

<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>	76 (1985)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. Teil III, Blei, Cadmium, Quecksilber, Nickel und Aluminium = Analysis of daily rations from Swiss canteens and restaurants. Part III, Lead, cadmium, mercury, nickel and aluminium
<b>Autor:</b>	Knutti, R. / Zimmerli, B.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-982365">https://doi.org/10.5169/seals-982365</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:** 25.01.2026

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

## Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben

### III. Blei, Cadmium, Quecksilber, Nickel und Aluminium\*

Analysis of Daily Rations from Swiss Canteens and Restaurants

III. Lead, Cadmium, Mercury, Nickel and Aluminium

*R. Knutti*

Institut für Toxikologie der ETH und Universität Zürich, Scherzenbach

*B. Zimmerli*

Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern

### Einleitung

Wenn von Giftstoffen in Lebensmitteln die Rede ist, denkt man nicht zuletzt an Blei, Quecksilber und Cadmium. Von besonderem toxikologischem Interesse sind diese drei Schwermetalle deshalb, weil sie im Körper gespeichert werden und bereits in geringen Konzentrationen toxische Effekte verursachen können. Abgesehen von beruflichen Expositionen werden sie vor allem mit der täglichen Nahrung aufgenommen (1–8).

Durch die zivilisatorischen Aktivitäten gelangen diese Elemente in die Umwelt und schliesslich auch in die Nahrungs- und Futterpflanzen. Eine viel direktere, aber auch leichter zu bekämpfende Kontamination der Nahrung kann durch lebensmitteltechnologische Prozesse sowie durch den Kontakt mit Behältern und Geschirr erfolgen.

Die in der Umwelt diffus verteilt angestiegenen Konzentrationen von Schwermetallen bedeuten nicht unbedingt, dass die Belastung der Bevölkerung entsprechend zugenommen hat. Insbesondere für Blei dürfte sich die Situation dank der Anstrengungen der amtlichen Lebensmittelkontrolle und der Lebensmittelindustrie zur Verminderung verschiedener Expositionsquellen, wie z. B. Keramikglasuren und Konservendosen, sowie durch die in den letzten Jahren erfolgte Reduktion des Bleiausstosses durch Automobile, eher verbessert haben.

\* Erweiterte Fassung des Vortrages anlässlich der 96. Jahresversammlung der Schweiz. Gesellschaft für Analytische und Angewandte Chemie vom 21./22. September 1984 in Solothurn.

Bei der Beurteilung der Belastung der Nahrung durch Schwermetalle darf nicht vergessen werden, dass diese Elemente zur natürlichen Umwelt gehören. Es kann deshalb nicht das Ziel sein, sie vollständig aus der Nahrung zu eliminieren. Zudem muss verhindert werden, dass durch die Bemühungen um eine Verminderung der Gehalte potentiell toxischer Elemente in der Nahrung ein Mangel an essentiellen Spurenelementen entsteht.

Aus den im einleitenden Kapitel (9) dargelegten Gründen soll in der vorliegenden Arbeit, aufgrund von essfertigen Tagesrationen aus vier verschiedenen Verpflegungsbetrieben, abgeschätzt werden, wieviel Blei, Cadmium und Quecksilber sowie Nickel und Aluminium in der Schweiz mit der Nahrung aufgenommen wird. Die Gehalte weiterer Elemente und Nährstoffe werden in anderen Teilkapiteln (10, 11) besprochen.

Die hier zur Diskussion stehenden Elemente liegen im Konzentrationsbereich von ng/g bis  $\mu\text{g}/\text{g}$  vor und müssen neben den vielen anderen Elementen, die in tausend- bis millionenfach höheren Konzentrationen in den zu analysierenden Proben vorhanden sind, selektiv erfasst werden. Zur Vermeidung einer Kontamination der Proben durch Reagenzien und Gefäße müssen für die routinemässige Bestimmung in Lebensmitteln möglichst einfache Probenvorbereitungsmethoden eingesetzt werden. Die Erfahrung zeigt im weiteren, dass ohne rigorose interne und externe Analysenqualitätskontrollmassnahmen die Richtigkeit der Resultate kaum zu beurteilen ist (12, 13, 14).

## Methodik

### Probenmaterial

Aus vier verschiedenen Verpflegungsbetrieben (Betrieb A: Personalrestaurant eines Betriebes der öffentlichen Dienste, Betrieb B: Spitätküche für das Personal und die Patienten der allgemeinen Abteilung, Betrieb C: vegetarisches Restaurant und Betrieb D: Kantine einer Rekrutenschule) wurden je 10 Tagesrationen, bestehend aus Frühstück, Mittagessen und Abendessen erhoben. Getränke waren darin nur enthalten, sofern sie als Teil des Menüs abgegeben wurden. Detailangaben über die Zusammensetzungen der Tagesrationen, die Probennahme und die Probenverarbeitung sind im einleitenden Kapitel (9) enthalten. Analysiert wurde das homogenisierte und gefriergetrocknete Probenmaterial.

### Analytische Qualitätssicherung

Mit Hilfe der heute zur Verfügung stehenden Analyseninstrumente lassen sich Spurenelemente in äusserst komplexen Probenmaterialien bis in den pg/g-Konzentrationsbereich spezifisch und quantitativ nachweisen. Die dabei relativ bequem erreichbare gute Reproduzierbarkeit täuscht allerdings allzu leicht darüber hinweg, dass die Richtigkeit solcher Analysenresultate meistens nur mit einem

sehr viel grösseren Aufwand einigermassen sichergestellt werden kann. In der vorliegenden Arbeit wurden die folgenden Massnahmen zur analytischen Qualitäts sicherung getroffen:

a) *labor-intern*

- Doppelbestimmung aller Proben, Probenaufschlüsse in zwei verschiedenen und zeitlich auseinanderliegenden Aufschlusserien;
- Blindproben für Reagenzien und Probenaufschluss;
- Überprüfung der Erfassung von Methylquecksilber durch Mitführen einer entsprechenden NBS-Referenzprobe mit bekanntem Gehalt sowie zusätzliche Bestimmung von Quecksilber in den nur homogenisierten und tiefgefrorenen, aber nicht gefriergetrockneten Tagesrationen mit Fischgerichten.

b) *labor-extern*

- Zur Kontrolle der Homogenität des Probenmaterials wurde Cadmium in einer Tagesration mit einem hohen Salatanteil, bei der man Inhomogenitätsprobleme erwarten konnte, 6mal in Probenmengen von je 0,3 g bestimmt. Die dabei ermittelte relative Standardabweichung von 15% bei einer Konzentration von 33 ng/g Trockenmasse wurde als befriedigend erachtet.
- Es wurden Blindproben aus Saccharose hergestellt, um allfällige, bei der Lagerung, der Homogenisierung und der Gefrieretrocknung auftretende Kontaminationen erfassen zu können.
- Dem Analysenlabor wurden insgesamt 49 kodierte Proben übergeben. Die 9 zusätzlichen Analysenproben setzten sich zusammen aus:
  - Kontrollproben mit z. T. bekanntem Gehalt (NBS-Referenzmaterialien)
  - Mehrfachproben einer Tagesration
  - Blindproben
- Einzelne Proben wurden zusätzlich noch in anderen Laboratorien analysiert.
- Die Bestimmung von Aluminium wurde in allen Tagesrationen zusätzlich noch mit Neutronenaktivierungsanalyse durchgeführt (11).

## Analytik

### Probenvorbereitung

Zur Probenvorbereitung wurden folgende Reagenzien und Geräte verwendet: Deionisiertes Leitungswasser wurde in einer Quarzbidestillationsapparatur gereinigt und in Vorratsgefäßen aus FEP (Nalgene) aufbewahrt. Salpetersäure (65%, Merck, p. a.) wurde in einer Subboiling-Destillationsapparatur aus Quarz (Firma H. Kürner, D-6451 Neuberg) nachgereinigt und in Quarzgefäßen aufbewahrt. Zur Mineralisierung wurde ein Aufschlussblock nach *Stoeppler* (15) aus rostfreiem Stahl mit 9 Teflongefäßen (35 ml Inhalt) verwendet. Je ca. 500 mg der gefriergetrockneten Proben wurden ohne zusätzliche Trocknung direkt in die mit Salpetersäure gereinigten Teflongefässe eingewogen. Nach Zugabe von 1 ml Wasser

und 2 ml HNO<sub>3</sub> (65%) wurden die Proben im verschlossenen Stahlblock hinter einem transparenten Schutzschild aus Makrolon auf einer Heizplatte während einer Stunde bei 80 °C und anschliessend während einer weiteren Stunde bei 160 °C aufgeschlossen.

Die abgekühlten Aufschlusslösungen wurden durch Dekantieren in graduierte 10-ml-Polystyrolrörchen mit Deckel aus Polyethylen (Milan S. A., Genf, nachgereinigt mit HNO<sub>3</sub>) transferiert, die Teflongefäße mit bidestilliertem Wasser nachgespült und die Aufschlusslösungen auf 10 ml Endvolumen gebracht.

### Messung

#### Bestimmung von Blei, Cadmium, Aluminium und Nickel

Zur Bestimmung dieser vier Elemente wurde ein Atomabsorptionsspektrometer, Perkin-Elmer, Modell 5000 mit Untergrundkompensation durch Kontinuumstrahler (Deuteriumlampe für den UV-Bereich bis 300 nm, Wolframlampe für Wellenlängen über 300 nm) eingesetzt. Die Atomisierung erfolgte im Graphitrohrofen, Perkin-Elmer, Modell HGA 500. Es wurden Standardgraphitrohre verwendet, die im Labor noch elementspezifisch vorbehandelt wurden (16). Die Proben wurden mit einem automatischen Probengeber, Perkin-Elmer, Modell AS1 (30 Positionen), dosiert. Die Erfassung der Messdaten erfolgte sowohl analog mit einem 2-Kanal-Kompensationsschreiber, W+W, Modell 1200 (simultane Aufzeichnung des untergrundkompensierten Messsignals und der unspezifischen Störabsorption), als auch digital durch Übertragung der Peakhöhen auf einen Commodore-VC-20-Rechner.

Zur Erkennung einer allfälligen Kontamination der Automatenbecher (0,5 ml Polystyrol) wurde jede Aufschlusslösung mindestens zweimal pipettiert. Aus jeder Messlösung wurden mit je 10 µl zwei Absorptionsmessungen durchgeführt.

