Schwermetalle in Lebensmitteln

Autor(en): **Zimmerli, B.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires**

Band (Jahr): **125 (1983)**

PDF erstellt am: **30.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-593465

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Schweiz. Arch. Tierheilk. *125,* 709–723, 1983

Schwermetalle in Lebensmitteln

B. Zimmerli

1. Einleitung

Alle im Boden vorkommenden Elemente sind grundsätzlich auch in den Lebensmitteln enthalten, wenn auch zum Teil in so geringen Mengen, dass sie nur mit den aufwendigen Methoden der Spuren- oder Ultraspurenanalytik nachweisbar sind.

Von den rund 90 auf der Erde natürlich vorkommenden chemischen Elementen können grob 60% zu den Schwermetallen gezählt werden. Zu den in Spuren in Lebensmitteln vorkommenden Schwermetallen gehören solche, die für den Menschen lebensnotwendig (z.B. Fe, Cu, Cr, Mn, Zn, Mo), aber auch solche, die unerwünscht (z.B. As, Pb, Cd, Tl, U, Hg) sind. Dem ist beizufügen, dass Ergebnisse von Tierversuchen vorliegen, die darauf hindeuten, dass auch Pb und As, sowie möglicherweise Cd, zu den für den Menschen essentiellen Elementen gehören könnten (*Mertz,* 1983).

Da die Toxizität eines Stoffes immer von der Menge abhängt und von einer gewissen Dosis an praktisch alle Substanzen schädlich wirken, ist die oft vorgenommene Einteilung in essentielle und toxische Spurenelemente wenig befriedigend. Ein Mangel an essentiellen Elementen führt zudem zu Effekten, die von den toxischen in der Regel kaum unterschieden werden können.

Organische Stoffe sind in der Umwelt prinzipiell abbaubar, wenn auch gelegentlich äusserst langsam, wie z.B. die polychlorierten Biphenyle (PCB) und andere halogenierte Aromaten (DDT, Hexachlorbenzol). Chemische Elemente hingegen sind grundsätzlich nicht abbaubar. Der diffusen Verteilung und langsamen Akkumulierung verschiedenster chemischer Elemente in der Umwelt, infolge zivilisatorischer Tätigkeiten, kommt daher sehr weitreichende Bedeutung zu; es handelt sich dabei um einen irreversiblen Prozess.

Im Zusammenhang mit Lebensmitteln gaben in den letzten Jahren vor allem die Schwermetalle *Blei, Cadmium* und *Quecksilber* zu Diskussionen Anlass. In die Nahrungskette bzw. in die Lebensmittel gelangen diese Elemente in der Regel auf dem Umweg über die Luft, das Wasser und den Boden, letztlich also *unabsichtlich.* Dies ist ein wesentlicher Unterschied zu anderen in Lebensmitteln vorkommenden Fremdstoffen, wie z.B. Pflanzen- und Vorratsschutzmittelwirkstoffen, Desinfektionsmittelwirkstoffen, Extraktionsmitteln, Tierarzneimitteln und viele andere, die *absichtlich* im Lebensmittelsektor (Gewinnung, Produktion, Lagerung usw.) verwendet werden und somit direkt oder indirekt in die Lebensmittel gelangen können.

Blei und Cadmium können aber auch infolge absichtlicher Verwendung im Lebensmittelsektor in die Nahrung gelangen. Im Fall von *Blei* sind zu erwähnen: Bleisalze für Glasuren von Keramik (*Hergersweiler,* 1975; *Rieder und Müller,* 1983), Bleilot bei der Konservenherstellung, bleihaltiges (max. 10 Gew.-%) Zinngeschirr (*Anonym,* 1983) sowie verzinkte Wasserleitungsrohre, deren Zinküberzug im Einzelfall gemäss Norm bis zu max. 1 Gew.-% Blei enthalten darf (*Anonym,* 1978).

Cadmium wird im Lebensmittelsektor ausschliesslich in Form von Pigmenten für Ess- und Trinkgefässe aus Glas, Keramik oder Kunststoff eingesetzt. Aus Kunststoffgefässen migrieren in die Lebensmittel, wenn überhaupt, nur äusserst geringe Mengen, die ohne gesundheitliche Bedeutung sind.

Der regelmässige Gebrauch von nicht den lebensmittelrechtlichen Vorschriften entsprechenden Keramikgefässen führte schon verschiedentlich zu Bleivergiftungen. Hohe Bleilässigkeiten werden oft bei «Souvenir-Geschirren» festgestellt (*Rieder und Müller,* 1983). Vor einigen Jahren wurde in unserem Lande auch ein Fall einer Bleivergiftung bekannt, der auf die Verwendung von Bleifolie zur Umhüllung von Schnupftabak zurückgeführt werden konnte (*Filippini und Simmler,* 1980). Vermehrt werden auf dem Markt auch Kupferwaren (z. B. Teekessel) angeboten, deren Innenseite stark bleihaltige «Verzinnungen» aufweisen (*Anonym,* 1982 a). Erhöhte Bleigehalte von Lebensmitteln können auch durch den Kontakt mit bleihaltigen Anlagenteilen während der Verarbeitung bedingt sein, wie ein vor etwa 10 Jahren beschriebener Fall (Kakaopulver) zeigt (*Klein,* 1982).

