Gegenständen wie Batterien, Kunststoffe, Lederwaren und Keramik von Europa nach Asien, also in Länder mit geringeren gesetzlichen Restriktionen, sowie das enorme Wachstum der dortigen Industrie hatten einen starken Anstieg von Produktion und Umweltbelastung in diesem Teil der Welt zur Folge (Moullis, Thévenod, 2010; Duan, Tan 2013). Durch den Import vieler Güter aus diesen Ländern kehrt Cadmium in Form von Lebensmitteln und anderen Produkten wieder nach Europa zurück.

Die gesetzlichen Einschränkungen betreffen nur einen geringen Teil des global verwendeten und verteilten Cadmiums. Die Entsorgung der früher oder später entstehenden Abfälle ist keineswegs weltweit und für alle Anwendungen gesetzlich geregelt. Entsprechende Regelungen – und deren Durchsetzung – dürften eher die Ausnahme sein. So betrug die Rücknahmequote für Batterien in Deutschland 2014 nur 45,3 Prozent (GRS 2014). Über die Hälfte verschwindet im Hausmüll und anderswo. Für alle anderen Anwendungen ist der Verbleib unübersichtlich. Die zeitliche Verzögerung zwischen Erwerb und Ende der Nutzung cadmiumhaltiger Güter ist ein weiterer Unsicherheitsfaktor.

Sollte die Verwendung von Cadmium zurückgehen, müsste es (da es dann bei der Zinkgewinnung im Übermaß anfallen würde) dauerhaft sicher gelagert und kont-

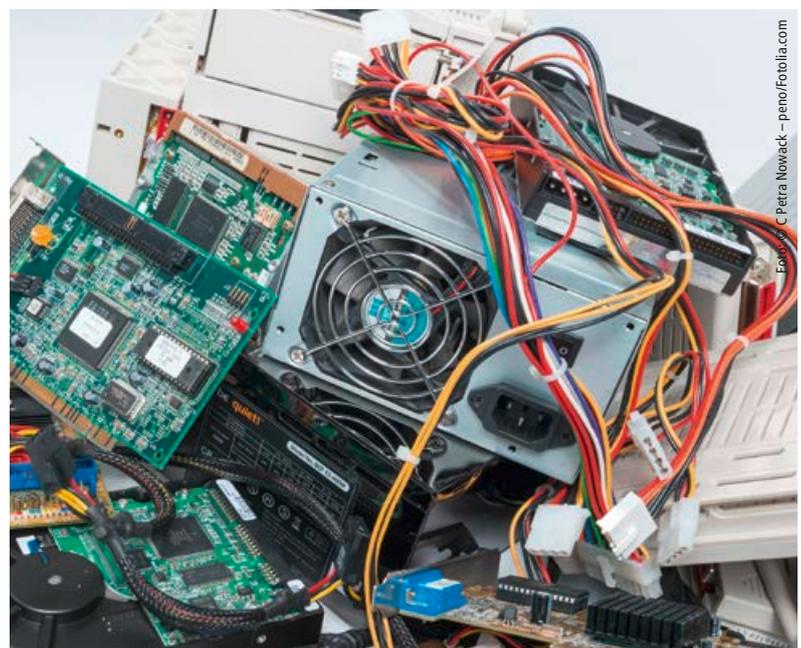
rolliert werden (Tolcin 2016). Der Gesetzgeber kann Cadmium in Produktion und Handelswaren einschränken, seinen Einsatz jedoch nicht vollkommen verhindern. Es ist praktisch unmöglich eine Substanz, die global fein verteilt ist, aus der Umwelt zu entfernen.

Folgen für die Natur

Normalerweise kommt Cadmium in der belebten Natur in sehr geringen Konzentrationen vor. Die globale Konzentration in der Umwelt nimmt jedoch kontinuierlich zu (Thévenod, Lee 2013). Aussagekräftige Analysen unbelasteter Proben aus der Zeit vor 1950 sind selten. In Getreide und Böden des Dauerversuchs in Rothamsted ließ sich ein Anstieg des Cadmiumgehalts im Pflughorizont der Böden und im Weizenkorn über einen Zeitraum von 100 Jahren beobachten (Johnston 1991; Jones et al. 1987). Der extreme Anstieg vor allem seit den 1950er-Jahren ist ausschließlich anthropogenen Ursprungs und ubiquitär nachweisbar (Clemens et al. 2013; Dudka, Miller 1999). Die Freisetzung aus von Menschen erzeugten Quellen schätzt Traina auf ein Vielfaches der natürlichen Emission (1999). Es wurde in den Sedimenten der Mangroven vor den Vereinigten Arabischen Emiraten (Shriadah 1999), in Eisbohrkernen der Arktis (Hong et al. 1997; McConnell, Edwards 2008) sowie in Schnee und Eis der Alpen (van de Velde et al. 2000) nachgewiesen. Cadmium wird bereits als Signatur für das Anthropozän ins Auge gefasst (Waters et al. 2014).

