

<b>Zeitschrift:</b>	Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
<b>Herausgeber:</b>	Bundesamt für Gesundheit
<b>Band:</b>	83 (1992)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Monitoring-Programm "Schwermetalle in Lebensmitteln". Teil V, Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Brot = Monitoring-programme heavy metals in food. Part V, Lead, cadmium, copper and zinc in bread
<b>Autor:</b>	Wenk, P. / Schaub, H. / Stutz, W.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-982251">https://doi.org/10.5169/seals-982251</a>

### 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:** 28.01.2026

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

## Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln»

### V. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Brot

Monitoring-Programme Heavy Metals in Food  
V. Lead, Cadmium, Copper and Zinc in Bread

*P. Wenk, H. Schaub und W. Stutz*

Kantonales Laboratorium Basel-Landschaft, Füllinsdorf

### Einleitung

Brot gehört zu unseren Grundnahrungsmitteln und nimmt eine dominierende Stellung in unserer Ernährung ein. Obwohl sich der Verzehr im Vergleich zu früher reduziert hat, Ende der fünfziger Jahre betrug der Brotkonsum beispielsweise rund 200 g/Tag (1, 2), nimmt ein Durchschnittskonsument heute immer noch 130–140 Gramm Brot pro Tag auf (3). Dies entspricht rund 10% des Energiebedarfs eines erwachsenen Menschen (3). Wünschenswert wäre sogar ein Mehrfaches davon. Der Anteil aller stärkereichen Nahrungsmittel sollte rund 50% der dem Körper zugeführten Gesamtenergie ausmachen (3), da vor allem hochausgemahlenes Brot viele Ballaststoffe, Mineralien und Vitamine enthält. Es zeichnet sich auch durch einen hohen Genusswert aus und weist die geringsten Brennwerte auf (4–6). Auf der anderen Seite steht hochausgemahlenes Brot auch im Verdacht, am meisten potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe zu enthalten.

Trotz dieser grossen Bedeutung ist über den Schwermetallgehalt in Schweizer Broten wenig bekannt. Die bisher publizierten Daten stammen entweder aus dem Monitoring-Programm und wurden in diese Arbeit integriert (7, 8) oder resultierten aus einer gezielten Erhebung aufgrund von Verdachtsmomenten (9). Im Rahmen des Schweizerischen Monitoring-Programms «Schwermetalle in Lebensmitteln» (10–13) wurden deshalb in den Jahren 1987 und 1989 repräsentative Stichproben verschiedener Brote nach dem Zufallsprinzip erhoben und die Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer und Zink bestimmt. Die Auswahl der Elemente erfolgte dabei nach *Knutti und Zimmerli* (10). Das Monitoring-Programm dient zur Ermittlung von Grundgehalten, zur Festlegung von Richtwerten, für Zufuhrabschätzungen, Beurteilung von zeitlichen Trends und allenfalls als Erfolgskontrolle, falls Massnahmen zur Reduktion eines Stoffes eingeleitet werden (10). Beim Brot sollte

zudem eine allfällige Abhängigkeit der Schwermetallgehalte vom Ausmahlungsgrad abgeklärt werden.

Die Schweiz ist mit über 200 Brotsorten das «brotreichste» Land der Welt (14). Für eine Zufuhrabschätzung musste deshalb eine sinnvolle Einteilung gefunden werden. In einer früheren Untersuchung des Monitoring-Programms über Mahlprodukte (12) wurde festgestellt, dass der Schwermetallgehalt erwartungsgemäss vom Ausmahlungsgrad der Mehle abhängt. Die Brote wurden deshalb nach den verwendeten Mehlen eingeteilt. Die aus Weizenmehl gebackenen Brote ergaben die Kategorien Weiss-, Halbweiss- und Ruchbrote. Aus Roggenmehl gebackene Brote wurden unabhängig vom Ausmahlungsgrad als Roggenbrote erfasst, da der Roggenbrotanteil in der Schweiz sehr klein ist und dadurch unterschiedliche Schwermetallgehalte zwischen hellen und dunklen Brotarten für eine Zufuhrabschätzung nicht ins Gewicht fallen. Brote aus Mehlmischungen wurden in die Klasse Spezialbrote eingeteilt. Zu den Spezialbroten werden oft auch speziell gebackene Brote aus Weissmehl gezählt. Für die vorliegende Untersuchung wurden diese jedoch zu Weissbrot geschlagen. Die unter Spezialbrot zusammengefassten Brote umfassen somit vorwiegend solche aus dunklen Mehlen.

Kleingebäck wurde in dieser Untersuchung nicht separat erhoben. Da es sich von Brot in der Regel nicht durch seine Bestandteile, sondern nur durch Grösse, Form oder Gewicht unterscheidet und überwiegend aus Weizenmehl hergestellt ist, lässt sich der Kleingebäckanteil an der Schwermetallzufuhr über das Weissbrot abschätzen.

## Material und Methoden

### *Probenerhebung*

In den Jahren 1987 und 1989 wurden gesamtschweizerisch insgesamt 105 Proben aus den üblichen Verteilerzentren nach dem Zufallsprinzip erhoben. Die 105 Proben setzten sich aus 19 Weiss-, 39 Halbweiss-, 28 Ruch-, 13 Spezial- und 6 Roggenbrot zusammen.

### *Probenvorbereitung*

Ca. 500 g Brot (im Normalfall eine Verkaufseinheit) wurde unmittelbar nach der Erhebung in einem Haushaltkutter zerkleinert und anschliessend gewogen. Im Mikrowellenofen wurde es vorgetrocknet und im Vakuumtrockenschränke zur Gewichtskonstanz gebracht. Nach der Bestimmung des Trockenverlustes pulverisierte man das Gut in einer Feinprallmühle Alpine C100 mit einer bekannten, unproblematischen Legierung und einem 0,5-mm-Siebeinsatz.

## *Bestimmung*

2 g der Probe wurden mit 8 ml Salpetersäure «Suprapur» im Büchi Digestor während 8–10 h bei einer Badtemperatur von 280 °C mineralisiert. Anschliessend wurde mit bidest. Wasser auf 20 ml gestellt. Die Bestimmung von Blei und Cadmium erfolgte mittels Graphitrohr-AAS, diejenige von Zink und Kupfer mittels Flammen-AAS mit einem Varian SpectrAA-40. Zur Qualitätskontrolle wurden einzelne Proben polarographisch mit einem Metrohm E506 bestimmt.

## **Resultate**

### *Qualitätskontrolle*

Die Resultate wurden laborintern und -extern abgesichert. Laborintern wurden Kontrollproben mitanalysiert, Analysenproben mit Atomabsorption und polarographisch bestimmt sowie die Homogenität überprüft. Laborextern wurden 20 Proben von 2 Fremdlabors in einer Parallelanalyse untersucht und ein Ringversuch durchgeführt.

