

WIR LIEFERN AUSGEREIFTE INFORMATIONEN



Ob Landwirtschaft, Lebensmittel oder Ernährung: Der aid infodienst bereitet Informationen aus Wissenschaft und Praxis verständlich auf, informiert umfassend, schnell und das seit mehr als 50 Jahren. Der aid infodienst ist ein gemeinnütziger Verein, der mit öffentlichen Mitteln gefördert wird. Er kann daher frei von Werbung und kommerziellen Interessen arbeiten.

www.aid.de
www.was-wir-essen.de
www.aid-macht-schule.de
www.schule.oekolandbau.de



Herausgegeben vom
aid infodienst
Verbraucherschutz, Ernährung,
Landwirtschaft e. V.
Heilsbachstraße 16
53123 Bonn
www.aid.de, aid@aid.de
mit Förderung durch das
Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
und mit Unterstützung des
Bundesverbandes Boden e.V.
www.bvboden.de
Frankfurter Straße 46, 35037 Marburg
und dem Verband Deutscher Landwirtschaftlicher
Untersuchungs- und Forschungsanstalten c/o LUFA Speyer
www.vdlufa.de
Obere Langgasse 40, 67346 Speyer

Text

BVB-Fachausschuss 2.3 „Bodenversauerung in der Landwirtschaft“
Dr. Norbert Feldwisch, Ulrich Herweg,
Günter Jacobs, Dr. Ralf Klose, Dr. Ingo
Müller, Joachim Pollehn, Dr. Martin Rex,
Dr. Karl Severin

0322/2009

VDLUFA-Fachgruppe „Pflanzenernährung, Produktqualität und Ressourcenschutz“, Vorsitzender Dr. Gerhard Baumgärtel

Redaktion

Dipl.-Ing. agr. Wilfried Henke, aid

Bilder

N. Feldwisch: Seite 6
P. Meyer, aid: Titel

Grafik

Otterbach Medien KG GmbH & Co.
Hardbergstr. 3, 76437 Rastatt

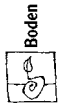
Druck

Druckerei Lokay e. K.
Königsberger Str. 3, 64354 Reinheim

Nachdruck und Vervielfältigung – auch auszugsweise – sowie Weitergabe mit Zusätzen, Aufdrucken oder Aufklebern nur mit Genehmigung des aid gestattet.

Gedruckt auf Recyclingpapier

Diesen Flyer können Sie bis zu 100 Stück kostenfrei bestellen unter:
Bestellung@aid.de oder herunterladen unter www.aid.de



Bundesverband

Kalkung zur Qualitätssicherung





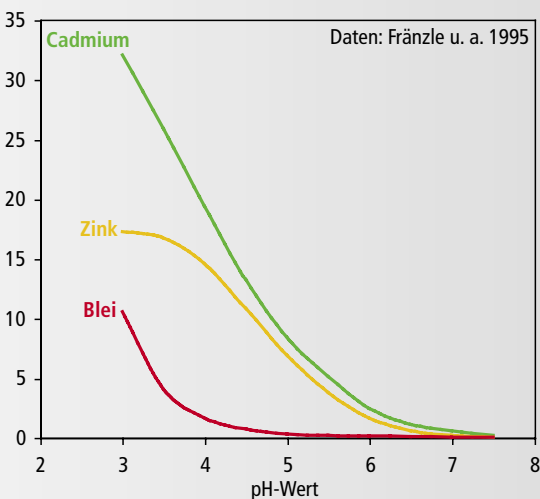
Fachlicher Hintergrund

In Lebens- und Futtermitteln dürfen bestimmte Schwermetallhöchstgehalte beim Inverkehrbringen und Verfüttern nicht überschritten werden. Die rechtlichen Grundlagen sind im Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch geregelt. Die zulässigen Höchstgehalte für Blei und Cadmium in pflanzlichen Lebensmitteln und für Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber in pflanzlichen Futtermitteln sind in nationalen und EU-Verordnungen festgesetzt.