#### Blei

Wellenlänge: 283,3 nm, Spalt 0,7 nm  
Messlösung: 250 µl Aufschlusslösung + 50 µl Matrixmodifikationslösung (0,5% NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,2% Triton X-100, 0,15% HNO<sub>3</sub>) + 50 µl Eichlösung (0 / 50 / 100 ng/ml Pb in 0,1% HNO<sub>3</sub>)  
Eichung: Standardaddition  
Graphitrohr: Standardrohr, mit Molybdatlösung imprägniert (16)  
HGA-Bedingungen: Trocknen: Rampe 5 s, Haltezeit 5 s 120 °C. Veraschen: Rampe 5 s, Haltezeit 5 s 1000 °C. Zwischenschritt vor dem Atomisieren: Rampe 1 s, Haltezeit 2 s, 20 °C red. Argonfluss 10 ml/min. Atomisieren: Rampe 0 s, Haltezeit 5 s 1100 °C red. Argonfluss 10 ml/min. Ausglühen: Rampe 1 s, Haltezeit 2 s 2500 °C.

#### Cadmium

Wellenlänge: 228,8 nm, Spalt 0,7 nm  
Messlösung: 200 µl Aufschlusslösung (1 + 4 verdünnt mit H<sub>2</sub>O bidest.) + 20 µl Eichlösung (0 / 10 / 20 ng/ml Cd in 0,1% HNO<sub>3</sub>)  
Eichung: Standardaddition

Graphitrohr: Standardrohr, mit Molybdatlösung imprägniert (16)  
HGA-Bedingungen: Trocknen: Rampe 5 s, Haltezeit 5 s 130 °C. Veraschen: Rampe 3 s, Haltezeit 4 s 350 °C. Zwischenschritt vor dem Atomisieren: Rampe 1 s, Haltezeit 2 s 20 °C Argonfluss 0 ml/min. Atomisieren: Rampe 0 s, Haltezeit 5 s 800 °C Argonfluss 0 ml/min. Ausglühen: Rampe 1 s, Haltezeit 2 s 2500 °C.

### Nickel

Wellenlänge: 232,2 nm, Spalt 0,2 nm  
Messlösung: 200 µl Aufschlusslösung + 100 µl Verdünnungslösung mit 0 / 100 / 200 ng/ml Ni in 0,1% HNO<sub>3</sub>  
Eichung: Standardaddition für 1., 6. und 11. Probe. Die Messempfindlichkeit wurde aus der mittleren Steigung der 3 Proben mit Standardaddition berechnet.  
Graphitrohr: Standardrohr, mit Zählgas (5% Methan in Argon) während 200 s bei 2000 °C pyrolytisch vorbehandelt. Mit dem gleichen Rohr wurden mehr als 300 Absorptionsmessungen durchgeführt (Änderung der Empfindlichkeit < 10%). Durch eine wiederholte pyrolytische Behandlung kann die Lebensdauer des Graphitrohres verlängert werden.  
HGA-Bedingungen: Trocknen: Rampe 5 s, Haltezeit 10 s 120 °C. Veraschen: Rampe 5 s, Haltezeit 20 s 1000 °C. Zwischenschritt vor dem Atomisieren: Rampe 1 s, Haltezeit 2 s 20 °C red. Argonfluss 10 ml/min. Atomisieren: Rampe 0 s, Haltezeit 5 s 2600 °C red. Argonfluss 10 ml/min. Ausglühen: Rampe 1 s, Haltezeit 2 s 2500 °C.

### Aluminium

Wellenlänge: 309,3 nm, Spalt 0,7 nm  
Messlösung: 150 µl Aufschlusslösung (1 + 4 verdünnt mit H<sub>2</sub>O bidest.) + 150 µl Verdünnungslösung mit 0 / 50 / 100 ng/ml Al in 0,1% HNO<sub>3</sub>  
Eichung: Standardaddition für 1., 6. und 11. Probe. Die Messempfindlichkeit wurde aus der mittleren Steigung der 3 Proben mit Standardaddition berechnet.  
Graphitrohr: Standardrohr, wie für Ni pyrolytisch vorbehandelt  
HGA-Bedingungen: Trocknen: Rampe 5 s, Haltezeit 10 s 120 °C. Veraschen: Rampe 5 s, Haltezeit 15 s 1400 °C. Zwischenschritt vor dem Atomisieren: Rampe 1 s, Haltezeit 4 s 20 °C red. Argonfluss 10 ml/min. Atomisieren: Rampe 0 s, Haltezeit 5 s 2100 °C red. Argonfluss 10 ml/min. Ausglühen: Rampe 1 s, Haltezeit 6 s 2500 °C.

### Bestimmung von Quecksilber

Quecksilber wurde nach einer Variante der Hatch-und-Ott-Methode (17) auf einem speziell eingerichteten Atomabsorptionsspektrometer (Perkin-Elmer, Modell 360 mit selbstgebauter Hg-Absorptionszelle, Untergrundkompensation mit Deuteriumlampe) bestimmt: 2 ml der salpetersauren Aufschlusslösung (entsprechend ca. 0,1 g Trockenmasse) werden in mit 10% Schwefelsäure gereinigte 50-ml-Schliff-Erlenmeyer pipettiert. Nach Zugabe von 0,5 ml der Reduktionslösung

(10% SnCl<sub>2</sub> in 2n HCl) wird der Erlenmeyer an die Messapparatur angeschlossen. Unter Röhren (Magnet) werden ca. 3 ml 45% NaOH zugetropft bis die Reaktionslösung alkalisch und durch die Neutralisationswärme auf ca. 60 °C aufgeheizt ist. Nach 30 s Reduktionszeit wird der Quecksilberdampf mit Druckluft aus dem Reduktionsgefäß durch die Messzelle geblasen (Wellenlänge: 253,7 nm, Spalt 2 nm; Eichung nach dem Standardadditionsverfahren).

## Resultate und Diskussion

### Übersicht

Keine Schwierigkeiten bezüglich Nachweisvermögen ergaben sich bei Cadmium, Nickel und Aluminium. Bei Blei machte sich die nahe Nachweisgrenze mit einer entsprechend grossen analytischen Streuung bemerkbar. Bei der Bestimmung von Quecksilber lagen schliesslich nur gerade 2 von 40 Tagesrationen über der Nachweisgrenze von ca. 5 µg pro Tagesration. Tabelle 1 gibt für alle 5 Elemente die auf mittlere Gehalte pro Woche umgerechneten Werte im Vergleich mit den von der WHO (18) empfohlenen, provisorisch tolerierbaren Zufuhrmengen für Erwachsene (60 kg Körpergewicht). Die Einzelwerte für die Tagesrationen und Kontrollanalysen sind zusammen mit den entsprechenden Angaben über Nachweisgrenzen und analytische Streuung im Anhang I zusammengefasst. Anhang II enthält die detaillierten Angaben über die durchgeführten Qualitätskontrollen.

Tabelle 1. Mittlere wöchentliche Zufuhrmengen von Blei, Cadmium, Quecksilber, Nickel und Aluminium<sup>1</sup>

Betrieb	Blei (µg/Woche)	Cadmium (µg/Woche)	Quecksilber (µg/Woche)	Nickel (µg/Woche)	Aluminium (mg/Woche)
A Personalrestaurant	190 ± 50	90 ± 11	< 30	510 ± 60	31 ± 5
B Spital	120 ± 20	65 ± 5	< 30	580 ± 65	17 ± 2
C Vegetarisch	225 ± 50	100 ± 19	< 30	990 ± 230	24 ± 4
D Rekrutenschule	175 ± 30	85 ± 8	< 30	995 ± 140	22 ± 2
Alle Betriebe	175 ± 40	85 ± 11	< 30	770 ± 140	24 ± 3
WHO (18) Ausschöpfung	3 000 ca. 6%	400–500 ca. 20%	300 <sup>2</sup> < 10%	— —	— —

<sup>1</sup> Mittelwert ± Standardabweichung.

<sup>2</sup> Total Hg 300 µg/Woche, davon max. 200 µg Methyl-Hg.

— Keine Angaben.

Die Zusammensetzungen der einzelnen Mahlzeiten werden im 1. Kapitel dieser Studie (9) gegeben. Dort wird auch gezeigt, dass die analysierten Tagesrationen, abgesehen von den nicht erfassten Getränken und Zwischenverpflegungen, als typisch für schweizerische Verhältnisse gelten können. Im folgenden werden die Resultate für die fünf untersuchten Elemente einzeln besprochen und diskutiert. Allfällige Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Elementen und Nährstoffen sollen in einem abschliessenden Kapitel zu dieser Studie untersucht werden.

### Blei

Die erreichte Nachweisgrenze lag für Blei bei 20 ng/g Trockenmasse, bzw. 8–10 µg pro Tagesration. Die mittlere Standardabweichung zwischen den Resultaten der Doppelbestimmungen betrug 25 ng/g. Im gleichen Bereich war auch die Streuung der Kontrollanalysen. Die Bestimmung von Blei in der Kontrollprobe mit bekanntem Gehalt ergab eine gute Übereinstimmung mit dem Sollwert (siehe Anhang II).

Die Bleigehalte der einzelnen Tagesrationen sind in Abbildung 1 dargestellt und liegen zwischen < 8 und 66 µg. Das Tagesmittel beträgt 25–32 µg beim Personalrestaurant (A), beim vegetarischen Restaurant (B) und bei der Rekrutenschule (C), während der mittlere Bleigehalt der Spitalkost (D) mit 17 µg/Tagesration etwas tiefer liegt. Die untersuchten Tagesrationen enthalten somit im Mittel nur etwa 6% des von der WHO für Erwachsene als provisorisch tolerierbare Bleizufuhr empfohlenen Wertes (Tabelle 1).

