



## LEHRBRIEF 15 Schwermetall Cadmium in Lebensmitteln

**Worin ist Cadmium enthalten?  
Wie Belastung reduzieren?**



W Seebauer

NESAcademy  
ISBA UNIVERSITY  
of Cooperative Education

### Cadmium in Lebensmitteln: Quellen, Risiken und gesundheitliche Effekte

#### Inhaltsangabe

Einleitung.....	2
Cadmium und seine Toxizität / Akut toxische Dosis .....	3
Summationseffekte & Kompensationsfaktoren.....	4
Relativierung der toxischen Dosen / Berechnung für einen Schadstoff isoliert führt auf einen Irrweg.....	4
Überforderte Entgiftungsenzyme / Alterung des Immunabwehr und der Entgiftungssysteme.....	5
Relevanz der Blutuntersuchung und Urinanalyse .....	6
Blut- oder Urinanalyse / Haaranalysen.....	7
Fazit zur Laboranalyse.....	7
Vorkommen von Cadmium.....	8
Regionen mit niedrigerem Cadmiumgehalt.....	8
Regionen mit höherem Cadmiumgehalt.....	9
Warum Herkunft und Boden so wichtig sind.....	10
Natürliche Cadmiumkonzentrationen in Saaten Meeresfisch und anderen Lebensmitteln .....	11
Ungeschroteter und geschroteter Leinsamen .....	12
Leinsamenöl.....	12
Leinsamenalternativen.....	13
Cadmium in weiteren Samen und Nüssen / Sonnenblumenkerne / Mohn .....	14
Cadmium in Kakao /Schokolade .....	14
Cadmium in Fisch und weiteren Meerestieren .....	15
Cadmiumbelastung durch Lebensmittel nach üblicherweise konsumierter Menge.....	16
Einfluss der Verarbeitung auf den Cadmiumgehalt .....	17
Cadmium in Innereien .....	17
Empfehlungen kurz zusammengefasst .....	18



## Cadmium in Lebensmitteln: Quellen, Risiken und gesundheitliche Effekte

### Einleitung

Das Thema Cadmium wurde bereits in den Lehrbriefen zu Fetten in Lebensmitteln thematisiert, da das Schwermetall Cadmium in Leinsamen in relevanter Dosis vorkommt, und Leinsamen häufig wegen seiner wertvollen Omega-3-Fettsäuren (ALA-Form) sowie zur Unterstützung von Darmfunktionen konsumiert wird.

Die Nachteile liegen nicht in den Fetten oder Ölen selbst, da sich Schwermetalle wie Cadmium nicht in Fetten anreichern, sondern eher in bestimmten Geweben. Daher ist es wichtig, Saaten, insbesondere Leinsamen, sowie Nüsse in diesem Zusammenhang zu betrachten. Cadmium findet sich vor allem in Sprossen, Samenhüllen und dem Gewebe der Samen, weshalb die Öle der Samen deutlich weniger belastet sind.

Neben Leinsamen gibt es auch andere Lebensmittel, die von Natur aus Cadmium enthalten. In diesem Lehrbrief werden die Cadmium-Zusammenhänge in Abhängigkeit von der Herkunft, wie beispielsweise Anbau, Boden bzw. Art der Erde, sowie die Verarbeitung einiger dieser Lebensmittel behandelt.

Auch Meeresfisch, der aufgrund seiner bioaktiven Omega-3-Fettsäuren (DHA und EPA-Form) einen wertvollen Beitrag zur gesunden Ernährung leisten kann, enthält Cadmium; variierend je nach Fischart und deren Lebensdauer sowie deren Lebensraum – Tiere vom Meeresboden und größere Raubfische enthalten höhere Schadstoffbelastungen als kleinere Fische.

Im Durchschnitt enthält Leinsamen etwa 525% mehr Cadmium als belasteter Meeresfisch. Doch Meeresfisch und Schalentiere können je nach Lebensraum und Meeresbelastung noch deutlich höher mit Cadmium und verschiedenen weiteren Schadstoffen belastet sein.

Verschiedene weiteren Schadstoffe im Kontext unserer Ernährung werden in weiteren Lehrbriefen behandelt (*Schadstoffe in Lebensmitteln – umweltbedingt und/oder herstellungsbedingt*). Es ist wichtig, diese Thematik komplex zu betrachten, da man bei den meisten Schadstoffen auf die Summe der Schadefekte aus der Gesamtheit verschiedenster Quellen und nicht allein auf einen Stoff oder ein Lebensmittel achten sollte.

Cadmium wird in industriell belasteten Regionen hauptsächlich über die Atemwege aus der Luft aufgenommen. Es kann jedoch auch oral über den Verdauungstrakt in den Organismus gelangen, wenn Lebensmittel mit Cadmium kontaminiert sind (z. B. durch Cadmiumstaub) oder wenn Pflanzen und Wasser Cadmium aus den vor Ort belasteten Böden aufnehmen. So gibt es Lebensmittel, die von Natur aus Cadmium enthalten.

Cadmium wird im Körper hauptsächlich den Lungen (bei Exposition über die Atemwege) und ansonsten in Entgiftungsorganen wie Nieren (ca. 50%)\* und Leber (ca. 30%)\* aber auch in den Knochen (ca. 10%)\* in der Muskulatur (ca. 5%)\* sowie anderen Geweben (<5%)\* abgelagert. \*(Diese Werte sind grobe Schätzungen, da die genaue Verteilung von individuellen Faktoren wie Expositionsdauer und Dosis sowie vielen weiteren Faktoren abhängt).

Cadmium kann ein Faktor bei der Entstehung verschiedener Erkrankungen sein. Es wird in Verbindung mit verschiedenen Lungenerkrankungen gebracht, oder auch bei der Entstehung von Bluthochdruck vermutet. Bei hoher Dosierung kann es hoch toxisch sein und bei längerer schleichender Akkumulation ist es krebserregend.

Die Zeitspanne bis zum Auftreten merkbarer Symptome und zur Krankheitsentstehung kann je nach Gesundheitszustand, Expositionsdauer, Ernährungsfaktoren und letztlich dem Alter der betroffenen Personen variieren. Bei Nichtrauchern und Personen, die nicht berufsbedingt einer Cadmiumexposition ausgesetzt sind, stellt die Ernährung die Hauptquelle der Cadmiumbelastung dar.



## Cadmium und seine Toxizität

Das Cadmium kann hoch toxisch sein, wenn es in hohen Konzentrationen zu Expositionen kommt. Die sehr hohe Dosis bzw. akut toxische erfolgt nicht aus der Nahrung, insofern diese nicht mit aus der Industrie und Umweltverschmutzung stammendem Cadmium kontaminiert ist.

Cadmium kann die Promotion\* und Proliferation\* von Krebszellen steigern, was es zu einem krebserregenden Stoff macht.

\* **Promotion** ist der Prozess, bei dem bereits geschädigte Zellen, etwa durch Mutationen, zur Entwicklung von Krebszellen angeregt werden. Diese Phase wird durch verschiedene Faktoren und Schadstoffe, wie Umweltschadstoffe, chemische Substanzen, Hormondysregulationen oder Entzündungsprozesse und oxidativen Stress unterstützt. Diese und weitere Einflüsse können das Wachstum der geschädigten Zellen sowie der entstehenden Krebszellen stimulieren.

**Proliferation** bezeichnet die schnelle Vermehrung von Zellen. Im Kontext von Krebs bezieht sich dies auf das unkontrollierte Wachstum von Krebszellen.

**Anmerkung:** Zur Krebserkrankung kommt es, wenn das Immunsystem und andere Abwehrmechanismen des Körpers nicht mehr in der Lage sind, die entstehenden Krebszellen (Vorstufen) vollständig zu beseitigen. In der Regel wirken sowohl krebserregende als auch krebsschützende Faktoren über längere Zeitspannen hinweg synergetisch zusammen.

---

## Akut toxische Dosis



Die Dosis einer **akuten Cadmium-Toxizität** liegt schätzungsweise **ab 25mg am Tag**.

**Symptome der akuten Vergiftung können sein:** Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, Bauchschmerzen und Atembeschwerden. Sehr hohe Dosen (z.B. bei Chemieunfällen) können tödlich sein.

**Chronische Vergiftung** über eine langfristige Exposition kann zu schweren **Nierenschäden** führen, da Cadmium sich dort anreichert. Auch kann sie zu **Osteoporose** und **anderen Knochenerkrankungen** beitragen, da es die Calciumaufnahme beeinträchtigt.

Bei inhalativer Exposition kann es zu **Lungenschäden** und **chronischen Atemwegserkrankungen** kommen. Es gibt auch Hinweise, dass Cadmium zur **Beeinträchtigung der Fortpflanzungsorgane** und der Reproduktionsfunktion beiträgt.

Obwohl sich Cadmium im Gehirn, im Vergleich zu den Nieren, Knochen und der Leber, geringer ablagert (Schätzungen 1-5%), ist es auch dort als Schadstoff relevant. Verschiedene Forschungsdaten an Tieren und an Menschen zeigen, dass es das Gleichgewicht von essentiellen Metallen stört und **neurotoxische** Effekte hat. Beim Menschen gibt es zahlreiche Hinweise, dass auch Cadmium bei der **Neurodegeneration** beteiligt ist und die Entwicklung von Erkrankungen wie **Parkinson, amyotropher Lateralsklerose und Alzheimer** steigern kann.



**Der krebserregende Effekt (procancerogenes Potenzial)**, wurde bereits betont. Cadmium ist laut der Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) als „**krebserzeugend für Menschen (Gruppe 1)**“ klassifiziert, insbesondere in Bezug auf Lungenkrebs. Das bedeutet ein hohes Risikopotenzial mit hoher Evidenz (wie bei Tabakrauch, Asbest, Benzol).

**Schwangere und stillende Frauen** sollten besonders darauf achten, Quellen von Schwermetallen und anderen Schadstoffen zu vermeiden oder zumindest stark zu reduzieren. Diese Stoffe können über die Plazenta und die Muttermilch auf das Kind übertragen werden, welches wesentlich empfindlicher und um ein Vielfaches anfälliger für Schäden ist als Erwachsene. **Bei den Kindern** können neben **neurologischen und anderen Schäden** besonders auch **kognitive Defizite** resultieren (*weitere Details siehe weitere Lehrbriefe zu Schadstoffen*).