Für andere anorganischen Elemente wie Kupfer, Nickel, Thallium und Zink existieren keine rechtlich verbindlichen Höchstgehalte. Stattdessen liegen Wertevorschläge zu maximalen Schwermetallkonzentrationen in Futtermitteln vor, die auf den Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere abzielen.

Schwermetalle im Boden sind bei niedrigen pH-Werten verstärkt pflanzenverfügbar. Zur Sicherung der Pflanzenqualität und zur sicheren Einhaltung der zulässigen Höchstgehalte empfiehlt sich deshalb eine ausgeglichene Kalkversorgung von Acker- und Grünlandböden. Dies gilt umso mehr, wenn erhöhte Schwermetallgehalte in Böden angetroffen werden.

Pflanzenverfügbare Anteil (% am Gesamtgehalt)



Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte des deutschen Bodenschutzrechtes

Die deutsche Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung enthält für Schadstoffe Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte. Bei Schadstoffgehalten unterhalb der **Vorsorgewerte** sind bei guter fachlicher Praxis, das heißt ausreichender Kalkversorgung, keine Gefährdungen der Pflanzenqualität zu erwarten. Überschreiten die Bodenschadstoffgehalte die **Prüfwerte**, dann ist anhand der konkreten Standortbedingungen zu überprüfen, ob Gefahren für die Pflanzenqualität (= Überschreitungen der Höchstgehalte nach Lebensmittelrecht) im Erntegut vorliegen. Werden die **Maßnahmenwerte** überschritten, dann liegen im Regelfall schädliche Bodenveränderungen vor, mithin besteht das nicht hinnehmbare Risiko der Überschreitung der Höchstgehalte für die entsprechenden unerwünschten Stoffe in Lebensmitteln oder Futtermitteln.

Liegen die Schwermetallgehalte zwischen den Vorsorge- und den Prüf-/Maßnahmenwerten, dann wird der bodenschutzrechtlichen Gefahrenbereich noch unterschritten. Dennoch besteht ein unerwünschtes Risiko, so dass unter ungünstigen Bedingungen die Überschreitung von Höchstgehalten im Erntegut mit geringer Wahrscheinlichkeit zu besorgen ist. Derart ungünstige Bedingungen können zum Beispiel bei versauerten Böden vorliegen.

Unterschied zwischen Vorsorge und Gefahrenabwehr

Vorsorge		Gefahrenabwehr	
Schaden denkbar, aber unwahrscheinlich	Schadenseintritt bei anhaltenden Einwirkungen zu besorgen	Unsicherheitsbereich	Schadenseintritt hinreichend wahrscheinlich
Restrisiko	Unerwünschtes Risiko	Risiko zu prüfen	Nicht hinnehmbares Risiko
			➔
	Vorsorgewerte	Prüfwerte	Maßnahmenwerte

Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte für Schwermetallgehalte in Böden nach BBodSchV (mg/kg Boden)

Schadstoff	Analyse- methode ¹⁾	Ackerbau / Grünland			Ackerbau / Nutzgarten (Pflanzenqualität)		Ackerbau (Wachstumsbe- eintrachtungen)	Grünland (Pflanzen- qualität)	
		Vorsorgewerte Bodenartengruppen			Prüfwert	Maß- nahmenwert			Maßnahmenwert
		Sand	Lehm	Ton					
Arsen (As)	KW	-	-	-	200/50 ²⁾	-	-	50	
	AN	-	-	-	-	-	0,4	-	
Blei (Pb)	KW	40	70	100	-	-	-	1.200	
	AN	-	-	-	0,1	-	-	-	
Cadmium (Cd)	KW	0,4	1	1,5	-	-	-	20	
	AN	-	-	-	-	0,04/0,1 ³⁾	-	-	
Kupfer (Cu)	KW	20	40	60	-	-	-	1.300/200 ⁴⁾	
	AN	-	-	-	-	-	1	-	
Nickel (Ni)	KW	15	50	70	-	-	-	1.900	
	AN	-	-	-	-	-	1,5	-	
Quecksilber (Hg)	KW	0,1	0,5	1	5	-	-	2	
	AN	-	-	-	-	-	-	-	
Thallium (Tl)	KW	-	-	-	-	-	-	15	
	AN	-	-	-	0,1	-	-	-	
Zink (Zn)	KW	60	150	200	-	-	-	-	
	AN	-	-	-	-	-	2	-	