2. Analytik

Es muss darauf hingewiesen werden, dass allgemein in der Spurenanalytik die Erfahrung, die Auswahl der dem Problem angepassten Methodik, die Arbeitsweise, chemische Detailkenntnisse und eine gute Portion Selbstkritik des Analytikers von grösserer Bedeutung für die Richtigkeit der Resultate sein können, als das Vorhandensein von noch so raffinierten, computerisierten Messgeräten (*Kosta und Byrne,* 1982). Die potentiellen Fehlerquellen sind äusserst vielfältig und z. T. schwierig zu beherrschen: Probenahme, Lagerung der Probe, Kontaminationen, Stabilität der Standardlösungen, Matrixeffekte beim Messvorgang (*Tschöpel und Tölg,* 1982) usw.

Um zuverlässige Analysenergebnisse zu garantieren, sind daher periodische Kontrollen der analytischen Qualität der diesbezüglich tätigen Laboratorien unerlässlich. Eine solche Qualitätssicherung kann vor allem erreicht werden durch die Untersuchung von zertifizierten Standardproben (z. B. National Bureau of Standards, NBS) oder mindestens durch Untersuchung des gleichen Probenmaterials durch verschiedene Laboratorien.

Dass es mit der Qualität der Analysenresultate nicht überall zum Besten bestellt ist, zeigt die Auswertung eines 1980 im Rahmen des «FAO/WHO Food and Animal Feed Contamination Monitoring Programme» durchgeführten Ringversuches, an dem 37 Laboratorien aus 13 Ländern teilgenommen hatten (*Knowles und Burrell,* 1981). Wir haben auszugsweise die von den teilnehmenden Laboratorien eingereichten Gehaltsangaben für Cadmium in zwei zertifizierten NBS-Standardproben (Obstbaumblätter, Austernfleisch) in Tabelle 1 zusammengestellt (Ausreissertests wurden von uns keine angewendet). In den letzten vier Spalten der Tabelle sind die Anteile der Laboratorien in Prozent aufgeführt, deren Resultate innerhalb von ± 10%, ± 20%, ± 50% und ± 100% des zertifizierten Cadmiumgehaltes liegen.

Tabelle 1: Ringversuch FAO/WHO 1980: Cadmium[1] (37 Labors aus 13 Ländern)

Probe[2]		Bereich der Resultate (mg/kg)	Anteil der Resultate innerhalb ± % des Gehaltes			
Art	Gehalt (mg/kg)		± 10%	± 20%	± 50%	± 100%
Obstbaumblätter (NBS 1571)	0,11 ± 0,01	0,03–10,5	14,7%	26,5%	50,0%	73,5%
Austernfleisch (NBS 1566)	3,5 ± 0,4	0,43–60,5	31,4%	54,3%	82,9%	91,4%

[1] Auszugsweise gemäss *Knowles und Burell* (1981)
[2] National Bureau of Standards, Washington

Es wäre zu erwarten, dass die Resultate erfahrener Laboratorien bei Cadmiumgehalten im mg/kg-Bereich um nicht mehr als *10*–20% vom wahren Gehalt abweichen; bei geringeren Gehalten von etwa 0,1 mg/kg, was für die Obstbaumblätterprobe zutrifft, wären noch Abweichungen von etwa *20*–30% realistisch (vgl. auch *Horwitz et al.,* 1980). Die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen jedoch, dass nur grob die Hälfte der Laboratorien Resultate liefern, die diesen Erwartungen etwa entsprechen. Rund ein Viertel der für die Blätterprobe ermittelten Gehaltszahlen weichen sogar um mehr als 100% vom zertifizierten Gehalt ab. Dabei ist zu erwähnen, dass Cadmiumbestimmungen in der Regel weniger problematisch sind als Bleibestimmungen.

Das eher pessimistisch stimmende Ergebnis dieses «Ringversuches» dürfte dadurch bedingt sein, dass die teilnehmenden Laboratorien nicht selektiv genug ausgewählt worden waren. Es muss betont werden, dass es um die analytische Chemie nicht derart schlecht bestellt ist, wie diese Resultate vermuten lassen könnten. Die Schilderung dieses Beispiels soll lediglich bewirken, dass sich der Nichtfachmann auf dem Gebiet der Spurenanalytik der Problematik solcher Analysen bewusst wird, und dass er daher Laboratorien, die er mit derartigen Untersuchungen betraut oder zu betrauen gedenkt, periodisch bezüglich der Qualität ihrer Resultate überprüft oder überprüfen lässt.