### Summationseffekte & Kompensationsfaktoren



Für alle Schadstoffquellen (ob aus der Luft, oder über die orale Aufnahme) ist immer zu bedenken, dass in der Regel und im Wesentlichen nicht die akuten toxischen Dosen als Maß der täglichen Vorsorge beachtet werden sollten, sondern die Summe über längere Zeiträume letztendlich für die meisten Zivilisationserkrankungen hohe Relevanz haben. Die **Halbwertszeit im Körper (also die Zeit bis zum Abbau oder der Ausscheidung) ist für viele Schadstoffe sehr lange** und selbst bei kürzeren Halbwertszeiten, können bereits irreversible

Schäden gesetzt werden, die entweder zu akuten Dysfunktionen oder eben nach längeren Zeiten zu Kipp-Punkten führen, die den **Organismus schneller altern oder erkranken lassen**.

Für Cadmium liegt die **Halbwertszeit etwa bei 10 bis 30 Jahren**, abhängig von der individuellen Physiologie und anderen Faktoren. Dies bedeutet, dass Cadmium sich, wie auch viele andere Schadstoffe, im Körper ansammelt und nur sehr langsam abgebaut wird.

Am Beispiel von Zigarettenrauch (der wohl häufigsten Cadmiumquelle) ist es vielen Menschen bewusst, dass dort viele Schadstoffe gleichzeitig wirken und mit zunehmender Dauer die Erkrankungsrisiken (für Herzinfarkt, Schlaganfall oder Krebserkrankungen) dadurch wesentlich gesteigert werden. Eine **Zigarette enthält über 7.000** chemische Verbindungen, darunter zahlreiche Schadstoffe wie Teer, Nikotin, Kohlenmonoxid, Formaldehyd, Benzol, Arsen, Schwermetalle (wie Cadmium, Blei und Nickel), Acrolein, Ammoniak und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), von denen viele gesundheitsschädlich und krebserregend sind.

#### Relativierung der toxischen Dosen / Berechnung für einen Schadstoff isoliert führt auf einen Irrweg



Bei der häufigsten Form der toxischen Cadmiumaufnahme, über Inhalation, kann die akut toxische Dosis von 25mg z.B. bei Konzentrationen über 0,1 mg/m<sup>3</sup> in der Luft gefährlich sein.

**Zigaretten sind ein bekanntes Risiko:** Man müsste etwa 25.000 Zigaretten rauchen, um die akute toxische Dosis von 25mg Cadmium zu erreichen. Bei der Berechnung der sehr langsamen Ausscheidung von Cadmium (Halbwertszeit) und etwa 1µg Cadmium pro Zigarette, kann man berechnen, dass bei 10 Zigaretten pro Tag es 2500 Tage (6,8 Jahre)

braucht, bis die 25mg Cadmium erreicht sind. Das ist jedoch lediglich eine Näherung und zu vereinfachte Berechnung, die viele weitere Faktoren nicht berücksichtigt.



Da die **exakte Berechnung sehr komplex** ist, müssten **viele Unbekannten** (nicht unmittelbar feststellbare Faktoren) zumindest sehr grob bedacht werden. Neben der täglichen Cadmium-Akkumulation von 10 µg (bei 10 Zigaretten pro Tag) gibt es auch eine langsame Eliminierung über die Entgiftungssysteme. Somit könnte es schätzungsweise **20 bis 30 Jahre** dauern, bis die toxische Grenze von 25mg Cadmium erreicht wird.

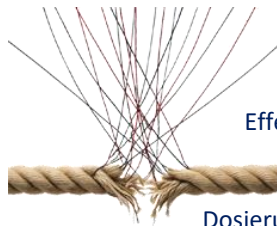


ALARA-Prinzip, as low as reasonable achievable

Um es **noch komplizierter** zu machen, wäre zu bedenken, dass es **noch andere Cadmiumquellen sowie Quellen anderer Schadstoffe** gibt, die wie Cadmium z.B. die Krebsrisiken steigern, wenn sie bestimmte Grenzwerte erreichen, oder in der Summe mit den anderen Risikofaktoren schneller relevant werden. Die **Summationseffekte spielen die entscheidende Rolle**.

Anmerkung zum Bild des Rauchers mit **gleichzeitig Alkoholkonsum**: Rauchen und Alkohol kombiniert, beides zusammen verdoppelt nicht nur, sondern potenziert verschiedene Krebsrisiken (vervielfachtes Risiko).

**Die Beispiele zeigen, dass wir uns nicht vornehmlich an akuten und nicht nur an sichtbaren Symptomen von Erkrankungen orientieren dürfen.**



Es ist immer zu bedenken, dass Cadmium und **viele weitere Schadstoffe ein gesamtes System belasten** und Risiken steigern können, ohne dass sie per se sofort Erkrankungen erzeugen. Oft sind es bei niedrigen Dosierungen keine toxischen Effekte im Sinne einer Intoxikation, sondern Effekte, die an verschiedenen Stellen Dysbalancen anstoßen können, die dann wiederum **die Leistungsfähigkeit oder Abwehrkräfte schwächen**. Cadmium kann beispielsweise bereits in niedrigen

Dosierungen auch die Resorption und **Bioverfügbarkeit von Mineralstoffen aus der Nahrung verschlechtern** (z.B. von **Calcium, Zink, Magnesium, Mangan und Eisen**). Dies kann wiederum zu einer Vielzahl von gesundheitlichen Problemen führen, insbesondere bei Menschen, die diesbezüglich auch aus anderen Gründen Mangelzustände haben.

Diese kurzen Einblicke zeigen, wie schwierig es ist, alle wirkenden Faktoren sowohl auf der Schadens- als auch Schutzseite zu beurteilen. In der Regel erfahren auch stark rauchende Personen keine akute Cadmiumvergiftung. Entgiftungsfaktoren und Kompensationsfaktoren spielen eine Rolle. Diese Umstände können jedoch die ernst zu nehmenden Langzeitfolgen verschleiern, und viele Menschen verdrängen die Risiken, anstatt sich ihrer frühzeitig besser bewusst zu werden.

## Überforderte Entgiftungsenzyme

Wenn unsere Ernährung einem Mangel bei Vitalstoffen, insbesondere Sekundären Pflanzenstoffen, aufweist, sind auch die Entgiftungsenzyme, die der Körper selbst produzieren muss (**Phase I und Phase II Detoxifikation**) im Mangel sowie schlechter funktionsfähig. Allein dadurch kommt es zu einer höheren Akkumulation von verschiedenen Schadstoffen, die wir aus der Umwelt automatisch aufnehmen, und es kann schon in Lebensphasen jenseits des 50sten Lebensjahres zu einer schnelleren Dekompensation kommen.

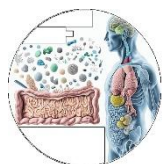
## Alterung des Immunabwehr und der Entgiftungssysteme



Es gibt Forschungsergebnisse, die darauf hinweisen, dass das **Immun- und Entgiftungssystem im Körper altert**, insbesondere die Phase I und Phase II der Entgiftung. Diese Phasen sind entscheidend für die Fähigkeit des Körpers, Giftstoffe abzubauen und auszuschleiden. Mit zunehmendem Alter kann die Effizienz dieser Systeme abnehmen, was zu einer erhöhten Anfälligkeit für Krankheiten und toxische Belastungen führen kann.



Zudem nehmen mit dem zunehmenden Alter nicht nur die Akkumulationen von Schadstoffen zu, sondern auch die **Schäden durch oxidativen Stress**. – Chronischen Entzündungen nehmen ebenfalls zu (**Inflamming**), was wiederum mit dem oxidativen Stress für Zellstrukturen und die Gene interagiert und dort die Schäden steigert.



Die **Ernährung und die Darmflora (Darmmikrobiom)** spielen auch dabei wichtige Schlüsselrollen, diese negativen Effekte und das schnellere Altern zu reduzieren. Man spricht von der „**Immunonutrition**“, die die Immun-Homöostase ermöglicht. Das Immunsystem muss Krankheitserreger oder Krebszellen gut abwehren, ohne an anderer Stelle zu überreagieren und an anderen Zellen Schäden verursachen (z.B. bei **Allergien** oder **Autoimmunprozessen**).



Die FAO (Food and Agriculture Organization) und WHO legen die tolerierbare Cadmiumdosis für Erwachsene auf etwa 0,4 bis 0,5mg pro Woche fest, was 60 bis 70µg pro Tag entspricht. Der Gesetzgeber muss sich an bestimmten Grenzwerten orientieren, die Fachorganisationen vorschlagen.

Es ist leicht nachvollziehbar, dass eine solche Einschätzung äußerst schwierig ist und individuell schnell inadäquat sein kann. Wie betont, treten bei niedrigen Dosen viele Symptome oft erst nach vielen Jahren auf, jedoch können sich Schäden über die Zeit summieren, insbesondere in Verbindung mit anderen Schadstoffen und zusätzlichen Risikofaktoren.

Mein Ratschlag ist, sich noch besser zu schützen und dort **proaktiv zu handeln, wo wir selbst Einfluss nehmen können** (siehe Punkt abschließender Ratschlag – „Empfehlungen kurz zusammengefasst“), denn es ist klar, dass die Grenzwertfestlegung kein absoluter Schutz bedeutet.

Allein die Tatsache, dass es die Summationseffekte aus verschiedenen Quellen gibt und die Verfügbarkeit im Handel keine Vermeidung stellt, lässt es deutlich werden, dass individuell immer die **Eigenverantwortung** unerlässlich ist – und für die gute Urteilskraft sind das Wissen und komplexes Denken **sowie die Verhältnisprävention** (erweiterte Einschränkung der Verfügbarkeit) entscheidend.

### Relevanz der Blutuntersuchung



Die Analyse von Cadmium im Blut kann einige wichtige Informationen liefern. Deren Aussagekraft ist jedoch in mehreren Aspekten begrenzt. **Die Blutanalyse auf Cadmium** reflektiert typischerweise die Exposition der letzten **Tage bis wenigen Wochen**.

Die **Halbwertszeit** von Cadmium im **Blut** liegt typischerweise bei etwa **20-30 Tagen\***. Das bedeutet, dass sich die Konzentration von Cadmium im Blut in dieser Zeit halbiert.

Die **Halbwertszeit** von Cadmium im Gewebe (insbesondere in den **Nieren und der Leber**) kann Jahre betragen, da es sich dort anreichert.

In der Regel kann man sagen, dass die **Blutanalyse die Cadmiumexposition** von maximal bis zu **1-2 Monaten\*** zurückreichend anzeigt, abhängig von der individuellen Stoffwechselrate und der Expositionshöhe.

