

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

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit

**Band:** 78 (1987)

**Heft:** 2

**Artikel:** Monitoring-Programm Schwermetalle in Lebensmitteln. Teil I, Zielsetzung, Auswahl der zu bestimmenden Elemente und der zu untersuchenden Lebensmittel, Anforderungen an die Analytik = Monitoring programme heavy metals in food. Part I, Scope, kind of eleme...

**Autor:** Knutti, R. / Zimmerli, B.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-982983>

### **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>**

## Monitoring-Programm Schwermetalle in Lebensmitteln

### I. Zielsetzung, Auswahl der zu bestimmenden Elemente und der zu untersuchenden Lebensmittel, Anforderungen an die Analytik\*

#### Monitoring Programme Heavy Metals in Food

##### I. Scope, Kind of Elements and Foodstuffs and Analytical Quality Assurance

*R. Knutti*

Institut für Toxikologie der ETH und Universität Zürich, Schwerzenbach

*B. Zimmerli*

Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern

### Einleitung

Werden im Lebensmittelbereich Schwermetalle *absichtlich* verwendet, die in Lebensmitteln prinzipiell unerwünscht sind, z. B. Blei in Keramikglasuren, Konservendosen, Zinngeschirr, Wasserleitungen, Verpackungsmaterialien, so ist es notwendig und auch sinnvoll, zur Verhinderung einer gesundheitlichen Gefährdung des Konsumenten für die betroffenen Lebensmittel bzw. für Verbrauchs- und Gebrauchsgegenstände entsprechende gesetzliche Normen festzulegen. Zusätzlich kann verlangt werden, dass unabhängig von der konkreten toxikologischen Beurteilung nur *technisch unvermeidbare* Mengen in die Lebensmittel gelangen (1). Solche Normen werden auch periodisch dem neuesten Stand der Technik angepasst. Im weiteren besteht die Möglichkeit, die Verwendung gewisser Schwermetalle im Lebensmittelsektor überhaupt zu verbieten.

Sind jedoch die Gehalte an gewissen Schwermetallen durch die *Natur* (Geologie) oder die *allgemeine Kontamination der Umwelt* bedingt und somit durch den Lebensmittelproduzenten nicht direkt beeinflussbar, wird die Festlegung von Normen schwieriger und auch problematischer. Zu berücksichtigen sind dabei

\* Teilweise vorgetragen anlässlich der 98. Jahresversammlung der Schweiz. Gesellschaft für Analytische und Angewandte Chemie vom 5./6. September 1986 in Pruntrut.

die Verzehrsmengen der einzelnen Lebensmittel sowie individuelle Unterschiede in den Ernährungsgewohnheiten. Zudem ist zu befürchten, dass lebensmittelrechtliche Normen in diesem Bereich, die legalerweise auch «ausgeschöpft» werden dürfen, entgegen der erhofften Wirkung langfristig eine im Mittel höhere Belastung zur Folge haben könnten (2).

In einigen Ländern, so auch in der Schweiz, wird deshalb zurzeit vor allem die Meinung vertreten, dass zur längerfristigen Beherrschung der Problematik der Schwermetalle und anderer Umweltkontaminanten auf drei verschiedenen Ebenen vorgegangen werden muss (2–4). Diese sind, in der Reihenfolge abnehmender Wichtigkeit:

1. *Eingriffe an der Quelle*, sei es durch Verwendungsbeschränkungen bestimmter Schwermetalle für bestimmte Zwecke, durch Recycling und/oder durch Einleitung technischer Massnahmen zur Sanierung von Emittenten. Die rechtliche Grundlage dazu bietet das schweizerische Umweltschutzgesetz.
2. Aufbau und Betrieb eines *Monitoring-Programms*, das in erster Linie zu Belastungsabschätzungen, zur Trenderkennung der Schwermetallkonzentrationen in Lebensmitteln sowie zur Erkennung allenfalls speziell belasteter Gebiete dienen soll.
3. *Massnahmen der Lebensmittelbehörden*:
  - Angaben über «Normalbereiche» von Schwermetallkonzentrationen in Lebensmitteln (z. B. Blei und Cadmium in Getreideprodukten), die den Organen der Lebensmittelkontrolle gestatten sollen, erhöhte Gehalte zu erkennen
  - Herausgabe von Empfehlungen für unbedenkliche Verzehrsmengen gewisser, speziell belasteter Lebensmittel (z. B. Wildpilze)
  - Festlegung von Höchstkonzentrationen (Toleranzwerte, Grenzwerte) sowie
  - allenfalls Verkaufsverbote für gewisse Lebensmittel.

### **Weshalb brauchen wir ein Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln»?**

Trotz des beträchtlichen Aufwandes mit dem in den Laboratorien der Lebensmittelindustrie und den für den Vollzug der Lebensmittelgesetzgebung zuständigen Stellen Schwermetalle in Lebensmitteln analysiert werden, sind wir immer noch relativ schlecht orientiert über die tatsächliche Belastung des Schweizers durch Schwermetalle und andere, gesundheitlich unerwünschte Stoffe in der täglichen Nahrung. Diese Feststellung gilt entsprechend auch für die Zufuhr essentieller Spurenelemente. Ein Mangel an zuverlässigen Daten wurde auch von verschiedenen Autoren des zweiten Schweizerischen Ernährungsberichtes festgestellt (5).

Die in den oben erwähnten Laboratorien durchgeführte Analytik ist primär auf die Einhaltung lebensmittelrechtlicher Normen ausgerichtet. Es werden deshalb vor allem die bezüglich Schwermetallgehalt als besonders kritisch erachteten Lebensmittel untersucht. Im Vergleich zu den für solche Lebensmittel festge-

legten Gehaltsnormen (z. B. für Blei in Früchte- und Gemüsekonserven) sind die Schwermetallkonzentrationen in den Grundnahrungsmitteln im allgemeinen deutlich geringer.

Eine neuere Studie mit zubereiteten Mahlzeiten aus vier verschiedenen Verpflegungsbetrieben (6–10) deutet darauf hin, dass die mittlere Belastung der schweizerischen Bevölkerung durch «toxische» Schwermetalle geringer ist als bisher angenommen wurde. Auch diese Studie lässt aber nur bedingt Rückschlüsse auf den Gehalt der einzelnen Grundnahrungsmittel an «toxischen» Schwermetallen und essentiellen Spurenelementen zu. Mit dem Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln» sollen deshalb, neben den unten beschriebenen Zielsetzungen, vorerst einmal im Sinne einer *Bestandesaufnahme* die noch fehlenden Daten zur Beurteilung der heutigen Situation beschafft werden.

Obwohl Monitoring-Programme generell zur Überwachung potentiell gesundheitsgefährdender Stoffe in Lebensmitteln (z. B. Rückstände von Schädlingsbekämpfungsmitteln) dienen (11), sind wir der Meinung, dass solche Programme in erster Linie für jene Stoffe nötig sind, die nicht absichtlich im Lebensmittelsektor Verwendung finden, sondern infolge menschlicher Aktivitäten über die Umwelt in die Lebensmittel gelangen und zudem in der Natur schlecht oder gar nicht abbaubar sind.

