

Cadmium in acht Weizensorten - Ergebnisse eines Anbauversuchs in Nenzlingen, Basel-Landschaft

Roger Frossard, Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft, Liebefeld-Bern, gegenwärtig Bundesamt für Landwirtschaft, Bern

Roland Bono und Daniel Schmutz, Amt für Umweltschutz und Energie, Liestal

Andreas Buser und Pascal Simon, Landwirtschaftliches Zentrum Ebenrain, Sissach

Peter Wenk und Hans Schaub, Kantonales Laboratorium Basel-Landschaft, Liestal

Eingegangen 25. April 2000, angenommen 16. Juni 2000

Einleitung

Bei Marktkontrollen von Getreide, welche vom Kantonalen Laboratorium Basel-Landschaft 1994 und 1995 durchgeführt worden waren, wurden in zwei Proben aus weit auseinander liegenden Äckern der Gemeinden Blauen und Nenzlingen erhöhte Cadmiumgehalte in den Körnern gefunden. Nachkontrollen zeigten, dass die entsprechenden Böden ebenfalls erhöhte Cadmiumgehalte aufwiesen, und zwar auch in Tiefen bis zu 50 cm, also nicht nur im Oberboden. Im Rahmen darauf eingeleiteter weiterer Untersuchungen stellte sich heraus, dass die Böden im Gebiet Blauen/Nenzlingen allgemein erhöhte Cadmiumgehalte aufweisen (1, 2). In zwei Dritteln der untersuchten Bodenproben wird der Richtwert für den Totalgehalt an Cadmium gemäss damaliger VSBo (heute VBBo (3)) überschritten. Dies entspricht rund 75 % der Fläche des Untersuchungsgebietes. Auf 13 % der Fläche wird der Richtwert um mehr als das Doppelte überschritten. Als Ursache ist höchstwahrscheinlich die natürliche Gesteinsverwitterung und Bodenbildung anzusehen. Nähere Angaben zur Ausgangslage sowie zu den folgenden Aussagen über die Bedeutung von Cadmium sind bei *Wenk et al. (2)* zu finden, wo auch entsprechende Literaturzitate aufgeführt sind. Cadmium wird im menschlichen Organismus angereichert und kann langfristig u.a. Nierenschäden verursachen. Seine Aufnahme durch die Nahrung sollte deshalb möglichst gering gehalten werden. Obwohl Getreidekörner normalerweise wenig Cadmium enthalten, trägt ihre Verwendung als Grundnahrungsmittel in der Schweiz etwa zu einem Viertel der Zufuhr an Cadmium bei. Es ist deshalb naheliegend, dass bei der Untersuchung von Pflanzenproben im Gebiet Blauen/Nenzlingen mehrheitlich Weizenkörner analysiert wurden. So fanden *Wenk et al. (2)*, dass bei 17 von 39 Weizenproben der Toleranzwert von Cadmium gemäss eidgenössischer Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV) (4) überschritten war. Wird ein Toleranzwert überschritten, so gilt ein Lebensmittel als verunreinigt oder sonst im Wert vermindert. Bei zwei Proben war der Cadmiumgehalt sogar höher als der Grenzwert gemäss FIV. Wird ein Grenzwert überschritten, gilt ein Lebensmittel für die menschliche Ernährung als ungeeignet.

In Anbetracht dessen, dass das Gebiet Blauen/Nenzlingen intensiv landwirtschaftlich genutzt wird, und dass der Anbau von Weizen aus klimatischer und ökonomischer Sicht ein wichtiger Produktionszweig für die Gegend ist, kommt dem Gesagten eine besondere Bedeutung zu. Zwar wird eine unmittelbare Gefährdung für den Menschen unter den gegebenen Bedingungen ausgeschlossen, da das Getreide an den Sammelstellen mit solchem aus unbelasteten Regionen vermischt wird (2). Es ergibt sich aber aus Bodenschutz- und langfristigen Gesundheitsüberlegungen ein Handlungsbedarf.