**Die Urinanalyse auf Cadmium** gibt ebenfalls Anhaltspunkte für die Exposition der letzten **Tage bis Monate**. Im Allgemeinen kann der Urin Cadmiumwerte über einen Zeitraum von bis zu **3 Monaten\*** widerspiegeln, abhängig von der Nierenfunktion und der individuellen Ausscheidungsrate.

**Einlagerung und Abgabe:** Da Cadmium in der Niere einlagert und aus dem Nierengewebe kontinuierlich in den Urin abgegeben wird, kann eine chronische Exposition zu erhöhten Urinwerten führen, auch wenn die Blutwerte niedrig sind. Bei kürzlicher Exposition wird Cadmium relativ schnell in den Urin ausgeschieden. Länger zurückliegende Expositionen – also ältere Cadmiumaufnahmen, die sich im Gewebe angesammelt haben, werden langsamer ausgeschieden, sodass nur ein Teil davon in der Urinanalyse länger erfasst wird. Daher zeigt, trotz der 15-30 Jahre langen Einlagerung, der Urin eher nur eine Orientierung der Aufnahme von den letzten 3 Monaten.

#### \*Variabilität der Ausscheidungsrate

Die **Ausscheidungsrate** sowohl aus der Niere wie auch aus dem Blut kann von Person zu Person unterschiedlich sein und hängt von verschiedenen Faktoren ab. Eine Rolle spielt die individuellen Nierenfunktion und die gesamte Körperbelastung mit Cadmium.

Bei akuter Exposition kann Cadmium schneller in den Urin ausgeschieden werden, während chronische Exposition zu einer steigenden Ansammlung im Gewebe führt.

**Ernährungsfaktoren:** Eine Ernährung, die reich an **Zink und Calcium** ist, kann die Aufnahme von Cadmium verringern und die Ausscheidung fördern.

**Sekundäre Pflanzenstoffe** aus den Lebensmitteln wie, Glucosinolate, Flavonoide und andere Polyphenole können die Aktivität von Entgiftungsenzymen in der Leber und anderen Organen anregen. Diese Enzyme sind entscheidend für die Umwandlung von schädlichen Substanzen in weniger schädliche Formen, die dann besser ausgeschieden werden können – so werden dann auch Schwermetalle wie Cadmium und Blei über den Urin besser ausgeschieden.



Eine **reichliche Flüssigkeitszufuhr** ist ebenso sehr wichtig; sie kann die Urinproduktion erhöhen und somit die Ausscheidung von Cadmium unterstützen.

Immer gibt es **genetische Unterschiede**, die die Variationen bedingen.

## Blut- oder Urinanalyse / Haaranalysen



**Die Cadmiumanalyse aus Blut** gibt eine **Momentaufnahme** der aktuellen und kürzlich zurückliegenden Exposition. Sie ist **empfindlicher gegenüber kurzfristigen Änderungen** in der Ernährung und **spiegelt den aktuellen Cadmiumspiegel besser als die Urinanalyse** wider. Veränderungen im Cadmiumspiegel können schneller im Blut nachgewiesen werden. Eine gute Orientierung bieten diese Werte, wenn die Ernährung bzw. die Lebensmittelquellen sich nur wenig ändert und das Spektrum der konsumierten Lebensmittel relativ gleichbleibt.

Wenn eine Analyse zur Cadmium-Belastung über längere Zeiträume gewünscht ist, sollten die Werte aus dem Urin bestimmt werden, da Cadmium in den Nieren abgebaut und teilweise gespeichert wird.

Für eine umfassendere Bewertung der Cadmiumbelastung sollten Blutuntersuchungen in Kombination mit anderen Tests, wie z.B. Urinanalysen oder Gewebeproben, betrachtet werden.

Einen Rückschluss auf chronische Belastungen, die sich über Jahre aufbauen, gibt die Untersuchung in den Geweben wie Nieren, Leber oder Knochen wieder.



Cadmium kann in **Haarproben** nachgewiesen werden, da es im Körper gespeichert wird und circa 1% sich in den Haaren anlagert. In Haaren lagert sich somit viel weniger als in anderen Geweben ab, doch sie können einen gewissen Anhaltspunkt zu Expositionen über längere Zeiträume hinweg widerspiegeln, im Gegensatz zu Blut- oder Urinproben, die eher kurzfristige Expositionen zeigen. Haaranalysen können jedoch für externe Kontamination anfällig sein. Zum Beispiel können Schadstoffemissionen in der Luft (Rauch, Straßenverkehr, etc.), Inhaltsstoffe in Haarpflegeprodukten (z.B. Haarsprays und Haarfärbemittel) Cadmium oder andere Metalle und chemische Substanzen enthalten, die zu einer Verfälschung der Ergebnisse führen können.

**Anmerkung:** Für eine längerfristige Belastungsanalyse wären also Gewebsuntersuchungen notwendig, was jedoch betreffs der Nieren, Leber und Knochen unrealistisch und weniger praktikabel ist. Man muss sich zudem nach der Konsequenz fragen. Länger zurückliegende Belastungen bleiben viele Jahre in verschiedenen Geweben gelagert, doch die Wertbestimmung in den Geweben kann ohnehin nur die Konsequenz untermauern, dass mehr auf die Schadstoffquellen (im Regelfall aus der Nahrung und bei Rauchern des Rauchens) geachtet und diese reduziert bzw. gemieden werden sollten; stärker belastete Lebensmittel sollten, wie die Schadstoffquellen aus der Luft, konsequenter gemieden werden.

Es ist von großem Vorteil, diese Ratschläge bereits allgemein frühzeitig zu beherzigen und nicht erst zu beachten, wenn es bereits zu einer höheren Einlagerung des Cadmiums gekommen ist. Man kann es immer wieder nur betonen, dass die Summationseffekte über die Zeit und im Kontext weiterer Schadstoffe das Risikopotential entscheidend bedingen!

## Fazit zur Laboranalyse

Urinuntersuchungen sind oft besser geeignet, um die langfristige Exposition von vor 2-3 Monaten zu bewerten, während Blutuntersuchungen wertvolle Informationen über kürzliche Expositionen der letzten 2-3 Wochen liefern. Da die Blutanalyse die aktuellen Werte genauer wiedergibt, kann man sagen, dass beide Tests kombiniert ein umfassenderes Bild der Cadmiumbelastung bieten können. Eine Gewebeanalyse ist weniger praktikabel und hat eher keine zusätzliche Konsequenz bezüglich der Ratschläge, nämlich die Ernährung zu optimieren.

Die Haaranalyse ist nicht invasiv und kann Informationen über die chronische Exposition gegenüber Cadmium liefern, doch äußere Kontaminationen (z. B. durch Umwelt oder Haarpflegeprodukte) können die Ergebnisse verfälschen. Die Interpretation der Ergebnisse sollte daher vorsichtig erfolgen, da viele Faktoren die Messungen beeinflussen können.



## Vorkommen von Cadmium



**Hauptquellen**, wenn es nicht aus der **Industrie** stammt, ist das **Rauchen** (Zigaretten, etc.). Die hoch toxischen Effekte resultieren meist über die Atemwegsaufnahme z.B. im Bergbau, bei Schweißarbeiten, Chemieindustrieanfällen. Auch bei Bränden, insbesondere in städtischen Gebieten, können verschiedene Schwermetalle wie auch Cadmium in die Luft gelangen. Zudem gibt es Emissionen bei der Verbrennung von Industrieabfällen, Batterien und bestimmten Kunststoffen. Trotz Fortschritten in der Luftreinhaltung (in der EU gibt es die Pflicht zu Katalysatoren und zu regelmäßigen Messungen der Luftqualität) gibt es in vielen Ländern noch erhebliche Herausforderungen, insbesondere in Bezug auf die Durchsetzung bestehender Vorschriften und die technische Ausstattung. Eine globale Zusammenarbeit und stärkere internationale Standards sind notwendig, um die Luftqualität weltweit zu verbessern. Die Luftschadstoffe verbreiten sich weltweit; sie haben keine nationalen und keine regionalen Grenzen.

Bei **Luftverschmutzungen** in Gebieten mit hohen industriellen Emissionen oder bei Rauchern (Zigarettenrauch, etc.) erfolgt die Vergiftung schleichender; auch bei städtischen Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen kann Cadmium in der Luft vorkommen und durch Inhalation aufgenommen werden.

Gelegentlich können die Vergiftungen über **Hautkontakte** stattfinden (z.B. bei Chemieunfällen).



Auch **Boden- und Wasserverunreinigung** in Gebieten mit hoher Umweltverschmutzung können bei Menschen über kontaminiertes Wasser oder Staub zu über einen mehr oder weniger längeren Zeitraum zu einer Vergiftung führen. **Höhere Konzentrationen (1-20mg/kg)**: Vor allem in städtischen und industriellen Gebieten sowie in der Nähe von Altlasten können sich höhere

Cadmiumbelastungen finden. Auch Lavagesteinerde\* kann höhere Konzentrationen aufweisen (0,5-5mg/kg).

## Regionen mit niedrigerem Cadmiumgehalt

**Niedrigere Konzentrationen (0,05-0,5mg/kg)** kommen in natürlichen, agrarischen und sandigen Böden vor. **Nord- und Westeuropa**: Hier sind Böden oft gut reguliert und der Einsatz von Düngemitteln mit hohem Cadmiumgehalt ist limitiert, was zu niedrigeren Konzentrationen führt. **Skandinavische Länder**: Oft natürliche Böden mit geringem Cadmiumgehalt aufgrund der geologischen Beschaffenheit und der Artenvielfalt in der Landwirtschaft.

### Regionen und Landwirtschaft mit wahrscheinlich geringerer Cadmiumbelastung:

- **Bio-zertifizierte Anbaugelände**: Regionen, in denen Bio-Anbau betrieben wird, da hier häufig strikere Vorschriften zur Bodenbelastung gelten.
- **Strengere Umweltvorschriften**: Länder wie Deutschland, die Schweiz, Österreich, Frankreich, Dänemark, Schweden und Norwegen haben in der Regel strengere Kontrollen und geringere Cadmiumwerte.
- **Naturbelassene Gebiete**: Regionen mit weniger industrieller Aktivität und natürlicheren Böden sind oft weniger belastet.

### Empfehlungen für Verbraucher:

- **Zertifizierungen\***: Achten Sie auf Bio-Zertifikate oder andere Qualitätszeichen.
- **Herkunftangaben**: Prüfen Sie die Herkunft der Produkte; oft sind Angaben auf der Verpackung zu finden.
- **Informieren und Nachfragen**: Kontaktieren Sie Hersteller oder Händler, um Informationen über Anbau und Bodenuntersuchungen und weiterer Analysen zu erhalten.