Die Freisetzung und Verteilung von anthropogenem Cadmium über Atmosphäre, Wasser und Böden findet immer dann statt, wenn

- cadmiumhaltige Eisen-, Kupfer-, Blei- und Nickelerze sowie Rohphosphate abgebaut und verarbeitet werden sowie
- organisches Material erhitzt oder großflächig ausgebracht wird (Abb. 1 und 2).



Das Verbrennen von Elektroschrott setzt Cadmium frei.

Die jährliche Cadmiumproduktion und -verwendung hat nach 1945 enormen Aufschwung erlebt und steigt immer noch an. Sie beträgt zurzeit über 24.000 Tonnen. Wichtigste Produzenten sind China und Südkorea (Tolcin 2015). Von 1900 bis 2015 lag die globale Produktion bei rund 1,82 Millionen Tonnen (Rott, eigene Berechnung). Da Cadmium in der Militärtechnik unabdingbar ist, unterliegen die Daten häufig der Geheimhaltung. Die Cadmiumstatistik ist deshalb unsicher. Die Cadmiumgewinnung richtet sich nach dem Marktpreis. Es ist anzunehmen, dass mehrere 1.000 Tonnen Cadmium jährlich nicht aus Zink extrahiert werden, weil die Ausbeute zu gering ist oder das Material keine Abnehmer findet (Bleiwas 2010). Die Standorte der rund 35 weltweit verteilten Lagerstätten sind wichtige Ausgangspunkte für Cadmiumemissionen, die sich technisch reduzieren ließen (Hudson Institute of Mineralogy 2016). Gesetzliche Regelungen haben das vielerorts bewirkt, jedoch sind

auch in Deutschland zum Teil Jahrhunderte alte Altlasten vorhanden (Hildebrandt 1997).

Spurenelemente sind nach ungefähr vier Produktgenerationen (80–200 Jahre, spätestens 400 Jahre) fast vollständig in der Pedosphäre verteilt (Han, Singer 2007). Daher landet auch dieses für einen relativ kurzen Zeitraum genutzte Metall früher oder später in der Umwelt, etwa durch Auswaschung und Hagelschlag (verzinkte Oberflächen wie Dachrinnen, Kfz-Teile, Wasserbehälter, Schrauben) sowie Verbrennung von Elektroschrott (z. B. in Ghana, Indien und China, wo Elektroschrott aus Europa ausgeschlachtet und verbrannt wird).

In vielen Ländern ist Recycling bis heute kein Thema. Allein 150.000 Tonnen schwermetallhaltiger Elektromüll aus Deutschland landen jährlich in Afrika oder Asien (Reichart 2015). Untersuchungen von Eisbohrkernen aus Gletschern in über 5.000 Metern Höhe über Normalnull, Oberböden, Ackerfrüchten, Nutztieren und Meeresorganismen liefern Beweise für die anthropogen verursachte globale Verschmutzung (Garms 2014; McConnell, Edwards, 2008; Grigholm et al. 2016). Aktuelle Entwicklungen wie „Intelligente Stromnetze“, „Internet der Dinge“ und Elektromobilität könnten zu einem globalen Anstieg des „e-waste“ (elektronischer Müll) führen. Verglichen mit der Förderung anderer Rohstoffe wird Cadmium nur in sehr geringen Mengen abgebaut und freigesetzt. Der jährliche Abbau von Eisenerz beträgt beispielsweise über drei Milliarden Tonnen. Das ist das 2.000-fache der gesamten Cadmiumproduktion über 100 Jahre. Dennoch gibt es Anlass zu Besorgnis.