Das «Joint FAO/WHO Food and Animal Feed Contamination Monitoring Programme» (11) definiert den Begriff «Monitoring» als «ein System wiederholter Beobachtungen, Messungen und Bewertungen, die zum Erreichen bestimmter Ziele unter Verwendung repräsentativer Proben einzelner Lebensmittel oder der Gesamtnahrung eines Landes oder einer Region durchgeführt werden». Wichtige Zielsetzungen solcher Untersuchungen sind (11–13):

- *Zufuhrabschätzungen*, insbesondere für Stoffe, die im Körper akkumuliert werden. Für die Bewertung allfälliger Gesundheitsrisiken von potentiell gesundheitsgefährdenden Stoffen sind solche Daten von grösster Bedeutung (Verbraucherbezogenes Monitoring).
- Ermittlung der *Grundgehalte* (Verteilungskurve) eines Stoffes und Erfassung deren *Änderung mit der Zeit*. Damit soll den Behörden ermöglicht werden, rechtzeitig und in vorsorgender Weise einzugreifen, d. h. noch bevor sich eine Kontamination gesundheitsgefährdend auswirken kann. Zudem werden solche Daten auch als Grundlage für allfällige lebensmittelrechtliche Regelungen benötigt.
- *Spezifische Umwelteinflüsse* auf Lebensmittel aus unterschiedlichen Herkunftsregionen katastermässig zu erfassen und räumliche und zeitliche Änderungen sichtbar zu machen (Ursachenbezogenes Monitoring).
- *Erfolgskontrolle*, falls Massnahmen zur Reduktion eines bestimmten Schadstoffes eingeleitet wurden.

Im Gegensatz zur «normalen» Lebensmittelkontrolle besteht ihr Hauptzweck somit nicht darin zu verhindern, dass der Konsument gelegentlich mit überhöhten Gehalten des entsprechenden Schadstoffes konfrontiert wird.

In vielen Ländern wird seit mehr als 30 Jahren die Belastung von Mensch und Umwelt mit künstlichen Radionukliden im Sinne eines Monitoring verfolgt



(14–16). Monitoring-Programme mit verzehrsfertig zubereiteten Durchschnittsdiäten werden seit etwa 20 Jahren in Grossbritannien und den USA durchgeführt (17–20). Diese waren ursprünglich speziell auf Pflanzen- und Vorratsschutzmittelrückstände in Lebensmitteln ausgerichtet, später wurden aber auch einzelne Schwermetalle und weitere gesundheitsgefährdende Stoffe miterfasst.

Eigentliche Monitoring-Programme für einzelne Lebensmittel wurden bisher relativ selten durchgeführt. Heute bestehen aber internationale Bestrebungen zu deren Förderung (11), und es liegen bereits Ergebnisse von Pilotstudien auf nationaler (21, 22) und internationaler (23) Ebene vor. Seit 1982/83 ist in der Schweiz auch das Bundesamt für Gesundheitswesen daran, insbesondere für Schwermetalle in Lebensmitteln in Zusammenarbeit mit den Kantonen entsprechende Programme zu realisieren.

### Kriterien zur Wahl der zu bestimmenden Elemente

Die Auswahl der mit dem Monitoring-Programm zu erfassenden Elemente richtet sich in erster Linie nach deren gesundheitlichen Bedeutung. Im Vordergrund stehen die «toxischen» Schwermetalle Blei, Cadmium und Quecksilber, von denen nach dem heutigen Wissensstand beim Menschen keine lebensnotwendigen Funktionen bekannt sind\* und die bereits in geringen Dosen die Gesundheit beeinträchtigen können. Die seit der Antike bekannte Verwendung von Blei und Quecksilber hat dazu geführt, dass diese beiden Schwermetalle zu den ältesten bekannten Giftstoffen gehören, mit denen sich der Mensch im Laufe der Zivilisationsgeschichte auseinanderzusetzen hatte (24, 25). Dank Massnahmen zur Verringerung der direkten Belastung am Arbeitsplatz und im Zusammenhang mit der Ernährung sind verglichen mit den Zuständen noch zu Beginn dieses Jahrhunderts akute Schwermetallvergiftungen recht selten geworden. Anlass zu Besorgnis gibt heute vor allem die zunehmende chronische Belastung der Umwelt durch die diffuse und weltweite Verbreitung dieser gesundheitlich unerwünschten Metalle. Da Schwermetalle wie alle Elemente nur umverteilt, nicht aber abgebaut werden können, muss bei deren weiteren Verbreitung in der Umwelt längerfristig mit kaum rückgängig zu machenden Problemen für die gesamte Biosphäre gerechnet werden.

Die oben erwähnte Studie mit Tagesrationen hat gezeigt, dass gemessen an den von der WHO/FAO 1972 (26) vorgeschlagenen «provisorisch tolerierbaren wöchentlichen Zufuhrmengen für Blei, Cadmium und Quecksilber»\*\* die mittlere Belastung der schweizerischen Nahrung durch Cadmium höchstens etwa einen Drittel des WHO/FAO-Wertes erreicht, während die «Ausschöpfung» der entsprechenden Werte für Blei und Quecksilber deutlich kleiner ist (2, 8). Zusätzliche analytische Daten sind deshalb vor allem für Cadmium erforderlich.

\* In Tierversuchen ergaben sich Hinweise, dass auch Arsen und Blei zu den lebensnotwendigen Stoffen gehören könnten (45).

\*\* Für erwachsene Personen: Blei: 3 mg/Woche, Cadmium: 400–500 µg/Woche, Hg: 300 µg/Woche, davon höchstens 200 µg/Woche als Methyl-Quecksilber.

Aus zwei Gründen sollen aber auch essentielle Spurenelemente in das Monitoring-Programm einbezogen werden: Einerseits ist bekannt, dass die lebensmitteltechnologische Verringerung des Gehaltes an «toxischen» Schwermetallen oft zu einer entsprechenden Reduktion und damit zu einer möglichen Unterversorgung mit essentiellen Spurenelementen führt. Andererseits sind verschiedene für Mensch und Tier essentielle Spurenelemente, die in ihrer Mehrzahl ebenfalls zur Gruppe der Schwermetalle gehören (z. B. Kupfer und Zink), zu den heute die Umwelt immer stärker belastenden Kontaminanten zu zählen (27–30).

### **Kriterien zur Wahl der zu untersuchenden Lebensmittel**

Als Untersuchungsmaterial interessieren vor allem Lebensmittel, mit denen ein mengenmässig bedeutender Anteil der Zufuhr von toxikologisch und physiologisch wichtigen Spurenelementen erfolgt. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die mittleren Verzehrsmengen der wichtigsten Lebensmittelgruppen. Kenntnisse über individuelle Ernährungsgewohnheiten, die für realistische Zufuhrabschätzungen ebenfalls wichtig wären, fehlen leider in unserem Lande weitgehend. Neben den Grundnahrungsmitteln kommen je nach den zu analysierenden Elementen auch Lebensmittel mit einem geringeren mittleren Verzehr, aber entsprechend höheren Spurenelementgehalten, wie z. B. Cadmium in Spinat und Sellerie, Nickel in Haferflocken, in Frage. Entsprechend den Zielsetzungen des Monitoring-Programms soll das Schwergewicht auf inländischen Produkten liegen.