\*Die **Bio-Zertifizierung** analysiert in der Regel nicht systematisch die Schwermetallbelastung von Lebensmitteln oder Böden. Stattdessen konzentriert sie sich auf die Kontrolle des Einsatzes chemischer Düngemittel und Pestizide. Biobetriebe achten bereits selbstständig darauf, dass sie nicht in Gebieten höherer Umweltbelastung anbauen. Daher kann man davon ausgehen und schätzen, dass dadurch auch geringere Schwermetallbelastungen vorliegen.



Bio-Landbau verwendet organische Düngemittel und natürliche Schädlingsbekämpfungsmittel, die tendenziell weniger Schadstoffe enthalten. Bio-Betriebe setzen oft auf nachhaltige Anbaumethoden und regenerative Methoden, die die Bodengesundheit fördern und die Belastung durch Schadstoffe reduzieren. In vielen Ländern werden Böden von Bio-Betrieben nicht routinemäßig auf Schwermetalle getestet, jedoch kann dies in speziellen Programmen oder durch freiwillige Initiativen geschehen.

In Europa gibt es Grenzwerte für Cadmium in Lebensmitteln. Allerdings werden in den Ländern unterschiedlich häufig Stichproben gemacht, bei denen auf verschiedene Schadstoffe hin untersucht wird; und viele nationale Behörden haben begrenzte Ressourcen, was bedeutet, dass nicht alle Produkte regelmäßig getestet werden können. Es gibt keine konsistenten und spezifischen Daten zur Häufigkeit der Cadmiumuntersuchungen.

### Regionen mit höherem Cadmiumgehalt

**Zentral- und Osteuropa:** Böden können durch historische industrielle Praktiken und den Einsatz von phosphathaltigen Düngemitteln höhere Cadmiumgehalte aufweisen.

**Südostasien:** In einigen Agrarregionen, wo bestimmte Düngemittel verwendet werden, kann der Cadmiumgehalt ebenfalls erhöht sein. **Bestimmte Länder** wie **China, Indien, Bangladesch, manche afrikanischen Länder und Russland** haben regional aufgrund von Umweltverschmutzung teils höhere Cadmiumbelastungen.

**Landwirtschaft in industriell und städtisch belasteten Regionen und in Regionen mit höherer Umweltverschmutzung:** Regionen mit höherer Cadmiumbelastung sind gegeben bei landwirtschaftlichen Anbaugebieten nahe **industrieller Gebiete** mit intensiver Industrie, nahe **städtischen Regionen** (durch Mülldeponien, Recyclingbetriebe, etc.) und auch nahe Regionen mit **viel Straßenverkehr**.

Allgemein sind die Agrarprodukte aus Ländern mit stärkeren Umweltbelastungen bzw. -Verschmutzungen hinsichtlich verschiedener Schadstoffe stärker belastet.

**Zu den 6 Ländern mit den potentiell häufigsten Belastungen landwirtschaftlicher Produkte werden oft genannt:**

1. **China** (intensive Industrialisierung, hohe Luft- und Wasserverschmutzung, Verwendung von Schadstoffen in der Landwirtschaft)
2. **Indien** (landwirtschaftliche Praktiken, die höhere Mengen an chemischen Düngemitteln und Pestiziden beinhalten, sowie industrielle Emissionen)
3. **Bangladesch** (Umweltverschmutzung durch Textilindustrie, unzureichende Abfallentsorgung und verschmutzte Wasserquellen)
4. **Russland** (Industrieemissionen, unkontrollierte Abfallentsorgung und landwirtschaftliche Praktiken)
5. **Nigeria** (Ölverschmutzung, unregulierte Abfallentsorgung und industrielle Aktivitäten)
6. **Vereinigte Staaten** (landwirtschaftliche Praktiken, die Düngemittel und Pestizide verwenden, sowie Industrieemissionen; hohe Belastungen durch Agrarchemikalien in Lebensmitteln und Wasserressourcen); in den USA gibt es regional große Unterschiede.

**Anmerkung:** Es gibt weltweit zahlreiche weitere Länder, die regional höhere Belastungen aufweisen können; und in allen oben genannten Ländern gibt es Regionen und Anbaupraktiken, wie die ökologische Bio-Landwirtschaft, die strengeren Kontrollstandards unterliegen. Diese Standards helfen, hohe Belastungen und andere Schadstoffquellen zu vermeiden, sofern die Emissionen aus der näheren Umgebung nicht negativ einwirken.

Allgemein kann man davon ausgehen, dass in Ländern mit stärkeren Umweltverschmutzungen höhere Belastungen und auch weniger konsequente Kontrollen stattfinden. Hinsichtlich der Cadmiumbelastung spielt aber auch der Vulkanismus eine Rolle.

**Regionen mit jüngerem Vulkanismus\*** (siehe unten Kasten)



\* Die **Cadmiumkonzentrationen in Lavagestein** sind das Ergebnis einer komplexen Wechselwirkung zwischen geologischen, chemischen und umweltlichen Faktoren. Vulkane, die aus basalten Gesteinen bestehen, neigen dazu, höhere Cadmiumwerte zu haben

Regionale Unterschiede sind oft auf die spezifische vulkanische Aktivität und die geologischen Eigenschaften zurückzuführen.

**Jüngere Vulkane können höhere Cadmiumwerte aufweisen**, da sie frische Lava und Asche produzieren, die aus dem Erdinneren stammen, wo Cadmium in höheren Konzentrationen vorkommen kann. Das schließt jedoch nicht aus, dass auch in Gebieten mit älterer Lava eine höhere Konzentration in den Pflanzen ist. Langfristige Erosions- und Verwitterungsprozesse können Cadmium aus dem Gestein freisetzen und in die Oberflächengewässer oder den Boden eintragen.

**Regionen mit aktiven Vulkanen und Landwirtschaft** und Beispiele typischer Landwirtschaftsprodukte: **Hawaii** (Big Island >> Ananas, Zuckerrohr und Kaffee), **Italien** (Vesuv, Ätna und Stromboli >> Wein, Oliven und Zitrusfrüchte), **Indonesien** (Regionen wo viel Reis, Kaffee und Gewürze herkommen), **Japan** (Fuji, Sakurajima und Aso, >> Reis, Obst und Gemüse), **Mexiko** (Popocatépetl, Colima und Parinacota >> Mais, Kaffee und Avocados), **Philippinen** (viele aktive Vulkane >> Reis, Kokosnüsse, Gemüse und Obst); **Costa Rica** (mehrere aktive Vulkane >> Kaffee, Kakao, Bananen, Avocado, Zitrusfrüchte und anderes Obst); **Peru, Kolumbien** (>> Kaffee, Bananen, tropisches Obst und Kakao), **Chile** (mehrere Vulkane >> Wein, Obst und Gemüse), **Ecuador** (>> Kaffee, Bananen, tropisches Obst und Kakao). **Neuseeland** (überwiegend Nordinsel mit aktiven Vulkanen >> Milchprodukte, typisch Kiwis, Äpfel, Birnen, aber auch Avocado, Zitrusfrüchte und Wein).

**Ältere Vulkanregionen oder solche, die weniger aktiv sind und niedrigere Cadmiumwerte aufweisen:** die **Appalachen in den USA** oder die **Alpen in Europa**, tendieren dazu, niedrigere Cadmiumwerte aufzuweisen, da die mineralischen Ablagerungen über lange Zeiträume mehr verwittert sind.

### Warum Herkunft und Boden so wichtig sind

Cadmium stammt aus dem Boden; Pflanzen nehmen es über die Wurzeln auf. Die Aufnahmhöhe hängt ab von: der Boden- Cadmium-Konzentration (Hauptfaktor), pH (saure Böden haben eine höhere Verfügbarkeit), organische Substanz (Humusgehalt), Ton- oder Sesquioxidgehalt (Art der Metalloxide), Düngung (Phosphatdünger kann Cadmium enthalten), und Sorte/Genetik der Pflanze. Auch die Anbautechnik, Fruchtfolge, Industrie- oder Bergbaueinträge in der Region spielen eine Rolle.

### Wie kann man beurteilen, welche Samen stärker/leichter belastet sind?

Pauschal ist die Beurteilung schwer. Die gleiche Samensorte kann in Region A niedrig und in Region B hoch belastet sein. Einige Hinweise: Anbauregionen mit historischer Industrie-/Bergbautätigkeit oder hohe Phosphatdüngung haben tendenziell höhere Cadmium -Gehalte in den Böden.

Samen aus Regionen mit geringer Bodenbelastung (z. B. kontrollierte Bio-Flächen in unbelasteten Regionen) haben meist geringere Cadmium-Werte (*siehe unten*).

Sortenunterschiede: manche Kultivare nehmen weniger Cadmium auf; Daten dazu sind aber nicht allgemein verfügbar für alle Samen.

### Zusammenfassend / potentiell höhere Schwermetallbelastungen von Reis, Samen und Öl-Saaten :

- **Industrielle Aktivität:** Intensive Landwirtschaft kann zu einer Anreicherung von Schwermetallen führen, während biologische Anbaupraktiken oft zu gesünderen Böden beitragen. Gebiete mit wenig Industrie haben in der Regel weniger Schwermetalle in den Böden.
- **Landwirtschaftliche Praktiken:** Starkes Düngen mit Phosphatdünger (aus industriell abgebautem Phosphatgestein) enthält abhängig von der Herkunft des Rohstoffs (Fundort des Phosphatgesteins) und von der Aufbereitung relevante Mengen Cadmium. In vielen Regionen kann der Anteil von Phosphatdünger etwa bei 10-20% der Gesamtdüngeranwendung liegen.
- **Bewässerung** mit aus der **Industrie oder dem Bergbau belastetem Wasser** kann zu Anreicherung von Cadmium (Cadmium ) und anderen Schwermetallen in Böden und Pflanzen (Reis, Öl- und Futtersamen, Gemüse) führen. Regionen mit dokumentierten Problemen: China (besonders in Provinzen mit Bergbau/industrieller Verschmutzung >> z. B. Teile von Hunan, Guangdong, südliche/zentral-chinesische Regionen); auch Indien, Bangladesch, Thailand, Indonesien und Russland sowie Mexiko und manche Regionen in Lateinamerika sowie in Afrika (in Regionen, die nahe Bergbau- und Industriegebieten liegen oder durch die Flüsse aus solchen Regionen fließen).