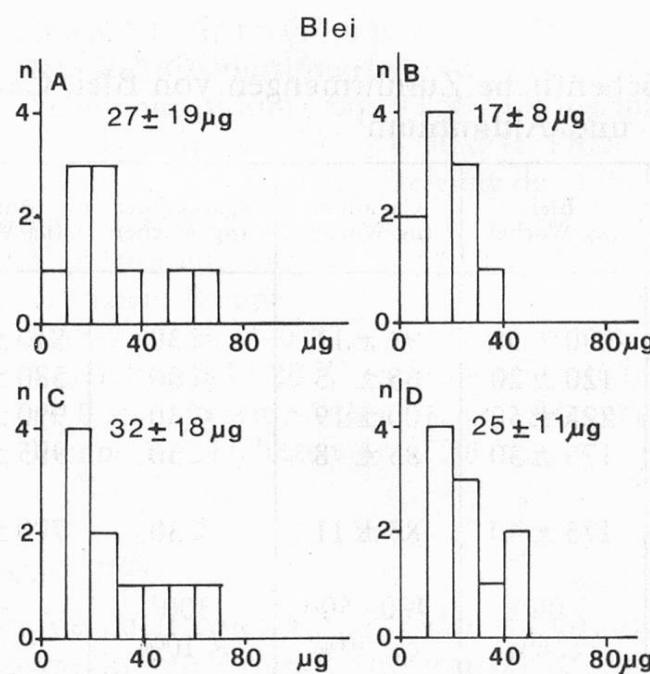


Abb. 1. Häufigkeitsverteilung der Bleigehalte der einzelnen Tagesrationen mit arithmetischem Mittel und Standardabweichung  
 A = Personalrestaurant      C = Vegetarisches Restaurant  
 B = Spital      D = Rekrutenschule

Die im Vergleich zu den Nährstoffgehalten (10) viel grössere Schwankungsbreite der in den einzelnen Tagesrationen enthaltenen Bleimengen lässt vermuten, dass bestimmte, besonders bleihaltige Lebensmittel für die hohen Gehalte verantwortlich sind. Ein Vergleich der Menüzusammensetzungen (9) zeigt auf den ersten Blick allerdings nichts besonders Verdächtiges. Erst eine zusätzlich durchgeführte multilineare Regressionsrechnung, bei der die Menüzusammensetzungen in insgesamt 17 verschiedene Komponenten unterteilt wurden, ergab für die Kategorie Kartoffeln und weitere im Boden wachsende Gemüse eine signifikante Abhängigkeit ( $r = 0,51$ ,  $n = 40$ ,  $p < 0,001$ ). Daraus ergibt sich für diese Lebensmittelkategorie, die in den Tagesrationen mit einem mittleren Anteil von ungefähr 150 g knapp 20% (ohne Getränke und Suppen) ausmacht, eine geschätzte Bleikonzentration von  $55 \pm 15$  ng/g Feuchtgewicht, entsprechend etwa dem Dreifachen der mittleren Bleikonzentration in den Tagesrationen (ohne Getränke und Suppen). Dieser Wert liegt nur wenig unterhalb des von der ZEBS publizierten mittleren Bleigehaltes von 80 ng/g Frischgewicht für (vermutlich in der Angebotsform analysierte) Kartoffeln (21).

Ein Vergleich mit Abschätzungen der nach der Duplikatsmethode ermittelten Bleibelastung in anderen europäischen Ländern (Tabelle 2) zeigt nur gerade für Schweden (26, 27) mit  $30-36 \mu\text{g}/\text{Tag}$  ähnlich tiefe Werte. Die höchsten mittleren Bleibelastungen durch die Nahrung weisen nach den zitierten Untersuchungen Belgien (24) mit  $180 \mu\text{g}/\text{Tag}$  und Grossbritannien (25) mit  $140 \mu\text{g}/\text{Tag}$  auf. Durch Warenkorbstudien abgeschätzte Zufuhrmengen liegen hingegen, wie im einleitenden Teilkapitel (9) ausführlich dargelegt wurde, meistens höher. Für Österreich (22) und die BRD (21) finden sich Werte, die bezogen auf vergleichbare Studien etwa dem Dreifachen entsprechen. Der grosse Unterschied ist u. a. darauf zurückzuführen, dass Blei vor allem als Oberflächenkontaminant auftritt und durch die verzehrsfertige Zubereitung stark reduziert wird.

Die Gründe für die beträchtliche Diskrepanz der Resultate der beiden Duplikatstudien aus der BRD dürften im analytischen Bereich zu suchen sein. Die von Schelenz (20) angewandte, komplizierte Probenvorbereitungsmethode muss als stark kontaminationsgefährdet eingestuft werden. Die tatsächliche Belastung der Bevölkerung der BRD dürfte deshalb eher im tieferen, von Kampe (19) gefundenen Bereich von  $60 \mu\text{g}$  Blei pro Tag liegen.

Extrem hohe Zufuhrmengen von über 1 mg Blei pro Tag wurden in einzelnen Tagesrationen der niederländischen (23) und der belgischen (24) Duplikatstudie ermittelt. Bei solch hohen Werten besteht der Verdacht auf eine Kontamination der Lebensmittel durch Bleiabgabe aus Konservendosen (30), Kochgeschirr und bleilässige Keramikglasuren. Bei schweizerischen Handelswaren sollten diese Bleiquellen heute kaum mehr eine bedeutende Rolle spielen. Die amtliche Lebensmittelkontrolle kann aber nicht verhindern, dass in einzelnen privaten Haushalten noch immer bleilässiges, z. B. als Souvenir gekauftes Geschirr verwendet wird (31), das zu einer beträchtlichen chronischen Bleibelastung führen kann.

Dass die Unterschiede der Bleizufuhr von Land zu Land durchaus reell sein können und nicht nur auf methodische und analytische Unzulänglichkeiten zurückzuführen sind, zeigen Untersuchungen über die Blutbleispiegel bei beruflich

Tabelle 2. Vergleich von Abschätzungen der mittleren täglichen Bleizufuhr mit der Nahrung in verschiedenen Ländern

Land	Jahr <sup>1</sup>	Typ <sup>2</sup>	N <sup>3</sup>	Bleizufuhr ( $\mu\text{g}/\text{Tag}$ )			Ref.
				Mittel	Median	Bereich	
Schweiz	1983	Duplikat	40	25	22	7— 66	diese Studie
Bundesrepublik Deutschland	1980—81	Duplikat <sup>4</sup>		60			19
Bundesrepublik Deutschland	1981	Duplikat	104	190		54— 534	20
Bundesrepublik Deutschland	1978—82	Warenkorb		200			21
Österreich	1974—76	Duplikat		62			22
Österreich	1974—76	Warenkorb		200			22
Niederlande	1976—78	Dupl. 24 h	201	105	80	10—1500	23
Niederlande	1978—80	Warenkorb		132			23
Belgien	1981	Dupl. 24 h	119	180	100	0,1—1770	24
Grossbritannien	1978	Total Diet		140			25
Schweden	1981	Dupl. 24 h	72	36		6— 86	26
Schweden	1983	Duplikat	7	27	22	15— 45	27
Finnland	1975—81	Warenkorb		66			28
USA	1979	Total Diet		82			29

<sup>1</sup> Jahr der Probenerhebung.<sup>2</sup> Duplikat 24 h: echte 24-Stunden-Duplikate; Duplikat: essfertige Tagesrationen (Frühstück, Mittagessen, Abendessen); Total Diet: typ. Verzehrmengen eingekauft und essfertig zubereitet analysiert; Warenkorb: berechnet aus Verzehrmengen und Bleikonzentrationen. Eine ausführliche Diskussion der verschiedenen Erhebungsmethoden findet sich im einleitenden Kapitel (9).<sup>3</sup> Anzahl analysierte Tagesrationen.<sup>4</sup> Umgerechnet aus Wochenzufuhr, ermittelt in 4 Haushaltungen während vier über das Jahr verteilten Erhebungsperioden.

Tabelle 3. Medianwerte der Blutbleikonzentrationen erwachsener, beruflich nicht belasteter Personen

Ort	Männer ( $\mu\text{g/l}$ ) <sup>1</sup>	Frauen ( $\mu\text{g/l}$ ) <sup>1</sup>	Ref.
Schweiz (Zürich)	76 (80)	59 (102)	(32)
Schweden (Stockholm)	85 (104)	65 (108)	(14)
BRD (Hannover)	115 (104)	85 (81)	(33)
Dänemark (Kopenhagen)	118 (35)	89 (36)	(33)
Holland (Amsterdam)	150 (50)	100 (50)	(33)
BRD (Hamburg)	120 (65)	112 (84)	(33)
GB (Birmingham)	165 (110)	118 (101)	(33)
GB (Manchester)	190 (46)	150 (54)	(33)
Belgien (Brüssel)	170 (184)	122 (138)	(14)
Belgien (Brüssel)	190 (75)	160 (47)	(33)
USA 1976–1980 <sup>2</sup>	130 (5841)		(43, 44)

<sup>1</sup> Medianwerte, in Klammern Anzahl Personen.

<sup>2</sup> Total 9939 Personen, Alter 6 Monate bis 74 Jahre. Der arithmetische Mittelwert (alle Altersgruppen) sank im Laufe der Studie von 145  $\mu\text{g/l}$  (1976) auf 90  $\mu\text{g/l}$  (1980).

nicht bleibelasteten Personen (Tabelle 3). Bei den zitierten Studien wurden umfangreiche Qualitätssicherungsmassnahmen eingesetzt, so dass die Resultate auch vergleichbar sind. Es zeigt sich, dass auch hier die schweizerischen (32) und schwedischen (14) Werte mit Medianwerten von 60 und 80  $\mu\text{g}$  Blei pro Liter Blut für Frauen und Männer am tiefsten liegen.

Unsere Studie zeigt somit, dass die durch Hauptmahlzeiten bedingte Bleibelaustung des erwachsenen «Normal»-Schweizers weit unterhalb des von der WHO als gesundheitlich noch unbedenklich eingestuften Wertes liegt. Wie ist nun aber die Situation für Personen mit besonderen Ernährungsgewohnheiten zu beurteilen? Einen ersten Hinweis gibt unsere eigene Untersuchung: Die als doch recht unterschiedlich zu beurteilenden vier Verpflegungsbetriebe zeigten nur geringfügige Unterschiede bezüglich der mittleren Bleibelaustung. Untersuchungen in den USA und in Grossbritannien über individuelle Verzehrsgewohnheiten weisen zudem darauf hin, dass die Häufigkeit extremer Verzehrsgewohnheiten leicht überschätzt wird (9): Nur 2,5 bis 5% der Personen verzehrten mehr als das Dreifache der durchschnittlichen Menge einzelner Lebensmittel. Um den WHO-Wert von über 400  $\mu\text{g}$  Blei pro Tag zu erreichen, müssten deshalb regelmäßig Lebensmittel mit Bleikonzentrationen im  $\mu\text{g/g}$ -Bereich konsumiert werden.

Wieviel Blei ist in den in der vorliegenden Studie nicht erfassten Getränken und Zwischenverpflegungen zu erwarten? Der auf das Trinkwasser zurückzuführende Bleanteil war in den vier Verpflegungsbetrieben offensichtlich gering, andernfalls hätten die in den Tagesrationen enthaltenen unterschiedlichen Mengen an Getränken und Suppen einen entsprechenden Hinweis geben müssen. Es ist aber auch bekannt, dass neu installierte, verzinkte Trinkwasserleitungen zu er-

höhten Bleikonzentraten führen können. Bei wiederholten Messungen in vier Neubauten im Kanton Bern wurden im über Nacht gestandenen Wasser Bleikonzentrationen von bis zu 100 ng/ml gemessen. Im Mittel lagen die Konzentrationen allerdings wesentlich tiefer, nämlich bei 50% der Messungen im gleichen Haushalt <10 bis 19 ng/ml (34). Eine entsprechende Untersuchung in 9 Neubau-liegenschaften in Basel ergab, ebenfalls im über Nacht stagnierten Trinkwasser, Werte zwischen 4 und 24 ng/ml (35). Da die Bleikonzentration im laufenden Wasser rasch sinkt und die Bleiabgabe durch die Alterung der Wasserleitungen ebenfalls abnimmt, ist aber auch in solchen Haushaltungen nicht mit einer über Jahre andauernden, wesentlich höheren Bleibelastung durch das Leitungswasser zu rechnen.

