Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 80 (1989)

Heft: 3

Artikel: Monitoring-Programm "Schwermetalle in Lebensmitteln". Teil III, Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Mahlprodukten (Mehl und Kleie) = Monitoring programme heavy metals in food. Part III, Lead, cadmium, copper and zinc in cereal products (flours and bran)

Autor: Knutti, R. / Andrey, D. / Beuggert, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-983610

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **80**, 363–386 (1989)
Eingegangen 4. Juli 1989. Angenommen 11. Juli 1989

Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln»

III. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Mahlprodukten (Mehl und Kleie)

Monitoring Programme Heavy Metals in Food
III. Lead, Cadmium, Copper and Zinc in Cereal Products (Flours and Bran)

R. Knutti[1], *D. Andrey*[2], *H. Beuggert*[3], *M. Erard*[4], *H. Guggisberg*[5], *E. Wirz*[6] und *B. Zimmerli*[4]

Einleitung

Lebensmittel aus vermahlenen und geschroteten Getreidekörnern (= Mahlprodukte) bilden immer noch einen wichtigen Grundpfeiler unserer Ernährung, auch wenn in der Schweiz der Verzehr von Brotgetreide im Zeitraum von 1921 bis 1980 um 35% abgenommen hat: im Mittel nehmen wir mit diesem Grundnahrungsmittel je 40% der Kohlenhydrate und Nahrungsfasern und je 20–25% der Proteine und des Energiegehaltes, dafür aber nur ca. 4% des täglich konsumierten Fettes ein (1–4).

Getreideprodukte sind aber auch eine wichtige Quelle für einige Mineralstoffe: Phosphor und Schwefel führen wir zu etwa 20–25%, Mg zu etwa 30%, K und Ca hingegen nur zu etwa 12 bzw. 3% mit Getreideprodukten zu. Es ist somit zu erwarten – und durch entsprechende Untersuchungen gezeigt worden –, dass Getreideprodukte für einen beträchtlichen Anteil an der Zufuhr sowohl von essentiellen wie auch von toxikologisch unerwünschten Spurenelementen verantwortlich sind (5–8).

Schwermetalle sind in der Getreidepflanze und im besonderen auch im Getreidekorn recht inhomogen verteilt (9–11). So kann z. B. die Cadmiumkonzentration innerhalb eines Weizenkornes um einen Faktor 15–20 variieren. Die höchsten Konzentrationen findet man im Weizenkeim und in der Kleie, die geringsten im ausgemahlenen Mehl. Ähnliche, wenn auch etwas weniger ausgeprägte Verhältnisse findet man auch für andere Elemente, wie z. B. Blei, Kupfer, Nikkel und Zink. Der Spurenelementgehalt von Getreideprodukten hängt des-

[1] Institut für Toxikologie, ETH und Universität Zürich, Schwerzenbach
[2] Laboratorium der Urkantone, Brunnen
[3] Kantonales Laboratorium Zürich, Zürich
[4] Bundesamt für Gesundheitswesen, Abt. Lebensmittelkontrolle, Bern
[5] Kantonales Laboratorium Thurgau, Frauenfeld
[6] Kantonales Laboratorium Solothurn, Solothurn

halb nicht nur vom Gehalt im Ausgangsmaterial ab, sondern wird zu einem grossen Ausmass auch durch den Verarbeitungsprozess bestimmt. Dabei ist zu bedenken, dass durch den Mahlprozess sowohl verschiedene toxische Schwermetalle als auch gleichzeitig die Gehalte essentieller Spurenelemente stark reduziert werden können (12). Unsere Bemühungen um eine Verminderung der Zufuhr potentiell gesundheitsgefährdender Stoffe, wie Blei und Cadmium, dürfen deshalb nicht so weit gehen, dass daraus eine suboptimale oder gar mangelhafte Versorgung mit essentiellen Spurenelementen resultiert (13). Dies trifft um so mehr zu, als bedingt durch die heutige Lebensweise der Bedarf an mit der Nahrung zugeführten Energiestoffen abgenommen hat und somit auch die aus gesundheitlichen Gründen empfohlene tägliche Nahrungsmenge geringer geworden ist.

Trotz des beträchtlichen Aufwandes, mit welchem in der Schweiz Schwermetallgehalte in Nahrungsmitteln bestimmt werden, sind wir noch immer relativ schlecht orientiert über die tatsächliche Zufuhr dieser Stoffe durch den Verzehr von Getreideprodukten und anderen Grundnahrungsmitteln (14, 15). Dies liegt u. a. daran, dass die in den für die Lebensmittelkontrolle zuständigen kantonalen Laboratorien durchgeführten Analysen vorwiegend der Überwachung lebensmittelrechtlicher Normen dienen. Untersucht werden vor allem Lebensmittel, von denen vermutet wird, dass sie erhöhte Gehalte aufweisen (16–20). Die Normalgehalte von Schwermetallen in den Grundnahrungsmitteln liegen im allgemeinen deutlich tiefer und ihre Bestimmung stellt deshalb auch höhere Anforderungen an die Analytik. Da die Schwermetallgehalte, insbesondere von pflanzlichen Nahrungsmitteln, sowohl von der geographisch unterschiedlichen natürlichen geologischen Situation als auch von der Belastung durch industrielle Emittenten abhängen, kann die Zufuhr von Schwermetallen mit der Nahrung auch nicht ohne weiteres von entsprechenden ausländischen Untersuchungen (21–25) auf schweizerische Verhältnisse übertragen werden.

In der vorliegenden, im Rahmen des schweizerischen Monitoring-Programmes «Schwermetalle in Lebensmitteln» (26, 27) durchgeführten Studie wurden in repräsentativen Stichproben verschiedener Mahlprodukte aus Weizen und Roggen die Gehalte an Blei, Cadmium, Kupfer und Zink bestimmt. Die erarbeiteten Daten sollen einen Überblick über die heutige Situation in der gesamten Schweiz geben und den Vergleich mit entsprechenden ausländischen Untersuchungen ermöglichen. Im weiteren sollen sie als Grundlage zur Festlegung von Richtwerten für die im Rahmen der Lebensmittelkontrolle zu beurteilenden Schwermetallgehalte von Lebensmitteln dienen und den Vergleich mit routinemässig erfassten Analysendaten und späteren Folgeuntersuchungen ermöglichen. Um die bei Analysen im Ultraspurenbereich besonders häufig auftretenden systematischen Fehler (28, 29) zu verhindern oder als solche erkennen zu können, wurde der analytischen Qualitätskontrolle grosse Beachtung geschenkt (26). Auf die Bestimmung der Gehalte weiterer Elemente in den untersuchten Mehl- und Kleieproben, wie z. B. Se, wurde mangels analytischer Erfahrung sowie verfügbarer Analysenkapazität in dieser Untersuchung bewusst verzichtet.

Material und Methoden

Analysenmethoden

Die Mehlproben der gesamtschweizerischen Erhebung wurden in insgesamt sechs Laboratorien analysiert. Vorversuche hatten gezeigt, dass bereits scheinbar so geringe Unterschiede wie der unterschiedliche Ausmahlungsgrad eines Mehles den Analysengang stark beeinflussen können. Die Proben wurden deshalb wie folgt auf die beteiligten Laboratorien verteilt: Fünf Laboratorien (A–E) analysierten je eine Mehlart, während das sechste (Labor K) zur Kontrolle der Übereinstimmung der Resultate stichprobenweise einen Teil aller Probenarten untersuchte. Abgesehen von Richtlinien zur Verhinderung von Kontaminationen und zum Einsatz von Qualitätskontrollmassnahmen setzte jedes Labor seine in der Routine bewährte Analysenmethodik ein (Tabelle 1). Da vor allem die Verteilung der untersuchten Elementgehalte und weniger die Zuordnung auf die einzelne Mehlprobe von Interesse war, wurden möglichst viele Proben, diese im allgemeinen aber nur einmal analysiert.

Tabelle 1. Übersicht über die verwendeten analytischen Methoden

Labor	Mehlart	Einwaage	Probenvorbereitung	Bestimmungsmethode
A	Weizenmehl weiss	1 g	HNO_3 Aufschluss mit Büchi 445[a)]	Graphitofen-AAS (Pb, Cd) Flammen-AAS (Zn, Cu)
B	Weizenmehl halbweiss	10–15 g	Extraktion mit HNO_3 anschl. HNO_3 Aufschluss mit Büchi 445[a)]	Inversvoltammetrie (DPASV)
C	Weizenmehl ruch, Pb, Cd Cu, Zn	5 g 0,5 g	Extraktion mit HNO_3 (30 Min., Siedetemp.) offener Aufschluss mit HNO_3	Flammen-AAS Graphitofen-AAS
D	Weizenkleie	1 g	offener Aufschluss mit HNO_3	Flammen-AAS (Zn, Cu) Graphitofen-AAS (Pb, Cd)
E	Roggenmehl hell/dunkel	2 g	offener Aufschluss mit HNO_3 anschl. Nachreinigung über Chelex 100	Inversvoltammetrie (DPASV)
K	alle Mehlarten	0,5 g	Druckaufschluss HNO_3	Graphitofen-AAS

[a)] Veraschungsapparatur Büchi 445, Büchi Laboratoriums-Technik, CH-9230 Flawil

Qualitätskontrolle

Die Richtigkeit der Resultate und damit auch die Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Laboratorien wurde durch ein ausgedehntes Qualitätskontrollprogramm abgesichert, welches innerhalb des einzelnen Labors u. a. die sorgfältige Bestimmung des Analysenblindwertes, die Mehrfachbestimmung ausgewählter Proben und die regelmässige Analyse von Kontrollproben umfasste. Dazu dienten vom Laboratorium für Lebensmittelchemie der Abteilung Lebensmittelkontrolle des Bundesamtes für Gesundheitswesen zur Verfügung gestellte Kontrollproben (26) sowie geeignete kommerziell erhältliche Referenzmaterialien mit zertifizierten Konzentrationsangaben. Als laborexterne Qualitätskontrollmassnahme wurden etwa 20% aller Proben in dem als Kontrollabor wirkenden Labor K analysiert.