Im Hinblick auf die derzeit im Vordergrund stehende Bestandesaufnahme soll die *Probenahme* nach dem Zufallsprinzip auf der Einkaufsstufe erfolgen und eine für das betreffende Lebensmittel übliche Menge umfassen. In begründeten Fällen, wie z. B. bei Mahlprodukten, kann die Probenahme auf höherer Ebene, z. B. auf der Produzenten- bzw. auf der Verarbeitungsstufe (z. B. Mühlen), vorteilhaft sein. Später soll die Probenahme grundsätzlich so erfolgen, dass allfällige, für die Beurteilung der Schwermetallbelastung relevante Unterschiede zwischen verschiedenen Gegenden erkennbar sind und den Ursachen nachgegangen werden kann.

### **Nationales Monitoring und Übersichtsuntersuchungen einzelner kantonaler Laboratorien**

Die Verknüpfung des gesamtschweizerischen Monitoring-Programms mit lokalen und regionalen Übersichtsuntersuchungen ist erwünscht, sofern die an ein Monitoring-Programm zu stellenden Anforderungen bezüglich Probenahme und Analytik erfüllt werden. Da durch die Art der Probenahme (reine Zufallsproben oder Proben, die auf einen bestimmten Verdacht hin erhoben wurden) die mögliche Interpretation der Analysenresultate festgelegt ist, muss streng darauf geachtet werden, dass für Monitoringzwecke ausschliesslich *Zufallsproben* verwendet werden.

**Tabelle 1.** Pro-Kopf-Verzehrmengen der wichtigsten Nahrungsmittel (31)<sup>1</sup>

Lebensmittel	Verzehrmenge (g Frischsubstanz/ Kopf/Tag)
Milch	323
Joghurt	40
Milchmischgetränke	8
Butter	17
Käse	36
Rahm (Voll-, Halb-, Kaffee-)	26
Eier	24
Brot	140
Mehl (Detailhandel)	15
übrige Getreideprodukte inkl. Teigwaren	48
Gemüse, frisch	275
Gemüse, Konserven und -Produkte	45
Pilze (Zucht- und Wild-)	5
Früchte, frisch (inkl. Nüsse)	210
Früchte, Konserven und Zubereitungen	20
Fleisch (ohne Leber und Nieren)	190
Leber und Nieren	8
Fisch	12
Zucker	114
Salz	15
Speiseöle, Speisefett, Margarine und Minarine	31
Kaffee (Pulver)	20
Tee (Kraut)	1
Sirup	19
alkoholfreie Getränke (Mineral usw.)	338
Bier <sup>2</sup>	244
Wein <sup>2</sup>	168
Schokolade	23

<sup>1</sup> gerundet    <sup>2</sup> Personen > 15 Jahre

### **Umfang der Stichproben, Probenerhebung und Probenvorbehandlung**

Während für Zufuhrabschätzungen eine relativ geringe *Probenzahl* pro Lebensmittel ausreicht, wird für die Erarbeitung von Normbereichen und als Grundlage für lebensmittelrechtliche Normen ein umfangreicheres Probenmaterial benötigt. Zur Ermittlung der Konzentrationsverteilung eines Spurenelementes in einer bestimmten Lebensmittelart sollen deshalb mindestens 50 für die betreffende Beurteilung repräsentative Proben analysiert werden. Wenn mit regionalen Unterschieden im Gehalt zu rechnen ist, soll die Probenzahl entsprechend erhöht werden. Bei der Auswahl der zu untersuchenden Lebensmittel muss zu-



dem berücksichtigt werden, dass bereits scheinbar geringe Unterschiede, wie z. B. ein unterschiedlicher Ausmahlungsgrad bei Mehl, sowohl den Gehalt an Spurenelementen wie auch die Probenmatrix und dadurch das analytische Verhalten stark beeinflussen können.

Für Zufuhrabschätzungen sollen sich die Analysendaten nach Möglichkeit auf das küchenfertige, d. h. gewaschene und gerüstete Lebensmittel, besser noch auf die *verzehrsbereite Zubereitung* beziehen. Demgegenüber beziehen sich lebensmittelrechtliche Normen im allgemeinen auf das Lebensmittel in der *Angebotsform*. Muss angenommen werden, dass die Spurenelementgehalte der untersuchten Lebensmittel durch die Zubereitung merklich verändert werden, so soll die Analyse in beiden Formen durchgeführt werden.

Es ist wichtig, dass Form und Zustand, in dem das betreffende Lebensmittel analysiert werden soll, genau definiert sind. Zudem muss sichergestellt werden, dass die *Probenerhebung* und die darauf folgenden Schritte, wie z. B. Abpacken, Lagern, Homogenisieren und Portionieren, den Gehalt jedes einzelnen der zu analysierenden Elemente nicht verändern. Diese Kontrollmassnahmen sollten sich auch auf alle weiteren Elemente beziehen, die man allenfalls zu einem späteren Zeitpunkt in noch vorhandenem Probenmaterial analysieren möchte. Auf den *Probenbegleitzetteln* sind alle relevanten Angaben über das erhobene Produkt und die Probenahme detailliert zu protokollieren.

## Anforderungen an die Analytik und Durchführung der Analysen

### *Allgemeines*

Wer sich ernsthaft auf dem Gebiete der Spurenanalytik von Elementen betätigt, weiss aus eigener Erfahrung nur zu gut, dass äusserste Sorgfalt, Vertrautheit mit spurenanalytischen Untersuchungen sowie praktische Erfahrung mit der einzusetzenden Methode mindestens ebenso wichtige Voraussetzungen sind wie die Verwendung einer für die betreffende Aufgabenstellung tauglichen Analysenmethode. Wir halten es deshalb für richtig, dass jedes beteiligte Laboratorium seine eigene, erprobte und bewährte Analysenmethode einsetzt. Da die in den Monitoring-Proben zu erwartenden Schwermetallgehalte oft weit unterhalb der routinemässig zu beurteilenden Konzentrationen liegen, muss aber vorerst überprüft werden, ob der tiefere Konzentrationsbereich ebenfalls zuverlässig erfasst werden kann.