1) KW = Königswasserextrakt (Gesamtgehalt); AN = Ammoniumnitratextrakt (leicht löslicher Anteil)

2) Bei Böden mit zeitweise reduzierenden Verhältnissen (= Grund- oder Staunässe) gilt ein Prüfwert von 50 mg/kg.

3) Auf Flächen mit Brotweizenanbau oder Anbau stark Cadmium-anreicherender Gemüsearten gilt der Maßnahmenwert 0,04 mg/kg; ansonsten gilt als Maßnahmenwert 0,1 mg/kg.

4) Bei Grünlandnutzung durch Schafe gilt der Maßnahmenwert 200 mg/kg.

Hinweis: Die Prüf- und Maßnahmenwerte für Schwermetallgehalte in Böden sind anhand von Messwerten in Böden und Pflanzen abgeleitet worden. Nur wenn die Datenlage ausreichend war, wurden Prüf- und Maßnahmenwerte in die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung aufgenommen.



Aus diesem Grund sind Maßnahmen zur Reduzierung des Schadstofftransfers vom Boden zur Nutzpflanze umso bedeutender, je näher die Schwermetallgehalte an die Prüf-/Maßnahmenwerte heranreichen.

Schadstoffsituation landwirtschaftlich genutzter Böden

Landwirtschaftlich genutzte Böden weisen im Regelfall unproblematische Schwermetallgehalte auf. Erhöhte Schwermetallgehalte können aber in Regionen mit schwermetallreichen Ausgangsgesteinen (geogener Anteil) oder in Regionen mit bedeutenden anthropogenen Schadstoffeinträgen vorkommen. Deutliche anthropogene Schwermetalleinträge sind z. B. in der Nähe bergbaulicher und industrieller Zentren anzutreffen. Dabei sind die heute festzustellenden schädlichen Bodenveränderungen häufig auf historische Einträge der Erzverhüttung und Metallindustrie zurückzuführen.

Dies betrifft insbesondere die Auenböden in Bergbau- und Industrieregionen; bei Hochwasser lagern sich in der Aue belastete Schwebstoffe ab. Aufgrund der Luft- und Wasserreinhaltepolitik sind die Schadstoffeinträge in den letzten Jahrzehnten stark gesunken.

Regionen mit zum Teil deutlich erhöhten Schwermetallgehalten sind in allen historischen Erzabbaugebieten zu finden, wie z.B. Erzgebirge, Harz, Sauerland, Schwarzwald oder Stolberg bei Aachen und in den Auen der diese Gebiete entwässernden Flüsse. Die genaue Abgrenzung und Belastungssituation von Regionen mit erhöhten Bodenschadstoffgehalten sind bei den zuständigen Bodenschutz- oder Landesfachbehörden zu erfragen.





Schwermetallaufnahme in Pflanzen

Schwermetalle gelangen hauptsächlich über zwei Wege in Pflanzen. Entweder werden gelöste Schwermetalle mit dem Bodenwasser von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und gelangen so in die pflanzlichen Ernteprodukte. Oder die an der Pflanzenoberfläche anhaftende Verschmutzung mit Boden ist verantwortlich für die Schwermetallgehalte des Erntegutes.