Handelt es sich um Spurenbestimmungen im unteren µg/kg-Bereich, steigen die Probleme. Zum Beispiel haben sich innerhalb der letzten 35 Jahre die Konzentrationsangaben für Kupfer in Meerwasser um etwa einen Faktor 10 vermindert (*Taylor,* 1982). Auch die für den Chromgehalt von Humanblut in der Literatur aufgeführten Werte änderten sich in der Zeit von 1948 bis 1974 sehr stark: 1948 ca. 50 µg/l, 1964 ca. 500 µg/l und 1974 ca. 1 µg/l (*Morrison,* 1979). Der in beiden Beispielen ersichtliche starke Abfall der angegebenen Gehalte im Verlauf der Jahre lässt auf eine kontinuierlich verbesserte Analytik schliessen, entweder infolge besserer Beherrschung der Kontamination und/oder infolge der Anwendung elementspezifischer Analysenverfahren. Es ist daher angebracht, den in der Literatur (besonders der älteren) aufgeführten Gehaltsangaben gegenüber eine vorsichtige Haltung einzunehmen.

3. Schweizerische Untersuchungsresultate

In den letzten 10 Jahren wurden in unserem Lande von den kantonalen Laboratorien Tausende von Schwermetallbestimmungen, vor allem von Blei aber auch von Cadmium und Quecksilber in Lebensmitteln durchgeführt. Die Daten sind jedoch z.T. schwer zugänglich und in der Regel kaum auswertbar. 1982 wurde daher vom Bundesamt für Gesundheitswesen die in der Schweiz von den kantonalen Laboratorien erarbeiteten Gehaltszahlen von Schwermetallen in Lebensmitteln systematisch gesammelt und gesamtschweizerisch ausgewertet (*Erard,* 1982). Die Ziele dieser und folgender Studien sind, den Kontaminationsgrad der Lebensmittel festzustellen und zeitlich zu verfolgen, eine Abschätzung der Belastung der Bevölkerung zu ermöglichen sowie das für die allfällige Festlegung von Normen nötige Datenmaterial zu beschaffen.

Ausgewertet wurden bis jetzt insgesamt 3013 Resultate zu einzelnen Elementen, die im Jahre 1981 an 2300 Proben (1490 Lebensmittel, 810 Gebrauchsgegenstände) ermittelt wurden (elf kantonale Laboratorien, zwei Lebensmittelgrossverteiler). Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Untersuchungsschwerpunkte. Es wurden vor allem Konserven, Keramikgeschirr, Fleisch- und Fischproben untersucht.

Tabelle 2: Übersicht über die Untersuchungstätigkeit 1981[1]

Probe	Anteil an der Gesamtprobenzahl (%)
Lebensmittel	
Konserven (und Getränke)	ca. 30
Früchte und Gemüse	ca. 10
Fische	ca. 10
Fleisch	ca. 8
Diätetische	ca. 4
Übrige	ca. 2
Ess- und Trinkgefässe	
Keramik	ca. 30
Zinngeschirr	ca. 4

[1] Elf kantonale Laboratorien und zwei Lebensmittelgrossverteiler, total 2300 Proben (*Erard,* 1982)

Eine Schätzung zeigt, dass die kantonalen Laboratorien 1981 von den insgesamt rund 174 000 (*Anonym,* 1982b) untersuchten Lebensmittelproben (inkl. Wasser und Milch) rund 0,7% bezüglich eines oder mehrerer Schwermetalle (*Pb,* Cd, Hg, Zn) analysierten. – Bezüglich Rückständen von Pflanzen- und Vorratsschutzmitteln wurden 1978 vergleichsweise prozentual etwa dreimal mehr Lebensmittelproben untersucht (*Zimmerli et al.,* 1981). – Vom Total aller ermittelten Schwermetallgehaltszahlen von Lebensmittelproben betrafen 1981 rund 62% den Bleigehalt, rund 26% den Cadmiumgehalt und je etwa 6% die Gehalte an Quecksilber und Zink.