Der gesamte Aufwand für ein Monitoring-Projekt ist nur sinnvoll, wenn die daraus resultierenden Resultate richtig und mit weiteren Untersuchungen, die dieser Anforderung ebenfalls genügen, vergleichbar sind. Diese Forderung mag trivial scheinen, ist vermutlich aber die am schwierigsten zu lösende Aufgabe. *Tölgs* aufrüttelnder Bericht aus dem Jahre 1976 mit dem provokativen Titel «Spu-



renanalyse der Elemente — Zahlenlotto oder exakte Wissenschaft?» (32) mag heute bereits als historische Reminiszenz erscheinen.\* Ein Blick auf aktuellere Ringversuche im tiefen Spurenbereich, einschliesslich des im folgenden Abschnitt «Analytische Vorarbeiten» beschriebenen aus unserem eigenen Kreis, zeigt aber, dass wir gut daran tun, unsere Möglichkeiten und Grenzen bezüglich der Richtigkeit spurenanalytischer Resultate mit Vorsicht und Bescheidenheit einzuschätzen. Kontaminationsprobleme und matrixbedingte Störsignale gehören immer noch zu den wichtigsten Fehlerquellen im tiefen Spurenbereich. Dies hat zur Folge, dass die reproduzierbar tiefsten Resultate der Wahrheit oft am nächsten kommen (33). Der derzeitige Zustand der Spurenelementanalytik lässt sich auch an Zusammenstellungen sogenannter «Normal»-Konzentrationen, wie z. B. derjenigen von *Versieck* über Spurenelemente in Körperflüssigkeiten und -Gewebe (34), ablesen.

### *Analytische Qualitätskontrolle*

Das Stichwort zu einem erfolgreicherem Abschneiden heisst «Analytische Qualitätskontrolle». Im folgenden soll kurz gezeigt werden, welche Qualitätskontrollmassnahmen im Rahmen des Monitoring-Programms zur Anwendung kommen sollen. Für eine gründlichere Auseinandersetzung mit dieser Thematik wird auf die Literatur verwiesen (35–39).

Eine Liste konkreter Massnahmen zur Qualitätssicherung ist stichwortartig in Tabelle 2 zusammengestellt. Zur Beurteilung der Richtigkeit der im einzelnen Laboratorium eingesetzten Analysenmethode wird empfohlen, *Referenzmaterialien* mit zertifizierten Gehalten einzusetzen. Da trotz grosser Anstrengungen einer ganzen Reihe von Organisationen erst eine beschränkte Auswahl von geeigneten Referenzmaterialien (40, 41) mit zertifizierten Konzentrationsbereichen erhältlich sind, die den Monitoring-Proben wenigstens einigermaßen entsprechen, stellt das federführende Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG) portionierte, den Monitoring-Proben bezüglich Spurenelementgehalt und Matrix nach Möglichkeit besser entsprechende Kontrollproben zur Verfügung. Diese sollen als *interne Kontrollproben* zur Beurteilung der von Analysenserie zu Analysenserie erreichten Reproduzierbarkeit dienen. Die zurzeit verfügbaren BAG-Kontrollproben sind in Tabelle 3 aufgeführt. Durch den Vergleich der in den verschiedenen Laboratorien erhaltenen Resultate sollte es mit der Zeit möglich sein, diesen Kontrollproben engere und genauere Konzentrationsbereiche für die analysierten Elemente zuzuordnen.

\* Beschrieben wird u. a. ein Ringversuch zur Bestimmung von Quecksilber in Milchpulver, an dem sich 9 «leistungsfähige» Laboratorien beteiligt hatten. Erst der Vergleich der Resultate zeigte, wie sehr eine relativ gute, laborinterne Präzision über tatsächliche systematische Fehler hinwegtäuschen kann: Die Labormittelwerte schwankten zwischen 0,5 und 136 ng/g, das arithmetische Mittel lag bei 41 ng/g, der Median bei 11 ng/g und der später ermittelte (wahre?) Wert bei 0,5 ng/g.

Tabelle 2. Massnahmen zur analytischen Qualitätskontrolle

Wichtigstes Ziel: allfällige analytische Fehler sichtbar machen!

### «Interne» Qualitätskontrolle

Primär zur Beurteilung der laborinternen Streuung (innerhalb Analysenserie, von Tag zu Tag usw.)  
sowie zum Erkennen von Fehlern und Aufspüren deren Ursachen

- Detaillierte *Protokollierung* aller – später! – möglicherweise relevanten Informationen über die Analyse
- Sicherstellen, dass *Blindwertbestimmung* für alle Proben *repräsentativ* ist
- periodische Überprüfung der Konzentration der *Eichlösungen*
- geeignete Messreihenfolge der Proben innerhalb einer Analysenserie
- routinemässige Verwendung *interner Qualitätskontrollproben* in jeder Analysenserie
- Kontrollwerte *graphisch* aufzeichnen (Control-Charts)
- Wiederholung der Analyse einzelner Proben in späterer Analysenserie.

### «Externe» Qualitätskontrolle

Primär zur Beurteilung der Richtigkeit

- Analyse geeigneter *Referenzmaterialien* mit bekannten Elementkonzentrationen
- zufällige Aufteilung einer Probenart auf 2 bis 3 Laboratorien
- *Vergleichsanalysen* in anderem Labor, nach Möglichkeit mit einer anderen, ebenfalls geeigneten Methode.

Tabelle 3. BAG-Proben für die interne Qualitätskontrolle (Stand Okt. 86)<sup>1</sup>

Nr.	Bezeichnung	Pb (ng/g)	Cd (ng/g)	Zn (µg/g)	Cu (µg/g)
1	Selleriepulver	30– 100	400–600	20– 30	7–10
2	Frühstücksgetränkpulver	10– 40	20– 35	15– 20	8–11
3	Weizen Vollkornmehl	20– 50	100–150	80–120	8–12
4	Weizen Weissmehl	20– 40	20– 30	7– 10	2– 3
5	Spinatpulver	600–1000	300–400	35– 55	8–11
6	Kartoffelpulver	10– 40	40– 60	6– 8	3– 4
7	Volleipulver	10– 30	< 3	40– 50	2– 3,5
8	Kakaomasse Westafrika	10– 50	30– 50	25– 40	15–25
9	Kakaomasse Arriba	100– 250	600–800	50– 75	20–30

<sup>1</sup> Die angegebenen Konzentrationsbereiche sind als grobe Orientierungshilfe zu betrachten und erheben keinen Anspruch auf Richtigkeit!

Da vor allem die Konzentrationsverteilung der untersuchten Stichprobe interessiert, genügen im allgemeinen *Einfachbestimmungen*. Jede Analysenreihe soll gemäss dem Schema in Tabelle 4 neben den Eichproben auch die Bestimmung des Reagenzienblindwertes (Blindprobe) und interner Kontrollproben umfassen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass systematische Fehler oft auf für die einzelnen Analysenproben nicht repräsentative *Blindwerte* zurückzuführen sind. Diesem Aspekt ist deshalb ebenfalls besondere Beachtung zu schenken. Als weiteres Mittel der laborinternen Qualitätskontrolle sollen ein bis zwei Proben aus jeder Analysenserie mit einer späteren Serie nochmals analysiert werden. Dass alle Schritte der Analyse sorgfältig und detailliert zu protokollieren sind, sollte eigentlich selbstverständlich sein.