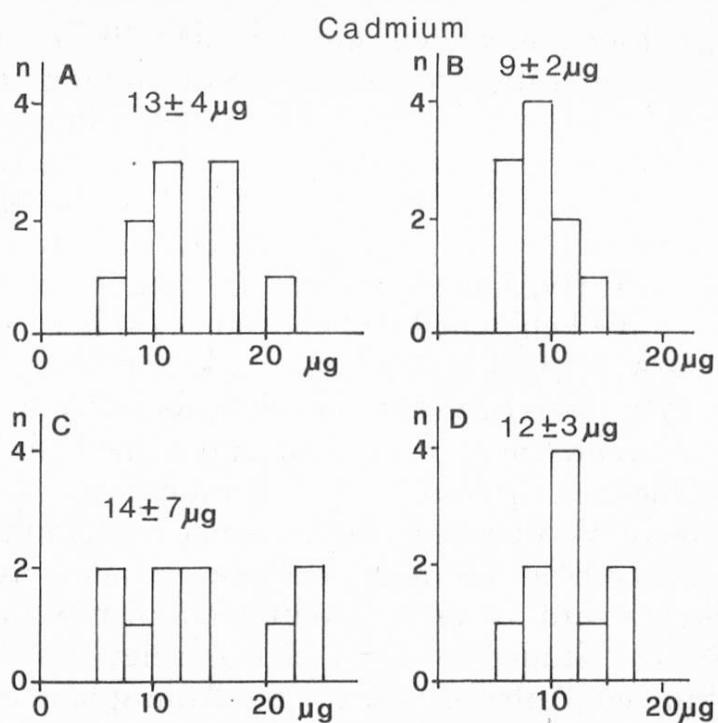
Der Konsum industriell hergestellter Getränke könnte schon eher zu einer zusätzlichen Bleibelastung führen. Entsprechende Daten für die Schweiz liegen allerdings nur spärlich vor. Bei 50 Gemüse- und Fruchtsäften (vermutlich in Dosen) wurden in den Jahren 1978–80 Konzentrationen von 0,15 bis 0,55 µg/g (Mittelwert 0,22 µg/g) gemessen (36). Weine enthalten nach ausländischen Untersuchungen im Durchschnitt rund 0,1 µg/ml (21, 23, 37, 38) und führen zu erhöhten Blutkonzentrationen (71). Bei den Zwischenverpflegungen müssen vor allem Schokoladeliebhaber mit einer erhöhten Bleizufuhr in der Grössenordnung von bis zu 50 µg pro 100 Gramm rechnen (39, 40).

Mit einer grösseren Bleibelastung muss bei Kindern gerechnet werden, da nicht nur die auf das Körpergewicht bezogene Nahrungszufuhr grösser als bei Erwachsenen ist, sondern auch Hinweise vorliegen, dass die Bleiabsorption aus dem Magen-Darm-Trakt erhöht ist (1, 3). Schwere Bleivergiftungen und dadurch bedingte Entwicklungsstörungen bei Kindern, wie sie aus den USA und Grossbritannien bekannt sind (41, 42), sind allerdings nicht auf Lebensmittel, sondern auf abblätternde, bleihaltige Farbanstriche\* und andere Umweltbelastungen durch Blei (z. B. Strassenstaub) zurückzuführen. In einer in den USA von 1976 bis 1980 bei rund 10 000 Personen aller Altersgruppen durchgeföhrten Untersuchung der Blutbleigehalte (43, 44) wurde der höchste Medianwert (150 µg/l) bei Kindern (6 Monate bis 5 Jahre) gemessen (vgl. Tabelle 3). In der Schweiz sind Fälle von eigentlichen Bleivergiftungen bei Kindern kaum bekannt. Die von *Beroode* und Mitarbeitern (46) in Lausanne durchgeföhrte Studie über die Blutbleispiegel bei 2- bis 12jährigen Kindern zeigt aber doch deutlich, dass auch in der Schweiz die Bleibelastung von Kindern aufmerksam verfolgt werden muss. 50% (= Medianwert) wiesen Blutbleiwerte über 110, 10% über 170, 1% über 250 und 0,3% über 300 µg/l auf (47). Zum Vergleich lag der Medianwert für 182 beruflich nicht belastete Erwachsene bei etwa 70 µg/l (32).

### Cadmium

Die mittlere Standardabweichung zwischen den Resultaten der Doppelbestimmungen und bei den Kontrollanalysen betrug 2,8 ng/g (1,4 µg/Tagesration).

\* Bleikonzentrationen in trockener Farbe (USA): 40er Jahre mehr als 500 000 µg/g, seit 1977 max. 600 µg/g (45).



*Abb. 2.* Häufigkeitsverteilung der Cadmiumgehalte der einzelnen Tagesrationen mit arithmetischem Mittel und Standardabweichung  
 A = Personalrestaurant                      C = Vegetarisches Restaurant  
 B = Spital                                    D = Rekrutenschule

Die Bestimmung von Cadmium in der Kontrollprobe mit bekanntem Gehalt ergab eine gute Übereinstimmung mit dem Sollwert (siehe Anhang II).

In den einzelnen Tagesrationen wurden zwischen 5 und 24 µg Cadmium gemessen (Abb. 2). Wie für Blei liegt der Mittelwert der 10 Tagesrationen aus der Spitalküche mit 9 µg etwas tiefer als bei den drei anderen Verpflegungsbetrieben (11,5–14 µg). Im Wochenmittel werden damit etwa 20% des WHO-Wertes erreicht (Tabelle 1). Betrachtet man die Menützusammensetzungen (Ref. 9, Anhang II) der Tagesrationen mit den höchsten Gehalten, so findet man darin auch den als stärker cadmiumhaltig bekannten Spinat (Tagesration Nr. 2: 20 µg Cd, Nr. 21: 24 µg Cd und Nr. 24: 24 µg Cd), der in den Rationen mit tiefem Gehalt nicht vertreten war. Leicht über dem Mittelwert lagen auch die zwei Tagesrationen mit Lebern (Nr. 9: 16 µg Cd und Nr. 39: 14 µg Cd). Die 5 Tagesrationen mit Kakao (Rekrutenschule) lagen hingegen mit 9–16 µg Cd nur im mittleren bis leicht erhöhten Bereich. Nieren\* und vermutlich auch Wildpilze,\*\* die in der Regel erhöhte

\* Häsler et al. (49) bestimmten 1983 in den Nieren von 114 Rindern einen arithmetischen Mittelwert der Cadmiumkonzentrationen von 0,14 µg/g (Feuchtgewicht) und bei 31 Schlachtschweinen einen entsprechenden Wert von 0,13 µg/g.

\*\* Schüpbach (50) fand bei Untersuchungen über den Cadmiumgehalt von 57 Wildpilzen aus der Region Basel (1978/79) Konzentrationen (bezogen auf das Frischgewicht) zwischen < 0,01 und 17,7 µg/g (Mittelwert 1,14 µg/g). Ähnliche Werte wurden in der BRD bei Cadmiumbestimmungen in Wildpilzen gefunden (51).

Cadmiumkonzentrationen aufweisen, waren in den 40 Tagesrationen nicht vertreten. Aufgrund der multilinearen Regressionsrechnung bezüglich der Cadmiumbeiträge der verschiedenen Lebensmittelgruppen liessen sich keine signifikanten Einflüsse auf den gesamten Cadmiumgehalt der Tagesrationen feststellen.

Der Vergleich mit den ausländischen Studien (Tabelle 4) zeigt ein viel einheitlicheres Bild als dies für Blei der Fall war. Die Resultate für Schweden (26, 27), Finnland (28), BRD (19, Kampe) und die Schweiz liegen alle im Bereich von 10–15 µg/Tag. Auch die belgische Duplikatstudie (24) liegt mit 18 µg/Tag (arithmetisches Mittel) bzw. 15 µg/Tag (Median) nur knapp über diesem Bereich. Die ausserordentlich gute Übereinstimmung der abgeschätzten Belastungen in diesen, durch industrielle Emissionen recht unterschiedlich belasteten Ländern lässt sich auf verschiedene Arten deuten: Cadmium findet heute im Lebensmittelbereich kaum mehr Verwendung, die zu einer Kontamination der Nahrung führt. Im Gegensatz zu Blei, das in der Umwelt vor allem durch den Kraftfahrzeugverkehr verbreitet wird, ist die Umweltkontamination durch Cadmium viel diffuser. Eine dänische Studie (48) hat zudem gezeigt, dass Pflanzen Cadmium zu einem beträchtlichen Anteil direkt aus der Atmosphäre aufnehmen können. Dadurch wird dieses Element auch ohne vorherige Anreicherung im Boden in die pflanzliche Nahrungskette eingeschleust.

Eine gut doppelt so hohe Cadmiumzufuhr von 30 µg/Tag wurde von Schelenz (20) in der BRD mit einer Duplikatstudie mit insgesamt 104 Tagesrationen bestimmt. Da für Cadmium die gleiche Probenvorbereitungsmethode wie für Blei eingesetzt wurde und keine Angaben zur Qualitätskontrolle vorliegen, kann aber vermutet werden, dass dieser unerwartet hohe Wert wie im Falle von Blei eher auf Kontaminationsprobleme als auf eine tatsächlich so hohe Belastung zurückzuführen ist. Die Tabelle 4 zeigt, dass auch für Cadmium Zufuhrabschätzungen nach der Warenkorbmethode häufig zu pessimistisch sind (9): Sowohl die österreichische (22) als auch die deutsche ZEBS-Studie (21) ergeben mit 67 µg bzw. 50 µg Cadmium pro Tag höhere Werte als die entsprechenden Duplikatstudien.

Bei der Beurteilung der von uns untersuchten Tagesrationen stellt sich wiederum die Frage, welche zusätzliche Cadmiumbelastung durch Getränke und Zwischenverpflegungen zu erwarten ist. Getränke können, abgesehen von kakaohaltigen, noch eher als im Falle von Blei vernachlässigt werden. Mit einer zusätzlichen Belastung ist hingegen beim Verzehr von Schokolade zu rechnen. Kakaoicerne von Edelsorten können natürlicherweise Cadmiumkonzentrationen von 0,5 bis zu 4 µg/g aufweisen (40). Dunkle Schokolade mit einem hohen Anteil solcher Edelsorten enthält 100 bis 200 ng Cd/g (39), während in Milchschokoladen, die cadmiumärmeren Konsumsorten enthalten, deutlich tiefere Konzentrationen von 20–40 ng/g gefunden wurden (40). Um den WHO-Wert für Cadmium von 400–500 µg zu erreichen, müssten jedoch regelmäßig pro Woche 20 bis 40 100-g-Tafeln vorwiegend dunkler Schokolade verzehrt werden. Da Tabakpflanzen Cadmium besonders wirksam aus dem Boden anreichern, setzen sich Raucher auch einer beträchtlichen zusätzlichen Cadmiumexposition aus (5, 6).