Abbildung 1:
Natürliche Transportprozesse von Cadmium in der Umwelt

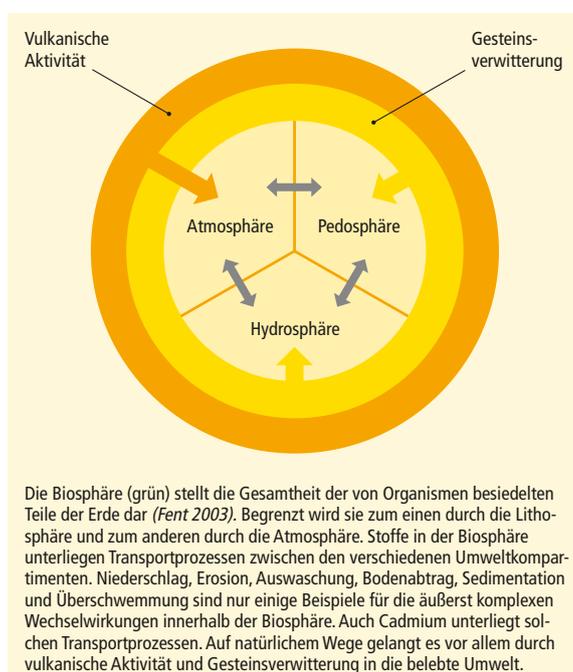
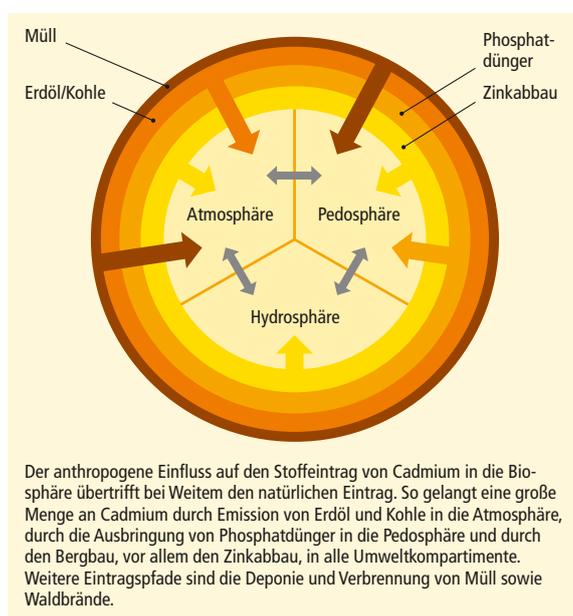


Abbildung 2:
Anthropogene Einflüsse auf den Stoffeintrag von Cadmium in die Biosphäre



● Cadmium als Begleitmetall

Abbau und Raffinerie von zinkhaltigem Erz haben lokale Immissionen zur Folge. Cadmium als Begleitmetall wurde in einer Bucht in Australien in über 90 Kilometer Entfernung von einer Raffinerie in Fischen gemessen (Australian Government 2005). Untersuchungen im Kraichgau (Baden-Württemberg) ergaben, dass ein Gebiet von 2.400 Hektar stark mit Cadmium belastet ist, nachdem über einen Zeitraum von 2.000 Jahren Bergbau (Blei, Zinn, Silber) betrieben worden ist. Insbesondere stellte man fest, dass sich die Schadstoffbelastung ausgehend von den Minen großflächig ausgebreitet hat und in den Böden bis vier Meter Tiefe nachweisbar ist. Eine Sanierung der Böden ist aufgrund der Dimensionen nicht möglich (Hildebrandt 1997).

● Cadmium in Phosphatdüngern

Der größte Teil des Ausgangsmaterials Rohphosphat stammt aus sedimentären Lagerstätten. Diese sind aus Ablagerungen von Meeresorganismen vor Jahrmillionen entstanden und enthalten das essentielle Element Zink sowie Cadmium (bis zu 300 mg Cd/kg P_2O_5) (Allo-way, Steinnes 1999). Guano, DAP und aus Fäkalien (Klärschlamm, Stallmist) hergestellte Düngemittel enthalten zum Teil sehr hohe Cadmiumkonzentrationen (Han, Singer 2007).

In der EU nahm der Einsatz von Phosphatdüngern von 1998 bis 2013 um 40 Prozent ab (Six, Smolders 2014).



In Agbogbloshie in Ghana befindet sich die weltgrößte Müllkippe für Elektroschrott.

Eine aktuelle Untersuchung von Düngemitteln stellte jedoch eine Überschreitung der in Deutschland vorgeschriebenen maximalen Cadmiumkonzentrationen fest (Kratz *et al.* 2016). Es gibt daher Grund zur Annahme, dass sich die Anreicherung von Cadmium in Böden in Zukunft auch wegen der Verwendung von Rohphosphat minderer Qualität beschleunigen könnte (Gilbert 2009). Seit den 1990er-Jahren arbeitet die EU-Kommission an einer Verschärfung des Düngemittelrechts, um den Eintrag von Cadmium in die Umwelt und in der Folge in die menschliche Nahrungskette zu reduzieren. Die geplanten Grenzwerte sind bis heute nicht geltendes Recht in Europa. Einschränkungen im deutschen Düngemittelrecht sind wenig effektiv, denn Düngemittel werden meist über die EU zugelassen oder aus anderen EU-Ländern ohne Restriktionen importiert (Industrieverband Agrar 2010).