In **Deutschland** und Europa gibt es mehrere Regionen, die für ihre **qualitativ hochwertigen Abbauböden** bekannt sind, die weniger Schwermetalle enthalten.

**Norddeutschland: Schleswig-Holstein und Niedersachsen:** Diese Gebiete haben oft sandige Böden, die weniger anfällig für Schwermetallansammlungen sind.

**Baden-Württemberg:** Besonders im **Schwarzwald** und in den **Oberschwaben** gibt es Böden mit guter Qualität, die weniger mit Schadstoffen belastet sind.

**Bayern:** Im **Alpenvorland** finden sich fruchtbare Böden mit in der Regel geringer Schwermetallbelastung

**Europa >> Skandinavien:** Länder wie **Dänemark, Norwegen** und **Schweden** haben tendenziell weniger industrielle Verschmutzung, was zu gesünderen Böden führt.

**Niederlande:** Bestimmte Regionen, insbesondere in der Nähe von **Naturgebieten**, haben gut erhaltene Böden mit niedrigen Schwermetallkonzentrationen.

**Schweiz und Österreich:** In den **alpinen Regionen** sind die Böden in der Regel weniger belastet aufgrund der geringen Industrie- und Landwirtschaftsbelastung.

**Kanada** (Alberta, Saskatchewan und Manitoba) und **Nordwesten der USA** (Oregon und Washington State) haben ebenfalls i.d.R. cadmiumarme Böden guter Qualität.

Es ist wichtig zu beachten, dass lokale Bodenuntersuchungen die genauesten Informationen liefern.

## Natürliche Cadmiumkonzentrationen in Lebensmitteln

Die Schadeffekte durch Cadmiumgehalte, die natürlicherweise in einigen Lebensmitteln vorkommen, führen nicht zu akuten Intoxikationen. Selbst bei Lebensmitteln mit den höchsten Cadmiumwerten liegt die Konzentration um ein Vielfaches (mindestens 100- bis 1000-fach) unter der geschätzten Dosis für eine akute Toxizität, die ab etwa 25 mg Tagesdosis besteht.

**Leinsamen geschrotet** ist einer der Spitzenreiter für die Cadmiumwerte in Lebensmitteln (*Varianzen bestehen durch unterschiedliche Böden und andere Bedingungen*). Man müsste extrem unrealistische 25 kg auf einmal essen, um 25 mg Cadmium zu erreichen.

## Cadmium in Saaten, Meeresfisch und anderen Lebensmitteln

**Saaten und Nüsse:** Häufiger konsumierte Lebensmittel wie Sonnenblumenkerne und Leinsamen können Cadmiumwerte von 0,2 bis 0,6 mg/kg (bis 2,0 mg/kg) aufweisen, was sie oft belasteter macht als viele Fischarten.

**Meeresfisch:** Die Cadmiumkonzentration variiert stark, liegt aber typischerweise bei etwa 0,05 bis 0,3 mg/kg.

**Tabelle der Top 10 cadmiumhaltigen Lebensmittel**

Lebensmittel	Cadmiumgehalt (mg/kg)
1. Leinsamen	0,5 - 0,6 (regional bis 2,0)
2. Sonnenblumenkerne	0,2 - 0,4 (selten bis 1,5)
2. Mohn	0,1 - 0,5 (selten bis 1,5)
2. Sesam	0,2 - 0,4 (selten bis 1,0)
3. Nüsse (insbesondere Cashews)	0,1 - 0,6
4. Schokolade (Kakao)	0,1 - 0,5
5. Cashew-Kerne / Pistazien / Kürbiskerne	0,1 - 0,3 (selten bis 0,5)
5. Hülsenfrüchte (z.B. Bohnen)	0,1 - 0,3
5. Hanfsamen	0,1 - 0,3
6. Getreide (z.B. Weizen)	0,05 - 0,2
6. Chiasamen	0,05 - 0,2
7. Meeresfisch	0,05 - 0,3 (je nach Art und Region mehr – bis 1,2)
8. Gemüse (z.B. Spinat)	0,05 - 0,2
8. Leinöl	0,05 - 0,1
9. Reis (insbesondere Basmati)	0,05 - 0,1
10. Kartoffeln	0,01 - 0,1

Werte: EFSA BfR und Fachartikel



## Cadmium bei ganzen Leinsamen, geschroteten Leinsamen, Leinsamen-Öl

### Ungeschroteter Leinsamen:



Ungeschroteter Leinsamen wird schätzungsweise meist zu 30% unverdaut bzw. unverändert im Stuhl wieder ausgeschieden. Dadurch wird dann die Aufnahme von Nährstoffen wie Omega-3-Fettsäuren (ALA), Mineralstoffen und Vitaminen stark eingeschränkt, da die Nährstoffe im Inneren der Samen eingeschlossen sind.

Dieser Nachteil ist allerdings ein Vorteil hinsichtlich der Cadmiumaufnahme, da dies so signifikant geringer resorbiert wird. Wie viel dies ist, kann nicht exakt definiert werden. Es gibt keine spezifischen Studien, die genaue Prozentsätze der Cadmiumaufnahme aus ungeschrotetem Leinsamen im Vergleich zu geschrotetem Leinsamen quantifizieren. Man schätzt grob, dass durch die Barriere der unversehrten Leinsamenschale nur etwa 10% bis 30% des Cadmiums im Verdauungstrakt aufgenommen werden. Die intakte Schale des Leinsamens ist gegenüber Verdauung resistenter und lässt einen größeren Anteil des Samens unverändert wieder ausscheiden.

### Geschroteter Leinsamen:

Da Cadmium sowohl außen an bzw. in der Schale sowie im Inneren des Leinsamens vorkommt (aus dem Boden aufgenommen und gebunden wird), allerdings aus dem Inneren des Samens leichter freigesetzt wird, liefert geschroteter Leinsamen ein höheres Belastungspotential für Cadmium. Auch hier kann nur grob geschätzt werden, dass etwa 50% oder mehr der Cadmiumkonzentration, abhängig von anderen Faktoren wie der Zubereitung und der individuellen Verdauung, aufgenommen wird.

### Resümee Leinsamen geschrotet versus ungeschrotet

Ungeschrotete Leinsamen liefern zwar weniger Nährstoffe, doch auch weniger des schädlichen Cadmiums, und haben weitere Vorteile.

Sowohl geschrotet wie auch ungeschrotete Leinsamen haben folgende guten Effekte:

- Leinsamen sind gute Quellen für Ballaststoffe, die die zur Stuhlbildung beitragen können.
- Leinsamen enthalten Schleimstoffe, die bei Kontakt mit Wasser eine gelartige Substanz bilden, welche die Darmfunktionen unterstützen und die Darmschleimhaut schützen kann.
- Die Schleimstoffe können helfen, den Stuhl zu glätten (bessere Stuhlkonsistenz) und die Passage durch den Darm zu erleichtern, was einer Verstopfung (Obstipation) vorbeugen kann.
- Leinsamen können das Sättigungsgefühl erhöhen und die Darmmotilität unterstützen.
- Die Ballaststoffe im Leinsamen können als Präbiotika wirken, die das Wachstum gesunder Darmbakterien fördern und die allgemeine Darmgesundheit unterstützen.

All dies kann die Darmgesundheit und die Stuhlausscheidung fördern.

### Leinsamen-Öl

Der Cadmiumgehalt in Leinsamenöl ist in der Regel niedriger als im ganzen Leinsamen. **Cadmium ist wasserlöslich** und hat **lipophobe Eigenschaften** (es bindet schlecht in Fett). Bei der Leinölherstellung werden viele der wasserlöslichen Verbindungen und Verunreinigungen während des Ölextraktionsprozesses entfernt.

Während geschroteter Leinsamen einen Gehalt von 0,5 bis 2 mg/kg Cadmium haben kann, enthält Leinsamenöl typischerweise nur sehr geringe Mengen, **oft unter 0,1 mg/kg**, abhängig von der Quelle.

### Zusammenfassung zur Leinsamenthematik

Nährstoffaufnahme: Geschroteter Leinsamen bietet eine deutlich bessere Nährstoffaufnahme im Vergleich zu ungeschrotetem Leinsamen, doch geschrotet ist die höhere Schwermetallbelastung mit Cadmium von Nachteil.

Die Cadmiumaufnahme ist bei ungeschrotetem Leinsamen geringer, aber genaue Zahlen fehlen. Da die Cadmiumkonzentration überwiegend von den Anbauböden abhängt und diese regional sehr unterschiedlich belastet sein können, und der Lebensmittelhandel keine Cadmiumbelastungen angeben muss, lässt es sich nicht sagen, wann eine höhere Cadmiumbelastung im gegebenen Produkt vorliegt. Daher gilt der allgemeine Ratschlag,



bei bestimmten potentiell höher belasteten Lebensmitteln vorsichtiger zu sein, das heißt auf die **Anbauregion zu achten, weniger davon zu konsumieren und auf die Alternativen zurückzugreifen.**

**Leinsamenöl:** Enthält in der Regel deutlich weniger Cadmium als geschroteter Leinsamen.

Wie viel Cadmium, wie viel der gewünschten Mineralstoffe und der Omega-3-Fettsäuren (n3 ALA) aus dem Leinsamen aufgenommen werden, hängt von mehreren Faktoren ab. Um eine ungefähre Einschätzung zu erhalten, wurden spezifische wissenschaftliche Studien gemacht, die jedoch die variablen Faktoren nicht gänzlich erfassen und auf Varianzen hinweisen.

Es gibt also keine einheitlichen Werte für die genaue Differenz in der Resorption (Bioverfügbarkeit), da viele Faktoren eine Rolle spielen: z. B. die Zubereitung, die Kombination mit anderen Lebensmitteln und die persönliche Verdauung, die wiederum vom Zustand der Darmflora und anderen Faktoren an unterschiedlichen Tagen variabel sein kann.

### Leinsamen Alternativen

Da **Leinsamen** öfters wegen der „Verdauung“ konsumiert werden, doch, abhängig von der Herkunft, die in Lebensmitteln mit die höchsten Cadmiumdosen aufweisen können, wird häufig eine allgemeine Empfehlung gegeben, **maximal 20g Leinsamen (geschrotet) am Tag** zu konsumieren.