### *Laborinterne Kontrolle*

In jede Analysenserie wurden Kontrollproben (BAG-Proben) gemäss (10) eingeschleust. Die Ergebnisse stimmten gut mit den Sollwerten überein.

14 Brotproben wurden laborintern mit Atomabsorption und Polarographie bestimmt. Die durchschnittliche Abweichung betrug 10%.

Zur Homogenitätsprüfung wurden 2 Brotproben einer 10fach-Bestimmung unterworfen. Die Variationskoeffizienten betrugen bei Blei und Cadmium ca. 15%, bei Kupfer und Zink weniger als 1%.

### *Laborexterne Vergleichsanalysen*

Insgesamt 20 Brotproben wurden von 2 Vergleichslabors gegengemessen (Labor 1: 20 Proben, Labor 2: 10 Proben). Die Resultate sind in der Abbildung 1 zusammengefasst. Die durchschnittlichen Abweichungen betrugen für Kupfer und Zink weniger als 10% und für Cadmium ca. 20%. Für Blei lag sie im Bereich von 40–50% und ist somit deutlich höher als für die anderen Elemente. Die Bleibestimmung im tiefen Spurenbereich ist sehr schwierig. Laborvergleiche mit identischen oder ähnlichen Proben führen immer wieder zu stark differierenden Resultaten (11–13, 15).

Die Abbildung 1 zeigt jedoch, dass kein Labor systematisch zu tief oder zu hoch gemessen hatte.

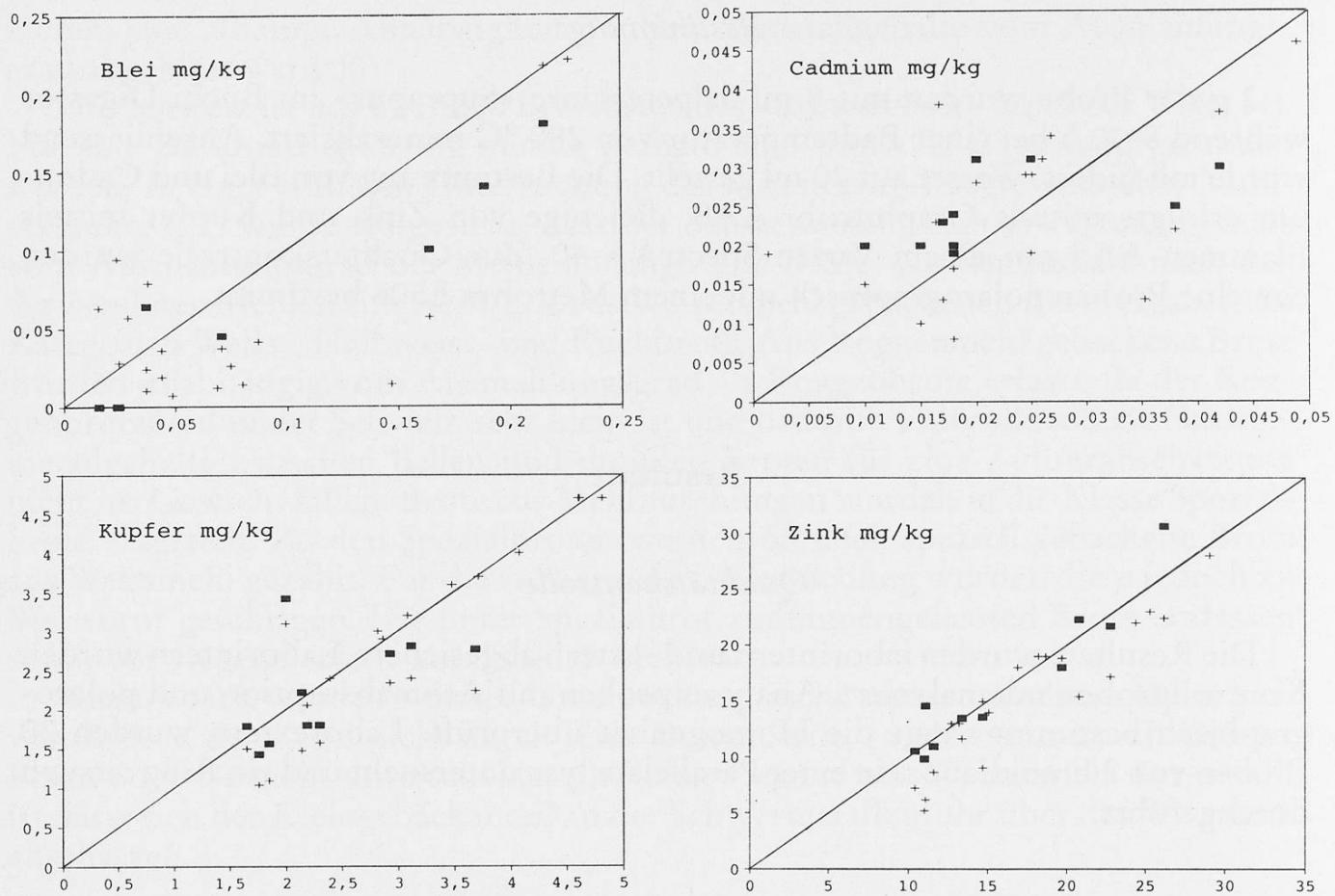


Abb. 1. Übereinstimmung der Vergleichsanalysen zwischen dem Labor 1 (x-Achse) und den Kontrolllaboratorien 2 (■) und 3 (+) (y-Achse)

Die Bleibestimmung wurde zusätzlich in einem Ringversuch mit 5 Laboratorien überprüft (16). Als Probenmaterial diente ein gemahlenes Brot, der BCR-Standard 151 und eine Aufschlusslösung. Der Variationskoeffizient zwischen den Laboratorien betrug 20–40%. Man kann also davon ausgehen, dass die Bleiwerte mit einem Fehler dieser Größenordnung behaftet sind.

### *Resultate der gesamtschweizerischen Untersuchung*

Die Resultate sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Elemente Cadmium, Kupfer und Zink zeigen die bekannte Zunahme der Konzentration mit dem Ausmahlungsgrad. Beim Blei sind keine Aussagen möglich, da die Werte innerhalb der analytischen Streubreite liegen. Die Klasse «aus Spezialmehl gebackene Brote» umfasst vorwiegend aus hochausgemahlenen Mehlen hergestellte Brote. Die Resultate sind deshalb mit denjenigen von Brot aus Ruchmehl vergleichbar.

Interessant ist der gegenüber den Weizenbroten tiefere Cadmiumgehalt in Roggenbroten, welcher auch durch ausländische Studien bestätigt wird (siehe Tabelle 6). Die Cadmiumgehalte in Roggenmehlen, -körnern und -broten sind etwa halb so hoch wie jene in Weizenprodukten.