Eine schon von *Wenk et al.* (2) diskutierte Massnahme könnte bei der Wahl der Weizensorten liegen. So tendierte der Cadmiumgehalt einer Weizenmischprobe der Sorten Arina und Tamaro zu höheren Werten, wenn der Anteil Tamaro im Gemisch höher war. Aus der Literatur ist z.B. bekannt, dass die Sorte Arina ihrerseits mehr Cadmium akkumuliert als die Sorte Galaxie (5). Die Sortenwahl ist zudem auch eine wirtschaftliche Frage. Inlandweizen, welcher derzeit noch als Brotgetreide vom Bund übernommen wird, wird bekanntlich in Preisklassen eingeteilt. Dabei werden mit Sorten der Klasse I höhere Preise erzielt als mit Sorten der Klasse II. Der Landwirt ist also normalerweise daran interessiert, Weizen der Klasse I anbieten zu können.

In einem Anbauversuch im betroffenen Gebiet sollte deshalb geprüft werden, wie sich verschiedene Weizensorten hinsichtlich der Anreicherung von Cadmium in den Körnern verhalten. Dabei sollten neben Sorten der Klasse I auch solche der Klasse II verwendet werden. Im Idealfall könnten daraus Anbauempfehlungen für die Landwirte abgeleitet werden. Eine Sortenänderung ist in der Regel wirtschaftlich eher tragbar als beispielsweise die Umstellung auf Futterpflanzen.

Material und Methoden

Versuchsanlage

Als Versuchsfläche stand eine annähernd rechteckige Parzelle von 180 m Länge und 76 m Breite auf 460 m ü. M. südöstlich der Ortschaft Nenzlingen zur Verfügung. Die Längsachse des Grundstücks verläuft ungefähr von Südosten nach Nordwesten, in welche Richtung auch eine leichte Neigung vorliegt. Eine etwas stärkere Neigung erfolgt von Nordosten nach Südwesten. Die Parzelle war zum Versuchszeitpunkt ringsum von Grasland umgeben. Am nord- und südöstlichen Rand folgt darauf ein durchgehender Laubwald (Abstand zur Parzelle mindestens 25 bzw. 15 m). Der Boden ist ein Lehmboden mit 3,3 % Humus, 27 % Ton, 53 % Schluff und 20% Sand. Der mittlere pH(H₂O)-Wert lag zu Versuchsbeginn bei 7,6; der pH(CaCl₂)-Wert bei 6,6. Die Parzelle trug seit drei Jahren Kunstwiese UFA 330. Für den Anbauversuch wurden in der nordöstlichen Hälfte des Grundstücks nur 106 in von den insgesamt 180 m, welche in Längsrichtung zur Verfügung standen, mit Weizen angebaut. Der nordwestliche Teil dieser Hälfte blieb Grasland, da er für Getreideanbau zu steinig ist. Die südwestliche Hälfte der Parzelle hingegen wurde in ihrer ganzen Länge genutzt.

Acht Winterweizensorten wurden unmittelbar nebeneinander in je 5 m breiten Längsstreifen auf der Versuchsfläche ausgesät, und zwar vier Sorten nordöstlich und vier Sorten südwestlich der Mitte. Aufgrund der erwähnten Geometrie der Versuchsparzelle ergaben sich daraus für die vier nordöstlichen Sorten eine Anbaufläche von je ca. fünf Aren, für die vier südwestlichen Sorten eine solche von ca. neun Aren. Es wurden fünf Sorten Winterweizen der Klasse I (Arina, Lona, Runal, Tamaro, Titlis) und drei Sorten der Klasse II (Boval, Danis, Galaxie) gewählt. Letztere wurden bewusst nebeneinander im nördlichen Teil angesät. Von Norden nach Süden ergab sich damit nachstehende Reihenfolge: Galaxie, Boval, Danis, Arina (je 5 a); Lona, Runal, Tamaro, Titlis (je 9 a). Der verbleibende nördliche Teil der Versuchsfläche wurde mit Galaxie aufgefüllt, der verbleibende südliche Teil mit Titlis. Die Saatgutmenge betrug 2 kg/a, bei Tamaro 2,5 kg/a. Die Aussaat erfolgte am 10. Oktober 1997, die Probenahme am 28. und 29. Juli 1998. Die unmittelbar nach der Probenahme geplante Ernte der gesamten Versuchsfläche musste aus Witterungsgründen (Regen) auf den 6. August 1998 verschoben werden. Die Kulturmassnahmen erfolgten aufgrund von Bodenanalysen vom September 1997 und gemäss den geltenden Weisungen der integrierten Pflanzenproduktion, also im praxisüblichen Rahmen.