Tabelle 3: Blei und Cadmium in Konserven 1981[1]

Inhalt	Anteil Proben innerhalb der Richtwerte	
	Blei Richtwert 0,5 mg/kg	*Cadmium* Richtwert 0,05 mg/kg
Früchte	88,8% (n = 206)[2]	92,3% (n = 65)[2]
Gemüse	84,5% (n = 271)	90,6% (n = 64)
Pilze	95,3% (n = 85)	83,7% (n = 49)

[1] Resultate der kantonalen Laboratorien (*Erard,* 1982)
[2] n = Anzahl untersuchter Proben

Tabelle 3 gibt eine Zusammenstellung der Resultate der Blei- und Cadmiumanalysen von Konserven. Rund 90% aller untersuchten Proben weisen Bleigehalte bis zu 0,5 mg/kg und Cadmiumgehalte bis 0,05 mg/kg, den empfohlenen Richtwerten, auf. Was Blei betrifft, verminderten sich im Mittel während den letzten 10 Jahren die Gehalte der Konserven, teils infolge verbesserter Technologien bei der Lötung, teils infolge Übergangs zu geschweissten Dosen.

Über wichtige Grundnahrungsmittel wie Milch und Milchprodukte, Cerealien, frische Früchte und Gemüse liegen zur Zeit nur sehr wenige fundierte Gehaltszahlen bezüglich Blei, Cadmium und Quecksilber vor. Dass die kantonalen Laboratorien solche Lebensmittel nicht oder nur gelegentlich untersuchen, dürfte einerseits dadurch bedingt sein, dass diese Lebensmittel in der Regel keine spektakulären Gehalte, wie z. B. Trockenpilze und Nieren, aufweisen und dass anderseits für verschiedene Grundnahrungsmittel keine oder zu wenig differenzierte Normen existieren, mit denen das untersuchende Laboratorium, das ja eine Polizeifunktion ausübt, seine Befunde vergleichen und allenfalls Beanstandungen aussprechen könnte. Solche Normen müssten jedoch, sofern sie sich als nötig erweisen, anhand eines fundierten Datenmaterials und unter Berücksichtigung der Verzehrsgewohnheiten festgelegt werden.

Zu den Ergebnissen dieser ersten Studie (*Erard,* 1982) ist anzumerken, dass zur Zeit nicht sichergestellt ist, ob alle eingegangenen Resultate von vergleichbarer chemisch-analytischer Qualität sind, d. h. ob die gemessenen Gehalte mit den tatsächlich vorkommenden ausreichend übereinstimmen (vgl. Abschnitt Analytik). Auch muss bedacht werden, dass die Probenerhebungen durch die kantonalen Laboratorien in der Regel nicht im Sinne einer Querschnittsuntersuchung (Monitoring), sondern sehr oft gezielt (vgl. Polizeifunktion), d. h. auf Verdachtsmomente hin (z. B. korrodierte oder gelötete Konservendosen) erfolgen.

4. Beurteilung von Blei, Cadmium und Quecksilber durch die FAO/WHO

Die von einem Expertengremium der FAO/WHO 1972 vorgeschlagenen «provisorisch tolerierbaren wöchentlichen Zufuhrmengen» für Blei, Cadmium und Quecksilber sind in Tabelle 4 aufgeführt (*Anonym,* 1972; *Vettorazzi,* 1983). Es muss betont werden, dass diese Werte nicht die Bedeutung von ADI-Werten (*a*cceptable *d*aily *i*n-

take) haben, wie oft fälschlicherweise angenommen wird. Diese Werte wurden nicht in der sonst üblichen Weise, wie z. B. bei Pflanzenschutzmittelwirkstoffen oder Lebensmittelzusatzstoffen, aus den Ergebnissen von Tierversuchen mit einem Sicherheitsfaktor (z. B. 100) berechnet (ADI-Werte), sondern aus Erfahrungen am Menschen abgeleitet. Die verwendeten Sicherheitsfaktoren sind dabei wesentlich geringer als 100.

Tabelle 4: Provisorisch tolerierbare wöchentliche Zufuhr von Blei, Cadmium und Quecksilber (FAO/WHO-Werte)

Element	Zufuhrmenge FAO/WHO	
	mg/Mensch/Woche	µg/kg Körpergewicht/Woche
Blei	3	50
Cadmium	0,4–0,5	6,7–8,3
Quecksilber	0,3[1]	5

[1] davon nicht mehr als 0,2 mg Methylquecksilber (CH_3Hg^+), berechnet als Quecksilber; entspricht 3,3 µg/kg Körpergewicht

Den Ausdruck «tolerierbar» wollen die FAO/WHO-Experten im Sinne einer Duldung bzw. eines Zugeständnisses für solche Fälle verstanden wissen, bei denen die betreffenden Elemente unvermeidbar in der Luft oder in sonst durchaus gesunden und wertvollen Lebensmitteln vorhanden sind. Mit «provisorisch» soll unterstrichen werden, dass es anhand der vorliegenden Unterlagen nicht möglich war, allfällige längerfristige Auswirkungen durch die erwähnten Zufuhrmengen mit einiger Sicherheit abzuschätzen; weitere Versuche zur Lösung der Probleme werden folgen müssen.