*Tabelle 1.* Zusammenstellung der Resultate (alle Werte bezogen auf Trockensubstanz)

Brot aus	Weizenmehl weiss	Weizenmehl halbweiss	Weizenmehl ruch	Spezialmehl	Roggenmehl
Mittlere Trocken- substanz (%)	68,8	66,7	66,7	66,7	63,5
Standardabweichung	5,6	3,3	4,0	5,7	1,5
<i>Blei</i> (mg/kg)					
Median	0,047	0,051	0,051	0,049	0,047
Medianabweichung	0,015	0,013	0,018	0,018	0,010
Mittelwert	0,056	0,057	0,061	0,075	0,045
Standardabweichung	0,046	0,036	0,039	0,051	0,013
Variationskoeffizient (%)	82	63	64	68	29
Minimalwert	0,011	0,014	0,014	0,023	0,020
Maximalwert	0,227	0,178	0,189	0,216	0,058
Anzahl Proben	19	39	28	13	6
<i>Cadmium</i> (mg/kg)					
Median	0,020	0,024	0,029	0,031	0,016
Medianabweichung	0,005	0,006	0,007	0,010	0,009
Mittelwert	0,023	0,024	0,030	0,030	0,017
Standardabweichung	0,012	0,011	0,013	0,051	0,010
Variationskoeffizient (%)	52	45	44	41	57
Minimalwert	0,010	0,002	0,004	0,008	0,001
Maximalwert	0,056	0,051	0,073	0,049	0,030
Anzahl Proben	19	39	28	13	6
<i>Kupfer</i> (mg/kg)					
Median	2,1	2,3	3,1	3,4	3,5
Medianabweichung	0,5	0,4	0,6	0,9	0,5
Mittelwert	2,2	2,6	3,4	3,4	3,5
Standardabweichung	0,8	0,8	1,0	1,0	0,6
Variationskoeffizient (%)	34	31	29	29	18
Minimalwert	1,3	1,3	1,8	2,0	2,4
Maximalwert	4,3	4,2	5,7	4,9	4,3
Anzahl Proben	19	39	28	13	6
<i>Zink</i> (mg/kg)					
Median	10,9	13,3	21,3	21,1	18,7
Medianabweichung	2,0	1,7	2,1	6,6	4,5
Mittelwert	11,5	14,6	22,0	20,4	19,7
Standardabweichung	5,1	4,3	3,6	6,5	5,0
Variationskoeffizient (%)	44	30	16	32	25
Minimalwert	7,0	10,0	13,9	10,7	11,0
Maximalwert	30,8	25,4	31,3	30,4	25,4
Anzahl Proben	19	39	28	13	6

Die weit verbreitete Meinung, dass hochausgemahlene Brote auch mehr gesundheitsgefährdende Stoffe enthalten, ist zumindest bezüglich «toxische» Schwermetallgehalte nicht haltbar. Neben anderen gesundheitlichen Vorteilen ist der höhere Gehalt an den essentiellen Elementen Kupfer und Zink mitzubewerten.

Die Variationskoeffizienten für die Elemente Blei und Cadmium sind höher als die der Elemente Kupfer und Zink. Ein Grund ist sicher, dass Blei und Cadmium in der Getreidepflanze nur in Spuren, Kupfer und Zink hingegen als essentielle Elemente in grösseren Mengen vorkommen. Dadurch ergibt sich allein durch die Analytik im Spurenbereich für Blei und Cadmium ein grösserer Fehler. Ferner dürfte eine allfällige Kontamination der Getreidepflanze mit Blei oder Cadmium durch die Umwelt viel eher sichtbar sein. Bei den essentiellen Elementen braucht es für einen signifikanten Einfluss eine viel höhere Menge, da die zusätzliche Belastung zum «normalen» Gehalt der Pflanze addiert wird. Veränderte Blei- und Cadmiumkonzentrationen in der Umwelt hingegen sind direkt erkennbar. Verschiedene Standorte ergeben dadurch bei diesen Elementen eine viel grössere Streuung.

Die Häufigkeitsverteilungen (Abbildung 2) zeigen für aus Weiss-, Halbweiss- und Ruchmehl gebackene Brote eine annähernd Gauss'sche Verteilung. Für aus Spezial- und Roggenvormehl gebackene Brote sind angesichts der kleinen Probenzahl keine Aussagen möglich.

## Diskussion

### *Mittlerer täglicher Brotkonsum und Brotsorten*

Um die mittlere Schwermetallaufnahme abschätzen zu können, muss man den durchschnittlichen täglichen Verzehr und die prozentualen Anteile der einzelnen Brotsorten kennen. Diese Werte lassen sich nicht einfach aus dem Brotmehlausstoss berechnen, da zur Brotherstellung oft Mehlgemische eingesetzt werden (siehe Tabelle 3).

Der mittlere tägliche Verzehr in der Schweiz wurde in verschiedenen Studien erforscht. Ende der fünfziger Jahre ging man von rund 200 g/Person/Tag aus (1, 2). Zwanzig Jahre später resultierten aus einer ähnlichen Studie noch 130–140 g/Erwachsener/Tag (3). 1977/82 ergab eine Erhebung in Genf und Umgebung einen Mittelwert von 135 g/Tag (davon 12 g Kleingebäck) für Männer und von 111 g/Tag (davon 22 g Kleingebäck) für Frauen (17). Eine analoge Studie 1988/89 bei Betagten lieferte Mittelwerte von 118 g/Tag für Männer und 86 g/Tag für Frauen (18). In 40 Tagesrationen aus Verpflegungsbetrieben wurde 1983 ein Durchschnittswert von rund 120 g Brot (inkl. Zopf) ermittelt (19). Demgegenüber ergaben die Erhebungen des Bundesamtes für Industrie, Gewerbe und Arbeit über die Haushaltsrechnung Unselbständigerwerbender und Rentner einen mittleren Brotkonsum von nur rund 60 g/Person (20), wobei aber die auswärts eingenommenen Mahlzeiten in der