Probenahme

Zehn Meter vom nordwestlichen Rand der langen Parzellenstreifen her beginnend wurde alle 20 m eine Probefläche von ca. 5 m Länge und 1,5 m Breite am südwestlichen Rand

der Streifen ausgesondert. Daraus wurden je 400 - 500 g Ähren entnommen. Danach wurden von den gleichen Flächen mit einem Stechbohrer von 30 mm Durchmesser je sechs gleichmässig verteilte Einstiche in den Boden gemacht und zu einer Mischprobe pro Fläche vereinigt. Vier zusätzliche Proben wurden am südwestlichen Rand der Versuchsparzelle genommen, also aus jenem Teil, wo die Versuchsfläche mit Titlis aufgefüllt worden war. Die Probeflächen lagen dabei 10, 70, 110 und 150 m vom nordwestlichen Parzellenrand entfernt.

Bestimmung von Cadmium

Die Aufbereitung der Boden- und Pflanzenproben sowie die Bestimmung und die Qualitätssicherung der Analysen des Cadmiums erfolgten wie bei *Wenk et al. (2)* beschrieben. In der vorliegenden Arbeit wurde im Boden nur der Cadmiumtotalgehalt gemäss der Definition nach VBBo (3) gemessen. Die Bestimmung erfolgte entsprechend aus dem c (HNO₃) = 2 mol/l-Extrakt mittels Graphitrohr-AAS mit Zeeman-Untergrundkompensation.

Die (entspelzten) Körnerproben wurden nach dem Mahlen im Mikrowellenofen in Quarzgefässen mit HNO₃ sowie H₂O₂ aufgeschlossen und das Cadmium mittels Graphitrohr-AAS mit Zeeman-Untergrundkompensation mit Pd(NO₃)₂/Mg(NO₃)₂ als Modifizier gemessen.

pH-Wert

Der pH-Wert der Bodenproben wurde im CaCl₂-Extrakt bestimmt (6).

Resultate und Diskussion

Bodenproben

Sämtliche 60 Bodenproben wiesen Cadmiumgehalte auf, welche höher waren als der Richtwert nach VBBo (3) von 0,8 mg/kg TM. Der niedrigste Gehalt lag rund 70 % über dem Richtwert. Mehr als die Hälfte der Proben hatten einen Cadmiumgehalt, der über dem doppelten Richtwert lag. Sind in einem Gebiet Richtwerte überschritten, so sind die Kantone gemäss VBBo als Vollzugsbehörde verpflichtet, die Ursachen der Belastung zu ermitteln. Sie müssen abklären, ob Massnahmen nach den bestehenden Vorschriften des Bundes im Umweltbereich genügen, um einen weiteren Anstieg der Belastung zu verhindern. Allenfalls sind weitergehende Massnahmen anzuordnen.

Bei einem Sechstel der Bodenproben war der neu eingeführte Prüfwert von 2,0 mg/kg TM für Nahrungs- und Futterpflanzenanbau nach VBBo (3) geringfügig überschritten. Sind in einem Gebiet Prüfwerte überschritten, muss von der Vollzugsbehörde geprüft werden, ob die Belastung des Bodens Menschen, Tiere oder Pflanzen konkret gefährdet. Wird eine konkrete Gefährdung festgestellt, muss die Nutzung des Bodens so weit eingeschränkt werden, dass die Gefährdung nicht mehr besteht.