**Ich empfehle, eher** noch weniger Leinsamen zu konsumieren und **Alternativen** mit weniger belasteten **Chia- sowie Hanfsamen** zu wählen. Die Mineralstoffe und Omega-3-Fettsäuren des Leinsamens können auch gut aus anderen Lebensmitteln zugeführt werden. Die Omega-3-Fettsäuren (ALA-Form) können gut aus dem **Leinöl**, oder **Rapsöl** zugeführt werden; oder gleich in Form der bioverfügbaren **Omega-3-Fettsäuren (EPA und DHA) aus Fisch oder noch besser Mikroalgenölen**. Für die **Ballaststoffe** empfiehlt sich der reichhaltige Konsum beispielsweise von **Gemüse und Salaten**. Und zur Verbesserung der Darmfunktionen betreffs der **Schleimstoffbildung**, sind auch **Chia- und Hanfsamen sowie Haferflocken** ebenso wertvoll. *Siehe Lehrbrief Fett 2 Speisepläne*



**Leinsamen** kann man **selbst anpflanzen – in guter Erde ohne nennenswerte Cadmiumbelastung**. Das ist nicht anspruchsvoll, doch wollte man z.B. 40-60g pro Woche im Speiseplan verwenden, müsste man für den Jahresbedarf einer Person etwa 12-18 m<sup>2</sup> Gartenfläche mit Leinsamen bepflanzen. Das ist für die meisten Menschen unpraktikabel.

Bei Leinsamen im Handel wird in der Regel nicht angegeben, ob dieser auf Cadmium analysiert wurde. Da der Gehalt eng mit dem im Boden enthaltenen Cadmium zusammenhängt, kann die **Anbauregion** eine Orientierung liefern. Leinsamen aus **Deutschland, Österreich, Schweiz, Polen und Litauen, oder Kanada** (Alberta, Saskatchewan und Manitoba) sowie **Nordwesten der USA** (Oregon und Washington State) kommt aus solchen **wenig belasteten Böden** (jeweils Gebiete ohne Bergbau und ohne Industrie; *vgl. auch S.10*).



## Cadmium in weiteren Samen und Nüssen



Außer in Leinsamen können auch **Sonnenblumenkerne** noch nennenswerte Cadmiumbelastungen aufweisen. Da der Handel dies nicht untersuchen und nicht deklarieren muss, können wir nicht wissen, wann mehr Cadmium enthalten sein kann. Hierbei können wir uns nur an allgemeinen Bedingungen zum Anbau in bestimmten Regionen orientieren (s.o. Leinsamen).



**Mohn** kann ebenso regional stärker mit Cadmium belastet sein, doch in der Regel fällt die Menge auf Backware nicht ins Gewicht. Mohnkuchen hingegen kann bereits eine relevante Dosis liefern, wenn viel davon konsumiert wird und der Mohn aus einer Region mit höherer Belastung kommt.



Bei **Pistazien, Cashew und Kürbiskernen** liegt die Cadmiumdosis zwischen 0,1 und 0,5 mg/kg. Obwohl davon in der Regel größere Portionen verzehrt werden, als von Leinsamen, ist die Belastung insgesamt eher gering. Bei den Messungen gab es keine Ausreißer mit deutlich höheren Werten, wie bei Leinsamen, Sonnenblumenkernen und Mohn.



Bei **Sesam** liegt die Cadmiumbelastung meist auch gering mit 0,2-0,4 mg/kg und nur selten wurden Werte bis 1mg/kg gemessen, die konsumierte Menge ist jedoch gering.

Immer sollte bei der Beurteilung einer potentiellen Belastung neben einzelnen Konzentrationen die **Gesamtmenge** einbezogen werden. Daher tragen gering belastete Lebensmittel, wie z.B. Getreide, aufgrund der größeren Verzehrsmengen mehr bei (vgl. auch S. 16).

Grundlegend für alle Nüsse und Samen, sowie auch andere Lebensmittel, kann man zur Einschätzung potentieller Schadstoffbelastung und zu Vorsichtsmaßnahmen empfehlen, auf die Herkunftsregion, Anbauggebiete und die ökologisch strengere Biozertifizierung zu achten. Die Biozertifizierung analysiert in der Regel zwar nicht die Schwermetalle in einzelnen Produkten, gibt jedoch in anderem Rahmen eine gewisse Vorkehrung, die auch die Schwermetallbelastung geringer halten sollte (siehe S. 8 pp „Regionen mit niedrigerem Cadmiumgehalt“).

## Cadmium in Kakao



**Kakao** und somit auch die daraus hergestellte **Schokolade** sind je nach Herkunftort der Kakaobohnen moderat mit Cadmium belastet. Kakaobohnen, die in vulkanischen Regionen angebaut werden, können höhere Cadmiumkonzentrationen aufweisen, da vulkanische Böden natürliche Cadmiumvorkommen haben.

**Höhere Cadmium-Belastungen** kann der **Kakao** aus Ländern wie **Ecuador und Peru** aus Plantagen haben, die in der **Nähe von Vulkanen** liegen. Auch in **Mittelamerika**, wo zahlreiche Vulkane sind, kann höhere Cadmiumwerte aufweisen. In **Costa Rica** wurde festgestellt, dass der Cadmiumgehalt in Kakao variieren kann, aber im Allgemeinen sind die Werte moderat und niedriger als in Ecuador oder Peru.

**Weniger Vulkanismus:** Kakao aus Regionen, wie **Brasilien sowie Westafrika\***, hat in der Regel niedrigere Cadmiumkonzentrationen, da diese Gebiete weniger vulkanisch sind. \* In Westafrika kann man in den Kakao produzierenden Regionen innerhalb eines Landes Unterschiede feststellen; weniger Vulkanismus gibt es z.B. der **zentralen und östlichen Elfenbeinküste** - Côte d'Ivoire, und des zentralen sowie **östlichen Ghana**.

**Variabilität:** Die Cadmiumkonzentrationen können stark variieren. Es gibt Berichte, dass Kakaobohnen aus vulkanischen Gebieten Cadmiumwerte von 0,1 - 0,5 mg/kg aufweisen können, während Kakao aus nicht-vulkanischen Gebieten oft unter 0,05 mg/kg liegt.



Die Häufigkeit der Kontrollen auf Cadmiumbelastungen variierte in den letzten Jahren, abhängig von den Risikobewertungen und Berichten über Cadmium in Kakao aus bestimmten Anbauländern. Spezifischen Daten zu den genauen Testfrequenzen liegen jedoch nicht vor.

### Resümee zu Kakao und Schokolade:

Die Herkunft des Kakaos spielt eine entscheidende Rolle bei der Cadmiumbelastung. Auch bei der Auswahl von Kakao ist es wichtig, auf die Anbauregionen zu achten, um die Exposition gegenüber Cadmium zu minimieren. Kakao aus manchen **Regionen wie Brasilien und Westafrika (Elfenbeinküste), Seychellen, Dominikanische Republik**, dürfte aufgrund der geologischen Bedingungen eine **geringere Cadmiumbelastung** aufweisen. Es gibt jedoch keine ausreichenden Daten aus Studien bzw. von regelmäßigen Kontrollen, was eine definitive Aussage erschwert. Da Schokolade-Produzenten auf Kakao aus verschiedenen Regionen zurückgreifen, kann man im Allgemeinen nur empfehlen, auch die Schokolade nicht in zu hohen Mengen zu konsumieren (die Schokolade mit höheren Kakaoanteil ist wegen der höheren Anteile von Sekundären Pflanzenstoffen wertvoller).

Wie mehrfach betont ist es wichtig, den **Summationseffekt** verschiedener Schadstoffe aus unterschiedlichen Quellen zu berücksichtigen. Die genaue Menge an Kakao oder Schokolade lässt sich aus verschiedenen Gründen nicht eindeutig festlegen. Viele Experten empfehlen jedoch, den Konsum von **Schokolade mit hohem Kakaoanteil (z.B. 70-80%) auf etwa 20-30 Gramm pro Tag zu beschränken**. Dies ermöglicht es, von den gesundheitlichen Vorteilen (derer Flavonoide und anderer Sekundärer Pflanzenstoffe) zu profitieren und gleichzeitig das Risiko von Schadstoffbelastungen zu minimieren.

### Cadmium in Fisch und weiteren Meerestieren



Die Cadmiumbelastung bei Fisch und Meerestieren hängt von mehreren Faktoren ab:

1. Lebensraum / Reinheit der Gewässer: Fische, die in verschmutzten Gewässern leben (z.B. in durch industrielle mit Cadmium kontaminierte Abwässer), weisen höhere Cadmiumkonzentrationen auf.
2. Fischart / Biologie und Ernährung: Verschiedene Fischarten nehmen Cadmium unterschiedlich auf. Größere Raubfische (z.B. Thunfisch, Schwertfisch, Hai, etc.) haben oft höhere Konzentrationen, da sie sich von anderen Fischen ernähren, die ebenfalls Cadmium enthalten können. Zudem neigen ältere und größere Fische dazu, mehr Cadmium anzusammeln, da sie länger leben und mehr andere Fische konsumieren.

Lebensmittel	Gemessene Cadmiumwerte (mg/kg)
Miesmuschel	0,5 bis 2,0 (in einigen Regionen bis zu 4,0)*
Krabben	0,2 bis 0,5 (bis zu 1,2)
Thunfisch	0,1 bis 0,5 (bis zu 1,0)
Calamari	0,2 bis 0,8 (bis zu 1,0)
Tintenfisch	0,1 bis 0,5 (bis zu 0,8)
Flunder	0,1 bis 0,3 (bis zu 0,5)

Werte: EFSA BfR und Fachartikel

\*die sehr hohen Belastungen bei **Miesmuscheln** wurden sogar im Mittelmeerraum, an der Küste Spaniens und Portugals sowie in der Nordsee gemessen (jeweils in Küstengebieten mit industrieller Aktivität, oder starker Schifffahrt). In der Ostsee wurden zwar keine Spitzenwerte von 4,0 mg/kg gemessen, doch insgesamt sind dort die Meerestiere häufiger stark belastet (z.B. Krabben häufiger bis 1,2 mg/kg).

#### Besondere Belastung der Ostsee

Die Ostsee ist stärker belastet als z.B. die Nordsee oder der Atlantik, da sie überwiegend **niedrige Meerestiefen** aufweist und einen **eingeschränkten Wasseraustausch** mit dem offenen Meer hat; und durch die angrenzenden



Länder von deren Einträge durch die Industrie, Schifffahrt und Landwirt **mehr Schadstoffbelastungen** ausgesetzt ist.

Die **ökologischen Bedingungen** der Ostsee bedingen ein brackisches Wasser, was bedeutet, dass der Salzgehalt niedriger ist. Zudem gibt es dort **reichlich Altlasten aus dem Zweiten Weltkrieg** (Viele Tonnen nicht detonierter Munition und chemischer Waffen, und anderer Chemikalien, viele Schiffwracks).