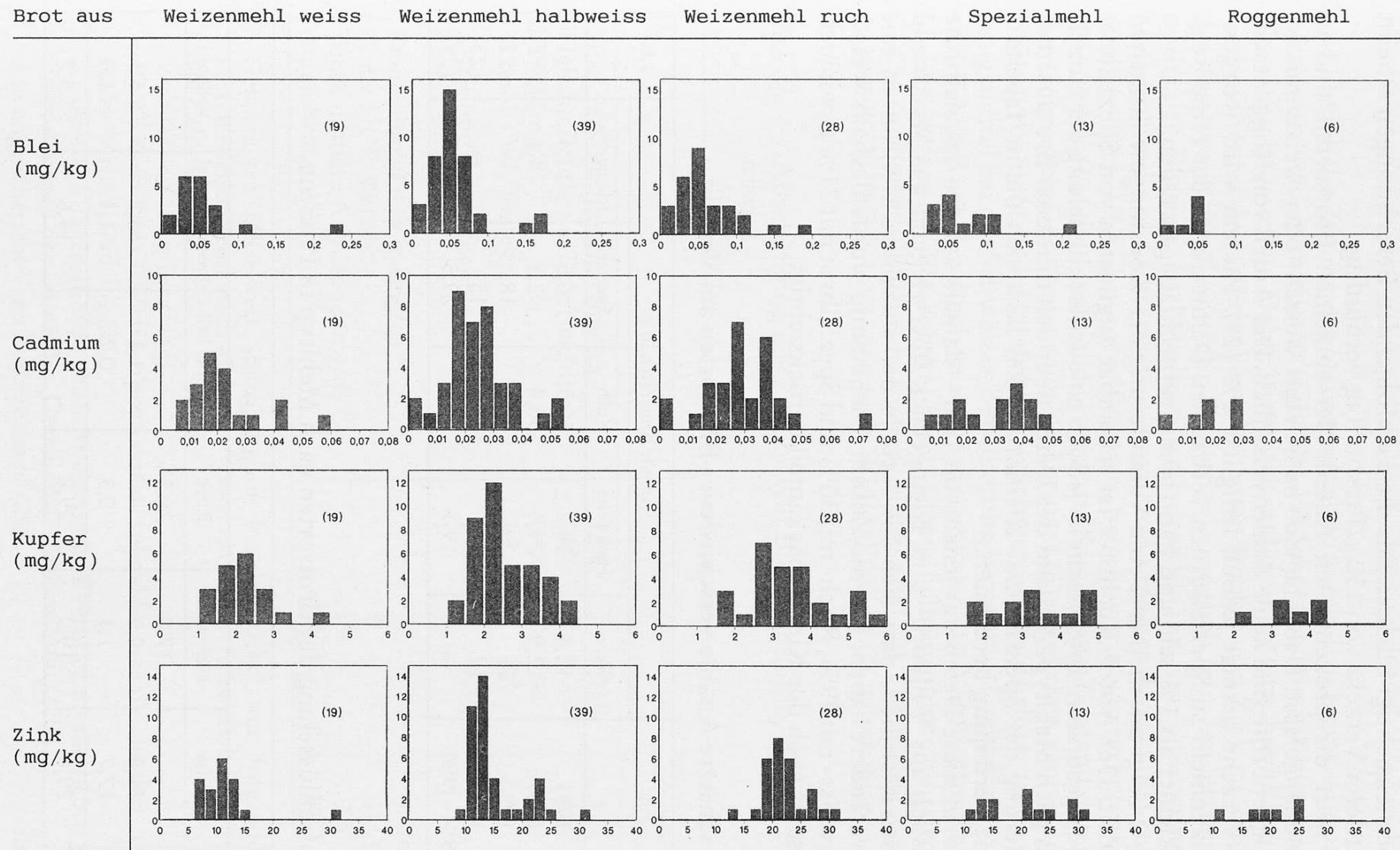


Abb. 2. Häufigkeitsverteilung der Konzentrationen der vier bestimmten Spurenelemente in den 5 untersuchten Probenarten. In Klammern die Anzahl der analysierten Proben.

Erhebung unberücksichtigt blieben. Für die nachfolgenden Berechnungen scheint deshalb ein mittlerer Verzehr von 130 g/Person/Tag vernünftig.

Die Daten über die prozentualen Anteile der einzelnen Brotsorten sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Dabei handelt es sich um Weizen- oder Weizemischbrote. Über Roggenbrote sind keine Zahlen erhältlich. Der Anteil von Roggenmehl am Pro-Kopf-Verzehr beträgt jedoch lediglich 2% (21). Zudem wird Roggen häufig mit Weizenmehl zu Spezialbrot verbacken. Damit dürfte der reine Roggenbrotanteil kleiner als 1% sein und kann somit vernachlässigt werden.

Die Tabelle 2 zeigt anscheinend eine Veränderung der Konsumgewohnheiten im Laufe der Zeit. Der Anteil Ruchbrot ist scheinbar zugunsten von Spezialbrot und Kleingebäck gesunken. Interessant ist jedoch eine Aufschlüsselung der einzelnen Brotsorten nach Mehltyp. Anhand der Daten über den mittleren Brotausstoss und der Gliederung der Spezial- und Kleinbrote (24) lässt sich die in Tabelle 3 wiedergegebene Verteilung berechnen.

Vergleicht man diese Daten mit jenen von 1961 – damals wurden Spezialbrote fast ausschliesslich aus Vollkorn- und Kleingebäck überwiegend aus Weissmehl hergestellt – ist ersichtlich, dass sich die Anteile der einzelnen Mehlsorten nur unwesentlich verändert haben. Für die Zufuhrabschätzung wurde deshalb Weiss mit 30%, Halbweiss- mit 19%, Ruch- mit 30% und Spezialbrot mit 21% gewichtet. Auf diese Weise ist auch der Kleingebäckanteil berücksichtigt.

*Tabelle 2. Geschätzte Anteile verschiedener Brotsorten am Verzehr*

Region	Jahr	Anteile Brotsorten in %					Lit.
		Weiss	Halbweiss	Ruch	Spezial	Kleingebäck	
Basel	1961	12,4	18,2	50,5	6,5	12,4	(1)
Thurgau	1961	12,9	24,4	56,4	2,2	4,1	(2)
Schweiz	1980	11	29	42	18	–	(22)
Schweiz	1980	12	32	41	15	–	(23)
Schweiz	1984–1990	–	19,1	30,7	29,5	20,7	(24)

– nicht bestimmt

*Tabelle 3. Aufschlüsselung der Brotsorten nach Mehltyp in Prozent*

Bezeichnung	Mehltyp					
	Weiss	Halbweiss	Ruch	Spezial hell	Spezial dunkel	Vollkorn
Grossbrot	–	17,0	29,5	–	–	–
Spezialbrot	11,9	0,9	–	1,1	13,2	4,3
Kleinbrot	17,7	1,1	0,3	0,2	1,4	1,4
Total	29,6	19,0	29,8	1,3	14,6	5,7

– nicht bestimmt

## Zufuhrabschätzung

Die tägliche Zufuhr von Schwermetallen durch Brot ergibt sich aus den Gehaltsmittelwerten, dem mittleren täglichen Verzehr und den prozentualen Anteilen der einzelnen Brotsorten. Dabei ist zwischen den unerwünschten Elementen Blei und Cadmium und den essentiellen Elementen Kupfer und Zink zu unterscheiden. Bei den erstenen sollte die Zufuhr so klein wie möglich sein, bei letzteren existiert ein optimaler Bereich. In Tabelle 4 sind deshalb die durch Brot aufgenommenen Mengen für die nichtessentiellen «toxischen» Elementen Blei und Cadmium mit den von der WHO/FAO vorgeschlagenen, provisorisch tolerierbaren Zufuhrmengen (25) und die für die essentiellen Elemente Kupfer und Zink mit den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (26) verglichen. Im weiteren wurde der Beitrag von Brot an der tatsächlichen Schwermetallaufnahme durch die Grundnahrungsmittel bei der Schweizer Bevölkerung berechnet. Diese ergibt sich als prozentualer Anteil aus der Analyse von Tagesrationen aus Verpflegungsbetrieben (27).