Tabelle 1 fasst die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen zusammen. Die räumliche Verteilung sowohl der Cadmiumgehalte als auch der pH(CaCl₂)-Werte auf der Versuchsfläche war nicht regelmässig. Die höchsten Cadmiumgehalte traten eher in der östlichen Hälfte und dort gegen Nordosten zu auf, während die tiefsten pH-Werte im mittleren Drittel der Fläche gemessen wurden. Der Variationskoeffizient für den Cadmiumgehalt der Gesamtfläche betrug 14,3 %, derjenige für den pH-Wert 5 %.

Tabelle 1
Ergebnisse der Bodenproben

<i>Parameter</i>	<i>Cd total (mg/kg TM)</i>	<i>pH-Wert (in CaCl₂)</i>
Anzahl	60	60
Min.-Max.	1,37–2,16	6,1–7,4
arithm. Mittel	1,70	6,7
Median	1,66	6,7
80%-Bereich	1,44–2,10	6,4–7,2
Anzahl > RW	60 (100%)	–
Anzahl > 2 × RW	33 (55%)	–
Anzahl > PW	10 (17%)	–

RW = Richtwert nach VBBo (0,8 mg/kg TM Boden)
PW = Prüfwert nach VBBo (2 mg/kg TM Boden)

Pflanzenproben

Die eidgenössische Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV) (4) legt die Höchstkonzentrationen von Cadmium in Getreidekörnern bezogen auf das frische Produkt (Frischmasse, FM) fest. Im Gegensatz dazu werden in der landwirtschaftlichen Forschung Stoffkonzentrationen auf die Trockenmasse (TM) bezogen. Der Toleranzwert für Cadmium in Weizenkörnern beträgt 0,1 mg Cd/kg FM, der Grenzwert 0,3 mg Cd/kg FM. In Anlehnung an *Wenk et al.* (2) wird in der vorliegenden Arbeit ein auf die Trockenmasse umgerechneter Toleranzwert von 0,115 mg Cd/kg TM und ein Grenzwert von 0,345 mg Cd/kg TM zu Grunde gelegt. Dabei geht man davon aus, dass das frische Produkt 13 % Wasser enthielt.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Weizenproben dargestellt, während Abbildung 1 die Häufigkeitsverteilung der Cadmiumgehalte in den Körnern illustriert. Bei zwei Dritteln der Proben wurde der Toleranzwert nach FIV überschritten (Tabelle 2). Der Grenzwert wurde jedoch nicht erreicht; der höchste gemessene Cadmiumgehalt in den Körnern betrug ca. 75 % des Grenzwertes. Der Median des Cadmiumgehalts derjenigen Proben, welche den Toleranzwert nicht überschritten, lag mit 0,103 mg Cd/kg TM deutlich über dem früher für das übrige Baselbiet (ohne «hot spots») für Weizen gefundenen Wert von 0,048 mg Cd/kg TM (2). Der Median aller Proben war mit 0,141 mg Cd/kg TM im vorliegenden Versuch rund 40% höher als der Wert für Winterweizen, welcher von *Wenk et al.* (2) im ganzen Gebiet Blauen/Nenzlingen beschrieben worden war. Der Variationskoeffizient aller Proben betrug 31 %. Er ist vergleichbar mit den Variationskoeffizienten für Cadmiumgehalte in Weizenkörnern der Sorte Arina, welche von Quinche (7) an verschiedenen Standorten der Westschweiz ermittelt worden sind.