*Tabelle 4.* Beispiel einer Analysenserie mit externer Eichung und internen Kontrollproben

Standardlösungen	*
Blindprobe	*
	*
Interne Kontrollprobe tief	
Interne Kontrollprobe hoch	Analysenprobe 20
Analysenprobe 1	Interne Kontrollprobe tief
Analysenprobe 2	Interne Kontrollprobe hoch
*	Blindprobe
*	Standardlösungen
*	
Analysenprobe 10	
Interne Kontrollprobe tief	
Interne Kontrollprobe hoch	
Analysenprobe 11	
Analysenprobe 12	
*	
*	
*	

Um den Aufwand zur Qualitätssicherung, die einen wesentlichen Teil des gesamten analytischen Aufwandes ausmacht, in einem einigermaßen vernünftigen Rahmen halten zu können, sollen in jedem teilnehmenden Laboratorium etwa 50 Proben der *gleichen Lebensmittelart* analysiert werden. Als Massnahme zur externen Qualitätskontrolle werden schliesslich 10 bis 20% der Proben noch in einem anderen Laboratorium analysiert. Damit allfällige Diskrepanzen noch vor der Beendigung des gesamten Analysenprogrammes aufgedeckt werden können, sollten diese Vergleichsanalysen zeitlich aufeinander abgestimmt werden. Ein *Koordinator*, der vorteilhafterweise selbst auch einen Teil der Analytik übernimmt, sorgt schliesslich für einen einvernehmlichen Ablauf der Arbeit und die Veröffentlichung der Ergebnisse.



## Analytische Vorarbeiten

Mit den Vorarbeiten für das geplante Monitoring-Programm wurde bereits 1983 begonnen, und zwar mit einem Ringversuch zur Bestimmung von Blei und Cadmium. 19 in der Schweiz auf dem Gebiete der Spurenelementanalytik von Lebensmitteln tätige Laboratorien beteiligten sich daran. Dabei waren mit der jeweils eigenen Analysenmethode zwei – den Teilnehmern als solche nicht bekannte – NBS-Referenzmaterialien sowie ein Frühstücksgetränkepulver und ein Kakaopulver zu bestimmen (42).

Die schlechte Übereinstimmung der Resultate war vor allem für Blei recht ernüchternd, bestätigte aber auch die im vorangehenden Abschnitt gemachten Aussagen. Auch wir mussten zur Kenntnis nehmen, dass laborinterne Präzision und Richtigkeit eines Resultates zwei sehr verschiedene Sachen sein können: Die Einzelresultate (Abb. 1, 2) zeigen deutlich, dass die laborinterne Übereinstimmung im allgemeinen sehr viel besser ist als die Streuung zwischen den Laboratorien. Die in den meisten Resultatgruppen sichtbare asymmetrische Verteilung der Labormittelwerte mit einem grösseren Anteil hoher Konzentrationen deutet auch hier darauf hin, dass Kontaminationsprobleme bzw. falsche Blindwerte vermutlich wichtige systematische Fehlerquellen sind. Dieser Ringversuch hat auch gezeigt, dass die tatsächlich erreichte Nachweisgrenze oft viel zu tief eingeschätzt wird: Bei sämtlichen als «nicht nachweisbar» deklarierten Resultaten lagen die von den jeweiligen Laboratorien angegebenen Nachweisgrenzen beträchtlich unterhalb der entsprechenden Sollwertbereiche der beiden NBS-Referenzmaterialien bzw. unterhalb des Mittelwertes der beiden anderen Ringversuchsproben. Systematische Konzentrationsunterschiede zwischen den drei eingesetzten Messmethoden Flammen-AAS, Graphitrohr-AAS und Inverspolarographie waren nicht erkennbar. Eher überraschend war allerdings, dass die Anwender der Inverspolarographie, der – für wässrige Proben – zweifellos nachweisstärksten Methode, einen höheren Anteil an Resultaten unterhalb der Nachweisgrenze meldeten als die Laboratorien, welche die Flammen-AAS (ohne Anreicherung!) eingesetzt hatten.

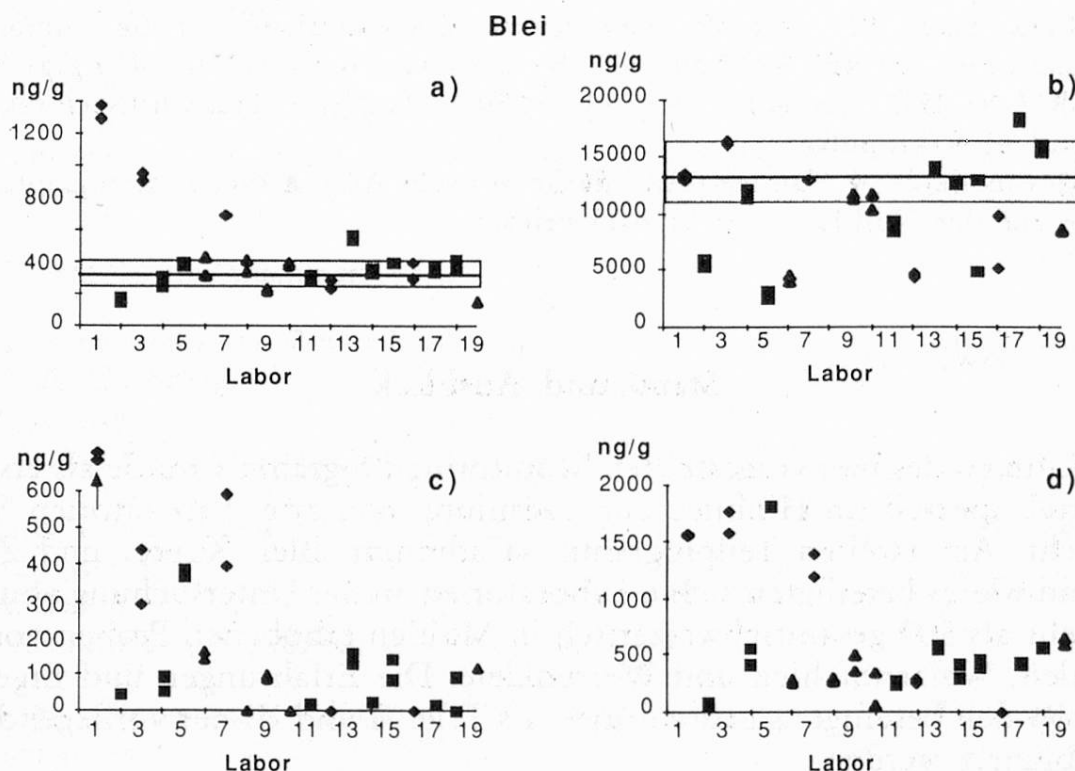
Ein zweiter, 1984 durchgeführter Ringversuch mit den beiden NBS-Referenzmaterialien Oyster tissue (No. 1566) und Wheat flour (No. 1567)\*, bei dem zusätzlich auch noch Zink bestimmt wurde, brachte vorerst nicht die erhoffte Verbesserung. Da auch von anderen Organisationen durchgeführte Ringversuche in diesem analytischen Bereich zu ähnlichen Ergebnissen führten (43, 44), müssen wir uns realistischerweise wahrscheinlich damit abfinden, dass die uns zurzeit zur Verfügung stehende Analytik zur Bestimmung der «Normal»-Konzentrationen von Schwermetallen in den Hauptnahrungsmitteln an ihre Grenzen stösst. Zusammenfassend können aus den beiden Ringversuchen die folgenden Schlüsse gezogen werden:

\* Sollwerte: Oyster tissue: Pb 0,48 µg/g, Cd 3,5 µg/g, Zn 852 µg/g, Wheat flour: Pb 0,02 µg/g, Cd 0,032 µg/g, Zn 10,6 µg/g.