Die derzeitige Bleizufuhr durch Grundnahrungsmittel in der Schweiz von 0,025 mg/Mensch/Tag wird als gering eingestuft (27). Der Anteil des Brotes beträgt 21% oder lediglich 1,2% der nach WHO/FAO noch tolerierbaren Menge und ist

*Tabelle 4.* Abschätzung der Zufuhr von Blei, Cadmium, Kupfer und Zink durch Brot

	Element			
	Blei	Cadmium	Kupfer	Zink
Mittlere Konzentration (mg/kg) <sup>1)</sup>	0,041	0,018	1,9	11,5
Tägliche Zufuhr via Brot (mg/d) <sup>2)</sup>	0,0053	0,0023	0,25	1,5
PTWI (mg/d) <sup>3)</sup>	0,43	0,06		
% des PTWI-Wertes	1,2	3,8		
Totale mittlere Aufnahme (mg/d) <sup>4)</sup>	0,025	0,012		
Anteil Brot in %	21	19		
Empfehlung DGE in (mg/d) <sup>5)</sup>			2–4	15
% des DGE-Wertes			6–13	10
Totale mittlere Aufnahme (mg/d) <sup>6)</sup>			2,5	14,9
Anteil Brot in %			10	10

<sup>1</sup> Gewichteter Mittelwert (bezogen auf Frischgewicht) mit folgenden Anteilen der verschiedenen Brote nach Mehltyp: Weissbrot 30%, Halbweissbrot 19%, Ruchbrot 30%, Spezialbrot 21%.

<sup>2</sup> Verzehr von 130 g Brot/Tag.

<sup>3</sup> PTWI-Wert FAO/WHO (provisional tolerable weekly intake) umgerechnet pro 60-kg-Mensch und Tag (25).

<sup>4</sup> Analyse von Tagesrationen aus Schweizerischen Verpflegungsbetrieben (27).

<sup>5</sup> Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (28).

<sup>6</sup> Aus angenähertem Verzehr (berechnet) (29).

somit unproblematisch. Wesentlicher ist der Beitrag beim Cadmium. Nach neuesten Berechnungen ergibt sich für Cadmium mit 20% ohnehin die höchste Ausschöpfung aller von der WHO/FAO vorgeschlagenen provisorisch tolerierbaren Zufuhrmengen (27). Durch Brot wird dabei immerhin 0,0023 mg/Tag bzw. 19% der Gesamtcadmiumaufnahme oder 3,8% des WHO/FAO-Wertes aufgenommen. Diese anscheinend hohe Cadmiumaufnahme wird etwas relativiert, wenn sie mit der Aufnahme durch das Zigarettenrauchen verglichen wird. Dabei muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass dieses Risiko freiwillig auf sich genommen wird. Allein 20 Zigaretten/Tag entsprechen einer nahrungsbedingten Zufuhr von ca. 0,015 mg/Tag, also rund dem Siebenfachen der Aufnahme durch Brot (28). Die Cadmiumaufnahme durch Brot ist aus dieser Sicht also durchaus akzeptabel. Selbst bei extremen Verzehrsgewohnheiten wird der PTWI-Wert nicht erreicht. Gemäss Zimmerli und Knutti (19) verzehrt schätzungsweise 10% der Bevölkerung mehr als das Doppelte, 5% mehr als das 2,5fache, 2,5% mehr als das 3fache und 1% mehr als das 4fache der durchschnittlichen Aufnahme eines Nahrungsmittels. 1% der Bevölkerung nimmt somit durch Brot 0,009 mg Cadmium/Tag oder 15% des PTWI-Wertes auf. Die gesamte Cadmiumaufnahme durch Lebensmittel beträgt in diesem Fall 0,019 mg/Tag oder 32% des PTWI-Wertes.

Die durchschnittliche Kupferaufnahme durch Brot beträgt 0,25 mg/Tag. Damit wird 10% der Kupferzufuhr in der Schweiz oder 6–13% der empfohlenen Menge gedeckt. Dies ist, angesichts der Tatsache, dass die Kupfersversorgung trendmäßig zurückgeht (29), ein wichtiger Beitrag.

Durch Brot wird 10% der benötigten Zinkmenge zugeführt, was auch 10% der tatsächlichen Zufuhr entspricht.

Innerhalb der Schweiz gibt es regionale Unterschiede im Konsum der Brotsorten. Die beiden extremsten Regionen, die Zentralschweiz und die Westschweiz/Tessin, sind in Tabelle 5 zusammengefasst (24). Eine analoge Zufuhrabschätzung zeigt, dass sich die Schwermetallzufuhr durch Brot in diesen Regionen nur wenig von der übrigen Schweiz unterscheidet.

Aufschlussreich ist ein Vergleich der Schwermetallaufnahme durch Brot mit anderen Nahrungsmitteln. Als Bezugsgröße eignet sich hier der durchschnittliche Verbrauch an Nahrungsenergie. In der Schweiz betrug er 1987 ohne Berücksichtigung der alkoholischen Getränke 12 900 kJ/Tag (30). Die täglich verzehrte Brotmenge von 130 g enthält ca. 1000 kJ oder rund 8% des durchschnittlichen Verbrauchs an Nahrungsenergie. Dieser Wert ist niedriger als der prozentuale Anteil von Brot an der totalen mittleren Aufnahme von Schwermetallen. Durch Brot

*Tabelle 5. Regionale Unterschiede verschiedener Brotsorten*

Region	Anteile Brotsorten 1990 in Prozent			
	Halbweiss	Ruch	Spezial	Kleingebäck
Schweiz	17,0	29,5	31,4	22,1
Zentralschweiz	10,6	37,3	26,7	25,4
Westschweiz/Tessin	26,8	16,6	33,8	22,8

werden also vergleichsweise mehr Schwermetalle zugeführt als mit den übrigen Nahrungsmitteln.

Über die tatsächliche Aufnahme dieser Schwermetalle durch den Körper ist wenig bekannt. Dazu muss auch die Ausscheidung gemessen werden. Untersuchungen zeigten, dass Ballaststoffe die Absorption von Eisen und Zink beeinträchtigen. Zink in Weissbrot wird beispielsweise etwa doppelt so gut absorbiert wie Zink in Vollkornbrot (31). Vermutlich führt deshalb der hohe Ballaststoffanteil von Brot auch zu einer verminderten Aufnahme von Blei und Cadmium. Selbst bei einer hundertprozentigen Aufnahme sind jedoch die erwünschten Zufuhren der essentiellen Elemente Kupfer und Zink gegenüber den «toxischen» Blei und Cadmium in den Vordergrund zu stellen, da es sich zumindest bei Blei absolut um geringe Beiträge handelt.