Sortenunterschiede: Boden

Es war Ziel dieser Arbeit, Weizensorten aus dem bestehenden Sortiment zu finden, welche unter den gegebenen Bedingungen möglichst wenig Cadmium in den Körnern anreichern. Aus praktischen und ökonomischen Gründen war es leider nicht möglich, die Versuchsanordnung gemäss klassischen statistischen Kriterien (Randomisierung, optimale Verteilung der Probenahmeflächen, gleiche Probenanzahl usw.) durchzuführen. Eine statistische Auswertung kann trotzdem gemacht werden und als erste Annäherung dienen.

Da wie schon erwähnt eine gewisse Unregelmässigkeit in der Verteilung der Bodenkennwerte Cadmiumtotalgehalt und pH-Wert über die Gesamtversuchsfläche festgestellt worden war, lag es nahe zu prüfen, ob zwischen den Versuchsstreifen der einzelnen Weizensorten signifikante Unterschiede dieser Bodeneigenschaften vorhanden sind, was einen Vergleich der Cadmiumgehalte in den Weizenkörnern erschweren würde. Die Varianzanalyse ergab, dass in Bezug auf den pH-Wert des Bodens keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sortenparzellen existierten. Hingegen wurden beim Cadmiumtotalgehalt des Bodens signifikante Unterschiede festgestellt (Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$). Tabelle 3 gibt die Bodenkennwerte nach Sortenparzellen berechnet wieder. Die Ermittlung der Signifikanz von Unterschieden zwischen den Längsstreifen erfolgte nach der Methode des kleinsten signifikanten Bereiches (shortest significant range) nach *Parker* (8). Dabei wurde zur Berechnung des Standardfehlers des Verfahrensmittelwertes in erster Annäherung eine konstante Anzahl von fünf Wiederholungen angenommen.

Wie Tabelle 3 zeigt, sind vor allem die Cadmiumgehalte des Bodens zwischen den Parzellen der Sorten Danis und Titlis unterschiedlich. Zwischen den anderen Parzellen sind die Unterschiede statistisch gesehen überlappend, was durch die vorhandene Streuung der Daten zu erklären ist. Die höchsten mittleren Cadmiumgehalte im Boden kommen bei den drei Sorten der Klasse II, Galaxie, Danis und Boval, vor. Acht von den zehn Bodenproben, welche den Prüfwert nach VBBo (3) überschreiten, stammen aus diesen drei Parzellen. Dies wird bei der Interpretation der Cadmiumgehalte in den Körnern zu berücksichtigen sein.

Tabelle 2
Ergebnisse der Pflanzenproben

Parameter	Cd in Körnern (mg/kg TM)
Anzahl	60
Min.–Max.	0,086–0,257
arithm. Mittel	0,15
Median	0,141
80 %-Bereich	0,101–0,208
Anzahl > TW	41 (68 %)
Anzahl > GW	0

TW = Toleranzwert nach FIV (0,1 mg/kg FM; hier: 0,115 mg/kg TM)

GW = Grenzwert nach FIV (0,3 mg/kg FM; hier: 0,345 mg/kg TM)

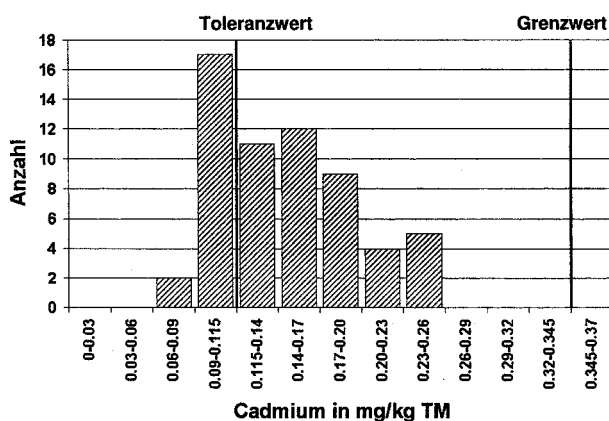


Abbildung 1 Häufigkeitsverteilung von Cadmium in Weizenkörnern
(alle 8 Sorten)