Die hohen Konzentrationen von Cadmium in Rohphosphat aus Tunesien, Marokko oder den USA können den von der EU angepeilten Grenzwert von – im ersten Schritt – 60 Milligramm Cadmium je Kilogramm Phosphat (das entspricht 137,4 mg Cd/kg Phosphor) weit überschreiten. Insbesondere Phosphatdünger aus Marokko – das Land beherbergt rund 70 Prozent der bekannten globalen Phosphorreserven (Jasinski 2016) – könnten in Folge einer EU-Regelung mit den genannten Grenzwerten nicht mehr in die EU importiert werden (McLaughlin *et al.* 1996). Wäre Syrien, ein Schlüssellieferant für Phosphate mit niedrigem Cadmiumgehalt, aufgrund der politischen Situation dauerhaft keine tragfähige Quelle mehr, könnte die Dominanz marokkanischer Dünger weiter zunehmen (de Ridder *et al.* 2012). Es gibt zwar Möglichkeiten der Decadmierung, diese werden zurzeit jedoch nicht genutzt (Cichy *et al.* 2014).

Die Aufnahme von Cadmium durch Pflanzen lässt sich über diverse Kulturmethoden beeinflussen (Clemens *et al.* 2013) wie Kalken von Böden (höherer pH-Wert senkt

Cadmiumaufnahme durch Pflanzen), ausreichende Düngung mit Eisen und Zink (konkurrieren mit Cadmium) oder Züchtung und Anbau von Pflanzensorten, die aufgrund ihrer genetischen Disposition wenig Cadmium aufnehmen (z. B. Durumweizen, Hart *et al.* 1998).

● Cadmium in Kohle und Erdöl

In den vergangenen 100 Jahren wurden über 940 Milliarden Tonnen Kohle mit einem Gehalt von 0,01 bis 300 Milligramm Cadmium je Kilogramm und rund 170 Milliarden Tonnen Erdöl (0,03–2,1 mg Cd/kg) gefördert und verbrannt (Pacyna 1987). Selbst wenn dieses Cadmium durch Reinigungsmaßnahmen bei Verarbeitung und Verbrennung nicht in die Umgebungsluft gelangte, so wird es doch in absehbarer Zeit in der Biosphäre verteilt sein.

● Cadmium in Waffen

Cadmium in „Ausrüstungsgegenständen, die mit dem Schutz der wesentlichen Sicherheitsinteressen der Bundesrepublik in Zusammenhang stehen“ sowie für „Waffen, Munition und Wehrmaterial“ unterliegt auch im deutschen Batteriegelsetz (BattG) keinen Restriktionen (GRS 2014). So wurden beispielsweise in dem Konflikt der Nachfolgestaaten von Jugoslawien große Mengen an Cadmium in Naturschutzgebieten, Städten und Flüssen nachgewiesen (Martinovic-Vitanovic, Kalafati 2009).

● Cadmium in Baustoffen

Der Cadmiumgehalt von Baustoffen wie Zement und Mörtel unterliegt in der EU zwar Restriktionen, trägt jedoch auf Grund der großen global verarbeiteten Volumina auf Dauer zur Umweltbelastung bei. Zementwerke nehmen auch Altreifen zur „Entsorgung“ an und verbrennen sie.