Schliesslich wurden zu einem späteren Zeitpunkt noch Mischproben aus jeder der sechs untersuchten Mehlarten analysiert.

Probenerhebung

Insgesamt 328 Proben, aufgeteilt auf je ca. 70–80 Proben Weizenmehl weiss (mittlerer Aschegehalt ca. 0,45 %), Weizenmehl halbweiss (mittlerer Aschegehalt ca. 0,6 %), Weizenmehl ruch (mittlerer Aschegehalt ca. 1,0 %), Weizenkleie (mittlerer Aschegehalt ca. 6,5 %) sowie 30 Proben Roggenmehl* wurden im Zeitraum von Juni 1983 bis März 1984 im Auftrag des Bundesamtes für Gesundheitswesen durch die Eidgenössische Getreideverwaltung bei insgesamt 89 (von insgesamt etwa 150) schweizerischen Brotgetreidemühlen (Abb. 1) aus der laufenden Produktion erhoben. Später hergestellte Mischproben aus je etwa 20 Einzelmehlen dienten der oben beschriebenen analytischen Qualitätskontrolle.

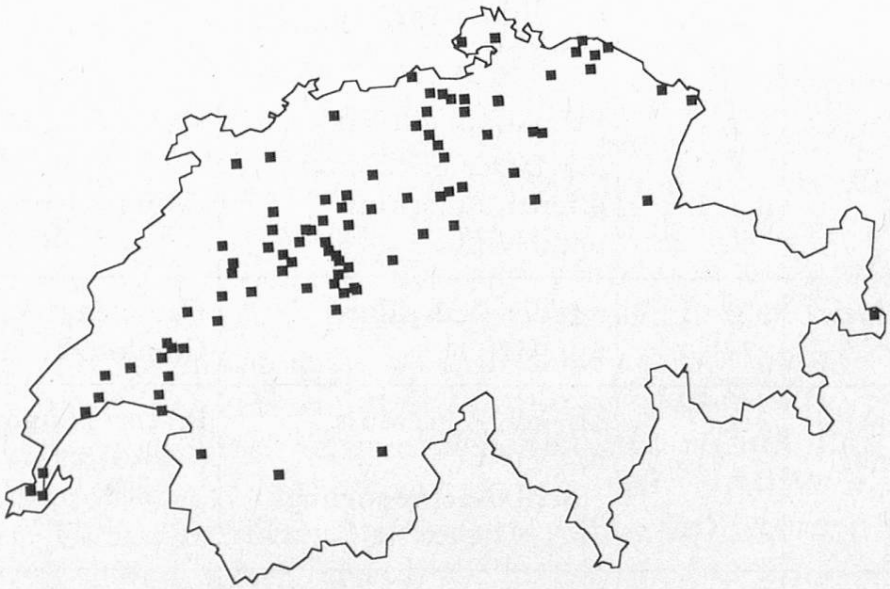

Abb. 1. Geographische Verteilung der 89 untersuchten Getreidemühlen

* Die Roggenmehlproben wurden nach ihrem optischen Aussehen als «hell» (mittlerer Aschegehalt ca. 0,75%) und «dunkel» (mittlerer Aschegehalt ca. 1,0%) klassiert.

Tabelle 2. Jahresumsätze der schweizerischen Brotgetreidemühlen (30)

Jahr	gemahlenes Brotgetreide (1000 t/Jahr)	Anteil CH-Produktion %
1951–59	395–440	
im Mittel	422	46 *
1960–70	438–487	
im Mittel	470	62
1971–80	442–478	
im Mittel	457	67
1981	456	75
1982	446	71
1983	464	64
1984	425	76
1985	437	79
1986	432	82
1987	456	81
1988	460	82

* Änderung der Vorschriften über den schweizerischen Anteil (Bundesgesetz über die Brotgetreideversorgung des Landes [Getreidegesetz] vom 20. März 1959)

Der von den Mühlen zu verarbeitende Inlandanteil an Weizenmehl wird von der Eidg. Getreideverwaltung jährlich aufgrund von Ernteschätzungen festgelegt. Die effektiv vermahlenen Anteile aus schweizerischer Produktion sind für die letzten Jahre in Tabelle 2 zusammengestellt. Roggenmehl stammt im wesentlichen aus schweizerischem Anbau.

Vor dem 1. Oktober 1983 erhobene Proben (60%) stammen aus der Ernte 1982, während unter den späteren Proben (40%) auch bereits solche aus der Ernte 1983 enthalten sein können.

Resultate

Qualitätskontrolle

Kontrollproben (laborintern)

Die in den verschiedenen Laboratorien eingesetzten Kontrollproben sind in Tabelle 3 mit ihren empfohlenen Konzentrationsbereichen bzw. den zertifizierten Konzentrationen aufgelistet. Für Cadmium, Kupfer und Zink zeigt sich eine recht gute Übereinstimmung der Labormittelwerte mit den Sollwertbereichen. Die Variationskoeffizienten innerhalb der einzelnen Laboratorien betragen 10–30% und die maximalen systematischen Abweichungen zwischen den Laboratorien sind kleiner als 25%. Etwas grössere Streuungen bzw. Abweichungen von den Sollwertbereichen zeigen sich bei den Bleiresultaten.

Tabelle 3. Qualitätskontrolle: Resultate der Kontrollproben (mittlere Konz. ± *s*, in Klammern: Anzahl Proben, n. a. = keine Angaben)

		Pb (ng/g)	Cd (ng/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)
BAG 3[1]	Soll	20 – 50	100 – 150	8 – 12	80 – 120
	Lab B	40 ± 9 (4)	128 ± 6 (5)	9,5 ± 0,5 (4)	105 ± 4 (5)
	Lab C	61 ± 13 (5)	152 ± 7 (5)	11,0 ± 0,8 (4)	103 ± 1 (5)
	Lab D	53 ± 13 (8)	142 ± 10 (9)	8,4 ± 0,9 (8)	89 ± 4 (9)
	Lab K	46 ± 18 (13)	160 ± 19 (12)	8,2 ± 1,5 (11)	101 ± 19 (13)
BAG 4[2]	Soll	20 – 40	20 – 30	2 – 3	7 – 10
	Lab A	22 ± 6 (4)	27 ± 1 (4)	2,6 ± 0,1 (4)	10,0 ± 1,0 (4)
	Lab B	25 ± 15 (11)	26 ± 2 (11)	2,4 ± 0,1 (10)	8,5 ± 1,0 (11)
	Lab K	23 ± 3 (12)	29 ± 3 (11)	2,1 ± 0,3 (11)	10,0 ± 3,0 (13)
NBS 1567[3]	Soll	n. a.	32 ± 7	2,0 ± 0,3	10,6 ± 1,0
	Lab A	23 ± 7 (4)	32 ± 5 (4)	2,0 ± 0,0 (4)	10,0 ± 0,0 (4)
NBS 1568[4]	Soll	45 ± 3	29 ± 4	2,2 ± 0,3	n. a.
	Lab D	39 ± 13 (13)	27 ± 4 (14)	2,0 ± 0,6 (5)	16 ± 4 (14)

[1] Weizen Nachmehl (26), [2] Weizen Weissmehl (26), [3] NBS SRM 1567 Wheat Flour, [4] NBS SRM 1568 Rice Flour

Laborexterne Vergleichsanalysen

Die Daten der Vergleichsanalysen sind in Abbildung 2 zusammengefasst. Für Cadmium, Kupfer und Zink lässt sich abschätzen, dass die systematischen Fehler der Laboratorien A–E weniger als 20–30% betragen. Die gegenüber den anderen Probenarten deutlich grössere Streuung der Kleieproben widerspiegelt vermutlich die geringere Homogenität dieses Probenmaterials.