### *Vergleich mit in- und ausländischen Literaturdaten*

In Tabelle 6 sind die Resultate dieser Arbeit und Daten von verschiedenen in- und ausländischen Studien zusammengefasst. Die Daten sind wegen den unterschiedlichen Erhebungsorten und Untersuchungsjahre sowie der Unsicherheit in der Analytik nicht direkt miteinander vergleichbar. Die verschiedenen Erhebungsorte werden durch den weltweiten Handel von Getreide, das für den Schwermetallgehalt im Brot hauptverantwortlich ist, etwas ausgeglichen. Dies spielt allerdings bei Ländern mit einem hohen Eigenversorgungsgrad nicht. Die unterschiedlichen Erhebungsjahre fallen nicht wesentlich ins Gewicht, da nur Daten der letzten 10 Jahre herangezogen wurden. In diesem Zeitraum haben sich gemäss ausländischen Studien (32, 33) die durchschnittlichen Schwermetallgehalte nicht verändert. Die analytische Unsicherheit ist vor allem bei Blei und Cadmium gross. Scheinbar unterschiedliche Gehalte dieser Elemente müssen sehr sorgfältig auf ihre Signifikanz geprüft werden. Unter Berücksichtigung dieser «Nebenbedingungen» stimmen die Gehalte aller Schwermetalle sehr gut miteinander überein.

### *Vergleich mit den Daten aus dem Monitoring-Programm Mahlprodukte*

In der Tabelle 7 werden die Mittelwerte dieser Arbeit mit jenen aus dem Monitoring-Programm «III. Mahlprodukte» (12) verglichen.

Während die mittleren Bleigehalte in allen Brotsorten mehr als doppelt so hoch wie in den entsprechenden Mehlen sind, stimmen die mittleren Cadmiumwerte sehr gut miteinander überein. Bei Kupfer und Zink fallen die höheren Konzentrationen in den Weiss- und Halbweissbroten gegenüber den verwendeten Mehlen auf.

Wegen der Unsicherheit in der Analytik und der unterschiedlichen Erhebungsjahre sind auch diese Daten nur bedingt miteinander vergleichbar. Wie bereits ausgeführt, ist die Bleianalytik in diesem Spurenbereich mit grossen Unsicherheiten verbunden. Die festgestellten Abweichungen könnten durchaus ein durch die Analytik produzierter Artefakt sein. Beim Erhebungsjahr ist der Selbstversorgungsgrad entscheidend. 1983/1984 (Monitoring-Programm «Mahlprodukte») lag

Tabelle 6. Vergleich mit anderen in- und ausländischen Studien

Herkunft (Land)	Jahr	Brotsorte	Anzahl Proben	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Lit.
Schweiz	1987/ 1989	Weiss	19	0,056	0,023	2,2	11,5	Diese Studie
		Halbweiss	39	0,057	0,024	2,6	14,6	
		Ruch	28	0,061	0,030	3,4	22,0	
		Spezial	13	0,075	0,030	3,4	20,4	
		Roggen	6	0,045	0,017	3,5	19,7	
Schweiz	1981	Weiss <sup>1</sup>	9	—	—	2,2	7,5	(23)
		Halbweiss <sup>1</sup>	17	—	—	2,5	12,3	
		Ruch <sup>1</sup>	17	—	—	3,8	21,0	
		Spezial <sup>1</sup>	14	—	—	3,4	17,1	
		Roggen <sup>1</sup>	4	—	—	2,5	12,4	
Schweiz	1988	Spezial	10	0,063	0,022	—	—	(8)
Deutschland	1978– 1984	Spezial <sup>1</sup>	67	0,043	0,043	—	—	(33)
		Roggen <sup>1</sup>	72	0,058	0,020	—	—	
Deutschland	1981	Weiss <sup>1</sup>	33	0,038	0,037	—	—	(34)
		Spezial <sup>1</sup>	110	0,060	0,045	—	—	
		Roggen <sup>1</sup>	40	0,083	0,020	—	—	
Deutschland	1983	n. spez. <sup>1</sup>	73	—	0,020	—	—	(35)
Finnland	1980	Weiss <sup>1</sup>	10	0,125	0,042	—	—	(36)
		Roggen <sup>1</sup>	7	<0,083	0,033	—	—	
Finnland	1982	Weiss	48	0,074	—	—	—	(37)
		Weiss	38	—	0,035	—	—	
		Roggen	33	0,094	—	—	—	
		Roggen	23	—	0,029	—	—	
Dänemark	1984	Weiss <sup>1</sup>	43	0,100	0,063	2,0	10,8	(38)
		Roggen <sup>1</sup>	105	0,117	0,042	3,7	26,7	
Schweden	1984	Weiss	4	0,038	0,052	—	45,0	(39)
Österreich	1985	Roggen	63	0,068	0,017	3,3	—	(40)

<sup>1</sup> Umgerechnet auf Trockensubstanz (Annahme: 40% Wassergehalt).

er schätzungsweise bei 70%, 1987/1989 (vorl. Monitoring-Programm «Brot») bei gut 80%. Ausländisches Getreide müsste somit sehr viel schwermetallhaltiger als inländisches sein, was aber unwahrscheinlich ist.

Geht man davon aus, dass Brot mehr Schwermetalle enthält als Mehl, wäre eine mögliche Erklärung, dass den Weiss- und Halbweissbroten zur Nährwertsverbeserung Kupfer und Zink zugesetzt und dabei Blei als Verunreinigung eingebracht würde. Eine Umfrage bei Mühlen und Bäckereien ergab jedoch, dass keine solchen Zusätze verwendet werden. Weiter wäre eine «Schwermetall-Anreicherung» durch

Tabelle 7. Vergleich mit den Mittelwerten aus dem Monitoring-Programm III. Mahlprodukte (12). [Arithmetische Mittelwerte  $\pm$  Standardfehler ( $s/\sqrt{n}$ )]