Tabelle 4. Vergleich von Abschätzungen der mittleren täglichen Cadmiumzufuhr mit der Nahrung in verschiedenen Ländern

Land	Jahr <sup>1</sup>	Typ <sup>2</sup>	N <sup>3</sup>	Cadmiumzufuhr ( $\mu\text{g}/\text{Tag}$ )			Ref.
				Mittel	Median	Bereich	
Schweiz	1983	Duplikat	40	12	11	5— 24	diese Studie
Bundesrepublik Deutschland	1980—81	Duplikat <sup>4</sup>		12			19
Bundesrepublik Deutschland	1981	Duplikat	104	30		11—107	20
Bundesrepublik Deutschland	1978—82	Warenkorb		50			21
Österreich	1975	Duplikat		24			22
Österreich	1975	Warenkorb		67			22
Niederlande	1976—78	Dupl. 24 h	201	< 20		15— 80	23
Niederlande	1978—80	Warenkorb		25			23
Belgien	1981	Dupl. 24 h	124	18	15	2— 88	24
Schweden	1981	Dupl. 24 h	49	12		4— 35	26
Schweden	1983	Duplikat	7	10	9	6— 15	27
Finnland	1975—81	Warenkorb		13			28
USA	1979	Total Diet		33			29

<sup>1</sup> Jahr der Probenerhebung.

<sup>2</sup> Duplikat 24 h: echte 24-Stunden-Duplikate; Duplikat: essfertige Tagesrationen (Frühstück, Mittagessen, Abendessen); Total Diet: typ. Verzehrmengen eingekauft und essfertig zubereitet analysiert; Warenkorb: berechnet aus Verzehrmengen und Cadmiumkonzentrationen. Eine ausführliche Diskussion der verschiedenen Erhebungsmethoden findet sich im einleitenden Kapitel (9).

<sup>3</sup> Anzahl analysierte Proben.

<sup>4</sup> Umgerechnet aus Wochenzufuhr, ermittelt in 4 Haushaltungen während vier über das Jahr verteilten Erhebungsperioden.

## *Quecksilber*

Nur in zwei der insgesamt 40 Tagesrationen konnten mit je 6 µg/Tagesration Quecksilbergehalte über der Nachweisgrenze von 10 ng/g Trockenmasse oder ca. 5 µg/Tagesration nachgewiesen werden. Bei weiteren vier Proben deuteten sich Spuren von Quecksilber an. In diesen 6 Tagesrationen waren sämtliche vier Fischmenüs enthalten. Umgerechnet auf die servierten Fischmengen ergeben sich daraus Quecksilberkonzentrationen von nur etwa 30 ng/g Frischgewicht statt der erwarteten 100–300 ng/g (36, 52, 53). Eine Überprüfung allfälliger Verluste beim Gefriertrocknen und bei der Mineralisierung durch zusätzliche Bestimmung der Quecksilberkonzentrationen in den nur tiefgefrorenen, aber nicht gefriergetrockneten Proben der vier Tagesrationen mit Fischanteil sowie in einer weiteren Kontrollprobe (NBS Research Material 50: Albacore-Tuna mit  $0,95 \pm 0,1$  µg Hg/g) bestätigte die tiefen Quecksilbergehalte.

Da der mittlere Quecksilbergehalt der Lebensmittel auch in der Schweiz unter 1 ng/g (54) liegen dürfte, wäre anzunehmen, dass die mittlere tägliche Quecksilberzufuhr mit der Nahrung weit unter der in dieser Arbeit erreichten Nachweisgrenze von 5 µg pro Tagesration liegt. Andererseits beträgt die Quecksilberauscheidung im Urin bei beruflich nicht exponierten Personen etwa 1 bis 3 µg pro Tag (17). Dies bedeutet, dass die tatsächliche tägliche Quecksilberexposition, je nach angenommenem Absorptionsgrad (4), ein Mehrfaches davon betragen dürfte. Es muss deshalb noch mit anderen, nahrungsunabhängigen Quecksilberbelastungen gerechnet werden.

Während aus nur vier Fischproben keine präzisen Schlüsse über den tatsächlichen mittleren Quecksilbergehalt der in der Schweiz verzehrten Fischspeisen gezogen werden können, zeigt die Verzehrsstatistik (9) doch, dass der Fischanteil in den Tagesrationen dem mittleren Verzehr recht gut entspricht. Unter der Annahme, dass statt der vier Fischspeisen mit tiefem Quecksilbergehalt jeweils solche mit Konzentrationen von 200–300 ng Hg/g serviert worden wären, würde die mittlere wöchentliche Quecksilberzufuhr mit 20 bis 30 µg immer noch deutlich unter dem WHO-Wert von 300 µg Gesamtquecksilber bzw. 200 µg Methylquecksilber liegen. Wildpilze, bei denen auch mit erhöhten Quecksilbergehalten gerechnet werden muss\*, waren, wie bereits im Abschnitt über Cadmium vermerkt, in den 40 Tagesrationen vermutlich nicht vertreten.

Die Duplikatstudien aus Belgien (24) mit 14 µg/Tag (arithmetisches Mittel) und Holland (23) mit < 5 µg/Tag (Median) bzw. 9 µg/Tag nach der Warenkorbmethode zeigen, dass auch in anderen Ländern der WHO-Wert bei weitem nicht erreicht wird. Dieser Befund wird auch in der Warenkorbstudie über die Schwer-

\* Untersuchungen über den Quecksilbergehalt von 50 Wildpilzen aus der Region Basel (1978/79) ergaben (bezogen auf das Frischgewicht) Konzentrationen von < 0,01–3,5 µg/g. Der arithmetische Mittelwert lag bei 0,79 µg/g (50). Die entsprechende Zusammenstellung der Quecksilbergehalte von Wildpilzen in der BRD (51) stimmt mit den schweizerischen Werten überein.

metallbelastung der finnischen Bevölkerung (28) von rund  $6 \mu\text{g}$  Hg/Tag bestätigt.

Der in einer früheren Arbeit (55) für schweizerische Verhältnisse geschätzte Wert von  $16 \mu\text{g}/\text{Tag}$  muss als zu hoch betrachtet werden.

### Nickel

Die Nickelgehalte der einzelnen Tagesrationen schwankten zwischen 42 und  $307 \mu\text{g}$  (Abb. 3). Im Mittel liegen die Werte für das Personalrestaurant und die Spitäler mit  $73 \pm 22 \mu\text{g}$  Ni/Tagesration tiefer als diejenigen für das vegetarische Restaurant und die Rekrutenschule mit  $140 \mu\text{g}$  Ni/Tag. Die Nachweisgrenze lag bei  $25 \mu\text{g}/\text{Tagesration}$  ( $50 \text{ ng/g Trockenmasse}$ ) und die Standardabweichung zwischen den Doppelbestimmungen bei  $10 \mu\text{g}/\text{Tagesration}$ .

Über den Nickelgehalt in der Nahrung liegen relativ wenige analytische Daten vor. Eine schweizerische Duplikatstudie aus dem Jahre 1972 (56) ergab mit  $1000$ – $9500 \mu\text{g}$  Ni pro Tag sehr viel höhere Werte als die vorliegende Untersuchung. Da diese extrem hohen Zufuhrmengen in verschiedenen Regionen der Schweiz gemessen wurden, dürften sie wohl eher auf methodische und analytische Probleme zurückzuführen sein als auf eine tatsächlich so viel höhere Nickelbelastung. Die in dieser Studie gemessene mittlere Nickelzufuhr von  $70$ – $140 \mu\text{g}/\text{Tagesration}$  stimmt hingegen gut überein mit zwei skandinavischen Warenkorbstudien: Fly-

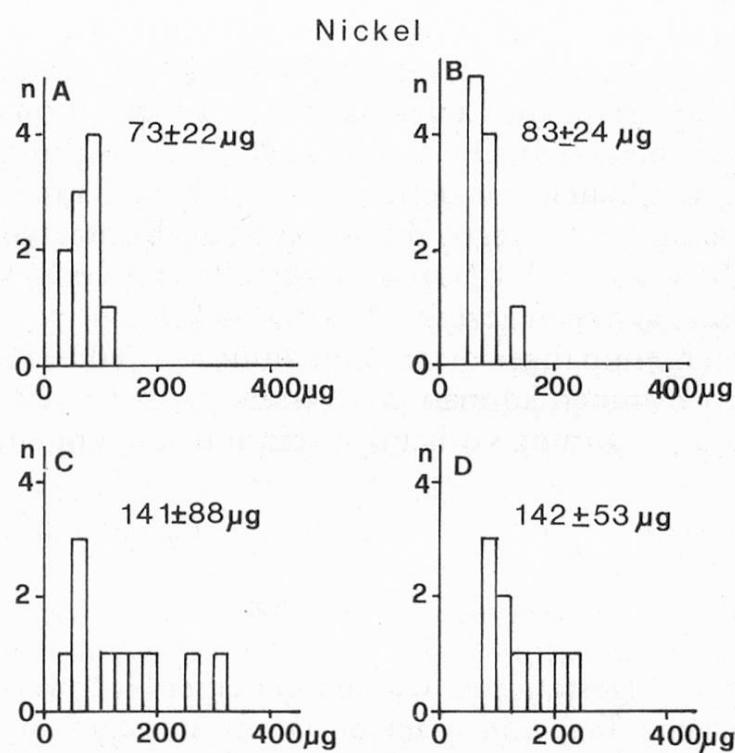


Abb. 3. Häufigkeitsverteilung der Nickelgehalte der einzelnen Tagesrationen mit arithmetischem Mittel und Standardabweichung

A = Personalrestaurant

B = Spital

C = Vegetarisches Restaurant

D = Rekrutenschule

*holm* und Mitarbeiter (57) ermittelten für Dänemark eine mittlere tägliche Nickelzufuhr von 150 µg (bezogen auf 3250 kcal) und nach *Varo* und *Kivistöinen* (28) liegt die tägliche Zufuhr in Finnland bei 130 µg (bezogen auf 600 g Trockenmasse). Umgerechnet auf die in dieser Studie durch die Tagesrationen erfasste mittlere Verzehrmenge von etwa 500 g Trockenmasse bzw. 2250 kcal ergeben sich daraus durchschnittliche Nickelzufuhren von 100 und 110 µg pro Tag.

Mehr als zwei Drittel der Nickelzufuhr sind auf pflanzliche Lebensmittel zurückzuführen (57). Da verschiedene Pflanzen besonders reich an Nickel sind, kann die tägliche Nickelzufuhr beträchtlich schwanken; z. B. enthalten Nüsse 0,7–4 µg/g, Haferflocken 0,3–5 µg/g, Sojaprodukte 1–8 µg/g und Kakao 10 µg/g (57).