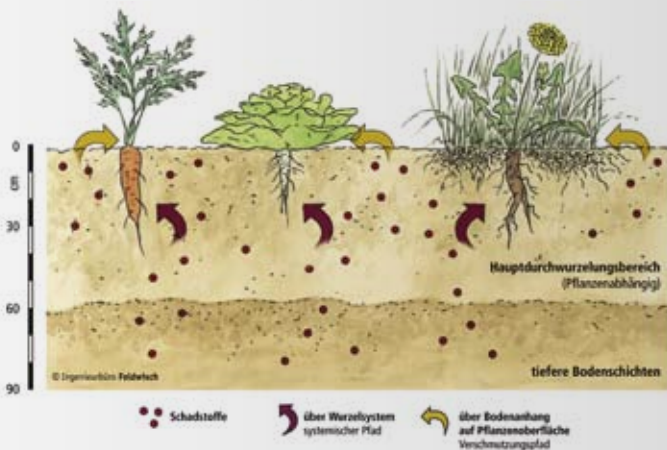
Die Aufnahme über die Pflanzenwurzel ist sowohl von den Eigenschaften der Schwermetalle im Boden als auch vom pH-Wert, das heißt dem Kalkzustand der Böden abhängig. Vereinfacht gilt folgende Reihenfolge abnehmender Aufnahmeraten über die Pflanzenwurzeln:

$Cd, Zn > Cu, Ni \gg As, Cr, Hg, Pb, Tl$

Aufgrund spezifischer Bindungsformen reagieren diese Metalle unterschiedlich auf Kalkungsmaßnahmen. Die Cd- und Zn-Aufnahme über die Wurzel ist sehr stark vom Kalkzustand abhängig; unterhalb von pH 6 werden diese Elemente vermehrt pflanzenverfügbar. Dies gilt im geringeren Umfang auch für Cu und Ni.

Pb wird erst bei stark versauerten Böden deutlich unterhalb von

Schadstoffübergang Boden-Pflanze





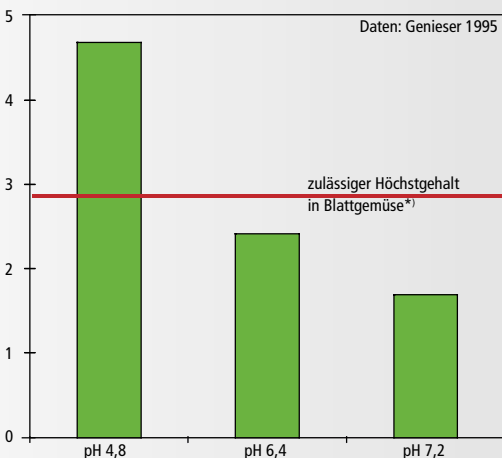
pH 5 pflanzenverfügbar und kann dann verstärkt über die Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Daher ist eine Immobilisierung des pflanzenverfügbaren Bleis durch Kalkungsmaßnahmen nur auf stark versauerten Böden wirksam.

Bei den anderen Elementen As, Cr, Hg und Tl besteht kein Zusammenhang zwischen Kalkzustand und Wurzelaufnahme. Bei diesen Elementen wird der Schadstoffgehalt des Erntegutes vorwiegend durch die Verschmutzung der Pflanzenoberfläche mit Bodenmaterial bedingt.

Kalkung zur Begrenzung der Schwermetallaufnahme über die Wurzel

Die Pflanzenverfügbarkeit einiger Schwermetalle sinkt mit zunehmendem pH-Wert ab. Dieser Effekt kann genutzt werden, um die Schwermetallaufnahme der Pflanzen abzusenken und somit die entsprechenden Gehalte an unerwünschten Stoffen im Pflanzgut zu mindern.

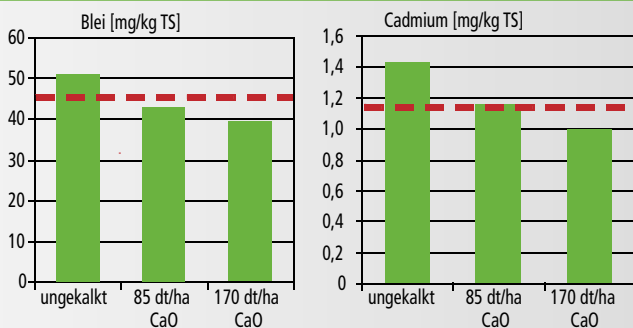
Cadmium im Spinat (mg/kg Trockensubstanz)