Sortenunterschiede: Weizen

Der niedrigste Cadmiumgehalt in den Weizenkörnern wurde bei der Sorte Titlis gefunden (Tabelle 4). Diese Sorte war auch die einzige, bei welcher der Mittelwert noch unterhalb des Toleranzwertes nach FIV lag (auf die TM bezogen). Lediglich zwei Einzelproben von Titlis überschritten diesen Wert. Die höchsten Cadmiumgehalte wiesen die Sorten Galaxie und Arina auf. Dies steht im Widerspruch zu früher (2) aus der Literatur zitierten Angaben, wonach Arina mehr Cadmium akkumulieren soll als Galaxie. Auch wurde Galaxie damals als Sorte mit eher geringer Cadmiumaufnahme eingestuft; diese Ansicht muss aufgrund der vorliegenden Arbeit revidiert werden. Die Vermutung, dass Tamaro mehr Cadmium aufnimmt als Arina (2), konnte nicht bestätigt werden.

Ein Vergleich der Cadmiumtotalgehalte im Boden in Tabelle 3 mit dem Cadmiumgehalt in den Körnern (Tabelle 4) zeigt, dass die höchsten Gehalte in den Körnern nicht zwingend auch bei den höchsten Bodenkonzentrationen auftraten. Zwar wurde zwischen dem Cadmiumgehalt des Bodens und demjenigen in den Körnern - über alle Versuchsdaten gerechnet - eine signifikante Korrelation gefunden ($r = 0,67$ bei 58 Freiheitsgraden), doch lassen sich daraus noch keine sicheren Voraussagen - beispielsweise über das Überschreiten des Toleranzwertes in einzelnen Proben - machen. Dies wurde auch schon von *Wenk et al.* (2) für das Gebiet Blauen/Nenzlingen festgestellt.

Um eine bessere Vergleichbarkeit der Cadmiumaufnahme der einzelnen Weizensorten zu erreichen, wurde der auch aus der Literatur bekannte Transferkoeffizient berechnet (vgl. Tabelle 4). Bei nicht allzu grossen Unterschieden im Cadmiumtotalgehalt des Bodens und unter sonst gleichen Bedingungen kann er als Mass für das Anreicherungsvermögen von Cadmium in den Körnern der Sorten betrachtet werden, da er in schwächerem Masse vom

Cadmiumtotalgehalt des Bodens abhängig ist (Korrelationskoeffizient $r = 0,26$ bei 58 Freiheitsgraden). Das höchste Anreicherungsvermögen hätten demnach die Sorten Galaxie, Arina und Runal, das niedrigste Lona, Danis und Titlis, während Tamaro und Boval dazwischen liegen (Tabelle 4).

Tabelle 3
Bodenkennwerte der einzelnen Parzellen (Weizensorten) in aufsteigender Reihenfolge

<i>Cd total</i> (mg/kg TM)					<i>pH-Wert</i> (in CaCl ₂)				
<i>n</i>	<i>arithm. Mittel</i>	<i>Standardabw.</i>	<i>Sorte</i>	<i>Signifikanz</i> ¹	<i>n</i>	<i>arithm. Mittel</i>	<i>Standardabw.</i>	<i>Sorte</i>	<i>Signifikanz</i> ¹
13	1,58	0,153	Titlis	a	5	6,5	0,08	Arina	a
9	1,59	0,174	Tamaro	ab	5	6,5	0,15	Danis	a
9	1,61	0,187	Runal	abc	5	6,6	0,28	Boval	a
9	1,66	0,247	Lona	abc	5	6,6	0,27	Galaxie	a
5	1,77	0,227	Arina	abc	13	6,7	0,33	Titlis	a
5	1,92	0,255	Boval	bc	9	6,8	0,34	Tamaro	a
5	1,92	0,274	Galaxie	bc	9	6,8	0,39	Runal	a
5	1,95	0,232	Danis	c	9	6,9	0,43	Lona	a