Unbefriedigend ist die Übereinstimmung der Resultate für Blei. Dank dem breitangelegten Netz von Kontroll- und Vergleichsmessungen hatten sich Hinweise darauf ergeben, dass die vom Labor C bestimmte mittlere Bleikonzentration für Weizenmehl ruch deutlich zu hoch lag. Die darauf angestellte Überprüfung der Analytik zeigte tatsächlich, dass bisher unerkannte Blindwertbeiträge dafür verantwortlich waren. Die anschliessende nochmalige Analyse des noch vorhandenen Probenmateriales bestätigte diesen Sachverhalt. Aus diesen Gründen standen schliesslich auch nur eine relativ kleine Zahl zuverlässiger Bleikonzentrationen für Weizenmehl ruch zur Verfügung. Dass die Bestimmung von Blei in diesem Konzentrationsbereich grössere Schwierigkeiten bereitet, zeigten aber auch die Vergleichsanalysen der anderen Labors. Auch hier wurden für Blei zusätzlich zu der viel grösseren Streuung auch stärkere systematische Unterschiede sichtbar. Im Mittel liegen die Bleikonzentrationen der Laboratorien A–D für

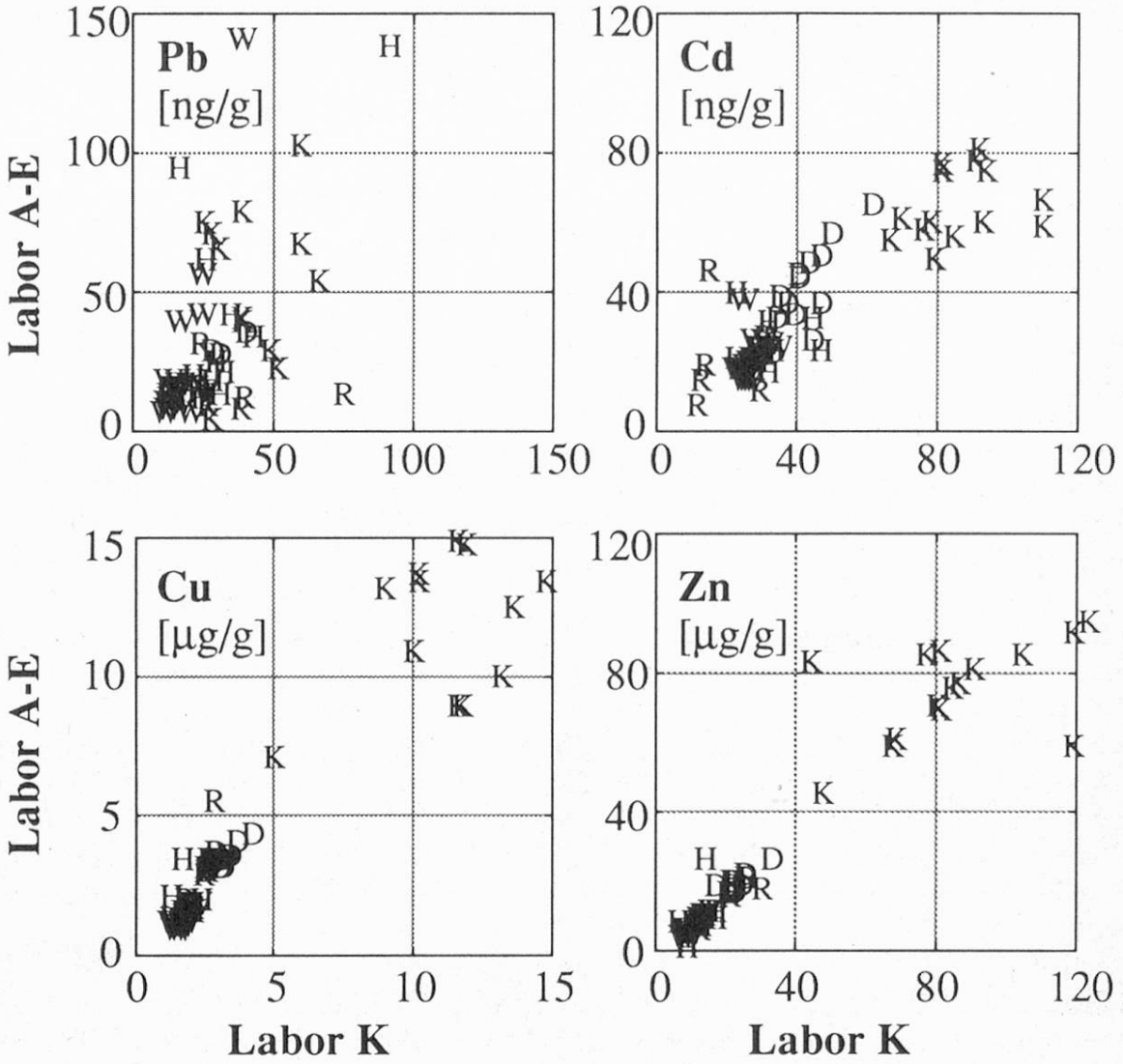

Abb. 2. Übereinstimmung der Vergleichsanalysen zwischen den Labors A–E (siehe Tabelle 1) und dem Kontroll-Labor K. W: Weizenmehl weiss, H: Weizenmehl halbweiss, D: Weizenmehl ruch, K: Weizenkleie, R: Roggenmehl

die Weizenmehle weiss, halbweiss und ruch sowie für Weizenkleie um einen Faktor 2 bis 3 über den entsprechenden Resultaten des Kontrollabors, während das Laboratorium E um einen Faktor 2 geringere Gehalte für Roggenmehl als das Kontrollabor bestimmt hat. Offenbar liegen die hier zu bestimmenden Bleikonzentrationen noch zu nahe an der praktisch erreichbaren Nachweisgrenze. Präzisere Konzentrationswerte für Einzelproben (d. h. etwa im Bereich von 10–20%) sind ohne beträchtlichen zusätzlichen analytischen Aufwand zurzeit vermutlich kaum erreichbar.

Mischproben

Die Resultate der im Labor K analysierten Mischproben stimmen mit den aus den entsprechenden Einzelproben berechneten Konzentrationswerten (Tabelle 4)

Tabelle 4. Qualitätskontrolle: Vergleich der Mischproben mit den Mittelwerten der Einzelproben
(in Klammern: Anzahl Proben, n. a. = keine Angaben)

	Pb (ng/g)	Cd (ng/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)
Weizenmehl weiss				
Mischprobe[1]	18	19	n. a.	6,0
Mischprobe[2]	16	26	1,5	5,9
alle Proben	22 (75)	19 (74)	1,2 (74)	5,6 (75)
in Mischproben enthaltene Proben	20 (20)	19 (20)	1,3 (20)	5,8 (20)
Weizenmehl halbweiss				
Mischprobe[1]	46	20	n. a.	10
Mischprobe[2]	36	32	1,9	10
alle Proben	24 (78)	22 (78)	1,6 (76)	8,7 (78)
in Mischproben enthaltene Proben	30 (20)	21 (20)	1,6 (20)	8,6 (20)
Weizenmehl ruch				
Mischprobe[1]	28	24	n. a.	18
Mischprobe[2]	32	30	3,2	20
alle Proben	19 (14)	36 (67)	3,3 (67)	18 (67)
in Mischproben enthaltene Proben	27 (3)	32 (20)	3,1 (20)	18 (20)
Weizenkleie				
Mischprobe[1]	58	72	n. a.	84
alle Proben	111 (76)	71 (78)	12 (78)	77 (78)
in Mischproben enthaltene Proben	132 (19)	69 (19)	12 (19)	78 (19)
Roggenmehl hell				
Mischprobe[1]	21	9	n. a.	13
alle Proben	13 (17)	19 (17)	1,7 (16)	7,9 (17)
in Mischproben enthaltene Proben	14 (10)	19 (10)	1,8 (9)	8,6 (10)
Roggenmehl dunkel				
Mischprobe[1]	32	11	n. a.	25
alle Proben	19 (13)	23 (13)	2,7 (13)	15 (13)
in Mischproben enthaltene Proben	16 (10)	25 (10)	2,7 (10)	15 (10)

[1] Resultate Labor K.
[2] Vergleichsanalysen durch das Central Laboratory, Agricultural Research Centre, SF-31600 Jokioinen, Finnland, im Rahmen des FAO European Cooperative Network on Trace Elements, Sub-network E: Trace Elements in Food and Diets.

in etwa der Hälfte recht gut überein (Abweichung < 10%), grössere Abweichungen (bis zu einem Faktor 2) ergeben sich für Blei und insbesondere für die Roggenmehlproben (Labor E). Der Vergleich dieser Resultate mit den entsprechen-

den Daten der Vergleichsanalysen von Einzelproben (siehe oben) zeigt keine entsprechenden Abweichungen für Cadmium und Zink. Hingegen liegen die Bleigehalte der Roggenmehlproben des Laboratoriums E möglicherweise systematisch etwas zu tief.