- Die Übereinstimmung der Resultate ist für Cadmium, entsprechend der etwa 5- bis 10mal tieferen Nachweisgrenze, deutlich besser als für Blei. Die praktisch erreichbare Nachweisgrenze für Blei dürfte bei ca. 10 ng/g liegen. Bei Konzentrationen von weniger als dem Zehnfachen der Nachweisgrenze muss für Einzelanalysen mit Abweichungen vom wahren Wert von 20–50% gerechnet werden. Um einiges genauere Resultate können im Hinblick auf die höheren Konzentrationen für Zink erwartet werden.
- Die Durchführung der Monitoring-Analysen muss so gestaltet werden, dass systematische analytische Fehler, welche das Gesamtergebn für das einzelne Lebensmittel substantiell verfälschen würden, erkannt und allenfalls durch zusätzliche Analysen korrigiert werden können. Ein geeignetes Mittel dazu ist, neben der oben beschriebenen, rigorosen Qualitätskontrolle, vor allem die zufällige Aufteilung der Proben einer Lebensmittelart auf zwei bis drei Laboratorien.

Anzumerken wäre noch, dass diese beiden Ringversuche die praktische Zusammenarbeit und den Informationsaustausch zwischen den beteiligten Laboratorien auf erfreuliche Art und Weise gefördert haben; dies vielleicht gerade weil alle Beteiligten zur Kenntnis nehmen mussten, dass auch grösste Sorgfalt noch keine Garantie für richtige Resultate ist und deshalb auch die eigenen Analysenergebnisse noch kritischer beurteilt werden müssen.



*Abb. 1.* Ringversuch 1983 mit 19 Laboratorien. Einzelresultate der Bestimmung von *Blei* in a) NBS-SRM Nr. 1577, Bovine Liver (Sollwert  $340 \pm 80$  ng/g), b) NBS-SRM Nr. 1572, Citrus Leaves (Sollwert  $13\,300 \pm 240$  ng/g), c) Frühstückstränkepulver und d) Kakaopulver.

Messmethode: ◆ Flammen-AAS, ■ Graphitrohr-AAS, ▲ Inverspolarographie. Werte auf der Null-Linie: nicht nachweisbar. Resultate Labor 1, c: 1060 ng/g, 1090 ng/g

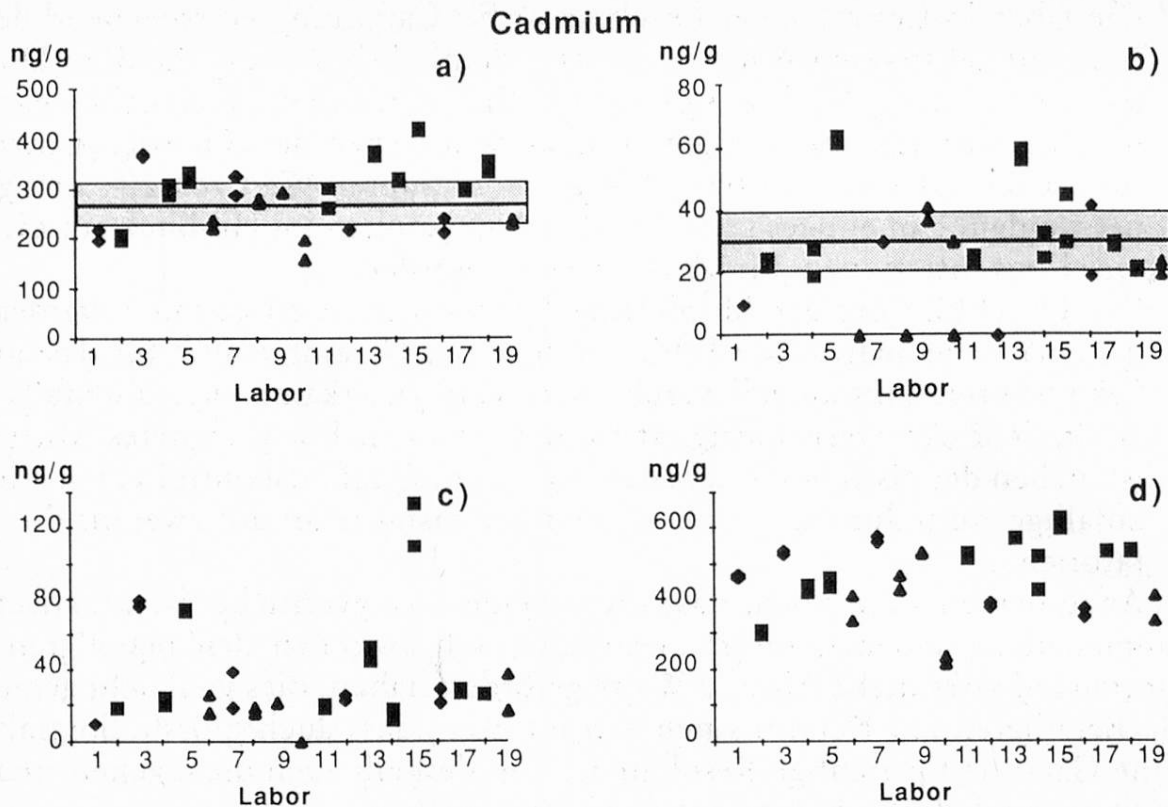


Abb. 2. Ringversuch 1983 mit 19 Laboratorien. Einzelresultate der Bestimmung von *Cadmium* in a) NBS-SRM Nr. 1577, Bovine Liver (Sollwert  $270 \pm 40$  ng/g), b) NBS-SRM Nr. 1572, Citrus Leaves (Sollwert  $30 \pm 10$  ng/g), c) Frühstückstränkepulver und d) Kakaopulver.

Messmethode: ◆ Flammen-AAS, ■ Graphitrohr-AAS, ▲ Inverspolarographie. Werte auf der Null-Linie: nicht nachweisbar

## Stand und Ausblick

Im Rahmen des hier vorgestellten Monitoring-Programms wurde als erstes Lebensmittel, speziell im Hinblick auf Cadmium, von zwei Laboratorien Sellerie untersucht. Am zweiten Teilprogramm «Cadmium, Blei, Kupfer und Zink in Mehl und Kleie» beteiligten sich 6 Laboratorien an der Untersuchung von insgesamt mehr als 300 gesamtschweizerisch in Mühlen erhobenen Proben von Roggenmehlen, Weizenmehlen und Weizenkleie. Die Erfahrungen und Ergebnisse sollen von den beteiligten Laboratorien als Teile II und III der vorliegenden Arbeit publiziert werden.