Die Überwachung ist in der Regel engmaschig und erfolgt konsequent, jedoch kann die Häufigkeit und Intensität je nach Region und spezifischen Umweltbedingungen variieren. Es ist wichtig, dass diese Programme fortlaufend aktualisiert werden, um den sich ändernden Umweltbedingungen und Risiken gerecht zu werden.

Jedes Anrainerland der Ostsee hat seine eigenen Fischereibehörden, die für die Überwachung von Fischbeständen und die Sicherheit von Meeresfrüchten verantwortlich sind.

Die Europäische Union hat Richtlinien und Verordnungen zur Lebensmittelsicherheit, die auch Grenzwerte für Schwermetalle wie Cadmium festlegen.

EU-Grenzwerte für Cadmium:

**Fische:** Der Grenzwert für Cadmium in Fisch beträgt in der EU in der Regel **0,1 mg/kg** (für filetierten Fisch).

**Krabben und Muscheln:** Für Muscheln und Krabben liegt der Grenzwert bei **1,0 mg/kg**.

Wie betont, sollte man solche Werte nicht als bedenkenlos sehen und jeweils immer die potentiell stärker belasteten Lebensmittel (hinsichtlich verschiedener Schadstoffe) gering und eher selten konsumieren.

### Resümee zu Fisch und Meerestieren

Die Cadmiumbelastung von Fisch und Meerestieren hängt vor allem von der Wasserqualität und der Art der Tiere ab. Insbesondere bei größeren Raubfischen und länger lebenden Tieren sowie bei am Meeresboden lebenden Tieren ist die Belastung höher.

Eine entscheidende Rolle spielt die Unversehrtheit der natürlichen Umgebung. Im Gegensatz zu natürlichen Vorkommen durch unterschiedliche Bodenarten, resultiert die Belastung im Wasser hauptsächlich aus menschlichen Einträgen.

Achten Sie auf **unbelastete Seen, Bäche und Flüsse**; und bei Fisch aus dem **Meer** sind die **weit nördlichen und weiter südlichen Regionen (arktische Gewässer wie Nord- und Süd- Atlantik oder Pazifik)\* noch am wenigsten belastet**. Meere wie die Ostsee, mit ihren vielen Anrainerländern und ihrer insgesamt geringen Tiefe sind eher stärker mit verschiedenen Schadstoffen belastet. Das schließt jedoch nicht aus, dass auch dort in manchen abgelegenen Küstengebieten die Belastung geringer sein kann.

\*Einen Fischeinkaufsratgeber der die FAO Gebietsanzeigen für die Fangregionen anzeigt können Sie bei Verbraucherzentralen oder bei Greenpeace herunterladen ([Fischratgeber PDF](#)) auch der WWF bietet eine kürzere Übersicht als Download ([WWF Fischratgeber](#)). Die FAO Fanggebiet-Ziffern für die arktischen Regionen sind: **FAO 18 (Nordwestlicher Atlantik** einschließlich Gewässer um Grönland und die Kanadische Arktis); **FAO 21 (Nordwestpazifik** einschließlich arktischer Gewässer in der Beringsee); **FAO 67 (Arktischer Ozean** umfasst die zentralen arktischen Gewässer).

---

### Cadmiumbelastung durch Lebensmittel nach üblicherweise konsumierter Menge

Einige Lebensmittel weisen zwar niedrige Cadmiumwerte auf, werden jedoch **häufig und in größeren Mengen konsumiert**. Daher können sie als Belastungsquelle stärker ins Gewicht fallen als stärker kontaminierte



Lebensmittel, von denen nur geringe Mengen verzehrt werden. Bis zu **70–80 % der Cadmiumaufnahme** über die Nahrung beim Menschen stammen **aus pflanzlichen Lebensmitteln** und dort dominiert als Cadmiumquelle der Verzehr von Getreideprodukten.

#### Hauptquellen in der Nahrung der konsumierten Menge

1. **Getreide und Getreideerzeugnisse:** Insbesondere Vollkornprodukte enthalten mehr Cadmium, da es in der Schale und im Keim angereichert wird.
2. **Gemüse:** Besonders Blattgemüse wie Spinat und Salat.
3. **Nüsse und Samen:** Leinsamen, Sonnenblumenkerne, Sesam, etc..
4. **Kartoffeln und stärkehaltige Knollen.**
5. **Fisch und Meerestiere:**

Achtung: **Leber und Nieren** von Tieren können **deutlich höhere Dosen Cadmium** enthalten, sie sind oben nur nicht aufgelistet, weil sie in der Regel doch seltener konsumiert werden.

#### Cadmiumdosen bei geschätztem täglichem Verzehr

Lebensmittelgruppe	Cadmiumgehalt (mg/kg)	Cadmiumgehalt pro 100 g	Geschätzter täglicher Verzehr (g)	Täglicher Cadmiumverzehr (mg)
<b>Getreideprodukte*</b>	0,1 - 0,5	0,01 - 0,05 mg	200	0,02 - 0,1
<b>Gemüse</b>	0,1 - 0,6	0,01 - 0,06 mg	300	0,03 - 0,18
<b>Hülsenfrüchte</b>	0,1 - 0,8	0,01 - 0,08 mg	100	0,1 - 0,8
<b>Nüsse und Samen</b>	0,1 - 2,0	0,01 - 0,2 mg	30	0,03 - 0,6
<b>Schokolade und Kakao</b>	0,1 - 1,0	0,01 - 0,1 mg	20	0,02 - 0,2
<b>Fisch und Meeresfrüchte</b>	0,1 - 0,3	0,01 - 0,03 mg	150	0,015 - 0,045

**Hinweise:** Die geschätzten täglichen Verzehrsmengen basieren auf allgemeinen Verzehrstudien und können je nach Ernährung variieren. Die Cadmiumwerte schwanken nach Anbau- und Verarbeitungsbedingungen.

\***Roggen** weist in der Regel niedrigere Cadmiumwerte im Vergleich zu Weizen auf.

Da neben den unterschiedlich belasteten Böden auch die Düngung die Cadmiumwerte in den Pflanzen steigern kann (phosphathaltige Düngemittel können sowohl Cadmium enthalten als auch die Cadmiumaufnahme fördern) ist der biodynamische Anbau mit anderen natürlichen Düngemethoden vorteilhaft.

#### Einfluss der Verarbeitung auf den Cadmiumgehalt

**Röstung:** Die Röstung kann den Cadmiumgehalt reduzieren, da hohe Temperaturen zu einer gewissen Degradation oder Umverteilung von Cadmium führen können (genaue Zahlen liegen nicht vor). Ein Teil des Cadmiums kann während des Röstprozesses in die Schalen übergehen, die dann entfernt werden.

**Schalentfernung:** Da Cadmium sich häufig in der Schale konzentriert, kann das Entfernen der Schale den Gehalt im Endprodukt verringern.

#### Cadmiumbelastung in Innereien / sehr hohe Belastung – eher meiden

Lebensmittel	Cadmiumgehalt (mg/kg)	Cadmiumgehalt pro 100 g
<b>Leber</b>	<b>0,1 - 4,0</b>	0,01 - 0,4
<b>Nieren</b>	<b>0,5 - 10,0</b>	0,05 - 1,0



## Empfehlungen kurz zusammengefasst

Fachinstitutionen wie die EFSA geben zwar Grenzwerte für die tägliche Cadmiumbelastung an (2,5 µg/kg Körpergewicht, was bei einem Gewicht von 70 kg maximal 175 µg Cadmium entspricht). An anderer Stelle definieren diese Institutionen eine niedrigere Grenze von etwa 0,4 bis 0,5 mg pro Woche, was 60 bis 70 µg pro Tag entspricht. Dennoch werden keine spezifischen Mengeneempfehlungen für den Konsum bestimmter Lebensmittel ausgesprochen.

**Ich empfehle, immer an die Thematik der Summationseffekte und Risikopotentiale über die langfristige Akumulation zu denken!**

Um die Belastung mit Schadstoffen zu reduzieren, empfehle ich eine **abwechslungsreiche Ernährung**. Lebensmittel weisen unterschiedliche Schadstoffgehalte auf. Selbst wenn aus Lebensmittelgruppen mit tendenziell höheren Belastungen mehr konsumiert wird (z.B. bei Nüssen und Samen), ist es wahrscheinlich, dass diese Produkte aus verschiedenen Regionen bzw. Böden stammen. Dies verringert die Wahrscheinlichkeit, dass sie alle ähnlich hoch belastet sind.

Achten Sie auf eine **ausgewogene Mineralstoffversorgung**, da eine adäquate Zufuhr von **Zink, Calcium und Eisen** die Cadmiumresorption senken kann.

**Zink:** Eine gute Zinkversorgung reduziert die Cadmiumaufnahmen; und umgekehrt erhöht ein Zinkmangel die Cadmiumaufnahme. Zink fördert die Bildung von Metallothionein einem Protein (mit einem höheren Cystein-Anteil), ein Proteinkomplex, das Cadmium bindet und zur Entgiftung beiträgt.

**Calcium:** Schützt in Kombination mit Zink vor Schwermetallbelastungen. Calcium und Cadmium konkurrieren um ähnliche Transportmechanismen im Darm. Eine ausreichende Calciumaufnahme kann die Absorption von Cadmium verringern, indem es die Bindungsstellen im Darm blockiert; und Calcium kann helfen, Cadmium zu binden, was dessen Mobilität im Körper verringert und die Ausscheidung über die Nieren fördern kann. Eine gute Calciumversorgung kann die Knochenmineralisierung unterstützen und die toxischen Effekte von Cadmium auf das Skelettsystem minimieren (Cadmium hat wie Calcium eine Affinität zu Knochengewebe).

**Eisen:** Auch die gute Eisenversorgung reduziert die Cadmiumaufnahme aus dem Darm und die Anreicherung im Gewebe.

Achten Sie auf eine **vitalstoffreiche Ernährung** (mit reichlich **Sekundären Pflanzenstoffen** in der natürlichen Matrix, wo dann gleichzeitig die **Vitamine** gut enthalten sind). Dies hilft bei den „Entgiftungsprozessen“.

**Sekundäre Pflanzenstoffe:** Alle Sekundären Pflanzenstoffe fördern Entgiftungsprozesse, viele unterstützen auch die Chelatbildung und somit besser Ausscheidung von Schwermetallen. Obendrein sind sie die stärksten Antioxidantien und helfen den oxidativen Stress zu reduzieren, der auch durch Schwermetallbelastungen gesteigert wird.