Resultate der gesamtschweizerischen Untersuchung

Die Resultate für alle 328 Proben sind in Abbildung 3 als Häufigkeitsverteilungen bezüglich der analysierten Konzentrationen von Blei, Cadmium, Kupfer und Zink dargestellt und die entsprechenden Kenngrössen in Tabelle 5 zusam-

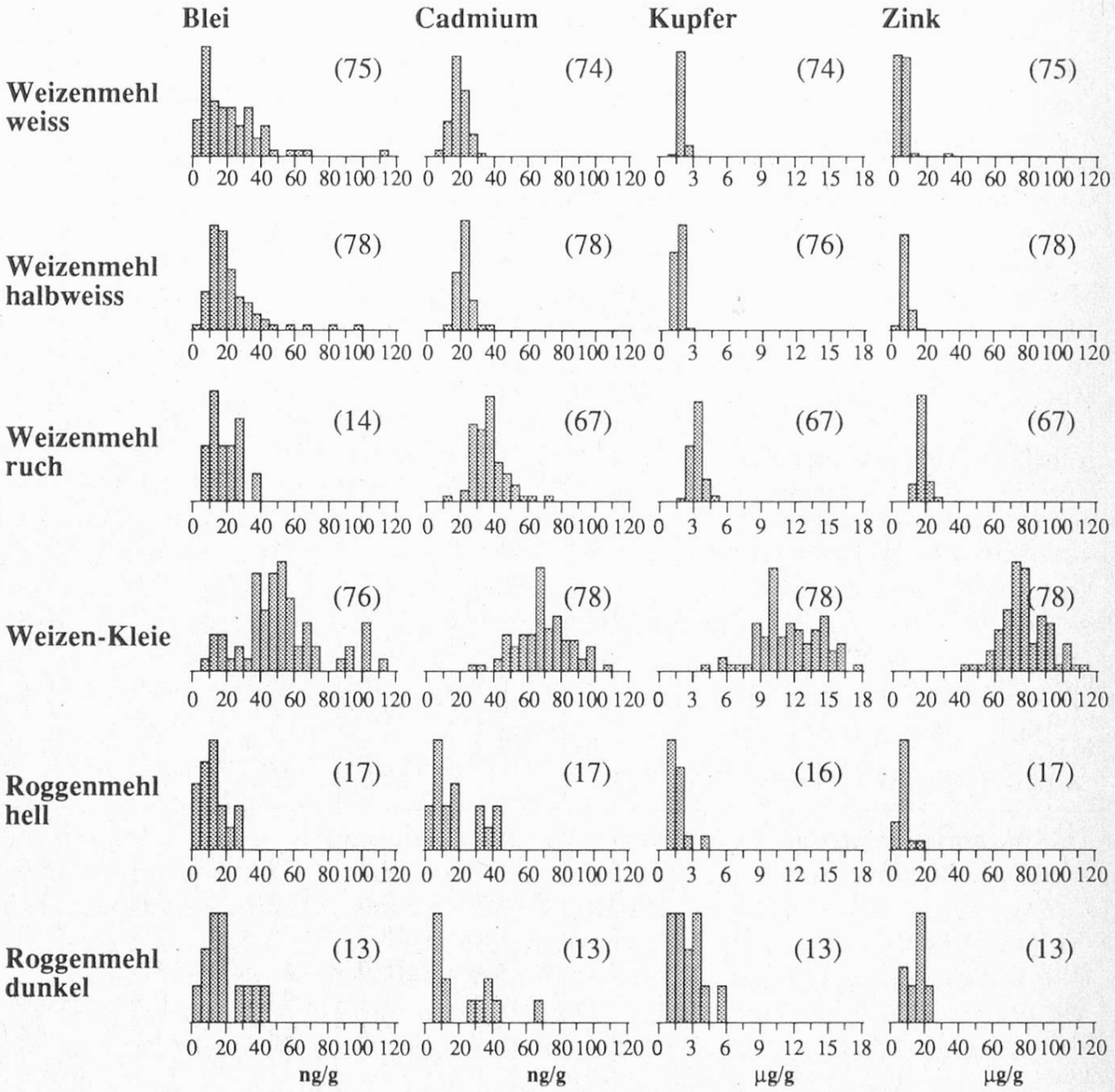

Abb. 3. Häufigkeitsverteilung der Konzentrationen der vier bestimmten Spurenmetalle in den 6 untersuchten Probenarten. In Klammern die Anzahl der analysierten Proben.

Tabelle 5. Zusammenstellung der Resultate

Mehlart	Weizen weiss	Weizen halbweiss	Weizen ruch	Weizen Kleie	Roggen hell	Roggen dunkel
Analysen-Labor	A	B	C	D	E	F
mittlerer Aschegehalt[1] ca.	0,45%	0,6%	1,0%	6,5%	0,8%	1,0%
Pb-Konzentration (ng/g)						
arithmetischer Mittelwert	22	24	19	111	13	19
Standardabweichung	18	23	8	163	7	11
Median (50%)	18	17	19	53	11	15
10%	5	9	9	23	4	7
90%	41	41	30	295	25	36
min.	2	3	9	8	3	4
max.	110	170	35	895	29	42
Anzahl analysierter Proben	75	78	14	76	17	13
Cd-Konzentration (ng/g)						
arithmetischer Mittelwert	19	22	36	71	19	23
s	5	4	10	22	14	20
Median (50%)	19	22	36	68	15	12
10%	13	17	27	49	5	6
90%	25	27	48	94	40	47
min.	9	14	14	27	5	5
max.	31	39	73	198	44	69
Anzahl analysierter Proben	74	78	67	78	17	13
Cu-Konzentration (μg/g)						
arithmetischer Mittelwert	1,2	1,6	3,3	11,8	1,7	2,7
s	0,2	0,3	0,5	3,2	0,8	1,4
Median (50%)	1,2	1,6	3,2	11,5	1,5	2,6
10%	0,9	1,2	2,6	9,0	0,9	1,0
90%	1,5	1,9	3,8	15,5	2,6	4,7
min.	0,7	0,9	2,2	4,0	0,8	0,8
max.	1,8	2,3	4,8	26,9	4,2	6,0
Anzahl analysierter Proben	74	76	67	78	16	13
Zn-Konzentration (μg/g)						
arithmetischer Mittelwert	5,6	8,7	18,2	77,5	7,9	15,4
s	3,6	2,1	2,8	13,4	3,1	4,6
Median (50%)	5,1	8,6	18,0	75,8	7,8	16,0
10%	3,2	6,0	15,0	61,8	4,3	7,7
90%	7,8	11,3	21,3	93,8	10,8	20,8
min.	1,7	4,0	12,0	44,7	3,9	7,4
max.	32,6	15,6	28,2	111,3	16,1	21,2
Anzahl analysierter Proben	75	78	67	78	17	13

[1] Bezogen auf Trockensubstanz der Mischproben, Bestimmungen durchgeführt durch das Laboratorium der Eidg. Getreideverwaltung.

mengefasst. Abbildung 3 zeigt ein recht konsistentes Bild sowohl bezüglich der mittleren Konzentrationen wie auch der Breite der Verteilungen. Unsere Resultate zeigen die aus anderen Untersuchungen bekannte Zunahme der mittleren Konzentrationen der vier analysierten Elemente mit dem Ausmahlungsgrad bzw. dem Aschegehalt der Mehlarten (5, 9, 20). Für Cadmium, Kupfer und Zink nimmt gleichzeitig auch die Streubreite der Konzentrationen zu. Die grössere Streuung der Bleikonzentrationen bei den Weizenmehlproben dürfte hingegen vorwiegend auf die bereits im Abschnitt Qualitätskontrolle erwähnten Gründe zurückzuführen sein. Keine Hinweise auf regionale Unterschiede der untersuchten Spurenelementkonzentrationen ergeben sich aus der geographischen Verteilung der Resultate. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, dass die tatsächliche Herkunft des von den betreffenden Mühlen verarbeiteten Getreides nicht näher bekannt ist.

Diskussion

Zufuhrabschätzung

Tabelle 6 zeigt eine grobe Abschätzung der täglichen Zufuhrmengen, berechnet aus der mittleren Verzehrsmenge von Mahlprodukten und den in dieser Studie bestimmten Konzentrationswerten. Mahlprodukte bilden nur eine unbedeutende Quelle für Blei. Der auf die gesamte nahrungsbedingte Aufnahme bezogene Anteil beträgt zwischen 10 und 20% oder etwa 1% des Richtwertes der FAO/WHO. Bedeutsamer ist die Zufuhr von Cadmium, die sich bezogen auf die beiden Vergleichsgrössen auf gegen 40 bzw. 10% beläuft. Mit je einem Drittel und einem Viertel der gesamten Kupfer- bzw. Zinkzufuhr spielen die Mahlprodukte aus Weizen und Roggen ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Versorgung mit diesen beiden essentiellen Spurenelementen, die in unserer gesamten Nahrung im Vergleich mit den empfohlenen Werten nur zu etwa 50% vorhanden sind.

Nicht berücksichtigt in diesen Abschätzungen sind Teigwaren, Reis und Speisemais. Ihr Anteil pro Kopf und Jahr beträgt mit je 8,3 kg, 3,9 kg und 0,3 kg etwa 15% des gesamten mittleren schweizerischen Verzehrs an Getreideprodukten (31). Während die in dieser Arbeit analysierten Mahlprodukte zu etwa 65–70% aus schweizerischem Anbau stammten (30), werden diese weiteren Cerealien fast ausschliesslich aus dem Ausland importiert. Teigwaren werden vor allem aus nordamerikanischem Hartweizen hergestellt, Reis wird aus den USA (ca. 55%), Italien und Thailand (je ca. 20%) importiert, und Speisemais zur Herstellung von Griess stammt zum allergrössten Teil aus Südamerika (La-Plata-Region) (39). Die relativ spärlich vorhandenen Literaturdaten (40–42) deuten aber darauf hin, dass die in dieser Arbeit diskutierten Elementkonzentrationen sowohl für Hartweizen wie auch für Reis und Mais nicht allzu sehr von den in dieser Studie gefundenen abweichen. Eine repräsentative Untersuchung der Schwermetallgehalte in der

Tabelle 6. Abschätzung der Zufuhr von Blei, Cadmium, Kupfer und Zink mit Brotgetreide

Element	Pb	Cd	Cu	Zn
mittlere Konzentration (μg/g)[1]	0,024	0,025	2,1	11
tägliche Pro-Kopf-Zufuhr aus Mahlprodukten (μg/d)[2]	3,4	3,5	290	1560
tägliche Zufuhrmenge (Tagesrationen-Studie) (μg/d)[3]	25	12	1350	10 250
davon aus Mahlprodukten (%)[4]	13	29	22	15
empfohlene tägliche Zufuhr (μg/d)[5]	430	60	2000–4000	15 000
Anteil aus 140 g Mahlprodukten an der empfohlenen täglichen Zufuhr (%)	0,8	5,5	10	10

[1] Gewichteter Mittelwert mit folgenden Anteilen der verschiedenen Mehlsorten: Weizenmehl weiss 35%, Weizenmehl halbweiss 39%, Weizenmehl ruch 21%, Roggenmehl 2%, Weizenkleie 2% (nach Ref. 31).