Mit keiner oder nur einer geringfügigen Erhöhung des Nickelgehaltes des Kochgutes ist bei der Verwendung von Pfannen aus Chromnickelstahl zu rechnen. Vernickelte (Kupfer-)Pfannen können hingegen beträchtliche Mengen an Nickel an das Kochgut abgeben (9).

Nickel ist für Leguminosen und wahrscheinlich auch für andere höhere Pflanzen ein essentielles Spurenelement (58). Tierexperimentelle Studien an Ratte, Huhn, Ziege, Schaf und Schwein (59–61) deuten darauf hin, dass Nickel auch beim Tier und vermutlich auch beim Menschen eine essentielle Funktion ausübt. Über Nickelmangelerscheinungen beim Menschen ist allerdings nichts bekannt. Die Absorption von Nickel aus dem Verdauungstrakt beträgt beim Menschen etwa 2–5% und ist von der Nahrungszusammensetzung abhängig (59). Absorbierter Nickel wird mit einer Halbwertszeit von etwa 11 Stunden über die Nieren rasch wieder ausgeschieden (62). Sowohl Tierversuche als auch Untersuchungen beim Menschen zeigten, dass Nickel im Körper kaum akkumuliert wird. Eine Ausnahme bildet höchstens die Lunge nach langer Exposition durch nickelhaltige Stäube am Arbeitsplatz (63). Die Toxizität des in der Nahrung vorkommenden Nickels ist gering, verglichen mit derjenigen von Blei, Cadmium und Quecksilber. Recht gut bekannt ist hingegen die Wirkung als Kontaktallergen am Arbeitsplatz sowie vor allem durch das Tragen nickelhaltiger Schmuckgegenstände. Versuche mit Nickelsalzen haben gezeigt, dass bei niclelempfindlichen Personen ruhende Ekzeme nach einmaliger oraler Einnahme von 600–5600 µg Nickel wieder zum Ausbruch kommen können (57, 64). Es ist aber noch nicht klar, welche Nickelmengen in der Nahrung vorhanden sein müssen, um eine solche Provokation auszulösen.

### *Aluminium*

In den einzelnen Tagesrationen wurden bei einer Nachweisgrenze von 1 µg/g Trockenmasse (0,5 mg/Tag) und einer mittleren Standardabweichung zwischen den Doppelbestimmungen von 1,6 µg/g Aluminiumgehalte von 1–7 mg ermittelt (Abb. 4). Die mittlere Zufuhr liegt zwischen 2,4 mg/Tagesration (Spital) und 4,4 mg/Tagesration (Personalrestaurant). Zusätzlich zu den üblichen Qualitätskontrollanalysen wurde Aluminium in allen Tagesrationen auch noch mit Neutro-

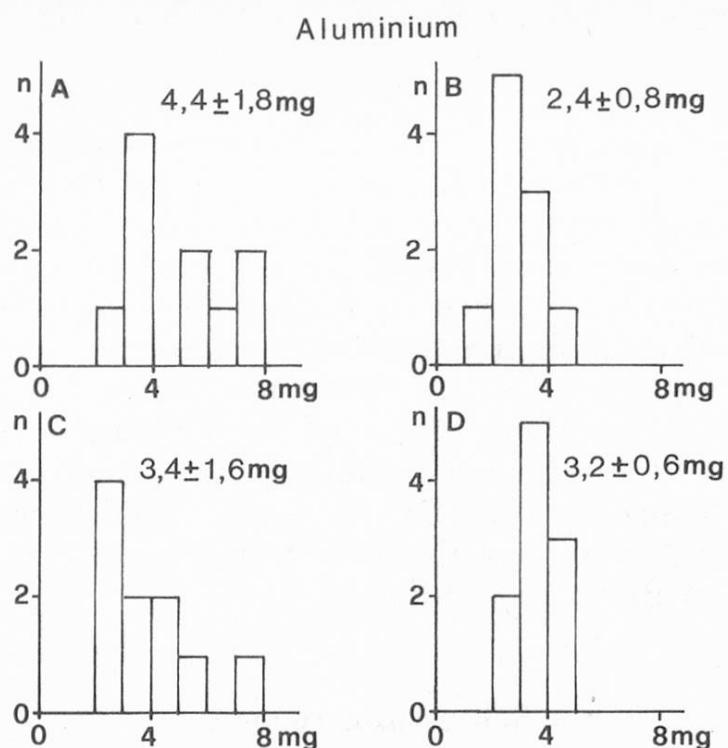


Abb. 4. Häufigkeitsverteilung der Aluminiumgehalte der einzelnen Tagesrationen mit arithmetischem Mittel und Standardabweichung  
 A = Personalrestaurant      C = Vegetarisches Restaurant  
 B = Spital                    D = Rekrutenschule

nenaktivierungsanalyse (11) bestimmt. Der Vergleich der beiden Methoden ergab mit einer mittleren Standardabweichung von weniger als 1 mg Al/Tagesration eine befriedigende Übereinstimmung.

Da Aluminium für den gesunden Menschen weder als essentielles noch als toxisches Spurenelement eingestuft wird, gibt es nur wenige Untersuchungen über die Zufuhr mit der Nahrung. Pflanzliche Nahrungsmittel enthalten höhere Aluminiumkonzentrationen als solche tierischer Herkunft (28). Amerikanische Duplikatstudien (65) ergaben eine Aluminiumzufuhr mit der Nahrung von weniger als 2 bis 33 mg/Tag. *Varo* und *Koivistoinen* (28) ermittelten für Finnland nach der Warenkorbmethode eine tägliche Zufuhr von 6,7 mg, wovon 46% (3,1 mg) auf pflanzliche Nahrungsmittel, 11% (0,73 mg) auf Fleisch und Fisch, 13% (0,88 mg) auf Milchprodukte und die restlichen 30% (2 mg) auf andere Nahrungsmittel entfielen.

Aluminiumpfannen können beim Kochen saurer Speisen 1 bis 30 mg Aluminium an das Kochgut abgeben (66). In den vier Verpflegungsbetrieben dieser Studie wurde allerdings kaum Kochgeschirr aus Aluminium verwendet (9). Aluminiumhaltige Lebensmittelzusatzstoffe können eine weitere Belastung der Nahrung durch Aluminium darstellen (67, 68). Eine weitaus bedeutendere Quelle von Aluminium sind aber verschiedene Medikamente. Bei regelmässiger Einnahme von Antazida können täglich Aluminiummengen von bis zu mehreren Gramm eingenommen werden (67). Acetylsalicylathaltige Schmerzmittel enthal-

ten ebenfalls häufig Aluminiumhydroxid als pH-Puffer. Über mögliche gesundheitliche Auswirkungen einer solchen medikamentösen chronischen Belastung von Personen mit gesunden Nieren ist noch wenig bekannt.

Dass Aluminium im allgemeinen zu keinen toxikologischen Problemen Anlass gibt, ist vor allem darauf zurückzuführen, dass bei gesunden Personen der geringe Anteil des aus dem Verdauungstrakt absorbierten Aluminiums durch die Nieren rasch wieder ausgeschieden wird. Dies gilt nicht für Patienten mit schweren Nierenschädigungen, bei denen die Aluminiumausscheidung stark verlangsamt ist. Dadurch wird Aluminium im Körper angereichert, was zu einer Schädigung des Nervensystems und der Knochen sowie zu Anämie führen kann (69, 70). Eine solche Aluminiumvergiftung von Patienten mit chronischer renaler Insuffizienz ist allerdings nicht auf den Aluminiumgehalt der Nahrung, sondern auf Verunreinigungen des Dialysates mit Aluminium sowie auf die absichtliche Gabe von Aluminiumverbindungen zur Verhinderung eines zu hohen Phosphatspiegels im Blut zurückzuführen.

### Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die durchschnittliche, nahrungsbedingte Belastung der erwachsenen schweizerischen Bevölkerung mit Cadmium etwa ein Fünftel und diejenige mit Blei und Quecksilber weniger als ein Zehntel der von der WHO als provisorisch tolerierbar vorgeschlagenen Zufuhrmengen beträgt. Individuell unterschiedliche Ernährungsgewohnheiten können zwar zu höheren Belastungen führen, doch ist es selbst unter Einbezug aussergewöhnlicher Situationen, wie z. B. einem extrem hohen Verzehr einzelner, besonders hoch belasteter Lebensmittel, unwahrscheinlich, dass die WHO-Empfehlungen im Mittel während Jahren andauernd überschritten werden. Für die Bevölkerung im allgemeinen besteht somit keine unmittelbare, nahrungsbedingte Gesundheitsgefährdung durch Blei, Cadmium und Quecksilber. Absorbiertes Nickel und Aluminium wird über die Nieren rasch wieder aus dem Körper ausgeschieden. Die ermittelten geringen Zufuhrmengen können deshalb ebenfalls als gesundheitlich unbedenklich eingestuft werden. Bezüglich der fünf in dieser Arbeit untersuchten Elemente sollte die Belastung von Säuglingen und Kindern mit Blei (aus allen Quellen) sowie die Belastung der Bevölkerung mit Cadmium besonders im Auge behalten werden.

Da trotz der in der Schweiz eingeleiteten Umweltschutzmassnahmen mit einem, allerdings verlangsamten, weiteren Anstieg der Umweltbelastung zu rechnen ist, muss die Belastung der Nahrung durch Metalle und andere potentiell toxische Stoffe aufmerksam weiterverfolgt werden, vorzugsweise mittels eines nationalen Überwachungsprogrammes (Monitoring).

Schliesslich sei darauf hingewiesen, dass eine ausgewogene und abwechslungsreiche Ernährung nach wie vor die beste Massnahme des Konsumenten darstellt, um sich vor der Zufuhr gesundheitsgefährdender Mengen potentiell toxischer sowie vor einem Mangel an lebensnotwendigen Stoffen zu schützen.

## Dank

Den vier beteiligten Verpflegungsbetrieben danken wir für ihr Interesse und die Bereitschaft zur Teilnahme an dieser Studie.

Die sorgfältige Durchführung der Analysen besorgte Frau *Anna-Maria Forss*, unterstützt von Herrn *H. Rothweiler* und Dr. *J. Schlatter*.

## Zusammenfassung

In vierzig verzehrsfertig zubereiteten Tagesrationen, bestehend aus Frühstück, Mittagessen und Abendessen, aus vier Verpflegungsbetrieben (Personalrestaurant, Spital, vegetarisches Restaurant und Rekrutenschule) wurden folgende Elementgehalte bestimmt (arithmetisches Mittel  $\pm$  Standardabweichung): Blei  $25 \pm 15 \mu\text{g}$ , Cadmium  $12 \pm 4 \mu\text{g}$ , Quecksilber  $< 5 \mu\text{g}$ , Nickel  $110 \pm 54 \mu\text{g}$  und Aluminium  $3,4 \pm 1,3 \text{ mg}$ . Die Quecksilbergehalte lagen nur gerade in zwei Tagesrationen über der Nachweisgrenze von  $5 \mu\text{g}$ . Die von der WHO empfohlenen, provisorisch tolerierbaren, wöchentlichen Zufuhrmengen wurden für Blei zu 6%, für Cadmium zu 20% und für Quecksilber zu  $< 10\%$  erreicht. Da in den analysierten Tagesrationen nur gerade die mit den Menüs servierten Getränke und keine Zwischenverpflegungen enthalten waren, müssen noch entsprechende Zuschläge gemacht werden. Es werden die toxikologischen Aspekte der Belastung der menschlichen Nahrung durch diese Metalle diskutiert und die Resultate mit entsprechenden Studien aus andern Ländern verglichen.