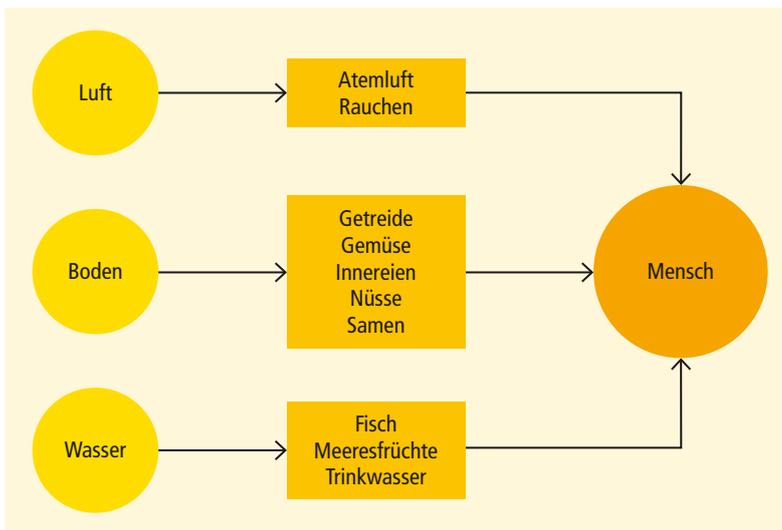


Abbildung 3: Einflüsse von Cadmium in den Umweltkompartimenten auf den Menschen

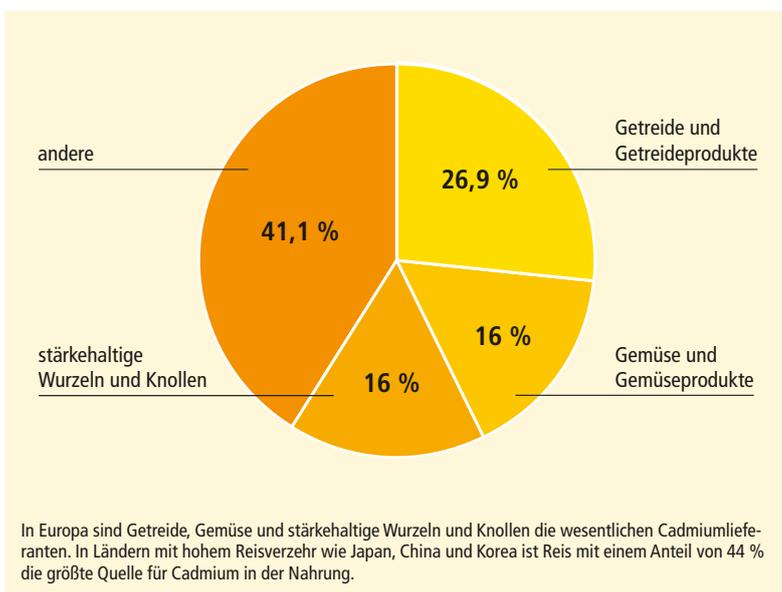


Abbildung 4: Wesentliche Cadmiumlieferanten in Europa (Daten aus Clemens et al. 2013)

Folgen für den Menschen

Einer breiten Öffentlichkeit wurde Cadmium durch die Krankheit Itai-Itai, die in Japan zu Beginn der 1950er-Jahre auftrat, bekannt. Dieses extreme Krankheitsbild entsteht durch Einlagerung von Cadmium anstelle von Calcium ins Skelett. Es ruft vor allem bei Frauen schmerzhafte Veränderungen der Knochenstruktur hervor. Akute Vergiftungen mit tödlichem Ausgang können zum Beispiel beim Verbrennen von cadmiumhaltigem Müll auftreten (ATDSR 2012).

Während Zink essentiell für alle Organismen ist, ließen sich für Cadmium keine positiven Wirkungen zeigen. Biologisch signifikant ist die Ionenform Cd^{2+} , die an viele Biomoleküle bindet (Moulis 2010).

Cadmium reichert sich in der Nahrungskette an und kann in geringer Konzentration, die keine akut toxische Wirkung zeigt, bei langfristiger Aufnahme über Nahrung und Atemluft Schäden verursachen (Moulis, Thévenod 2010). Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) warnt

vor den Einflüssen auf Niere, Skelett und Atmungssystem und klassifiziert Cadmium als karzinogen für den Menschen (WHO 2012). Auch die EU-Chemikalienverordnung REACH hat Cadmium als krebserregend und gewässertoxisch eingestuft. Für die Verwendung wurden enge Grenzen gezogen (Europäische Kommission 2006). Im Vergleich zu Atemluft und Wasser kommt dem Eintragspfad Boden deutlich mehr Bedeutung zu. Aus Atmosphäre, Ausgangsgestein, Technosphäre (verzinkte Gegenstände wie Kfz-Teile, Brücken, Farben), Phosphatdüngern, Stallmist und Klärschlamm sammelt sich Cadmium im Boden und kann von dort in die Nahrungspflanzen gelangen (Abb. 3).