Zurzeit im Gange sind die Teilprogramme «Karotten» und «Kartoffeln» (beide aus der Ernte 1986). Die Probenahme konnte dank der Mitarbeit der entsprechenden Verbände direkt beim Produzenten vorgenommen werden. Damit ergibt sich die Möglichkeit, den Ursachen allfällig erhöhter Schwermetallgehalte in diesen Produkten nachzugehen.

Weitere Lebensmittel sind für 1987 vorgesehen.

## *Dank*

Herrn Dr. Y. Siegwart, Chef der Abteilung Lebensmittelkontrolle des Bundesamtes für Gesundheitswesen, danken wir für die aktive Förderung des vorliegenden Projektes. Unser Dank gilt auch allen Institutionen, die an den bisherigen Arbeiten mitgewirkt haben.

### *Zusammensetzung der Arbeitsgruppe (Stand März 1987)*

#### *Laboratorien*

Kantonales Laboratorium Basel-Land  
Rheinstrasse 31  
4410 Liestal  
(Dr. H. Strauss, Kantonschemiker)

Kantonales Laboratorium Basel-Stadt  
Kannenfeldstrasse 2  
Postfach  
4012 Basel  
(Dr. M. R. Schüpbach, Kantonschemiker)

Kantonales Laboratorium Genf  
22, Quai Ernest Ansermet  
1211 Genève 4  
(Dr. J. Vogel, Kantonschemiker)

Kantonales Laboratorium Luzern  
Vonmattstrasse 16  
6002 Luzern  
(Dr. J. Wicki, Kantonschemiker)

Kantonales Laboratorium Neuenburg  
5, rue J.-de Hochberg  
2001 Neuchâtel  
(Dr. M. Treboux, Kantonschemiker)

Kantonales Laboratorium St. Gallen  
Frohbergstrasse 3  
9000 St. Gallen  
(Dr. H. R. Hunziker, Kantonschemiker)

Kantonales Laboratorium Solothurn  
Kapuzinerstrasse 9  
4500 Solothurn  
(Dr. U. Fröhlicher, Kantonschemiker)

Kantonales Laboratorium Thurgau  
Spannerstrasse 20  
8500 Frauenfeld  
(Ing. Chem. E. R. Merk, Kantonschemiker)

#### *Analytiker*

Dr. W. Stutz

Dr. A. Herrmann

Dr. Cl. Corvi

A. Tuor

Dr. J. Caperos

Dr. R. Siegert

Dr. E. Wirz

Dr. H. Guggisberg

Kantonales Laboratorium Tessin  
Via Ospedale 6  
6904 Lugano  
(Ing. Chim. A. Massarotti, Kantonschemiker)

M. Ceschi

Kantonales Laboratorium Zürich  
Fehrenstrasse 15  
Postfach  
8030 Zürich  
(Dr. E. Romann, Kantonschemiker)

H. Beuggert

Laboratorium der Urkantone  
Föhneneichstrasse 15  
6440 Brunnen  
(Dr. R. Braschler, Kantonschemiker)

Dr. D. Andrey

Bundesamt für Veterinärwesen  
Abteilung Fleischhygiene  
Schwarzenburgstrasse 161  
3097 Liebefeld  
(Dr. St. Häsler, Vizedirektor)

Dr. H. Koch

Institut für Toxikologie der Eidg. Tech. Hochschule  
und der Universität Zürich  
Schorenstrasse 16  
8603 Schwerzenbach  
(Prof. Dr. Dr. Ch. Schlatter, Direktor)

Dr. R. Knutti

Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und  
Umwelthygiene  
Schwarzenburgstrasse 155  
3097 Liebefeld  
(Prof. Dr. J. von Ah, Direktor)

Dr. R. Daniel

Bundesamt für Gesundheitswesen  
Abteilung Lebensmittelkontrolle  
Haslerstrasse 16  
3008 Bern  
(Dr. Y. Siegwart, Vizedirektor)

Dr. M. Erard

Eidg. Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion  
Grangeneuve  
1725 Posieux FR  
(Dr. H. Schneeberger, Direktor)

Dr. T. Rihs

### *Zusammenfassung*

Die Ziele eines schweizerischen Monitoring-Programms für Schwermetalle in Lebensmitteln werden formuliert, die Organisation, die Art der zu untersuchenden Lebensmittel



und Elemente sowie die analytische Qualitätskontrolle umschrieben und diskutiert. Die Ergebnisse der analytischen Vorarbeiten (Ringversuche) werden zusammengefasst und interpretiert sowie die laufenden Teilprogramme vorgestellt.

### *Résumé*

Les objectifs d'un programme suisse de surveillance de la teneur en métaux des denrées alimentaires sont définis; l'organisation, la sorte des denrées alimentaires et éléments devant être examinés ainsi que le contrôle analytique de la qualité sont décrits et discutés. Les résultats des essais comparatifs préliminaires sont résumés et les programmes partiels courants, présentés.

### *Summary*

The goals of a Swiss monitoring programme on heavy metals in food are defined, the organisation, the kind of foodstuffs and elements to be analyzed as well as the analytical quality assurance are described and discussed. The results of the preliminary collaborative studies are summarized and appreciated. The current sub-programmes are presented.

### *Literatur*

1. *Eidg. Departement des Innern*: Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe vom 27. Februar 1986 (SR 817.022).
2. *Zimmerli, B.*: Betrachtungen zur Festlegung und Bedeutung gesetzlicher Normen für potentiell gesundheitsgefährdende Stoffe in Lebensmitteln. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* 77, 473–498 (1986).
3. *Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG)*: Kreisschreiben Nr. 12 vom 27. Juni 1983 und Kreisschreiben Nr. 28 vom 8. Dezember 1983.
4. *Zimmerli, B. und Bosshard-Baer, Elisabeth*: Bulletin des Bundesamtes für Gesundheitswesen Nr. 7 vom 23. Februar 1984, 98–111.
5. *Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H. P., Ritzel, G. und Stransky, M. (Hrsg.)*: 2. Schweiz. Ernährungsbericht. Hans Huber, Bern 1984.
6. *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).
7. *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).
8. *Knutti, R. und Zimmerli, B.*: Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. III. Blei, Cadmium, Quecksilber, Nickel und Aluminium. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* 76, 206–232 (1985).
9. *Corvi, Cl., Majeux, C. et Vogel, J.*: Analyse de repas journaliers provenant de cantines et restaurants suisses. IV. Résidus d'antiparasitaires et polychlorobiphényles. *Trav. chim. aliment. hyg.* 77, 583–597 (1986).
10. *Wyttenbach, A., Bajo, S., Tobler, L. und Zimmerli, B.*: The concentration of 19 trace elements in the Swiss diet, p. 169–178. In: Brätter, P. und Schramel, P. (ed.), Trace element