## Résumé

Dans 40 rations journalières prêtées à la consommation, se composant du petit déjeuner, du déjeuner et du dîner et provenant de 4 diverses cuisines collectives (cantine, hôpital, restaurant végétarien et école de recrues), les éléments ci-après ont été dosés (moyenne arithmétique  $\pm$  écart type): plomb  $25 \pm 15 \mu\text{g}$ , cadmium  $12 \pm 4 \mu\text{g}$ , mercure  $< 5 \mu\text{g}$ , nickel  $110 \pm 54 \mu\text{g}$  et aluminium  $3,4 \pm 1,3 \text{ mg}$ . Seuls 2 des 40 échantillons analysés présentaient des teneurs en mercure supérieures à la limite de détection de  $5 \mu\text{g}$ . Les valeurs obtenues ne représentent que: pour le plomb 6%, pour le cadmium 20% et pour le mercure  $< 10\%$  des doses hebdomadaires tolérables temporaires recommandées par l'OMS. Du fait que les rations journalières analysées ne comprenaient que les boissons servies avec les menus, il y a lieu de majorer les teneurs ci-dessus en fonction des collations et boissons consommés hors des repas. Les aspects toxicologiques de la contamination par ces métaux des aliments destinés à l'homme sont discutés et les résultats de cette étude comparés à ceux qui découlent d'études semblables effectuées à l'étranger.

## Summary

In 40 daily rations, containing breakfast, lunch and dinner, from a canteen, a hospital, a vegetarian restaurant and a military canteen the following elements have been analysed (arithmetic mean  $\pm$  standard deviation): lead  $25 \pm 15 \mu\text{g}$ , cadmium  $12 \pm 4 \mu\text{g}$ , mercury

Einzelresultate<sup>1</sup>

Nr.	TM <sup>2</sup> (g)	Blei		Cadmium		Quecksilber		Nickel		Aluminium	
		Konz. (ng/g)	Menge (μg)	Konz. (ng/g)	Menge (μg)	Konz. (ng/g)	Menge (μg)	Konz. (ng/g)	Menge (μg)	Konz. (μg/g)	Menge (mg)
<i>Betrieb A</i> (Personalrestaurant)											
1	419	30	13	15	6	< 10	< 5	147	61	6,7	3
2	356	67	24	55	20	< 10	< 5	184	66	19,9	7
3	473	73	34	35	17	< 10	< 5	168	79	9,8	5
4	491	135	66	19	9	< 10	< 5	183	90	10,3	5
5	530	28	15	23	12	< 10	< 5	226	120	6,0	3
6	448	111	50	24	11	< 10	< 5	149	66	6,5	3
7	465	42	20	26	12	< 10	< 5	178	83	13,6	7
8	545	50	27	30	16	< 10	< 5	145	78	4,3	2
9	416	20	8	39	16	< 10	< 5	102	42	14,6	6
10	428	24	10	22	9	15	6	109	47	7,3	3
<i>Betrieb B</i> (Spital)											
11	434	57	25	21	9	< 10	< 5	218	95	6,5	3
12	398	54	21	26	10	< 10	< 5	195	78	5,1	2
13	419	44	18	21	9	< 10	< 5	137	57	7,7	3
14	458	55	25	11	5	< 10	< 5	196	89	9,3	4
15	447	30	13	24	11	< 10	< 5	207	93	7,3	3
16	425	71	30	21	9	< 10	< 5	335	142	3,8	2
17	511	27	14	26	13	< 10	< 5	138	71	2,9	2
18	377	29	11	16	6	< 10	< 5	169	64	4,7	2
19	429	20	9	21	9	< 10	< 5	162	69	4,5	2
20	385	< 20	< 8	19	7	< 10	< 5	183	70	2,4	1

<i>Betrieb C</i> (vegetarisch)											
21	406	64	26	59	24	< 10	< 5	755	307	10,0	4
22	426	114	49	27	12	< 10	< 5	390	166	6,9	3
23	439	40	18	17	7	< 10	< 5	583	256	11,1	5
24	393	133	52	61	24	< 10	< 5	122	48	18,5	7
25	536	122	65	24	13	< 10	< 5	138	74	3,3	2
26	425	32	14	33	14	13	6	236	126	5,3	2
27	350	44	15	22	8	< 10	< 5	130	55	5,1	2
28	503	63	32	40	20	< 10	< 5	142	71	6,8	4
29	369	74	27	15	6	< 10	< 5	504	186	3,7	2
30	358	51	18	27	10	< 10	< 5	344	123	8,1	3
<i>Betrieb D</i> (Rekrutenschule)											
31	505	86	43	20	10	< 10	< 5	347	175	7,1	4
32	526	42	22	14	7	< 10	< 5	181	95	5,1	3
33	544	41	22	30	16	< 10	< 5	292	159	5,1	3
34	512	27	14	20	10	< 10	< 5	233	119	5,7	4
35	533	36	19	22	12	< 10	< 5	179	95	4,7	3
36	654	21	14	24	16	< 10	< 5	329	215	4,2	3
37	500	85	43	17	9	< 10	< 5	226	113	5,6	3
38	538	65	35	22	12	< 10	< 5	436	234	6,8	4
39	544	44	24	26	14	< 10	< 5	258	140	3,7	2
40	509	36	18	17	9	< 10	< 5	154	79	4,3	2
Nachweisgrenze:			20		5		10		50		1
Standardabweichung zwischen Doppelbest.			18		2,8		—		20		1,6

<sup>1</sup> Konzentrationen bezogen auf Trockenmasse

<sup>2</sup> Trockenmasse (gefriergetrocknet)

Probe Nr <sup>1</sup>	Blei (ng/g)	Cadmium (ng/g)	Quecksilber (ng/g)	Nickel (ng/g)	Aluminium (µg/g)
<i>Wiederholung der Tagesration Nr. 40</i>					
2	38	19	≤ 10	153	4,7
30	34	14	≤ 10	155	3,8
Mittel ± s <sup>2</sup>	36 ± 3	16,5 ± 3,5	≤ 10	154 ± 1	4,3 ± 0,6
<i>Kontrollprobe NBS 1572 (Zitrusblätter)</i>					
6	10 900	26	61	556	100
17	12 600	24	53	582	102
47	11 600	27	65	538	117
Mittel ± s	11 700 ± 900	25 ± 1,5	60 ± 6	559 ± 22	106 ± 9
Sollwert	13 300 ± 2 400	30 ± 10	80 ± 20	600 ± 300	95 ± 15
<i>Kontrollprobe BAG 659 (Kakaopulver)</i>					
1	98	49	≤ 10	1672	2,05
23	84	48,5	≤ 10	1608	2,10
35	79	48,5	≤ 10	1383	2,45
Mittel ± s	87 ± 10	49 ± 0,3	≤ 10	1550 ± 150	2,2 ± 0,2
<i>Blindwert Saccharose Nr. 43 (pH 6) und Nr. 44 (pH 4,5)</i>					
14	< 20	≤ 5	≤ 10	< 50	≤ 1
39	< 20	≤ 5	≤ 10	< 50	≤ 1

<sup>1</sup> Codenummer der Analysenprobe; stimmt nicht mit der Numerierung der Tagesrationen in Anhang I überein.

<sup>2</sup> s = Standardabweichung.

< 5 µg, nickel 110 ± 54 µg and aluminium 3.4 ± 1.3 mg. Only two of the 40 rations contained mercury above the detection limit of 5 µg. This amounts to 6% for lead, 20% for cadmium and less than 10% for mercury of the provisional tolerable weekly intakes as proposed by WHO. Additional amounts of the elements have to be added for the beverages not served with the meals and for snacks which were not included in the daily rations. The paper compares the measured dietary intakes of these elements with those in other countries and discusses the toxicological implications.

### Literatur

1. Friberg, L., Nordberg, G. F. and Vouk, V. B. (ed.): Handbook on the toxicology of metals. Elsevier/North Holland, Amsterdam 1980.
2. Zimmerli, B.: Schwermetalle in Lebensmitteln. Schweiz. Arch. Tierheilk. **125**, 709–723 (1983).
3. WHO: Environmental health criteria 3, Lead. Genf 1977.
4. WHO: Environmental health criteria 1, Mercury. Genf 1976.
5. Zimmerli, B. und Bosshard, Elisabeth: Zur Gesundheitsgefährdung durch Cadmium. Bulletin des Bundesamtes für Gesundheitswesen Nr. 7, 98–111, 23. 2. 1985.
6. Bernard, A. and Lauwerys, R.: Cadmium in human population. Experientia **40**, 143–152 (1984).
7. Sherlock, J. C.: Cadmium in foods and the diet. Experientia **40**, 152–156 (1984).
8. Yost, K. J.: Cadmium, the environment and human health: An overview. Experientia **40**, 157–164 (1984).
9. 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).
10. Stransky, M., Scheffeldt, P. und Blumenthal, A.: Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. II. Energieträger, Nahrungsfasern, Thiamin und Riboflavin. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 197–205 (1985).
11. Wyttensbach et al: Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. IV. Mineralstoffe, essentielle und toxische Spurenelemente sowie weitere chemische Elemente. Publikation in Vorbereitung.
12. Taylor, J. K.: Quality assurance of chemical measurements. Anal. Chem. **53**, 1588A–1596A (1981).
13. Knutti, R. und Zimmerli, B.: Blei und Cadmium in Lebensmitteln: Qualitätssicherung 1983. Bericht des Bundesamtes für Gesundheitswesen, Abteilung Lebensmittelkontrolle, Bern 1984.
14. Vahter, M. (ed.): Assessment of human exposure to lead and cadmium through biological monitoring. Report prepared for UNEP and WHO by National Swedish Institute of Environmental Medicine and Department of Environmental Hygiene, Karolinska Institute, Stockholm 1982.
15. Stoeppeler, M. and Backhaus, F.: Pretreatment studies with biological and environmental materials. Fresenius Z. Anal. Chem. **291**, 116–120 (1978).
16. Knutti, R.: Matrixmodifikation zur direkten Bestimmung von Elementen im Ultraspurbereich in Blut und Urin mittels Graphitrohr-Atomabsorptionsspektrometrie. In: Welz, B. (ed.) Fortschritte in der atomspektrometrischen Spurenanalytik, Band 1, p. 327–336. Verlag Chemie, Weinheim 1984.