[2] 140 g Mehlausstoss der schweizerischen Mühlen pro Kopf und Tag (31).

[3] Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben (32–34).

[4] Bezogen auf einen mittleren Gehalt von 119 g Mahlprodukte pro Tagesration (32).

[5] Empfohlene Werte für Erwachsene: Pb (35) und Cd (36): PTWI (provisional tolerable weekly intake); Cu und Zn: empfohlener Bedarf (Recommended Daily Allowance), bzw. geschätzter Bedarfsbereich (37, 38)

Schweiz produzierter Teigwaren ist zurzeit im Rahmen dieses Monitoring-Programmes im Gange.

Vergleich mit in- und ausländischen Literaturdaten

In Tabelle 7 werden die Resultate dieser Studie mit verschiedenen in- und ausländischen Daten verglichen. Die schweizerischen Vergleichsdaten (18, 20) stammen von Mehl- und Brotproben aus dem Detailhandel (keine Verdachtsproben), die von den beteiligten kantonalen Laboratorien im Rahmen ihrer Kontrolltätigkeit erhoben worden waren. Die Mehlproben aus dem Kanton Solothurn (20) zeigen für Cadmium, Kupfer und Zink eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit den Resultaten der vorliegenden gesamtschweizerischen Untersuchung (Abweichung der mittleren Konzentrationen $< 20\%$). Angesichts der bekannten Schwierigkeiten bei der Bestimmung von Blei im tiefen ng/g-Konzentrationsbereich ist es wohl eher fraglich, ob die etwas grösseren Unterschiede für Blei in Halbweiss- und Ruchmehl real sind. Die auf die Trockensubstanz (~ Mehlanteil)

Tabelle 7. Vergleich mit anderen in- und ausländischen Daten

Herkunft (Land)	Ernte-jahr	Getreide-Art	Form		Anzahl Proben	Pb (ng/g)	Cd (ng/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	Referenz
Schweiz	1982/1983	Weizen	Mehl	weiss	75	22	19	1,2	5,6	diese Studie
				halbweiss	78	24	22	1,6	8,7	
				ruch	67*	19	36	3,3	18	
				Kleie	78	111	71	12	77	
		Roggen	Mehl	hell	17	13	19	1,7	7,9	
				dunkel	13	19	23	2,7	15	
	1987	Weizen	Mehl	weiss	29	24	18	1,2	5,2	(20)
				halbweiss	25	33	25	1,8	10,8	
				ruch	26	37	34	3,1	22,5	
	1987	Weizen	Brot	weiss T	8	20	20	1,8	14	(20)
				halbweiss T	10	25	22	2,3	16	
				ruch & Spezial T	22	32	25	3,3	26	
	1987	Weizen	verschiedene Brote m		10	63	25	--	--	(20)
	1987	Weizen	Brot	weiss	5	22	18	2,4	11,8	(20)
				halbweiss	10	20	24	2,9	13,5	
				ruch	13	21	32	4,2	22,9	
				Spezial	24	27	3,6	21,1		
	1985	Weizen	Brot	halbweiss und ruch	31	46	26	2,8	17,4	(18)
				ruch	17	44	30	3,3	22,1	
				halbweiss	14	48	20	2,3	11,7	
BRD	1975–1984	Weizen	Korn	**		30–70	50–60	–	–	(24)
		Roggen	Korn	**		50–100	10–20	–	–	

Tabelle 7. Vergleich mit anderen in- und ausländischen Daten — Fortsetzung

Herkunft (Land)	Ernte-jahr	Getreide-Art	Form			Anzahl Proben	Pb (ng/g)	Cd (ng/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	Referenz
BRD	1978–1984	Weizen	Brot	normal	T	80	37	42	–	–	(43)
			Brot	Vollkorn	T	67	43	43	–	–	
		Roggen	Brot	misch	T	70	45	23	–	–	
			Brot	Vollkorn	T	72	58	20	–	–	
	1985	Weizen	Korn		m	37	–	30	–	–	(44)
		Weizen	Kleie			109	63	80	–	–	(45)
DDR	1975–1978	Weizen[1]	Korn			9	–	80	4,8	33,7	(46)
		Weizen[2]	Korn			10	–	101	4,8	37,9	
		Weizen[3]	Korn			5	–	514	5,6	54,3	
Österreich	1978	Weizen	Korn			157	–	81	–	–	
	1978	Roggen	Korn			105	–	107	–	–	
	1977	Weizen	Mehl			100	–	23	–	–	(47)
		Weizen	Mehl	T480		18	45	20	2,2	–	(42)
			Mehl	T700		44	45	22	3,0	–	
			Kleie			27	62	62	17,7	–	
			Korn			115	57	57	5,9	–	
		Roggen	Mehl	T500		3	27	6	1,2	–	
			Mehl	T960		52	50	9	3,5	–	
			Kleie			7	131	19	12,9	–	
			Korn			88	103	11	5,5	–	
		Roggen	Brot			63	68	17	3,3	–	(48)

Tabelle 7. Vergleich mit anderen in- und ausländischen Daten Fortsetzung

Herkunft (Land)	Ernte-jahr	Getreide-Art	Form			Anzahl Proben	Pb (ng/g)	Cd (ng/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	Referenz
Italien	1981	Hartweizen	Vollkornmehl			36	260	340	13	35	(49)
	1980	Weizen	Vollkornmehl				310	200	7	35	(51)
	1978	Weizen	Mehl		m		~200	~200	~12	~30	(51)
Niederlande	1976/1977	Weizen	Korn			84	160	70	–	–	(52)
Schweden		Weizen	Mehl			24	<30	32	1,6	7,4	(53)
		Weizen	Mehl			ca. 160	15	35	–	~8	(54)
			Kleie			19	~50	120	–	~70	
			Korn			3	59	33	–	22	
			Brot		T	4	38	52	–	45	
		Roggen	Mehl			ca. 75	~25	~20	–	~20	
Dänemark		Weizen	Mehl	weiss		29	40	52	1,3	7,9	(55)
				Vollkorn		20	40	74	3,2	28	
			Kleie			13	130	140	11	77	
			Korn			36	30	75	3,2	28	
			Brot		T	43	100	63	2,0	11	
		Roggen	Mehl	normal		26	40	37	3,2	29	
				Vollkorn		5	40	43	3,1	30	
			Kleie			5	130	30	7,6	68	
			Korn			23	60	23	3,0	26	
			Brot		T	105	117	42	3,7	27	

Tabelle 7. Vergleich mit anderen in- und ausländischen Daten — Fortsetzung

Herkunft (Land)	Ernte-jahr	Getreide-Art	Form	Anzahl Proben	Pb (ng/g)	Cd (ng/g)	Cu (µg/g)	Zn (µg/g)	Referenz
Finnland		Weizen	Mehl	18	16	33	–	–	(21)
			Korn	85	40	62	–	–	
			Brot	38	74	35	–	–	
		Roggen	Mehl	10	19	14	–	–	
			Korn	50	48	15	–	–	
			Brot	23	94	29	–	–	
USA		Weizen	Korn	288	37	43	4,4	27	(22, 23)
USA/	1975	Weizen	Korn	20	–	–	4,1	25	(40)
Kanada	1975	Hartweizen	Korn	45	–	–	4,2	27	

m = Median
T = umgerechnet auf Trockensubstanz (Annahme: 40% Wassergehalt)
* Pb: n = 14
** mittlere Konzentration der besonderen Ernteerhebungen 1975–1984
[1] nicht belastetes Agrargebiet
[2] industrielles städtisches Ballungsgebiet (Grossstadt)
[3] Gebiet mit vorherrschender Buntmetallurgie.

bezogenen Konzentrationswerte für die Brotproben stimmen ebenfalls recht gut mit den Mehldaten überein und zeigen, dass bei der Herstellung der untersuchten Brote keine erkennbaren Veränderungen der analysierten Elemente aufgetreten sind. Zusätzliche Daten über den Schwermetallgehalt in Brot werden zurzeit im Rahmen dieses Monitoring-Programmes erhoben.