Exposition und Verstoffwechslung

Die Cadmiumaufnahme über die Nahrung variiert stark innerhalb von Populationen. Generell weisen Blattgemüse wie Kopfsalat oder Spinat, Kartoffeln, Getreide, Erdnüsse, Sojabohnen und Sonnenblumensamen relativ hohe Cadmiumkonzentrationen auf (Australian Government 2005; Clemens et al. 2013). Hohe Konzentrationen können auch in Innereien und Meeresfrüchten auftreten. Kartoffeln enthalten zum Beispiel 0,06, Weizenmehl 0,12, Rindernieren und Austern 1,3 mg Cadmium je Kilogramm Frischgewicht (Fuhrmann 2006) (Abb. 4). Kakao und Kakaoprodukte können je nach Herkunft ebenfalls stark belastet sein. „Edelschokolade“ stammt meist aus den cadmiumreichen Böden Südamerikas und kann bis zu 1,3 Milligramm Cadmium je Kilogramm in der Kakaotrockenmasse enthalten. „Konsumschokolade“ wird aus afrikanischem Kakao hergestellt und liefert 0,08 Milligramm Cadmium je Kilogramm (Schafft, Itter 2009). Die Resorption von Cadmium im Gastrointestinaltrakt liegt bei zwei bis acht Prozent. Sie hängt von der Füllung der Eisendepots und dem Angebot an Calcium ab. Da zur Kompensation von Eisen- und Calciummangel verstärkt Transportproteine für Eisen und endogene Liganden für Calcium gebildet werden, steigt in der Folge auch die Resorption (und Knocheneinlagerung) von Cadmium an (Fuhrmann 2006).

Cadmium wird nach der Resorption über Albumin im Blut in die Nierenrinde transportiert, wo es als Cadmiumthionein verbleibt. Die Bildung von Metallothionein ist eine Entgiftungsreaktion zur Immobilisierung des Schwermetalls. In der Folge starker Anreicherung können Störungen der Nierenfunktion auftreten. Die kontinuierliche Aufnahme von Cadmium führt zur Kumulation. Diese

Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI = Langfristig tolerierbare wöchentliche Aufnahme)

Nach den Empfehlungen der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) sollte der Wert 2,5 Mikrogramm je Kilogramm Körpergewicht und Woche nicht überschreiten (EFSA 2009). Er wurde in den vergangenen Jahrzehnten stark abgesenkt, vor allem um die Belastung von schutzbedürftigen Bevölkerungsgruppen wie Kindern zu reduzieren.

findet über die gesamte Lebenszeit statt, denn die biologische Halbwertszeit im menschlichen Organismus liegt bei zehn bis 30 Jahren. Daher kann auch von niedriger Exposition über lange Zeit eine gesundheitliche Gefahr ausgehen (Clemens et al. 2013; Thévenod, Lee 2013).

Sensible Bevölkerungsgruppen

● Vegetarier und Veganer

Vielverzehrer von Gemüse, Getreide und Pflanzensamen wie Vegetarier und Veganer nehmen mehr Cadmium über die Nahrung auf als Mischköstler, da das Schwermetall in Muskelfleisch kaum gespeichert wird. So fand zum Beispiel Schönberger (2003) deutlich weniger Cadmium im Blut einer Kontrollgruppe, die sich mit landesüblicher Mischkost ernährte, als bei Vegetariern. Im Korn von Weizen, Reis und Mais, in Gemüse wie Schwarzwurzel, Pastinake, Stangensellerie, Knollensellerie, Meerrettich, Spinat und Soja reichert sich Cadmium verstärkt an (Europäische Kommission 2014; Dauderer 2007). Verbraucher mit mittlerem Verzehr schöpfen den PTWI zu 58 Prozent aus, Vielverzehrer zu 94 Prozent oder mehr. Der Cadmiumgehalt von Soja steht seit Jahren im Fokus der Forschung, denn die Sojapflanze hat einen hohen Phosphatbedarf und kann wie andere Hülsenfrüchte auch Cadmium akkumulieren (Clemens et al. 2013; Vollmann et al. 2015).

● Raucher

Raucher sind besonders hoch belastet. Tabakpflanzen reichern Cadmium aus dem Boden stark an. Geringe Partikelgröße und gute Wasserlöslichkeit von Cadmiumoxid im Aerosol von Tabakrauch erleichtern sein Vordringen bis in die Lungenalveolen. Dort wird Cadmiumoxid zu 25 bis 50 Prozent resorbiert. Je nach Herkunft enthält eine Zigarette 0,35 bis 2,03 Mikrogramm Cadmium (ATDSR 2012). Durch den Konsum von 20 Zigaretten nimmt der Körper inhalativ ebenso viel Cadmium auf wie mit der täglichen Nahrung. Inhaltsstoffe des Tabakrauchs schädigen zudem das Flimmerepithel der Lunge, so dass deren Selbstreinigung gehemmt ist. Raucher weisen in der Folge höhere Cadmiumkonzentrationen in Blut und Nieren auf, die bis zum Fünffachen der Konzentration bei Nichtrauchern ansteigen können. In Deutschland setzt Tabakqualm – wie die Stahlindustrie – jährlich rund zehn Tonnen Cadmium frei (Fuhrmann 2006).