Anderseits handelt es sich bei den aufgeführten Zufuhrmengen aber auch nicht um «Grenzwerte», denn ein gelegentliches Überschreiten dieser Werte wird nicht notwendigerweise mit klinisch feststellbaren Symptomen einhergehen. Diese Werte stellen vielmehr eine vorläufige obere tolerierbare Belastung dar, die langfristig im Mittel nicht überschritten werden sollte.

Ausdrücklich wird von den FAO/WHO-Experten darauf hingewiesen, dass der Wert für Blei nicht auf Säuglinge und Kinder angewendet werden darf (*Anonym*, 1972). Anlässlich eines wissenschaftlichen Fachgespräches waren sich die Teilnehmer einig, dass auch die entsprechenden Werte für Cadmium und Quecksilber nicht für diese Bevölkerungsgruppe Anwendung finden sollten (*Käferstein und Müller,* 1981).

Der Wert von 0,3 mg Quecksilber pro Mensch und pro Woche (Tabelle 4) wurde vor allem im Hinblick auf das besonders toxische Methylquecksilber vorgeschlagen. Er ist im Fall von Überschreitungen dann nicht anwendbar, wenn das dem Organismus zugeführte Quecksilber ausschliesslich in anorganischer Form vorliegt (*Vettorazzi,* 1983).

5. Schwermetallzufuhr des Durchschnittserwachsenen

Eine fundierte Abschätzung der Belastung der schweizerischen Bevölkerung mit *Blei, Cadmium* und *Quecksilber* ist gegenwärtig infolge fehlender Daten (abgesicherte Gehaltszahlen, Verzehrsgewohnheiten) schlecht möglich; entsprechende Studien (zubereitete Mahlzeiten, Warenkorb) sind jedoch im Gange. Solche modellhaften Untersuchungen wurden in den letzten Jahren u. a. in verschiedenen europäischen Ländern vorgenommen. Da angenommen werden kann, dass die allgemeine Kontamination in unserem Lande nicht grundlegend anders ist als im übrigen Europa, werden im folgenden die Ergebnisse ausländischer Studien zu einer ersten Beurteilung der Situation in der Schweiz herangezogen. Resultate von Bleibestimmungen aus den Jahren 1970/1971 von inländischem und importiertem Gemüse (*Zuber,* 1972) rechtfertigen die gemachten Annahmen mindestens teilweise.

Die nachfolgend zitierten Abschätzungen der Blei-, Cadmium- oder Quecksilberzufuhr via Nahrung basieren grösstenteils auf den mittleren Pro-Kopf-Verzehrsmengen unterschiedlicher Lebensmittel und den entsprechenden Gehaltszahlen. Dem ist beizufügen, dass bei diesen Studien einerseits nicht immer alle Lebensmittel erfasst worden waren (teilweise nur etwa 50%) und dass sich anderseits die für die Berechnung verwendeten Gehaltszahlen gewöhnlich nicht auf küchenmässig zubereitete (gewaschene, gerüstete, gekochte) Lebensmittel bezogen. Die beim küchenmässigen Zubereiten von Gemüse eintretenden Verluste können vor allem bei Blei und Quecksilber erheblich sein (*Klein,* 1982).

Tabelle 5: Cadmium-Zufuhr in verschiedenen Ländern[1]

Lebensmittel	Beitrag verschiedener Lebensmittelkategorien in %				
	BRD (1979)	A (1977)	B (1980)	DK (1981)	F (1982)
Tierischer Herkunft	11,4	18,5	14,4	28,9	39,4
Pflanzlicher Herkunft	84,6	72,7	82,6	62,4	49,2
Getränke	4,0	8,9	3,0	8,7	11,4
Mittlere Zufuhr (mg/Person/Woche)	0,22	0,47[2]	0,35	0,23	0,22[3]

[1] berechnet aus Verzehrsmengen und Gehaltszahlen einzelner Lebensmittel
[2] reevaluiert: 0,27 mg (*Steyer,* 1982)
[3] ohne Trinkwasser
Literatur: Bundesrepublik Deutschland (*Käferstein et al.,* 1979), Österreich (*Woidich und Pfannhauser,* 1977b), Belgien (*Fouassin und Fondu,* 1980), Dänemark (*Andersen,* 1981), Frankreich (*Anonym,* 1982d)

Tabelle 5 zeigt eine Zusammenstellung der Resultate derartiger Studien für *Cadmium* aus fünf europäischen Ländern. Es ergeben sich mittlere Zufuhrmengen von 0,22–0,47 mg/Mensch/Woche. Der Schätzwert von 0,47 mg/Mensch/Woche aus dem Jahre 1977 wurde später auf 0,27 mg/Mensch/Woche reduziert (*Steyer,* 1982), da in der Zwischenzeit ein repräsentativeres Datenmaterial, vor allem über Brot, ver-

fügbar wurde. Die Beiträge der verschiedenen Lebensmittelkategorien zur Cadmiumgesamtzufuhr betragen: 10–40% Lebensmittel tierischer Herkunft, 50–80% Lebensmittel pflanzlicher Herkunft und 4–10% Getränke (z. T. inkl. Trinkwasser).