¹ Die Parzellenmittelwerte von Sorten, welche – vertikal gesehen – nicht mit gleichen Buchstaben versehen sind, unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$)

Tabelle 4
Cadmiumgehalt in den Körnern von acht Weizensorten und Transferkoeffizient jeweils in aufsteigender Reihenfolge

<i>Cd</i> (mg/kg TM)					<i>Transferkoeffizient</i> (Verhältnis Cd Körner zu Cd Boden, je mg/kg TM)				
<i>n</i>	<i>arithm. Mittel</i>	<i>Standardabw.</i>	<i>Sorte</i>	<i>Signifikanz</i> ¹	<i>n</i>	<i>arithm. Mittel</i>	<i>Standardabw.</i>	<i>Sorte</i>	<i>Signifikanz</i> ¹
13	0,105	0,0127	Titlis	a	13	0,0671	0,0100	Titlis	a
9	0,130	0,0274	Lona	ab	5	0,0770	0,0085	Danis	ab
9	0,147	0,0261	Tamaro	abc	9	0,0780	0,0108	Lona	ab
5	0,151	0,0325	Danis	abc	5	0,0830	0,0230	Boval	ab
5	0,163	0,0609	Boval	bc	9	0,0917	0,0090	Tamaro	bc
9	0,165	0,0386	Runal	bc	9	0,1014	0,0176	Runal	cd
5	0,194	0,0471	Arina	cd	5	0,1087	0,0153	Arina	cd
5	0,222	0,0350	Galaxie	d	5	0,1161	0,0138	Galaxie	d

¹ Die Mittelwerte von Sorten, welche – vertikal gesehen – nicht mit gleichen Buchstaben versehen sind, unterscheiden sich signifikant voneinander ($p < 0,05$)

Schlussfolgerungen

Eine Versuchsanordnung nach klassischen Kriterien hätte vermutlich eine schärfere statistische Abgrenzung zwischen den Sorten erbracht. Trotzdem ist es möglich, aufgrund der Ergebnisse in Tabelle 4, und dabei namentlich des Transferkoeffizienten, Anbauempfehlungen für die betroffenen Landwirte im Gebiet Blauen/Nenzlingen abzuleiten. Konkret bedeutet dies, dass die Sorten Titlis, Danis und Lona bevorzugt angebaut werden sollten. Der Erfolg dieser Empfehlung müsste aber in nächster Zukunft überprüft werden, und zwar aus zwei Gründen:

1. Der Transferkoeffizient ist wie schon erwähnt teilweise abhängig vom Cadmiumgehalt des Bodens. Bei stark abweichenden Gehalten können deshalb Änderungen des Aufnahmeverhaltens bei den Sorten nicht ausgeschlossen werden. Über die Grössenordnung solcher Änderungen ist nichts bekannt.
2. Der vorliegende Versuch wurde unter den klimatischen Bedingungen hauptsächlich des Jahres 1998 durchgeführt. In mindestens zwei Arbeiten konnte bisher gezeigt werden, dass die Cadmiumaufnahme durch Pflanzen von der Temperatur abhängig ist (9, 10). Ebenso wurde auf den Einfluss der pflanzlichen Transpirationsintensität (9, 11) und der pflanzlichen Anatomie (11) bezüglich Aufnahme und Verteilung von Cadmium in Pflanzen und Pflanzenorganen hingewiesen. Es ist nicht bekannt, wie stark solche Faktoren die Cadmiumaufnahme in die Körner bei den untersuchten Weizensorten beeinflussen, oder ob es vielleicht sogar gerade diese Faktoren sind, welche vorwiegend das unterschiedliche Verhalten der Sorten bewirken.

Dank

Die Autoren danken den Herren *Franz Staub (-Oser) und Patrick Staub*, Landwirte in Nenzlingen, für das zur Verfügungstellen der Versuchsfläche und die wunschgemässe Durchführung der Feldarbeiten sowie Herrn Dr. *Heinz Häni* (ehemals IUL, Liebefeld-Bern) für die beratenden Diskussionen bei der Versuchsplanung.