- Analytical chemistry in medicine and biology, Vol. 4. W. de Gruyter & Co, Berlin, New York 1987.
11. *FAO/WHO*: Guidelines for establishing or strengthening national food contamination monitoring programmes. FAO Food Control Series No. 5 / WHO/HCS/FCM/78. 1. WHO, Geneva 1979.
  12. *Kallischnigg, G. und Legemann, P.*: Studie zum Aufbau eines Monitoring-Systems Umweltchemikalien in Lebensmitteln. ZEBS Berichte 1/1982. Dietrich Reimer Verlag, Berlin 1982.
  13. *Mücke, W. und Schulze, H.*: Monitoring-Systeme für Umweltchemikalien in Lebensmitteln. ZLR 12, 322–327 (1985).
  14. *Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER)*: 25 Jahre Radioaktivitätsüberwachung in der Schweiz. November 1982. Zu beziehen bei KUER, c/o Physikalisches Institut, Universität Freiburg, CH-1700 Freiburg.
  15. *CEC*: Results of environmental radioactivity measurements in the member states of the European Community for air-deposition-water-milk. Radiological Protection 28, Luxembourg (1983).
  16. *Stroube, W. B., Jelinek, C. F. and Baratta, E. J.*: Survey of radionuclides in foods, 1978–1982. Health Physics 49, 731–735 (1985).
  17. *Jelinek, C. F.*: Control of chemical contaminants in foods: Past, present, future. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 68, 1063–1068 (1985).
  18. *Burke, J. A.*: Chemical contaminants in foods: Some analytical considerations. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 68, 1069–1073 (1985).
  19. *Harries, J. M., Jones, Ch. M. and Tatton, J. O'G.*: Pesticide residues in the total diet in England and Wales, 1966–1967. I. Organisation of a total diet study. J. Sci. Food Agric. 20, 242–245 (1969).
  20. *Peattie, M. E., Buss, D. H., Lindsay, D. G. and Smart, G. A.*: Reorganization of the British total diet study for monitoring food constituents from 1981. Food Chem. Toxicol. 21, 503–507 (1983).
  21. *Kallischnigg, G., Legemann, P., Müller, J. und Käferstein, F. K.*: Schwermetallgehalte in Bier. Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien des Bundesgesundheitsamtes, ZEBS Berichte 2/1982. Dietrich Reimer Verlag, Berlin 1982.
  22. *Forschner, E.*: Repräsentative und gezielte Untersuchungen von bestimmten Lebensmitteln tierischer Herkunft auf relevante Umweltchemikalien. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Jugend, Familie und Gesundheit, Nr. 140, (1984). Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz 1984.
  23. *Global Environmental Monitoring System (GEMS)*: Summary and assessment of data received from the FAO/WHO collaborating centers for food contamination monitoring. National Food Administration, Uppsala 1982.
  24. *Nriagu, J. O.*: Lead and lead poisoning in the antiquity. J. Wiley & Sons, New York 1983.
  25. *Goldwater, L. J.*: Mercury. A history of Quicksilver. York Press, Baltimore/MA, USA 1972.
  26. *WHO*: Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. Technical Report Series No. 505. WHO, Geneva 1972.
  27. *Schweizerischer Bundesrat*: Klärschlammverordnung vom 8. April 1981. (SR 814.225.23).
  28. *Schweizerischer Bundesrat*: Verordnung über Schadstoffe im Boden vom 9. Juni 1986 (SR 814.12).
  29. *Quinche, J. P.*: Teneurs en cuivre, zinc, plomb, cadmium et mercure des sols des quelques vignes de la Suisse romande et du Tessin. Rev. Suisse Vitic., Arboric., Hortic. 17, 341–344 (1985).

30. *Perret, P.*: Belastung weinbaulicher Böden mit wurzelschädigenden Schwermetallen. Schweiz. Z. Obst-Weinbau **123**, 58–104 (1987).
31. *Erard, M., Dick, R. und Zimmerli, B.*: Studie zum Lebensmittel-Pro-Kopf-Verzehr der Schweizer Bevölkerung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **77**, 88–130 (1986).
32. *Tölg, G.*: Spurenanalyse der Elemente – Zahlenlotto oder exakte Wissenschaft? Naturwissenschaften **63**, 99–110, (1976).
33. *Veillon, C.*: Trace element analysis of biological samples. Anal. Chem. **58**, 851A–866A. (1986).
34. *Versieck, J.*: Trace elements in human body fluids and tissues. CRC Crit. Rev. in Clin. Lab. Sci., **22**, 97–184, (1985).
35. *Harnly, J. M., Wolf, W. R. and Miller-Ibli, J.*: Quality assurance of analysis of inorganic nutrients in foods, p. 101–128. In: Stewart, K. K. and Whitaker, J. R. (ed), Modern methods of food analysis. AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, USA 1984.
36. *Horwitz, W. and Albert, R.*: Standardization of analytical methods. Anal. Proceedings **24**, 49–55, (1987).
37. *Garfield, F. M., Palmer, N. and Schwartzman, G. (ed.)*: Optimizing chemical laboratory performance through the application of quality assurance principles. Proceedings of a symposium at the 94th annual meeting of the AOAC, Oct. 22.–23., 1980, Washington, DC.
38. *Garfield, F. M.*: Quality assurance principles for analytical laboratories. Association of official analytical chemists (AOAC). Arlington, VA, USA, 1984.
39. *Whitehead, T. P.*: Quality control in clinical chemistry. J. Wiley & Sons, New York 1976.
40. *Wolf, W. R. (ed.)*: Biological reference materials: Availability, uses, and need for validation of nutrient measurements. J. Wiley & Sons, New York 1985.
41. *Muramatsu, Y. und Parr, R. M.*: Survey of currently available reference materials for use in connection with the determination of trace elements in biological and environmental materials. International Atomic Energy Agency, Doc. IAEA/RL/128, December 1985.
42. *Knutti, R. und Zimmerli, B.*: Blei und Cadmium in Lebensmitteln: Qualitätssicherung 1983. Bericht des Bundesamtes für Gesundheitswesen, Abteilung Lebensmittelkontrolle, Bern 1984.
43. *Müller, J. und Kallischnigg, G.*: Ergebnisse eines Ringversuches: Blei, Cadmium und Quecksilber in biologischem Material. ZEBS Bericht 1/1983, Dietrich Reimer, Berlin 1983.
44. *Burrell, J. A., Massey, R. and McWeeny, D. J.*: Analytical quality assurance III. Cadmium and Lead. In: Global Environmental Monitoring System (GEMS): Joint FAO/WHO Food contamination monitoring programme. WHO, Geneva 1985 (WHO/EHE/FOS/85.20).
45. *Mertz, W.*: Essentiality and toxicity of heavy metals. In: Schmidt, E. H. F. and Hildebrandt, A. G. (eds.), Health evaluation of heavy metals in infant formula and junior food, p. 47–56. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1983.

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

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