17. Knutti, R. und Balsiger, Ch.: Routinemässige Bestimmung des Quecksilbergehaltes im Urin von quecksilber-exponierten Arbeitern. GIT Labor-Medizin, Heft 3, 201–205, September 1976.
18. WHO: Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. Technical report series No. 505. Genf 1972.
19. Kampe, W.: Blei und Cadmium in Nahrungsmitteln der Angebotsform und im Gesamtverzehr. Ergebnisse von Total Diet Studies. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 39, 361–383 (1983).
20. Schelenz, R. (ed.): Essentielle und toxische Inhaltsstoffe in der täglichen Gesamternährung. Berichte BFE-R-83-02 der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe, BRD 1983.
21. Weigert, P., Müller, J., Klein, H., Zufelde, K. P. und Hillebrand, J.: Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln. ZEBS Heft 1/1984, 17–77 (1984).
22. Pfannhauser, W. and Woidich, H.: Source and distribution of heavy metals in food. Toxicol. Environm. Chem. Reviews 3, 131–144 (1980).
23. Ministry of Welfare Health and Culturel Affairs: Surveillance programme «Man and Nutrition», p. 119–124. The Hague. 1983.
24. Vaessen, H. A. M. G. et al.: Berichte No. 20/79 LCLO (1979) und 647801001 (1980), Rijks Institut voor de Volksgezondheid, Bilthoven.
25. Hubbard, A. W.: Food surveillance in the UK. Nutrition Rev. 36, 224–230 (1978).
26. Abdulla, M., Jägerstad, M., Kolar, K., Norden, A., Schütz, A. and Svenson, S.: Essential and toxic inorganic elements in prepared meals – 24 hour dietary sampling employing the duplicate portion technique. In: Brätter P. and Schramel, P. (ed.): Trace element analytical chemistry in medicine and biology, Vol. 2, p. 75–86. W. de Gruyter, Berlin 1983.
27. Slorach, S., Gustafsson, I., Jorhem, L. and Mattson, P.: Intake of lead, cadmium and certain other metals via a typical Swedish weekly diet. Var Föda, 35, Suppl. 1, 3–16 (1983).
28. Varo, P. and Koivistoinen, P.: Mineral element composition of Finnish foods: XII general discussion and nutritional evaluation. Acta Agriculturae Scandinavica, Suppl. 22, 165–171 (1980).
29. McGarrahah: Lead content of U.S. dairy product and other foods. Rivista Soc. Italiana Alimentazione 11, 361–368 (1982).
30. Blumenthal, A. und Trottmann, K.: Blei-, Eisen-, Zink-, Cadmium- und Zinngehalt konserverierter Lebensmittel. Alimenta 12, 141–144 (1973).
31. Rieder, K. und Müller, U.: Bleiabgabe von Souvenir-Keramikgeschirr. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 74, 160–164 (1983).
32. Knutti, R., Rothweiler, H. und Schlatter, Ch.: Blei- und Cadmiumkonzentrationen im Blut der Schweizer Bevölkerung. Publikation in Vorbereitung.
33. Berlin, A.: Assessment of exposure to lead of the general population in the European Community through biological monitoring. Environmental Monitoring and Assessment 2, 225–231 (1982).
34. Kantonales Laboratorium Bern: Schwermetallgehalte im Trinkwasser. In: Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1982. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 74, 247–250 (1983).
35. Kantonales Laboratorium Basel-Stadt: Schwermetallgehalte im Trinkwasser. In: Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1983. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 75, 312–314 (1983).

36. Zimmerli, B. und Erard, M.: Toxische Schwermetalle als Verunreinigungen von Lebensmitteln. In: Aebi, H. et al. (ed.), Zweiter schweizerischer Ernährungsbericht, p. 161–168. Hans Huber, Bern 1984.
37. Jorhem, L., Mattson, P. and Slorach, S.: Lead, cadmium, zink and certain other metals in foods on the Swedish market. *Var Föda*, **36**, Suppl. 3, 135–205 (1984).
38. Ministère de l'environnement: Inventaire national de la qualité alimentaire, p. 73, Neuilly-sur-Seine 1982.
39. Kantonales Laboratorium Basel-Stadt: Schwermetallgehalte von Kakaoerzeugnissen. In: Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1982. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **74**, 250–252 (1983).
40. Knezevic, G.: Schwermetalle in Lebensmitteln. 1. Mitteilung über den Gehalt von Cadmium in Rohkakao und Kakao-Halb- und Fertigprodukten. *Dtsch. Lebensm. Rdsch.* **75**, 305–309 (1979).
41. David, O. J., Clark, J. and Hoffman, S.: Childhood lead poisoning: A re-evaluation. *Arch. Environ. Health*. **34**, 106–111 (1979).
42. Moore, M. R.: Exposure to lead in childhood: The persisting effects. *Nature* **283**, 334–335 (1980).
43. Mahaffey, K. R., Annest, J. L., Roberts, J. and Murphy, R. S.: National estimates of blood lead levels: United States, 1976–1980. *N. Engl. J. Med.* **307**, 537–539 (1982).
44. Annest, J. L., Pirkle, J. L., Makuc, D., Neese, J. W., Bayse, D. D. and Kovar, M. G.: Chronological trend in blood lead levels between 1976 and 1980. *New Engl. J. Med.* **308**, 1373–1377 (1983).
45. Centre for Disease Control: Preventing lead poisoning in young children in the United States. *Morb. Mortal. Weekly Rep.* **34**, (5), 66–68, 73 (1985).
46. Berode, M., Guillemin, M., Lejeune, M., Bovet, P. and Lob, M.: Evaluation de l'exposition au plomb d'une population enfantine de Lausanne. *Helv. paediat. Acta*, Suppl. 43, 1–64 (1980).
47. Berode, M.: Persönliche Mitteilung.
48. Hovmand, M. F., Tjell, J. C. and Mosback, H.: Plant uptake of airborne cadmium. *Environm. Pollution (Series A)* **30**, 27–38 (1983).
49. Hässler, St., Heiz, H.-J. und Koch, H.: Blei und Cadmium in Rind- und Schweinefleisch. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* **125**, 695–699 (1983).
50. Schüpbach, M. R.: Toxische Spurenstoffe in der Nahrung. Versuch einer Standortbestimmung. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **72**, 2–21 (1981).
51. Lorenz, H., Kossen, M.-Th. und Käferstein, F. K.: Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalte in Speisepilzen. *Bundesgesundhbl.* **21**, (13) 202–204 (1978).
52. Favarger, P. Y.: Teneur en mercure des poissons des lacs suisses, 1973–1979. *Cahiers de l'environnement No. 8*. Office fédéral de la protection de l'environnement, Berne 1982.
53. Fouassin, A. et Fondu, M.: Evaluation de la teneur moyenne en mercure de la ration alimentaire en Belgique. *Arch. Belges Médecine Sociale, Hygiène, Médecine de Travail et Médecine Légale*. **36**, 481–490 (1978).
54. May, K. and Stoeppler, M.: Studies on the biogeochemical cycle of mercury I. Mercury in sea and inland water and food products, Vol. 1, 241–244, International Conference Heavy metals in the environment, Heidelberg, September 1983.
55. Zimmerli, B. und Marek, B.: Die Belastung der schweizerischen Bevölkerung mit Pestiziden. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* **64**, 459–479 (1973).
56. Schlettwein-Gsell, D. und Seiler, H.: Analysen und Berechnungen des Gehaltes der Nahrung an Kalium, Natrium, Calcium, Eisen, Magnesium, Kupfer, Zink, Nickel, Cobalt,

- Chrom, Mangan und Vanadium in Altersheimen und Familien. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **63**, 188–206 (1972).
57. Flyholm, M. A., Nielsen, G. D. and Andersen, A.: Nickel content of food and estimation of dietary intake. Z. Lebensm. Unters. Forsch. **179**, 427–431 (1984).
  58. Eskew, D. L., Welch, R. M. and Cary, E. E.: Nickel: an essential micronutrient for legumes and possibly all higher plants. Science **222**, 621–623 (1983).
  59. Solomons, N. W., Viteri, F., Shuler, T. R. and Nielsen, F. H.: Bioavailability of nickel in man: Effects of foods and chemically-defined dietary constituents on the absorption of inorganic nickel. J. Nutr. **112**, 39–50 (1982).
  60. WHO: Trace elements in human nutrition. Technical Report Series No. 532. Genf 1973.
  61. Sunderman, F. W. jr.: The metabolism and toxicology of nickel. In: Brown, S. S. (ed.): Clinical chemistry and chemical toxicology of metals, p. 231–259. Elsevier/North-Holland, Amsterdam 1977.
  62. Christensen, O. B. and Lageson, V.: Concentrations of nickel in blood and urine after oral administration. In: Brown, S. S. and Sunderman, F. W. jr. (ed.) Nickel toxicology, p. 95–98, Academic Press, London 1980.
  63. Candrian, U. et al.: Vorkommen und toxikologische Bedeutung von Nickel in der Nahrung. Publikation in Vorbereitung.
  64. Cronin, E., Di Michiel, A. D. and Brown, S. S.: Oral challenge in nickel-sensitive women with hand eczema. In: Brown, S. S. and Sunderman, F. W. jr. (ed.) Nickel toxicology, 149–152. Academic Press, London 1980.
  65. Sorensen, R. J., Campbell, I. R., Tepper, L. B. and Lingg, R. D.: Aluminium in the environment and human health. Environm. Health Perspectives **8**, 3–96 (1974).
  66. Mattson, P.: Aluminium från kokkärl. Var Föda **33**, 231–236 (1981).
  67. Lione, A.: The prophylactic reduction of aluminium intake. Food Chem. Toxicol. **21**, 103–109 (1983).
  68. WHO: Evaluation of certain food additives and contaminants. Technical Report Series No. 683. Genf 1982.
  69. Wills, M. R. and Savory, J.: Aluminium poisoning: Dialysis encephalopathy, osteomalacia and anemia. Lancet II, 29–34 (1983).
  70. Drüecke, T.: Dialysis osteomalacia and Aluminium intoxication. Nephron **26**, 207–210 (1980).
  71. Ellinder, C. G., Friberg, L., Lind, B. and Yawaid, M.: Lead and cadmium levels in blood-samples from the general population of Sweden. Environm. Res. **30**, 233–253 (1983).

Dr. B. Zimmerli  
 Bundesamt für Gesundheitswesen  
 Abteilung Lebensmittelkontrolle  
 Sektion Lebensmittelchemie und  
 Radioaktivität  
 Postfach 2644  
 CH-3001 Bern

Dr. R. Knutti  
 Institut für Toxikologie der  
 Eidg. Technischen Hochschule und der  
 Universität Zürich  
 Schorenstrasse 16  
 CH-8603 Schwerzenbach