Verglichen mit dem FAO/WHO-Wert von 0,4–0,5 mg/Mensch/Woche (Tabelle 4) ergeben sich, unter Berücksichtigung des revidierten Wertes für Österreich, Ausschöpfungen von etwa 40–90%. Analysen von rund 120 Duplikaten von Tagesportionen ausgewählter Haushaltungen in Belgien ergaben im Mittel mit rund 30% eine etwas geringere Ausschöpfung. Die individuellen Cadmiumzufuhren pro Tag schwankten stark und lagen im Bereich von 2–88 µg/Mensch; in etwa 2% aller Fälle ergaben sich Überschreitungen des auf 24 h umgerechneten FAO/WHO-Wertes (*Buchet et al.*, 1983). Es ist anzumerken, dass Raucher einer deutlich höheren Cadmiumbelastung unterliegen als Nichtraucher. Das Rauchen von 20 Zigaretten pro Tag ist schätzungsweise äquivalent (unterschiedliche orale und inhalative Resorption berücksichtigt) einer Cadmiumzufuhr via Lebensmittel von 25–30 µg/Tag (*Hutton,* 1982), was pro Woche rund 0,2 mg ergibt und somit etwa vergleichbar ist mit der insgesamt via Nahrung zugeführten Menge. Es wurde gefunden, dass starke Zigarettenraucher etwa doppelt so hohe Cadmiumgehalte in Nieren und anderen Organen aufweisen wie Nichtraucher vergleichbaren Alters (*Diehl,* 1981).

Analoge Untersuchungen betreffend *Blei* aus der Bundesrepublik Deutschland (*Käferstein et al.,* 1979), aus Österreich (*Woidich und Pfannhauser,* 1977a), aus Belgien (*Fouassin und Fondu,* 1980; *Buchet et al.,* 1983) und aus Dänemark (*Andersen,* 1981) zeigen, dass Erwachsene wöchentlich im Mittel etwa 1–2,5 mg Blei via Lebensmittel zugeführt erhalten. Der Schwankungsbereich der individuell pro Tag zugeführten Menge kann äusserst gross sein, wie belgische Untersuchungen von rund 120 Tagesportionen (zubereitete Mahlzeiten, Duplikate) zeigen: 0,1–1767 µg/Mensch/Tag (*Buchet et al.,* 1983). Die Hauptmenge des Bleis stammt wie im Fall von Cadmium aus Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft. Die erwähnten Zufuhren via Lebensmittel liegen im Bereich des FAO/WHO-Wertes (3 mg/Mensch/Woche) und sind etwa 15- bis 30mal geringer als die beim Menschen Symptome erzeugende Menge (*Schlatter,* 1975).

Eine gegenüber Cadmium und Blei leicht verschiedene Situation ergibt sich für *Quecksilber.* In Tabelle 6 sind einige Angaben aus europäischen Ländern zusammengestellt. Mit Ausnahme der Daten in der letzten Spalte, die auf der Analyse einiger weniger zubereiteter Mahlzeiten beruhen, wurden die Zufuhrmengen wiederum anhand eines Warenkorbes und der entsprechenden Gehalte der Lebensmittel berechnet. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Lebensmittel tierischer und pflanzlicher Herkunft je etwa zu gleichen Teilen zur Quecksilberzufuhr beitragen.

Bezogen auf den FAO/WHO-Wert (0,3 mg/Mensch/Woche) ergeben sich Ausschöpfungen von rund 25–40%, tendenziell also etwas weniger als im Falle von Blei und Cadmium. Eher geringere Ausschöpfungen von 10–15% (Warenkorb und zubereitete Mahlzeiten) ergaben sich z. B. in Österreich (*Anonym,* 1982c). Wie bei Blei kann der Schwankungsbereich der individuell pro Tag zugeführten Menge sehr gross sein (zubereitete Mahlzeiten, Duplikate): $< 0{,}1$–ca. 500 µg/Mensch/Tag (*Buchet et al.,* 1983).