● Säuglinge und Kleinkinder

Europäische und australische Ernährungsstudien stimmen darin überein, dass Säuglinge und Kleinkinder im Vergleich zum durchschnittlichen Erwachsenen eine zwei- bis dreimal höhere relative Cadmiumaufnahme aufweisen (Clemens et al. 2013) (Abb. 5). Im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht nehmen sie viel Nahrung auf und haben einen hohen Bedarf an Zink, mit dem Cadmium immer assoziiert ist (DGK 2015). So erreichen Erwachsene bei einer durchschnittlichen wöchentlichen Verzehrmenge von 133 Gramm Schokolade 3,2 Prozent

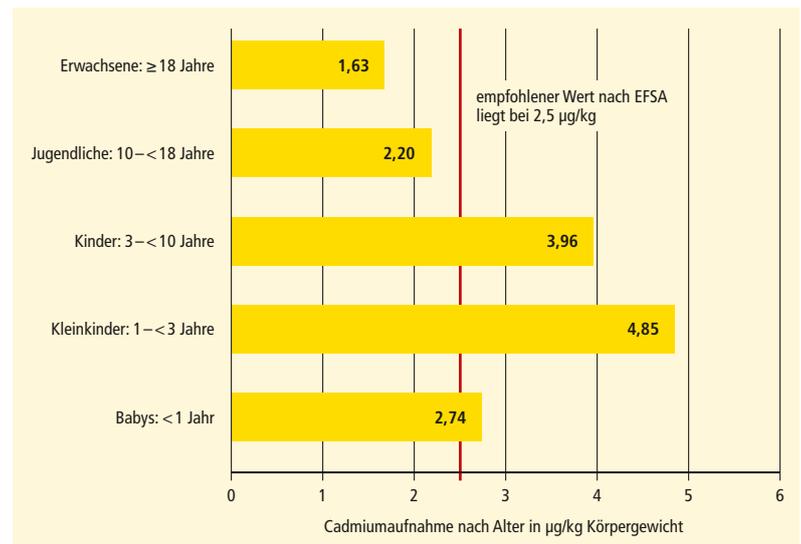


Abbildung 5: Empfohlener Grenzwert und durchschnittliche wöchentliche Aufnahme von Cadmium der Bevölkerung in Europa in Abhängigkeit vom Alter (Daten aus EFSA Journal 10 (1), 2551 (2012))

des PTWI, Kinder zwischen vier und sechs Jahren, die wöchentlich 146 Gramm Schokolade essen, jedoch bereits 12,9 Prozent (Schafft, Itter 2009).

Die Richtwerte für Cadmium in Babynahrung liegen bei 2,5 Mikrogramm pro Woche. Die Aufnahme von Cadmium über die Muttermilch hängt von der Belastung der Mutter ab (ATDSR 2012).

Kinder sind besonders belastet, wenn die Atemluft hohe Cadmiumkonzentrationen aufweist. Ein Erwachsener mit einem Gewicht von 70 Kilogramm atmet rund 280 Liter Luft je Kilogramm Körpergewicht und Tag ein. Ein zweijähriges Kind mit einem Gewicht von 13 Kilogramm atmet hingegen 460 Liter je Kilogramm ein (Fishbein 1991). Daher sind Kinder in der Umgebung von Rauchern und in städtischen Gebieten einem erhöhten Risiko ausgesetzt. Ein weiterer Aspekt kann die Aufnahme von Cadmium über Spielsand sein (Scheidig 2008). Babynahrung wird vom Gesetzgeber stark kontrolliert, die Cadmiumbelastung von Kleinkindern steigt jedoch stark an, sobald sie anfangen, Familienkost zu essen. In einer Studie in Belgien waren Kinder im Alter von neun bis elf Jahren bereits erheblich stärker belastet als jüngere Kinder. Man beobachtete einen deutlichen Zusammenhang zwischen den Werten der Cadmiumexkretion von Müttern und ihren Kindern. Das deutet darauf hin, dass häusliche Umgebung und Ernährungsgewohnheiten eng mit der Cadmiumbelastung zusammenhängen (Pirard et al. 2014). Die Cadmiumexposition in der Kindheit kann die Gesundheit im Alter beeinträchtigen (Thévenod et al. 2013).