*) Höchstgehalt bei Frischgewicht von Spinat (93 % Wasser bzw. 7 % Trockensubstanz) beträgt 0,2 mg/kg



Um den pflanzenverfügbaren Anteil der Schwermetalle im Boden zu reduzieren, sollte im Rahmen der guten fachlichen Praxis durch regelmäßige Erhaltungskalkungen die Kalkversorgungsstufe C eingestellt werden. Unter diesen Bedingungen wird die Pflanzenverfügbarkeit der Schadstoffe im Regelfall deutlich reduziert. Beispiele erfolgreicher Kalkungsmaßnahmen bei Spinat und Grünlandaufwuchs zeigen die Grafiken.




Schwermetallgehalte im Grünlandaufwuchs nach unterschiedlichen Kalkungsintensitäten (nach Kowalewsky & Vetter 1982). Rote, gestrichelte Linien: zulässige Höchstgehalte in der Trockensubstanz

Wirksamkeit einer Kalkung

Die Höchstgehalte in Lebensmitteln für die Schwermetalle Cd und Pb, deren Pflanzenverfügbarkeit durch den pH-Wert beeinflusst wird, werden bei pH-Werten über 6 mit sehr großer Wahrscheinlichkeit eingehalten, wenn folgende Gesamtgehalte in **Acker- und Gartenbauböden** nicht überschritten werden:

- Cadmium 2 mg/kg Boden (Analyse im Königswasserextrakt)
- Blei 250 mg/kg Boden (Analyse im Königswasserextrakt)

Diese Schwellenwerte für Cd und Pb in Böden können zum Beispiel zur Beurteilung von Bodenuntersuchungen im Zuge der Klärschlamm- oder Bioabfallverwertung herangezogen werden, weil die entsprechenden Analyseergebnisse im Königswasserextrakt gewonnen werden. Die Prüf- und Maßnahmenwerten der BBodSchV für Cd und Pb gelten für den Aufschluss im Ammoniumnitratextrakt. Insofern ergänzen die genannten Schwellenwerte für Cd und



Pb die bodenschutzrechtlichen Maßnahmen- bzw. Prüfwerte und verknüpfen dies mit der Einschätzung einer im Regelfall sicheren Gefahrenabwehr.

Zur Einhaltung der **Höchstgehalte in Futtermitteln** ist der Einfluss des pH-Wertes weniger relevant als beim Anbau von Lebensmitteln. Dies ist darin begründet, dass die Schwermetallgehalte in Futtermitteln neben der Aufnahme durch die Wurzel insbesondere durch die an der Pflanzenoberfläche anhaftende Verschmutzung mit Boden bestimmt werden.

Eine Ausnahme bildet Cd: Bei abgesenktem pH-Wert wird Cd auch verstärkt über die Wurzeln in Futterpflanzen aufgenommen. Daher empfiehlt es sich, bei Cd-Gehalten von 5 bis 20 mg/kg im Boden einen pH-Wert von $>6,5$ einzuhalten. Gleichzeitig sind Maßnahmen zur Reduzierung der Futtermittelschmutzung durch Bodenanhang zu ergreifen (siehe unten). Kritisch ist ein Gehalt von über 20 mg Cd je kg Boden (Maßnahmenwert nach BBodSchV) hinsichtlich der Futtermittelsicherheit.

Auf **allen Produktionsstandorten mit As- oder Hg-Belastungen** oberhalb der Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV kann nicht davon ausgegangen werden, dass eine pH-Wert-Optimierung das Risiko einer Überschreitung des zulässigen Höchstgehaltes im Erntegut ausschaltet. Deshalb sollten neben der Erhaltungskalkung weitere Maßnahmen ergriffen werden (siehe unten).

Bei den Schwermetallen Kupfer, Nickel, Thallium und Zink ohne verbindliche Höchstgehalte nach Lebensmittel- und Futtermittelrecht sind ausschließlich die bodenschutzrechtlichen Prüf- und Maßnahmenwerte relevant. Bei Bodenbelastungen mit Kupfer, Nickel und Zink oberhalb dieser Werte kann die Aufnahme in Pflanzen durch eine pH-Wert-Optimierung begrenzt werden. Bei Thalliumbelastungen sind Kalkungsmaßnahmen unwirksam.