Tabelle 6: Quecksilber-Zufuhr in verschiedenen Ländern[1]

Lebensmittel	Beitrag verschiedener Lebensmittelkategorien in %			
	BRD (1979)	B (1978)	F (1982)	CH[2] (1973)
Tierischer Herkunft	57,2	57,7	54,4	49,4
Pflanzlicher Herkunft	40,3	29,1	34,9	49,2
Getränke	2,5	13,1	10,7	1,4
Mittlere Zufuhr (mg/Person/Woche)	0,051	0,092	0,071	0,112

[1] berechnet aus Verzehrsmengen und Gehaltszahlen einzelner Lebensmittel
[2] zubereitete Mahlzeiten (5 Tagesportionen)
Literatur: Bundesrepublik Deutschland (*Käferstein et al.,* 1979), Belgien (*Fouassin und Fondu,* 1978), Frankreich (*Anonym,* 1982d), Schweiz (*Zimmerli und Marek,* 1973)

Die Ergebnisse der aufgeführten Studien deuten darauf hin, dass die mittleren wöchentlichen Zufuhrmengen von Blei, Cadmium und in geringerem Masse auch von Quecksilber in verschiedenen europäischen Ländern grössenordnungsmässig etwa den FAO/WHO-Werten entsprechen. Dieser Befund ist zwar nicht unmittelbar besorgniserregend, mahnt aber zur Vorsicht. Ein Ansteigen der Gehalte der Lebensmittel an diesen Elementen muss auf jeden Fall verhindert werden; eine Abnahme wäre zu begrüssen. Da in toxikologischer Hinsicht zur Zeit noch viele Fragen, wie z. B. die vermuteten Effekte von Blei auf die Gehirnentwicklung (*Rostron,* 1982), nicht schlüssig beantwortet werden können, ist es gerechtfertigt, im Vergleich zu anderen Fremdstoffen (z. B. Pflanzen- und Vorratsschutzmittelwirkstoffen), diesen Elementen gegenüber eine vorsichtigere Haltung einzunehmen. Wie heute beim Nitrat eine quantitative Abschätzung der Gesundheitsrisiken dank höherem Wissensstand eher möglich geworden ist, kann später eventuell auch für Blei und Cadmium eine vergleichbare neue Situation eintreten.

Im Sinne einer Ursachenbekämpfung muss heute in erster Linie dafür gesorgt werden, dass die erwähnten Elemente – wenn immer möglich weltweit – nicht mehr unkontrollierbar (z. B. Blei in Autobenzin, Cadmium in Pigmenten und Stabilisatoren) zur Verwendung und damit in die Umwelt gelangen. Der ausschliessliche Einsatz dieser Elemente – sofern technisch unbedingt erforderlich – für rezirkulierbare Produkte könnte die Umwelt und damit letztlich auch die Lebensmittel wirksam entlasten.

Es liegen Hinweise vor, dass jährlich erhebliche Mengen von Blei und Cadmium via Atmosphäre in die Schweiz verfrachtet (im Sinne eines Nettoimportes) werden (*Keller und Brunner,* 1983). Dem Cadmiumgehalt der Atmosphäre kommt u. a. auch deshalb besondere Bedeutung zu, da wahrscheinlich das den Pflanzen via Atmo-

sphäre direkt zugeführte Cadmium 20–60% zu deren Totalgehalt an Cadmium (in nicht immissionsbelasteten Gegenden) beiträgt (*Hovmand et al.,* 1983).

6. Gesetzliche Regelung

Im Hinblick auf den präventiven Gesundheitsschutz kommen im Zusammenhang mit Schwermetallen in Lebensmitteln – soweit technisch möglich und vertretbar – die Festsetzung von gesetzlichen Limiten nach eingehenden Vorabklärungen oder aber die Herausgabe von Verzehrsempfehlungen in Frage. Je nach Ergebnis der Vorabklärungen müsste z. B. letztlich auch die Herausgabe von Dünge- und Anbaurichtlinien in der Landwirtschaft geprüft werden.

Gesetzliche Regelungen über die Höchstgehalte der Lebensmittel vor allem an den Elementen Blei, Cadmium und Quecksilber sind bisher in der Schweiz nur vereinzelt im Rahmen von Revisionen der Lebensmittelverordnung getroffen worden. Für gewisse Lebensmittelkategorien waren den kantonalen Organen der Lebensmittelkontrolle Richtwerte bekanntgegeben worden.

Die kantonalen Laboratorien befürworten derzeit mehrheitlich die Festsetzung entsprechender Limiten, weil dadurch allfällige Massnahmen (Beanstandung, Beschlagnahmung) leichter anzuordnen wären. Viel wichtiger als die erwähnten Massnahmen erscheinen im Fall erhöhter Schwermetallkonzentrationen die nähere Abklärung der Ursachen und deren Beseitigung.