● Stadtbevölkerung

Die urbane Bevölkerung ist im Allgemeinen stärker belastet als Menschen in ländlichen Gebieten. Dieser Zusammenhang ließ sich in vielen Untersuchungen beobachten (Pirard et al. 2014; Lagerweff, Specht 1970). Eine wesentliche Ursache der erhöhten Cadmiumbelastung ist Hjortenkrans und Mitarbeitern zufolge der Abrieb von Autoreifen und Bremsbelägen (2007).



Versuch einer Sanierung. Zwanzig Tonnen metallisches Cadmium wurden im Januar 2012 in einen Fluss in Südchina eingeleitet. Das war einer der schlimmsten Chemieunfälle dieser Art und betrifft bis zu vier Millionen Menschen bis heute (Eimer 2012).

● Frauen

Frauen haben ab einem Alter von etwa zehn Jahren einen erhöhten Bedarf an Eisen und Zink. Aufgrund eines häufigen Eisenmangels, der möglicherweise die Aufnahme von Cadmium steigert (DGE 2016), und der generell höheren Resorptionsrate im Darm tragen sie ein höheres Risiko zur Cadmiumanreicherung (BfR 2009).

Diskussion

Bisher ließ sich kein sicherer Grenzwert für die chronische Belastung mit niedrigen Cadmiumkonzentrationen festlegen (Thévenod, Lee 2013). Um die Belastung der Bevölkerung zu reduzieren, unternahmen zum Beispiel die EU und die USA große Anstrengungen. Gleichzeitig wird die Effizienz gesetzlicher Maßnahmen nicht systematisch überprüft.

Phosphat ist als Düngemittel unersetzlich. Wegen der ansteigenden weltweiten Bevölkerung und deren veränderten Konsumverhaltens wird der Bedarf an Phosphatdüngern voraussichtlich ansteigen. Der Bericht an die EU-Kommission aus dem Jahr 2000 mit der Empfehlung einer nach Cadmiumgehalt gestaffelten Abgabe für Phosphatdünger ist bis heute ohne Folgen (Oosterhuis et al. 2000).

Ebenso ist die Aussicht auf eine Reduzierung der globalen Cadmiumbelastung durch veränderte Bergbauaktivitäten gering. Zink-, Blei-, Eisen- und Kupferminen werden weiter betrieben. Flächenbrände und Müllverbrennung stehen weltweit auf der Tagesordnung, fossile Brennstoffe sind nach wie vor die wesentlichen Energiequellen. Die Anzahl der Kraftfahrzeuge und parallel dazu die Emissionen nehmen zu. Die Cadmiumbelastung insbesondere der städtischen Bevölkerung wird voraussichtlich durch die zunehmende Urbanisierung ansteigen.

In der globalisierten Welt der Gegenwart lassen sich Verbreitungspfade über Importe von Nahrungsmitteln und Waren aller Art, Müllexport, unkontrollierte und unkontrollierbare Deponien kaum quantifizieren. Eine Abschät-

zung der globalen Cadmiumströme, der Summe der Emissionen und Einträge – auch in die Nahrungskette – sowie der Kreisläufe ist aufgrund fehlender Daten nicht möglich.

Eine langfristige Reduzierung des Eintrags und der Aufnahme durch den Menschen wäre vielleicht machbar, wenn Zink und Phosphat nach dem Abbau in den Minen konsequent decadmiiert und das anfallende Schwermetall in Bergwerken versenkt würde. Dieses Vorgehen ist jedoch zurzeit nicht realistisch.

Fazit

Verbraucher in Deutschland nehmen schon heute bei mittlerem Verzehr und mittleren Cadmiumgehalten der Nahrung 58 Prozent der momentan angenommenen lebenslang tolerierbaren Menge des Schwermetalls auf. Die höchste Exposition haben Vegetarier, die den PTWI zu 94 Prozent erreichen – und überschreiten – können (BfR 2009). Die effektivsten vorbeugenden Maßnahmen gegen eine hohe Cadmiumaufnahme sind Nichtrauchen und eine abwechslungsreiche Ernährung.

Die Literaturliste finden Sie im Internet unter „Literaturverzeichnisse“ als kostenfreie pdf-Datei.

Für das Autorinnenteam

Dr. Bärbel Rott arbeitet am Institut für Gartenbau der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. Ab Februar 2017 wird sie ihre Arbeit an der Hochschule beenden und mit Britta Riedel-Löschenbrand an der Veröffentlichung eines Buches über Phosphor arbeiten.



Dr. Bärbel Rott
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Zentrum für Forschung und Weiterbildung
Institut für Gartenbau
Am Staudengarten 14, D-85350 Freising
Baerbel.Rott@t-online.de