Mehl/Brot	Blei (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Kupfer (mg/kg)	Zink (mg/kg)
Weizenmehl weiss	0,022 $\pm$ 0,002	0,019 $\pm$ 0,001	1,2 $\pm$ 0,02	5,6 $\pm$ 0,4
Weissbrot	0,056 $\pm$ 0,013	0,023 $\pm$ 0,003	2,2 $\pm$ 0,2	11,5 $\pm$ 1,2
Weizenmehl halbweiss	0,024 $\pm$ 0,003	0,022 $\pm$ 0,001	1,6 $\pm$ 0,03	8,7 $\pm$ 0,2
Halbweissbrot	0,057 $\pm$ 0,006	0,024 $\pm$ 0,002	2,6 $\pm$ 0,1	14,6 $\pm$ 0,7
Weizenmehl ruch	0,019 $\pm$ 0,002	0,036 $\pm$ 0,001	3,3 $\pm$ 0,06	18,2 $\pm$ 0,3
Ruchbrot	0,061 $\pm$ 0,007	0,030 $\pm$ 0,002	3,4 $\pm$ 0,2	22,0 $\pm$ 0,7
Roggenmehl hell	0,013 $\pm$ 0,002	0,019 $\pm$ 0,003	1,7 $\pm$ 0,2	7,9 $\pm$ 0,8
Roggenmehl dunkel	0,019 $\pm$ 0,003	0,023 $\pm$ 0,006	2,7 $\pm$ 0,4	15,4 $\pm$ 1,3
Roggenbrot	0,045 $\pm$ 0,005	0,017 $\pm$ 0,004	3,5 $\pm$ 0,2	19,7 $\pm$ 2,0

den Herstellungsprozess denkbar. Die höheren Bleiwerte könnten so erklärt werden. Um höhere Kupfer- und Zinkgehalte zu erhalten, müsste jedoch eine selektive Anreicherung bei den Weiss- und Halbweissmehlen stattfinden. Dies ist nicht plausibel. Wahrscheinlich sind also die beschriebenen Unterschiede analytisch bedingt.

### Dank

Die Autoren sprechen ihren Dank aus: Herrn Dr. Cl. Corvi vom Kantonalen Laboratorium Genf für die Mitarbeit bei der Probenvorbereitung, den Herren Dr. K. Rieder und Dr. E. Wirz von den Kantonalen Laboratorien Bern bzw. Solothurn für die laborexternen Vergleichsanalysen und Dr. B. Zimmerli vom Bundesamt für Gesundheitswesen für die Berechnungen des täglichen Brotkonsums und der Anteile der verschiedenen Brotsorten.

### Zusammenfassung

In 105 Brotproben der Jahre 1987 und 1989 wurden Blei, Cadmium, Kupfer und Zink bestimmt. Die Mittelwerte (bezogen auf Trockensubstanz) betrugen für Weissbrot ( $n = 19$ ) Pb 56 µg/kg, Cd 23 µg/kg, Cu 2,2 mg/kg, Zn 11,5 mg/kg, Halbweissbrot ( $n = 39$ ) Pb 57 µg/kg, Cd 24 µg/kg, Cu 2,6 mg/kg, Zn 14,6 mg/kg, Ruchbrot ( $n = 28$ ) Pb 61 µg/kg, Cd 30 µg/kg, Cu 3,4 mg/kg, Zn 22,0 mg/kg, Spezialbrot ( $n = 13$ ) Pb 75 µg/kg, Cd 30 µg/kg, Cu 3,4 mg/kg, Zn 20,4 mg/kg und Roggenbrot ( $n = 6$ ) Pb 45 µg/kg, Cd 17 µg/kg, Cu 3,5 mg/kg, Zn 19,7 mg/kg. Dies ergibt eine tägliche Zufuhr von ca. 5,3 µg Pb, 2,3 µg Cd, 0,25 mg Cu und 1,5 mg Zn. Durch Brot werden somit die maximalen tolerierbaren Zufuhren der FAO/WHO bei Pb zu 1,2% und bei Cd zu 3,8% ausgeschöpft und die empfohlenen Aufnahmen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung bei Cu zu 6–13% und bei Zn zu 10% gedeckt.

## Résumé

Les teneurs en plomb, cadmium, cuivre et zinc ont été dosées dans 105 échantillons de différentes sortes de pain prélevés entre 1987 et 1989. Les teneurs moyennes des ces éléments, rapportées à la matière sèche des différentes sortes d'échantillons, ont été les suivantes: pain blanc ( $n = 19$ ) Pb 56 µg/kg, Cd 23 µg/kg, Cu 2,2 mg/kg, Zn 11,5 mg/kg, pain mi-blanc ( $n = 39$ ) Pb 57 µg/kg, Cd 24 µg/kg, Cu 2,6 mg/kg, Zn 14,6 mg/kg, pain bis ( $n = 28$ ) Pb 61 µg/kg, Cd 30 µg/kg, Cu 3,4 mg/kg, Zn 22,0 mg/kg, pain spécial ( $n = 13$ ) Pb 75 µg/kg, Cd 30 µg/kg, Cu 3,4 mg/kg, Zn 20,4 mg/kg et pain de seigle ( $n = 6$ ) Pb 45 µg/kg, Cd 17 µg/kg, Cu 3,5 mg/kg, Zn 19,7 mg/kg. Sur la base de ces valeurs l'apport journalier en plomb a été estimé à 5,3 µg, en cadmium 2,3 µg, en cuivre 0,25 mg et en zinc 1,5 mg. Pour le plomb cet apport représente les 1,2% de la dose hebdomadaire tolérable temporaire fixée par le Comité mixte FAO/WHO et pour le cadmium les 3,8%. L'apport en cuivre contribue à couvrir les 6–13% des besoins quotidiens recommandées par la DGE et en zinc les 10%.

## Summary

In 105 samples of bread from the years 1987 and 1989, lead, cadmium, copper and zinc were analysed. The mean concentrations (refered to dried weight) were for white bread ( $n = 19$ ) Pb 56 µg/kg, Cd 23 µg/kg, Cu 2,2 mg/kg, Zn 11,5 mg/kg, for semi brown bread ( $n = 39$ ) Pb 57 µg/kg, Cd 24 µg/kg, Cu 2,6 mg/kg, Zn 14,6 mg/kg, for brown bread ( $n = 28$ ) Pb 61 µg/kg, Cd 30 µg/kg, Cu 3,4 mg/kg, Zn 22,0 mg/kg, special bread ( $n = 13$ ) Pb 75 µg/kg, Cd 30 µg/kg, Cu 3,4 mg/kg, Zn 20,4 mg/kg and rye bread ( $n = 6$ ) Pb 45 µg/kg, Cd 17 µg/kg, Cu 3,5 mg/kg, Zn 19,7 mg/kg. This gives daily intakes of about 5,3 µg Pb, 2,3 µg Cd, 0,25 mg Cu and 1,5 mg Zn. Thus contributes to 1,2% and 3,8% of the maximum tolerable intake (FAO/WHO and 6–13% of Cu, respectively 10% to the recommended intakes.

## Literatur

1. Gsell, Daniela, Develey, R. und Streuli, Brigit: Vergleichende Untersuchungen über die Ernährung in verschiedenen Gebieten der Schweiz. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **53**, 93–124 (1962).
2. Gsell, Daniela und Streuli, Brigit: Vergleichende Untersuchungen über die Ernährung in verschiedenen Gebieten der Schweiz. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **53**, 125–148 (1962).
3. Ritzel, G.: Verzehrgewohnheiten von Grundnahrungsmitteln in Haushaltungen und ihre Bedeutung. In: Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H.P., Ritzel, G. und Stransky, M., Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 30–57. Hans Huber, Bern 1984.
4. Schweizer, T.: Verbrauch an Nahrungsfasern. In: Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H.P., Ritzel, G. und Stransky, M., Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 96–103. Hans Huber, Bern 1984.
5. 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., Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 81–88. Hans Huber, Bern 1984.
6. Brubacher, G. B.: Verbrauch an Vitaminen. In: Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H.P., Ritzel, G. und Stransky, M., Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 89–95. Hans Huber, Bern 1984.