Beim Vergleich von Mehl mit ganzen Getreidekörnern ist zu beachten, dass die Schwermetallkonzentrationen durch den Mahlprozess zum Teil stark reduziert werden. *Brüggemann* und Mitarbeiter von der Bundesforschungsanstalt für Getreide- und Kartoffelverarbeitung in Detmold/BRD (12) haben gezeigt, dass Weizen-Weissmehl weniger als 50% der ursprünglich im Korn vorhandenen Konzentrationen an Blei, Cadmium und Zink (Kupfer wurde nicht untersucht) enthält. Berücksichtigt man diesen Sachverhalt, so sieht man, dass die in Tabelle 6 aufgeführten nicht schweizerischen Konzentrationswerte zum grossen Teil im gleichen oder leicht höheren Bereich liegen. In einigen Studien wurden aber auch sehr viel höhere Schwermetallgehalte gefunden: so zum Beispiel in der DDR. In den Jahren 1975–78 wurden Weizenproben aus drei verschiedenen Belastungsgebieten untersucht. Mit einem Spitzenwert für Cadmium von 1100 ng/g liegen die Proben aus dem «Gebiet mit vorherrschender Buntmetallurgie» um etwa einen Faktor 20 über den für Proben schweizerischer Provenienz dokumentierten Werten (46). Hohe mittlere Konzentrationswerte von 200–300 ng/g und Spitzenwerte über 1000 ng/g für Blei und Cadmium werden auch aus Italien berichtet (51).

Verteilung Schwermetalle in Pflanzen, Aufnahmemechanismen

Die meisten Untersuchungen über die Aufnahme von Spurenelementen befassen sich mit den Auswirkungen stark mit Schwermetallen belasteter Böden auf die Nutzpflanzen (56, 57). Weit weniger gut bekannt ist, dass Pflanzen Schwermetalle auch direkt aus der Luft aufnehmen können. Die dänische Arbeitsgruppe *Hovmand, Tjell und Mosbaeck* hat dies mit Hilfe radioaktiver Isotope von Blei, Cadmium und Quecksilber nachgewiesen (58–60). Mit dieser Methodik kann der Anteil des aus dem Boden in die Pflanze aufgenommenen radioaktiv markierten Spurenelementes direkt aus dem Verhältnis der spezifischen Aktivitäten in der Pflanze und im Boden bestimmt werden. Die betreffenden Experimente wurden mit verschiedenen Pflanzenarten in einem schwach belasteten Gebiet ausserhalb von Kopenhagen durchgeführt und ergaben, dass unter diesen Bedingungen Blei und Quecksilber zu über 90%, Cadmium zu 20–60% direkt aus der Luft in die Pflanze inkorporiert wurden. Ein direkter Zusammenhang zwischen der Luftdeposition und dem Gehalt in der Pflanze liess sich auch für Blei und Kupfer in Achillea millefolium (Schafgarbe) und in Hordeum vulgare (Gerste) zeigen (61).

Langfristige Entwicklung der Cadmiumbelastung

Jones und Mitarbeiter in Grossbritannien (62–64) haben eindrücklich gezeigt, dass die Cadmiumgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden allein schon durch den atmosphärischen Eintrag, auch ohne langjährigen Düngemitteleinsatz oder direkte industrielle Immissionen, eine steigende Tendenz aufweisen. Der konkrete Beweis, dass ein solcher Anstieg auch in wenig belasteten Gebieten im Laufe von Jahren und Jahrzehnten zu höheren Cadmiumgehalten im Getreide führt, ist allerdings recht schwierig. Die Cadmiumkonzentration im Getreidekorn hängt von vielen Faktoren ab, wie z. B. Bodeneigenschaften, Pflanzenart und -sorte, klimatische Wachstumsbedingungen. Solche Untersuchungen sind deshalb höchstens dann erfolgversprechend, wenn über einen Zeitraum von 50 bis 100 Jahren wirklich vergleichbares Probenmaterial zur Verfügung steht. Andernfalls sind vor allem grosse Unterschiede von Probe zu Probe und erst recht von Jahr zu Jahr zu erwarten, die den erwarteten Trend leicht verdecken können. *Kjellström* und Mitarbeiter (65) untersuchten in den 70er Jahren eine Sammlung genetisch einheitlicher Weizenproben aus den Jahren 1916 bis 1972. Für die Proben aus Winterweizen fanden sie, überlagert von einer grossen jährlichen Streuung von 30–50%, einen statistisch signifikanten Anstieg der Cadmiumkonzentration mit einer geschätzten mittleren Zunahme von 0,45 ng/g pro Jahr. Diese Untersuchungen wurden später von *Andersson* und *Bingefors* wiederholt und bestätigt (66). Ebenfalls Hinweise auf eine Zunahme der Cadmiumgehalte in Weizen ergab die oben bereits erwähnte britische Studie (62–64). Nur eine grosse Schwankungsbreite von Jahr zu Jahr, aber keine signifikante zeitliche Veränderung konnte hingegen in einer entsprechenden Untersuchung in der Bundesrepublik Deutschland festgestellt werden. Analysiert wurden Weizenkörner, die zwar einen recht grossen Zeitraum umfassten – ein Teil der Proben stammte aus der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts –, bei denen aber wegen unterschiedlicher Sorte, Standort und Bodeneigenschaften beträchtliche Gehaltsunterschiede zu erwarten waren (67).

Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie hat bestätigt, dass Mahlprodukte für etwa einen Viertel der Zufuhr von Cadmium mit der Nahrung verantwortlich sind. Der Vergleich der geschätzten täglichen Zufuhr von etwa 3,5 μg Cadmium aus Mahlprodukten mit dem FAO/WHO-Wert von 60 μg pro Person und Tag zeigt aber auch, dass die Cadmiumgehalte der untersuchten, für den schweizerischen Konsum repräsentativen Mahlprodukte eine beträchtliche Sicherheitsmarge aufweisen. Nur von geringer Bedeutung ist die Zufuhr von Blei durch Mahlprodukte, die bezogen auf die effektive tägliche Aufnahme rund 10% beträgt und im Vergleich mit dem FAO/WHO-Wert unterhalb 1% liegt. Unsere Untersuchung hat im weiteren aber ebenfalls bestätigt, dass auch Kupfer und Zink durch den Mahlprozess stark reduziert werden. Brotwaren und andere Mahlprodukte aus Mehlen mit höherem Aschegehalt (dunkle und kleiehaltige Mehle) sind deshalb auch im Hinblick auf

eine ausreichende Versorgung mit diesen essentiellen Spurenelementen zu empfehlen.

Die in dieser Untersuchung eingesetzten Massnahmen zur analytischen Qualitätskontrolle haben einmal mehr deutlich gemacht, wie sehr quantitative Bestimmungen in den heute zugänglichen tiefsten Konzentrationsbereichen anfällig sind für systematische Fehler. Insbesondere liegen die Nachweisgrenzen für reale Proben oft sehr weit über den Konzentrationen, die rein instrumentell erreichbar wären. Dies dürfte ein wichtiger Grund dafür sein, dass die in dieser Studie unternommenen Bemühungen um eine bessere Übereinstimmung der Resultate für Blei nur begrenzt erfolgreich waren. Der Vergleich der Daten aus dieser Studie mit anderen in- und ausländischen Untersuchungen zeigt aber trotz aller analytischer Vorbehalte eine recht gute Übereinstimmung.

Dank

Wir danken der Eidg. Getreideverwaltung, Bern, für die Bereitstellung der Mahlproben sowie die Aschebestimmungen, den Mitarbeitern der sechs an dieser Untersuchung beteiligten Laboratorien für die sorgfältige Ausführung der Analysen und *J. Kumpulainen* vom Agricultural Research Centre, SF-31600 Jokioinen, Finnland, für die Vergleichsanalysen der Mischmehlproben.

Zusammenfassung

In 328 Proben von Mahlprodukten (Weizen- und Roggenmehle verschiedenen Ausmahlungsgrades, Weizenkleie) der Anbaujahre 1982 und 1983 wurden die Gehalte an Blei, Cadmium, Kupfer und Zink bestimmt. Die mittleren Konzentrationen und Standardabweichungen betragen für Weizenmehl weiss (mittl. Aschegehalt 0,45%) Pb 22 ± 18 ng/g, Cd 19 ± 5 ng/g, Cu 1,2 ± 0,2 µg/g, Zn 5,6 ± 3,6 µg/g, Weizenmehl halbweiss (mittl. Aschegehalt 0,6%) Pb 24 ± 23 ng/g, Cd 22 ± 4 ng/g, Cu 1,6 ± 0,3 µg/g, Zn 8,7 ± 2,1 µg/g, Weizenmehl ruch (mittl. Aschegehalt 1,0%) Pb 19 ± 8 ng/g, Cd 36 ± 10 ng/g, Cu 3,3 ± 0,5 µg/g, Zn 18,2 ± 2,8 µg/g, Weizenkleie (mittl. Aschegehalt 6,5%) Pb 111 ± 163 ng/g, Cd 71 ± 22 ng/g, Cu 11,8 ± 3,2 µg/g, Zn 77,5 ± 13,4 µg/g, Roggenmehl hell (mittl. Aschegehalt 0,8%) Pb 13 ± 7 ng/g, Cd 19 ± 14 ng/g, Cu 1,7 ± 0,8 µg/g, Zn 7,9 ± 3,1 µg/g, Roggenmehl dunkel (mittl. Aschegehalt 1,0%) Pb 19 ± 11 ng/g, Cd 23 ± 20 ng/g, Cu 2,7 ± 1,4 µg/g, Zn 15,4 ± 4,6 µg/g. Daraus lassen sich folgende tägliche Pro-Kopf-Zufuhrmengen aus Mahlprodukten abschätzen: Pb 3,4 µg, Cd 3,5 µg, Cu 290 µg und Zn 1,6 mg. Die Daten werden mit entsprechenden ausländischen Studien verglichen.