Weitere Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Bei extrem hohen Schwermetallgehalten in Böden, die mehrfach über den Prüf- und Maßnahmenwerten nach BBodSchV liegen, kann die Pflanzenqualität nicht allein mit Kalkungsmaßnahmen



sichergestellt werden. In diesen Fällen sind insbesondere folgende Maßnahmen in Betracht zu ziehen:

- **Pflanzenarten- und -sortenauswahl:** Die Schwermetallaufnahme unterscheidet sich bei verschiedenen Pflanzenarten/-sorten, so dass mit der Arten-/Sortenauswahl die Lebens- und Futtermittelsicherheit beeinflusst werden kann.
- **Verschmutzungsarme Ernte- und Beweidungsverfahren:** Bei Futtermitteln sind alle Möglichkeiten zur Reduzierung des Verschmutzungsanteils zu ergreifen, wie zum Beispiel Befahrung / Beweidung nur bei tragfähiger Grünlandnarbe, Narbenpflege zur Gewährleistung dichter Bestände, Reduzierung der Viehbesatzdichte und der spezifischen Bodendrücke bei Befahrung, nicht zu tief eingestellte Mäh- und Werbegeräte (Schnitt- und Arbeitshöhe > 8 cm) etc.
- **Humusversorgung:** Eine ausreichende Humusversorgung trägt zur Immobilisierung von Schadstoffen bei.
- Weitere detaillierte Maßnahmenbeschreibungen können den aufgeführten Literaturquellen entnommen werden.

Weitere Vorteile einer ausgeglichenen Kalkversorgung

Eine ausgeglichene Kalkversorgung reduziert nicht nur die Schwermetallaufnahme. Mit der Kalkdüngung geht auch ein verbessertes Bodengefüge einher, so dass der Wasser- und Lufthaushalt der Böden günstig beeinflusst wird. Die Regenverdaulichkeit steigt, die Verschlammungs- und Erosionsanfälligkeit sinkt und die Tragfähigkeit wird verbessert. Weiterhin wird das Bodenleben aktiviert. Alle Effekte tragen zur Absicherung und Verbesserung der Pflanzenerträge bei.

Literatur:

- DLG-Merkblatt „Hinweise zur Kalkdüngung“, Herausgeber: DLG e. V., Frankfurt am Main und LLFG Sachsen-Anhalt, Bernburg, 3. überarbeitete Auflage, 2009
- Elsässer, M., N. Feldwisch, H. Nußbaum, O. Ehrmann (2004): Maßnahmenkonzept zur verschmutzungsarmen Nutzpflanzen-ernte. LABO-Bericht B4.03. http://www.ingenieurbuero-feldwisch.de/labo-projekt_b4_03.htm
- Klose, R. (2007): Batis trotz dem Schwermetall, Bauernzeitung 35 (2007) S. 8
- Klose, R. (2008): Cadmium bei Auriga, Bauernzeitung 43 (2008) S. 9
- LfL (2006): Hinweise und Empfehlungen zum Umgang mit arsen- und schwermetallbelasteten landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Leipzig. www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/2067_1.pdf
- LfL (2005): Sortenabhängige Cadmiumaufnahme bei Winterweizen. http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/3123_3124.htm
- LfL (2005): Sortenabhängige Cadmiumaufnahme bei Sommergerste. <http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/8929.htm>
- LUA (2005): Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr bei schädlichen stofflichen Bodenveränderungen in der Landwirtschaft. LUA Merkblatt 55. <http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merk55/merk55.pdf>
- LWK Niedersachsen (2007): Anbauempfehlungen für schwermetallbelastete Böden zur Gewährleistung der Lebens- und Futtermittelqualität. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/196/article/10243.html>

Links

www.bvboden.de
www.VDLUFA.de
www.naturkalk.de