7. Anonym: Kantonales Laboratorium Solothurn: Auszüge aus den Jahresberichten der amtlichen Laboratorien. In: Kantonaler Vollzug der Lebensmittelgesetzgebung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 77, 380 (1986).
8. Anonym: Kantonale Laboratorien Solothurn, Basel-Stadt und Basel-Landschaft: Auszüge aus den Jahresberichten der amtlichen Laboratorien. In: Kantonaler Vollzug der Lebensmittelgesetzgebung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 79, 284–285 (1988).
9. Anonym: Kantonales Laboratorium Waadt: Auszüge aus den Jahresberichten der amtlichen Laboratorien. In: Kantonaler Vollzug der Lebensmittelgesetzgebung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 78, 269 (1987).
10. 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).
11. Andrey, D., Ribs, T. und Wirz, E.: Monitoring-Programm Schwermetalle in Lebensmitteln. II. Blei, Cadmium, Zink und Kupfer in Schweizer Kartoffeln. Mitt. Gebiete Lebensm. 79, 327–338 (1988).
12. Knutti, R., Andrey, D., Beuggert, H., Erard, M., Guggisberg, H., Wirz, E. und Zimmerli, B.: Monitoring-Programm Schwermetalle in Lebensmitteln. III. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Mahlprodukten (Mehl und Kleie). Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 80, 363–386 (1989).
13. Hensch-Probst, N., Wagmann, M. und Herrmann, A.: Monitoring-Programm Schwermetalle in Lebensmitteln. IV. Blei in Weinen auf dem Schweizer Markt. Teil A: Analytische Qualitätskontrolle. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 82, 159–173 (1991).
14. Bertschi, H.: CH-Tops, Die meisten Brotsorten. Basler Zeitung vom 22. Mai 1991.
15. Knutti, R. und Zimmerli, B.: Blei und Cadmium in Lebensmitteln: Qualitätssicherung (Ringversuch Typ 1), Bericht, Schwerzenbach/Bern 1984.
16. Wenk, P.: Ringversuch Nordwestschweiz 2/90: Blei in Proben und Lösungen, unveröffentlicht.
17. Gex-Fabry, M., Raymond, L. and Jeanneret, O.: Multivariate analysis of dietary patterns in 939 Swiss adults: Sociodemographic parameters and alcohol consumption profiles. Inter. J. Epidemiol. 17, 548–555 (1988).
18. Schlettwein-Gsell, D., Dirren, H., Decarli, B., Barclay, D., Brubacher, G., Haller, J. und Stähelin, H. B.: Ernährung und Ernährungsstatus von 361 70–75jährigen Betagten in drei Regionen der Schweiz (Bellinzona, Burgdorf und Yverdon). In: Stähelin, B.H., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R., Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 255–279. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
19. 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, 168–205 (1985).
20. Anonym: Haushaltrechnungen 1989, Amtliche Statistik der Schweiz Nr. 290, Bundesamt für Statistik, Bern 1990.
21. Erard, M., Dick, R. und Zimmerli, B.: Studie zum Lebensmittel-Pro-Kopf-Verzehr der Schweizer Bevölkerung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 77, 88–130 (1986).
22. Ritzel, G.: Der Brotkonsum in der Schweiz – ernährungssoziologische Aspekte. In: Ritzel, G. und Bickel, H. (Hrsg.), Internationales Brotsymposium. Inter. J. Vit. Nutr. Res. Beiheft 21, S. 109–122, Hans Huber, Bern 1981.
23. 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).

24. Anonym: Broterhebung 1990. Ergebnisse 1. Teil und 2. Teil. Fachblatt Richemont **46**, 107–111 und 128–131 (1990).
25. Joint FAO/WHO: Expert Committee on Food Additives (JECFA). WHO Tech. Rep. Ser. No. 505, World Health Organisation, Geneva 1989.
26. Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. Umschau Verlag, Frankfurt 1985.
27. *Zimmerli, B., Bosshard, E. und Knutti, R.*: Nichtessentielle «toxische» Spurenelemente. In: Stähelin, B.H., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R., Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 149–162. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
28. *Zimmerli, B.*: Zur Cadmiumbelastung der Schweizer Bevölkerung durch Zigarettenrauch. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 515–530 (1985).
29. *Kieffer, F. und Sieber, R.*: Angenäherter Verzehr an Mineralstoffen und Spurelementen. In: Stähelin, B.H., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R., Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 70–78. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
30. *Stransky, M.*: Verbrauch und angenäherter Verzehr an Energie und Energieträgern. In: Stähelin, B.H., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R., Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 149–162. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
31. *Turnlund, J.R.*: Bioavailability of selected minerals in cereal products. Cereal Foods World **27**, 152–157 (1982).
32. *Ocker, H.-D.*: Pestizid-Rückstände und Schwermetalle in Getreide. Getreide, Mehl, Brot **40**, 67–71 (1986).
33. *Ocker, H.-D. und Brüggemann, J.*: Schwermetall- und Radioaktivitätsbelastung von Vollkornmehl-Brot. Ernährungs-Umschau **35**, 116–120 (1988).
34. *Ocker, H.-D.*: Zur Belastung des Brotgetreides durch die Schwermetalle Blei und Cadmium. Lebensmittelchemie und gerichtliche Chemie **35**, 36–42 (1981).
35. *Vetter, H., Kampe, W. und Ranft, K.*: Qualität pflanzlicher Lebensmittel. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, S. 46–85. Selbstverlag, Darmstadt 1983.
36. *Varo, P., Nuurtamo, M., Saari, E. and Koivistoinen, P.*: Mineral element composition of finnish foods. Acta Agricult. Scand. Suppl. **22**, 37–55 (1980).
37. *Varo, P.*: Heavy metals in finnish cereal products and diets. Developments Food Sci. **5B**, 1167–1172 (1983).
38. Anonym: Cereals and cereal-products. Trace elements, pesticides, nutrients, food additives, nitrate and nitrite, ochratoxin-A and ergots. Statens Levnedsmiddelinstitut Central-laboratoriet, Publ. Nr. 93, Aug. 1984, DK-2860 Soborg.
39. *Jorhem, L., Mattsson, P. and Slorach, S.*: Lead, cadmium, zinc and certain other metals in foods on the swedish market. Var Föda **36**, Suppl. 3 (1984).
40. *Schindler, E.*: Blei-, Cadmium- und Kupfergehalte in Roggen-Vollkornbrot. Deut. Lebensm. Rundsch. **81**, 188 (1985).

Dr. P. Wenk  
 Kantonales Laboratorium BL  
 Postfach  
*CH-4414 Füllinsdorf*