Résumé

Le plomb, le cadmium, le cuivre et le zinc ont été dosés dans 328 échantillons de produits de mouture (farines de blé et de seigle de différents types et son) provenant de cultures des années 1982 et 1983. Le calcul des concentrations moyennes et des écarts types a

donné les valeurs suivantes: farine blanche (teneur en cendres d'environ 0,45%) Pb 22 ± 18 ng/g, Cd 19 ± 5 ng/g, Cu 1,2 ± 0,2 μg/g, Zn 5,6 ± 3,6 μg/g, farine miblanche (teneur en cendres d'environ 0,6%) Pb 24 ± 23 ng/g, Cd 22 ± 4 ng/g, Cu 1,6 ± 0,3 μg/g, Zn 8,7 ± 2,1 μg/g, farine bis (teneur en cendres d'environ 1,0%) Pb 19 ± 8 ng/g, Cd 36 ± 10 ng/g, Cu 3,3 ± 0,5 μg/g, Zn 18,2 ± 2,8 μg/g, son de blé (teneur en cendres d'environ 6,5%) Pb 111 ± 163 ng/g, Cd 71 ± 22 ng/g, Cu 11,8 ± 3,2 μg/g, Zn 77,5 ± 13,4 μg/g, farine de seigle «claire» (teneur en cendres d'environ 0,8%) Pb 13 ± 7 ng/g, Cd 19 ± 14 ng/g, Cu 1,7 ± 0,8 μg/g, Zn 7,9 ± 3,1 μg/g, farine de seigle «foncée (teneur en cendres d'environ 1,0%) Pb 19 ± 11 ng/g, Cd 23 ± 20 ng/g, Cu 2,7 ± 1,4 μg/g, Zn 15,4 ± 4,6 μg/g. Sur la base de ces résultats on a évalué l'apport journalier per capita de ces éléments par le biais des produits de mouture à 3,4 μg de plomb, 3,5 μg de cadmium, 290 μg de cuivre et 1,6 mg de zinc. Ces résultats sont comparés à ceux obtenus par des études similaires faites à l'étranger.

Summary

328 samples of milling products (wheat and rye flours, wheat bran) of crops from the years 1982 and 1983 were analysed for lead, cadmium, copper and zink. Mean concentrations and standard deviations are as follows: wheat flour (mean ash content 0.45%) Pb 22 ± 18 ng/g, Cd 19 ± 5 ng/g, Cu 1.2 ± 0.2 μg/g, Zn 5.6 ± 3.6 μg/g, wheat flour (mean ash content 0.6%) Pb 24 ± 23 ng/g, Cd 22 ± 4 ng/g, Cu 1.6 ± 0.3 μg/g, Zn 8.7 ± 2.1 μg/g, wheat flour (mean ash content 1.0%) Pb 19 ± 8 ng/g, Cd 36 ± 10 ng/g, Cu 3.3 ± 0.5 μg/g, Zn 18.2 ± 2.8 μg/g, wheat bran (mean ash content 6.5%) Pb 111 ± 163 ng/g, Cd 71 ± 22 ng/g, Cu 11.8 ± 3.2 μg/g, Zn 77.5 ± 13.4 μg/g, rye flour (mean ash content 0.8%) Pb 13 ± 7 ng/g, Cd 19 ± 14 ng/g, Cu 1.7 ± 0.8 μg/g, Zn 7.9 ± 3.1 μg/g, rye flour (mean ash content 1.0%) Pb 19 ± 11 ng/g, Cd 23 ± 20 ng/g, Cu 2.7 ± 1.4 μg/g, Zn 15.4 ± 4.6 μg/g. The daily per-capita intake for these four elements from milling products can be estimated as Pb 3.4 μg, Cd 3.5 μg, Cu 290 μg and Zn 1.6 mg. The results of the study are compared with similar data from foreign investigations.

Literatur

1. *Brugger, A.:* Die Brotgetreideordnung der Schweiz. Swiss Food **10**/4a, 17–20 (1988).
2. *V. d'Usco, H.:* Die Entwicklung der schweizerischen Brotgetreideproduktion. Swiss Food **10**/4a, 27–30 (1988).
3. *Schweizer, Th.:* Verbrauch an Nahrungsfasern. In: Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H. P., Ritzel, G. und Stransky, M. (Hrsg.), 2. Schweiz. Ernährungsbericht, S. 96–103. Hans Huber, Bern 1984.
4. *Stransky, M.* und *Blumenthal, A.:* Verbrauch an Eiweiss, Fetten und Kohlenhydraten. In: Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H. P., Ritzel, G. und Stransky, M. (Hrsg.), 2. Schweiz. Ernährungsbericht, S. 76–80. Hans Huber, Bern 1984.
5. *Varo, P.* and *Koivistoinen, P.:* Mineral element composition of Finnish foods. XII. General discussion and nutritional evaluation. Acta Agric. Scand. Suppl. **22**, 165–171 (1980).
6. *Varo, P., Nuurtamo, M., Saari, E.* and *Koivistoinen, P.:* Mineral element composition of Finnish foods. IV. Flours and bakery products. Acta Agric. Scand. Suppl. **22**, 37–55 (1980).

7. *Blumenthal, A., Scheffeldt, P.* und *Schönhauser, R.:* Zum Nährstoffgehalt schweizerischer Brote und deren Beitrag zur Bedarfsdeckung der Bevölkerung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **74**, 80–92 (1983).
8. *Diehl, J. F.* and *Boppel, B.:* Dietary intake of cadmium: a re-evaluation. Trace elements in medicine **2**, 167–174 (1985).
9. *Ocker, H. D.:* Quecksilber, Blei und Cadmium in Getreide und Getreideprodukten. In: DFG, Bericht über das Kolloquium Okt. 1978 «Rückstände in Getreide und Getreideprodukten», S. 16–29. Harald Boldt Verlag, Boppard, BRD 1981.
10. *Pieczonka, K.* and *Rosopulo, A.:* Distribution of cadmium, copper and zinc in the caropsis of wheat (Triticum aestivum L.). Fresenius Z. Anal. Chem. **322**, 797–699 (1985).
11. *Oberländer, H. E.* und *Roth, K.:* Aufnahme und Verteilung markierter, dem Boden zugesetzter Schwermetalle in Getreidepflanzen und deren Mahlprodukten. Bodenkultur **38**, 287–298 (1987).
12. *Brüggemann, J., Ocker, H. D.* und *Zwingelberg, H.:* Müllereitechnische Möglichkeiten zur Entfernung toxischer Schwermetalle bei Weizen. Getreide, Mehl, Brot **37**, 168–172 (1983).
13. *Couzy, F., Aubree, E., Magliola, C.* and *Mareschi, J. P.:* Average mineral and trace element content in daily adjusted menus (DAM) of French adults. J. Trace Elem. Electrolytes Health Dis. **2**, 79–83 (1988).
14. *Zimmerli, B.* und *Erard, M.:* Toxische Schwermetalle. In: Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H. P., Ritzel, G. und Stransky, M. (Hrsg.), 2. Schweiz. Ernährungsbericht, S. 161–168. Hans Huber, Bern 1984.
15. *Kieffer, F.:* Verbrauch an Mineralstoffen und Spurenelementen. In: Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H. P., Ritzel, G. und Stransky, M. (Hrsg.), 2. Schweiz. Ernährungsbericht, S. 81–88. Hans Huber, Bern 1984.
16. Kantonale Laboratorien: Auszüge aus den Berichten der amtlichen Laboratorien und Lebensmittelinspektorate. In: Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1983. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **75**, 309–321 (1984).
17. Kantonale Laboratorien: Auszüge aus den Berichten der amtlichen Laboratorien und Lebensmittelinspektorate. In: Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1984. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 366–389 (1985).
18. Kantonale Laboratorien: Auszüge aus den Berichten der amtlichen Laboratorien und Lebensmittelinspektorate. In: Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1985. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **77**, 379–382 (1986).
19. Kantonale Laboratorien: Auszüge aus den Berichten der amtlichen Laboratorien und Lebensmittelinspektorate. In: Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1986. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **78**, 274–277 (1987).
20. Kantonale Laboratorien: Auszüge aus den Berichten der amtlichen Laboratorien und Lebensmittelinspektorate. In: Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1987. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **79**, 280–301 (1988).
21. *Varo, P.:* Heavy metals in Finnish cereal products and diets. Developments Food Sci. **5B**, 1167–1172 (1983).
22. *Wolnik, K. A., Fricke, F. L., Capar, S. G., Braude, G. L., Meyer, M. W., Satzger, R. D.* and *Bonnin, E.:* Elements in major raw agricultural crops in the United States. 1. Cadmium and lead in lettuce, peanuts, potatoes, soybeans, sweet corn and wheat. J. Agric. Food Chem. **31**, 1240–1244 (1983).
23. *Wolnik, K. A., Fricke, F. L., Capar, S. G., Braude, G. L., Meyer, M. W., Satzger, R. D.* and *Kuennen, R.:* Elements in major raw agricultural crops in the United States. 2. Other ele-