Nutzen Sie die **natürliche Matrix** verschiedener Obstsorten, Gemüsesorten, Kräuter und Sprossen, Nüsse und Samen, Hülsenfrüchte, Tee (wie Grüntee), Zwiebelgewächse (wie Zwiebel, Lauch, Knoblauch), etc. (*siehe Lehrbrief zur natürlichen Matrix und Lehrbriefe zu Sekundären Pflanzenstoffen*)





**Lebensmittel mit hohem Cadmiumgehalt**en sollten mit Bedacht konsumiert werden, und es empfiehlt sich, **Alternativen zu wählen**. Für Leinsamen bieten sich beispielsweise Chiasamen und Hanfsamen an.

Bei Leinsamen verhindert die **intakte Schale (ungeschroteter Leinsamen)** die Aufnahme eines Teils des enthaltenen Cadmiums (schätzungsweise 30% bis 80% geringere Cadmiumresorption).

Bei potenziell höher belasteten pflanzlichen Lebensmitteln sollten Sie Produkte aus **Anbauregionen mit gering belasteten Böden wählen**. Bevorzugen Sie Produkte mit Herkunft aus Ländern/Regionen mit geringer Bodenbelastung oder aus ökologisch zertifiziertem kontrolliertem Anbau.

**Innereien wie Leber und Nieren** sollten aus verschiedenen Gründen **nur selten und allenfalls in kleinen Portionen verzehrt** werden.

**Praktische Risikoreduktion - Checks vor Einkauf/Verbrauch** : fragen Sie nach Lieferantendokumenten, Herkunftsangaben und Analysen/Certificates of Analysis (CoA) für Schwermetalle (Cadmium). Seriöse Händler geben Labordaten.

---

Gast-Prof. Dr. Werner Seebauer Leiter der Präventionsmedizin NESAC New European Surgical Academy  
a.D. Institut für transkulturelle Gesundheitswissenschaften Europauniversität Viadrina  
ISBA-University of Cooperative Education Freiburg  
Studienleitung des Verbandes der Präventologen  
Verbandsärzte Deutschland (Sportkader)

Bilderquellen und Lizenzen: Fotolia Lizenzen; und KI Bilder ChatOn bearbeitet; Free AI Playground; Pexelnet; Wikimedia und eigene Bilder; eigene Graphiken

**Nutzungsbedingungen:** Die Inhalte dieses Artikels, Newsletters (Webbeitrages) oder Lehrbriefes dienen Bildungszwecken und stellen keine persönliche medizinische Beratung dar. Bei Fragen zu einer Erkrankung sollten Sie stets den Rat Ihres Arztes oder eines anderen qualifizierten Gesundheitsdienstleisters einholen. Es ist wichtig, dass Sie niemals den professionellen medizinischen Rat ignorieren oder zögern, diesen einzuholen, nur weil Sie etwas auf dieser Website oder den Informationsmaterialien gelesen haben. Die bereitgestellten Informationen dienen lediglich der allgemeinen Aufklärung und sollten nicht als Ersatz für eine persönliche Beratung durch qualifizierte medizinische Fachkräfte, die Sie vor Ort beurteilen können, betrachtet werden. Dieses Dokument ist **urheberrechtlich geschützt** © (auch Auszüge davon). **Die kommerzielle Weiterverwendung und Veränderungen sind nicht erlaubt**. Die Verwendung bei Weitergabe und Veröffentlichungen (auf Internetseiten, in E-Mails, Publikationen, erfordert die **Nennung des Autors [Dr. Werner Seebauer]**, sowie das Datum der Veröffentlichung. Bei Auszügen ist zusätzlich eine Angabe des genauen Quelltextes erforderlich. © 2026 by Gast-Prof. Dr. Werner Seebauer is licensed under Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

© CC BY-NC-SA 3.0 DE

## Literatur

Wright DA, JFrain JW **The effect of calcium on cadmium toxicity in the freshwater amphipod, Gammarus pulex (L.)** [Arch Environ Contam Toxicol](#) . 1981;10(3):321-8.

Lv J, Zhang C, Liu X, eta al. **An aging-related immune landscape in the hematopoietic immune system.**



Immun Ageing. 2024 Jan 2;21(1):3.

Saavedra D, Añé-Kourí AL, Barzilai N, et al **Aging and chronic inflammation: highlights from a multidisciplinary workshop.** [Immun Ageing. 2023 Jun 8;20\(1\):25.](#)

David Ezuz, Heba Ombashe, et al. **Heme and iron toxicity in the aged spleen impairs T cell immunity through iron deprivation** [Nat Aging. 2025 Nov;5\(11\):2247-2262.](#)

Mi Chen, Zhou Su, Jianxin Xue **Targeting T-cell Aging to Remodel the Aging Immune System and Revitalize Geriatric Immunotherapy** [Aging Dis. 2025 Mar 12;17\(2\):607-624.](#)

Ludmila Müller, Svetlana Di Benedetto **Network Rewiring in the Aging Immune System: From Chronic Inflammation to Age-Related Pathologies** [Cells. 2026 Feb 27;15\(5\):414.](#)

Fulop T., Larbi A., Dupuis Get al. **Immunosenescence and Inflamm-Aging As Two Sides of the Same Coin: Friends or Foes?** [Front. Immunol. 2017;8:1960.](#)

Lei Dou, Yang Peng, et al. **Immune Remodeling during Aging and the Clinical Significance of Immunonutrition in Healthy Aging.** [Aging Dis. 2024 Aug 1;15\(4\):1588-1601.](#)

Geir Bjørklund, Natália Cruz-Martins, et al. **Medicinal Plant-derived Phytochemicals in Detoxification** [Curr Pharm Des. 2024;30\(13\):988-1015](#)

Yanyan Zheng, Qingxiang Liu, et al. **Immune aging - A mechanism in autoimmune disease** [Semin Immunol. 2023 Sep;69:101814.](#)

Andrés Gámez-García, Berta N Vazquez **Nuclear Sirtuins and the Aging of the Immune System** [Genes \(Basel\) 2021 Nov 23;12\(12\):1856.](#)

Jeong-Hoon Hahm, ChoLong Jeong, et al. **A cellular surveillance and defense system that delays aging phenotypes in *C. elegans*** [Aging \(Albany NY\) . 2020 Apr 29;12\(9\):8202-8220.](#)

Leah E Jamerson, Patrick C Bradshaw **Deficient synthesis of glutathione underlies oxidative stress in aging and can be corrected by dietary cysteine and glycine supplementation** [Aging Dis. 2026 Feb 10.](#)

Jamerson LE, Bradshaw PC. **Effects of aging and anti-aging dietary restriction on regulators of the [NADPH]/[NADP<sup>+</sup>] in different neural cell types and brain regions.** [Free Radic Biol Med. 2025 Dec 1;240:745-772](#)

Bradshaw PC **Cytoplasmic and Mitochondrial NADPH-Coupled Redox Systems in the Regulation of Aging.** [Nutrients. 2019 Feb 27;11\(3\):504.](#)

Lapenna D. **Glutathione and glutathione-dependent enzymes: From biochemistry to gerontology and successful aging.** Review. [Ageing Res Rev. 2023 Dec;92:102066.](#)

Bovio Federica, Ferrian Melissa, et al. **Cadmium accumulation in neuronal cells leads to essential metals imbalance and zinc transporters dysregulation.** [Toxicology 2026 Vol 519, 154319](#)

Madelyn A Arruebarrena, Calvin T Hawe, et al. **Mechanisms of Cadmium Neurotoxicity** [Int J Mol Sci. 2023 Nov 21;24\(23\):16558.](#)

Carla R Schubert, Adam J Paulsen, et al. **Effect of Neurotoxin Exposure on Blood Biomarkers of Neurodegeneration and Alzheimer's Disease** [Alzheimer Dis Assoc Disord. 2023 Sep 13;37\(4\):310–314](#)

**World Health Organization. Guidance on chemicals and health in Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment accessed at:** <https://www.who.int/tools/compendium-on-health-and-environment/chemicals> on July 3, 2023.

**Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2020. Toxicological Profile for Lead Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.** <https://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-13.pdf>. Accessed on 6/28/2022.

**Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2012. Toxicological Profile for Cadmium Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.** <https://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-5.pdf>. Accessed on 6/28/2022.



Shim YK, Lewin MD, Ruiz P, Eichner JE, Mumtaz MM. **Prevalence and associated demographic characteristics of exposure to multiple metals and their species in human populations: the United States NHANES, 2007–2012.** *J Toxicol Environ Health A* 2017; 80(9): 502–512.

Thilagavathi R, Begum SS, et al. **Recent insights into the hepatoprotective potential of medicinal plants and plant-derived compounds.** *Phytother Res.* 2023 May;37(5):2102-2118. Review.

Sergio Arael Mendoza-Calderón, Holanda Isabel Cruz Luis, et al. **Plant-Derived Secondary Metabolites Modulating Inflammation-Driven Pathways in Hepatocellular Carcinoma** *Curr. Issues Mol. Biol.* 2026, 48(2), 172;

Peter Schröder , Lyudmila Lyubanova, Christian Huber, **Do heavy metals and metalloids influence the detoxification of organic xenobiotics in plants?** *Environ Sci Pollut Res Int.* 2009 Nov;16(7):795-804.

Blanco Maria, Rizzi Juliane, et al. **Assessing the impact of waste water effluents on native fish species from a semi-arid region, NE Spain** *Sci Total Environ.* 2019 Mar 1:654:218-225.

Egner Patricia A, Chen Jian-Guo, et al. **Rapid and sustainable detoxication of airborne pollutants by broccoli sprout beverage: results of a randomized clinical trial in China.** *Cancer Prev Res (Phila).* 2014 Aug;7(8):813-823.

Mukundan M A, Chacko MC, Annapurna VV, Krishnaswamy K **Effect of turmeric and curcumin on BP-DNA adducts** *Carcinogenesis.* 1993 Mar;14(3):493-6.

Steinkellner H , Rabot S, Freywald C, et al. **Effects of cruciferous vegetables and their constituents on drug metabolizing enzymes involved in the bioactivation of DNA-reactive dietary carcinogens** *Mutat Res.* 2001 Sep 1:480-481:285-97.

Chen T, Yang CS. **Biological fates of tea polyphenols and their interactions with microbiota in the gastrointestinal tract: implications on health effects.** *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2020;60(16):2691-2709