Zusammenfassung

Frühere Untersuchungen in dem vorwiegend geogen mit Cadmium belasteten Gebiet Blauen/Nenzlingen hatten gezeigt, dass der schweizerische Toleranzwert für Cadmium in Getreide (0,1 mg/kg) oft überschritten wurde. In einem Anbauversuch in Nenzlingen wurden deshalb acht Winterweizensorten (fünf Sorten der Klasse I und drei Sorten der Klasse II) hinsichtlich der Cadmiumaufnahme in die Körner untersucht. Der Cadmiumgehalt des Bodens der Versuchsfläche war dabei höher als der schweizerische Richtwert für den Totalgehalt von Cadmium im Boden (0,8 mg/kg). Von den Körnerproben wiesen in der Folge zwei Drittel Cadmiumgehalte auf, die über dem Toleranzwert lagen. Bezogen auf das Verhältnis Cadmiumgehalt in den Körnern zu Cadmiumgehalt im Boden (Transferkoeffizient) nahm das Aufnahmevermögen der Weizensorten in folgender Reihenfolge ab: Galaxie, Arina, Runal, Tamaro, Boval, Lona, Danis, Titlis. Aufgrund dieser Ergebnisse kann den betroffenen Landwirten empfohlen werden, die Sorten Titlis, Danis und Lona beim Anbau zu bevorzugen. Der Erfolg dieser Empfehlung in der Praxis sollte allerdings kritisch überprüft werden.

Literatur

- 1 Genolet, F. et Dubois, J.-P.: Etude de la teneur en cadmium dans les sols de la région de Blauen-Nenzlingen (Canton de Bâle-Campagne). Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, IATE-Pédologie et Amt für Umweltschutz und Energie, Lausanne et Liestal, 1996.
- 2 Wenk, P., Bono, R., Dubois, J.-P. und Genolet, F.: Cadmium in Böden und Getreide im Gebiet Blauen/Nenzlingen, Basel-Landschaft. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 88, 570-592 (1997).
- 3 Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV), SR 817.021.23.Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1995.
- 5 Diserens, E.: Teneurs en cadmium dans les parties comestibles des plantes cultivées: une étude bibliographique. In: Coullery, P., Diserens, E., Neyroud, J.-A. et Quinche, J.-P., Documents environnement No 58, Sol, sols pollués - métaux lourds et plantes bioindicatrices, p. 13-74. Office fédéral de l'environnement, des forêt et du paysage (OFEFP), Berne 1996.
- 6 Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarkulturchemie und Umwelthygiene: Methoden für Bodenuntersuchungen. Liebefeld-Bern 1989.
- 7 Quinche, J.-P.: Le cadmium des grains de céréales cultivées en Suisse romande et au Tessin. Revue suisse Agric.27, 23-27 (1995).
- 8 Parker, R.E.: Introductory statistics for biology.-2nd ed., Institute of Biology, Studies in biology, no.43. Edward Arnold (Publishers) Ltd., London 1979.
- 9 Frossard, R.: Contaminant uptake by plants. In: Schulin, R., Desaulles, A., Webster, R. and von Steiger, B., Soil monitoring: early detection and surveying of soil contamination and degradation, p. 157-178. Birkhäuser Verlag, Basel 1993.
- 10 Hooda, P.S. an Alloway, B.J.: Effects of time and temperature on the bioavailability of Cd an Pb from sludge-amended soils. J. Soil Science 44, 97-110 (1993).
- 11 Stadelmann, F.X. und Frossard, R.: Schwermetalle in den Kulturpflanzenproduktion zum 25-jährigen Jubiläum der Schweizerischen Ingenieurschule für Landwirtschaft, Zollikofen 1992

Korrespondenzadresse: Roger Frossard, Bundesamt für Landwirtschaft, Mattenhofstrasse 5, CH-3003 Bern