ments in lettuce, peanuts, potatoes, soybeans, sweet corn and wheat. J. Agric. Food Chem. **31**, 1244–1249 (1983).
24. *Ocker, H. D.:* Pestizid-Rückstände und Schwermetalle in Getreide. Getreide, Mehl, Brot **40**, 67–71 (1986).
25. *Louekari, K., Jolkkonen, L.* and *Varo, P.:* Exposure to cadmium from foods, estimated by analysis and calculation – comparison of methods. Food Additives Contaminants **5**, 111–117 (1987).
26. *Knutti, R.* und *Zimmerli, B.:* Monitoring-Programm Schwermetalle in Lebensmitteln. I. Zielsetzung, Auswahl der zu bestimmenden Elemente und der zu untersuchenden Lebensmittel, Anforderungen an die Analytik. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **78**, 182–199 (1987).
27. *Andrey, D., Ribs, T.* und *Wirz, E.:* Monitoring-Programm Schwermetalle in Lebensmitteln. II. Blei, Cadmium, Zink und Kupfer in Schweizer Kartoffeln. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **79**, 327–338 (1988).
28. *Harnly, J. M., Wolf, W. R.* and *Miller-Ihli, J.:* Quality assurance of analysis of inorganic nutrients in food. In: Stewart, K. K. and Whitaker, J. R. (ed.), Modern methods of food analysis, p. 101–128, AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, USA 1984.
29. *Veillon, C.:* Trace elements analysis of biological samples. Anal. Chem. **58**, 851A–866A (1986).
30. private Mitteilung der Eidg. Getreideverwaltung an B. Zimmerli, 1988.
31. *Erard, M., Dick, R.* und *Zimmerli, B.:* Studie zum Lebensmittel-Pro-Kopf-Verzehr der Schweizer Bevölkerung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **77**, 88–130 (1986).
32. *Zimmerli, B.* und *Knutti, R.:* Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben: I. Allgemeine Aspekte von Zufuhrabschätzungen und Beschreibung der Studie. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 168–196 (1985).
33. *Knutti, R.* und *Zimmerli, B.:* Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben: III. Blei, Quecksilber, Cadmium, Nickel und Aluminium. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 206–236 (1985).
34. *Wyttenbach, A., Bajo, S., Tobler, L.* and *Zimmerli, B.:* The concentration of 19 trace elements in the Swiss diet. In: Brätter, P. and Schramel, P. (eds.). Trace element analytical chemistry in medicine and biology, p. 169–178. W. de Gruyter, Berlin, New York 1987.
35. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. Geneva, World Health Organization, 1972. (WHO Technical Report Series No. 505).
36. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Evaluation of certain food additives and contaminants (cadmium). Geneva, World Health Organization, 1989. (WHO Technical Report Series No. 776).
37. Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. 4. erweiterte Überarbeitung. Umschau Verlag, Frankfurt/Main 1985.
38. Committee on dietary allowances (NAS/NRC): Recommendet dietary allowances. 9th edition, National Academy of Science, Washington, DC 1980.
39. *Erard, M.:* private Mitteilung, 1989.
40. *Lorenz, K.* and *Loewe, R.:* Mineral composition of US and Canadian wheats and wheat blends. J. Agric. Food. Chem. **25**, 806–809 (1977).
41. *Wolnik, K. A., Fricke, F. L., Capar, S. G., Meyer, M. W., Satzger, R. D., Bonnin, E.* and *Gaston, M.:* Elements in major raw agricultural crops in the United States. 3. Cadmium, lead and eleven other elements in carrots, field corn, onions, rice, spinach and tomatoes. J. Agric. Food Chem. **33**, 807–811 (1985).

42. *Schindler, E.:* Schwermetallgehalte von Getreide und Getreideprodukten sowie von Muskelfleisch, Leber und Niere. Deut. Lebensm.-Rundschau **79**, 338–340 (1983).
43. *Ocker, H. D.* und *Brüggemann, J.:* Schwermetall- und Radioaktivitätsbelastung von Vollkornmehl-Broten. Ernährungs-Umschau **35**, 116–120 (1988).
44. *Horner, E.* and *Kurfürst, U.:* Cadmium in wheat from biological cultivation. Fresenius Z. Anal. Chem. **328**, 386–387 (1987).
45. *Piloty, M., Ocker, H. D.* und *Klein, H.:* Blei, Cadmium und Quecksilber in Speisekleie und Speisekleieartikeln. Bundesgesundhbl. **24**, 386–389 (1981).
46. *Auermann, E., Dässler, H. G., Jacobi, J., Cumbrowski, J.* und *Meckel, U.:* Untersuchungen zum Schwermetallgehalt von Getreide und Kartoffeln. Die Nahrung, **24**, 925–937 (1980).
47. *Pfannhauser, W.:* Ergebnisse von Untersuchungen des Cadmium- und Arsengehaltes von Getreide, S. 47–49. ICC, 10. Kongress 1980.
48. *Schindler, E.:* Blei-, Cadmium- und Kupfergehalte in Roggen-Vollkornbrot. Deut. Lebensm.-Rundschau **81**, 188 (1985).
49. *Micco, C., Onori, R., Miraglia, M., Gambelli, L.* and *Brera, C.:* Evaluation of lead, cadmium, chromium, copper and zinc by atomic absorption spectroscopy in durum wheat milling products in relation to the percentage of extraction. Food Add. Contaminants **4**, 429–435 (1987).
50. *Baldini, M., Grossi, M., Micco, C.* e *Stacchini, A.:* Studio sulla presenza di metalli nei cereali. Nota 3. Contaminazione di varietà di frumento tenero nazionale. Rivista Società Italiana Scienza d'Alimentazione **13**, 139–144 (1984).
51. *Baldini, M., Centi, M., Micco, C.* and *Stacchini, A.:* Study on the presence of heavy metals in cereals. In: Baltes, W., Czedik, P. B. and Pfannhauser, W. (ed.), Recent developments in food analysis. Proceedings of Euro Food Chem. I, Vienna Febr. 1981. Verlag Chemie, Weinheim 1982.
52. *Wiersma, D., van Goor, B. J.* and *van der Veen, N. G.:* Cadmium, lead, mercury and arsenic concentrations in crops and corresponding soils in The Netherlands. J. Agric. Food Chem. **34**, 1067–1074 (1986).
53. *Andersson, A. A., Ekström, L. G., Johnsson, H., Lund, B., Mattson, P., Möller, T., Torelm, I.* and *Akerstrand, K.:* A study of wheat flour quality. Var Föda **39**, 70–81 (1987).
54. *Jorhem, L., Mattson, P.* and *Slorach, S.:* Lead, Cadmium, Zinc and certain other metals in foods on the Swedish market. Var Föda **36**, Suppl. 3 (1984).
55. Anonym.: Cereals and cereal-products. Trace elements, pesticides, nutrients, food additives, nitrate and nitrite, ochratoxin-A and ergots. Statens Levnedsmiddelinstitut Centrallaboratoriet, Publ. Nr. 93, Aug. 1984, DK-2860 Soborg.
56. *König, W.* und *Krämer, F.:* Schwermetallbelastung von Böden und Kulturpflanzen in Nordrhein-Westfalen. Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen. Band 10, 1985.
57. *Kirleis, A. W., Sommers, L. E.* and *Nelson, D. W.:* Yield, heavy metal content, and milling and baking properties of soft red winter wheat grown on soils amemded with sewage sludge. Cereal Chemistry **61**, 518–522 (1984).
58. *Tjell, J. C., Hovmand, M. F.* and *Mosbaek, H.:* Atmospheric lead pollution of grass grown in a background area in Denmark. Nature **280**, 425–426 (1979).
59. *Hovmand, M. F., Tjell, J. C.* and *Mosbaek, H.:* Plant uptake of airborne cadmium. Environ. Pollution (Series A) **30**, 27–38 (1983).
60. *Mosbaek, H., Tjell, J. C.* and *Sevel, T.:* Plant uptake of airborne mercury in background areas. Chemosphere **17**, 1227–1236 (1988).

61. *Pilegaard, K.* and *Johnson, I.:* Heavy metal uptake from air and soil by transplanted plants of Achillea millefolium and Hordeum vulgare. Ecological Bulletin **36**, 97–102 (1984).
62. *Jones, K. C., Symon, C. J.* and *Johnston, A. E.:* Retrospective analysis of an archived soil collection. I. Metals. Sci. Total Environ. **61**, 131–144 (1987).
63. *Jones, K. C., Symon, C. J.* and *Johnston, A. E.:* Retrospective analysis of an archived soil collection. II. Cadmium. Sci. Total Environ. **67**, 75–89 (1987).
64. *Jones, K. C., Symon, C. J.* and *Johnston, A. E.:* Long-term changes in soil and cereal grain cadmium: studies at Rothamsted experimental station. Trace Subst. Environ. Health **21**, 450–460 (1987).
65. *Kjellström, T., Lind, B.* and *Elinder, C. G.:* Variation of cadmium concentration in Swedish wheat and barley. An indicator of changes in daily cadmium intake during the 20th century. Arch. Environ. Health **30**, 321–328 (1975).
66. *Andersson, A.* and *Bingefors, S.:* Trends in annual variations in Cd concentrations in grain of winter wheat. Acta Agric. Scand. **35**, 339–344 (1985).
67. *Lorenz, H., Ocker, H. D., Brüggemann, J., Weigert, P.* und *Sonneborn, M.:* Cadmiumgehalte in Getreideproben der Vergangenheit – Vergleich zur Gegenwart. Z. Lebensm. Unters.-Forsch. **183**, 402–405 (1986).

Dr. B. Zimmerli
Bundesamt für Gesundheitswesen
Abteilung Lebensmittelkontrolle
Sektion Lebensmittel- und Radiochemie
Postfach
CH-3000 Bern 14