Sind die erhöhten Schwermetallgehalte der Lebensmittel durch deren *absichtliche* Verwendung im Lebensmittelsektor (z. B. Bleilot für Konserven, Cadmium als Pigmente, Blei in Zinngeschirr) oder durch «unsaubere Praktiken» (z. B. bleilässige Maschinenteile, schlechte Technologie, ungeeignete Dünger oder Rohstoffe usw.) bedingt, so ist die Festlegung entsprechender gesetzlicher Normen (Limiten, Verbote) grundsätzlich richtig. Solche Normen stellen einen gangbaren Weg dar, um eine gesundheitsgefährdende oder unnötige Belastung des Verbrauchers zu vermeiden. Beispielsweise ist vorgesehen, den heutigen Richtwert für den Bleigehalt von Konserven (0,5 mg/kg) nächstens gesetzlich zu verankern, denn es hat sich gezeigt, dass dieser Wert bei Verwendung einer adäquaten Technologie eingehalten werden kann.

Sind jedoch die Schwermetallgehalte der Lebensmittel durch die *Natur* oder die allgemeine Kontamination der *Umwelt bedingt,* wird die Festlegung von Gehaltslimiten problematischer.

Die wahrscheinlich zum Teil natürlichen Cadmiumgehalte wildwachsender Pilze (vgl. *Meisch et al.,* 1981), der Innereien von Nutztieren, gewisser Edelkakaosorten (*Knezevic,* 1979) und von Weichtieren können gelegentlich so hoch sein, dass bei langandauernden *extremen Verzehrsgewohnheiten* eine spätere nachteilige gesundheitliche Beeinflussung derzeit nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Falls bei der Festlegung entsprechender gesetzlicher Limiten auch extreme Verzehrsgewohnheiten berücksichtigt werden müssten, hätten die Limiten, bei gleichem Sicherheitsfaktor, z. T. derart niedrig zu sein, dass dies einem De-facto-Verbot gewisser Lebensmittel gleichkäme. In der Bundesrepublik Deutschland und in Schweden dürften diese

Überlegungen (neben anderen) ein Grund dafür gewesen sein, Verzehrsempfehlungen für gewisse Lebensmittelkategorien (Wildpilze, Innereien) herauszugeben.

Bei einer gesetzlichen Regelung der Gehalte der Lebensmittel an Schwermetallen und anderen Elementen müsste in gewissen Fällen auch die *Bioverfügbarkeit* und vor allem die *Bindungsformen* (Oxidationsstufe, Komplexe usw.) der Elemente in die Evaluation miteinbezogen werden, da diese die Toxizität wesentlich beeinflussen können. Während beispielsweise Arsen in Fischen und Meeresfrüchten (Gehalte einige mg/kg) vorwiegend in organischer Form vorliegt, enthalten gewisse Mineralwässer (z. B. Vichy, Gehalte 0,1–0,5 mg/kg) ausschliesslich anorganisches Arsen der Oxidationsstufe V (*Anonym,* 1981; *Puttemans und Massart,* 1982). Eine Beurteilung der durch Arsen bedingten Gesundheitsrisiken und somit auch allfällige gesetzliche Limiten für die Arsengehalte der Lebensmittel müssten dieser Tatsache, wie auch der vermuteten Essentialität von Arsen (*Mertz,* 1983), ausreichend Rechnung tragen.

Von seiten der Ernährung muss auch im Auge behalten werden, dass etliche Lebensmittel (z. B. Leber), die «natürlicherweise» erhöhte Blei-, Cadmium- und/oder Quecksilbergehalte aufweisen können, sehr oft auch durchaus erwünschte, *lebensnotwendige Spurenelemente* (wie z. B. Chrom, Zink, Kupfer usw.) aber auch Vitamine in höheren Mengen enthalten können. Es ist durchaus nicht sichergestellt, dass die derzeitige Zufuhr essentieller Elemente für alle Bevölkerungsteile optimal ist (*Kieffer,* 1982). Zudem existieren auf dem Gebiete der Spurenelemente noch sehr grosse Wissenslücken (*Mertz,* 1981), die es angezeigt erscheinen lassen, bezüglich der gesetzlichen Regelung gewisser Schwermetalle in Lebensmitteln keine überstürzten Entscheide zu fällen, die falsche Ernährungsgewohnheiten provozieren könnten. Eine ausgewogene Ernährung stellt nach wie vor die beste Massnahme des Konsumenten dar, um sich vor einem Mangel an essentiellen Spurenelementen und der Zufuhr gesundheitsgefährdender Mengen gewisser Schwermetalle zu schützen.

Gesetzliche Normen für die Schwermetallgehalte der Lebensmittel können auch andere *unerwünschte Auswirkungen* zeitigen. Allgemein gelten von Behörden festgesetzte Limiten für Schadstoffe in Lebensmitteln sowohl beim Publikum als auch bei gewissen Fachleuten als «sakrosankt». Es muss davor gewarnt werden, gesetzliche Limiten für die Schwermetallgehalte der Lebensmittel ohne deren Bedeutung weiter zu hinterfragen, dazu zu benützen, um z. B. die in der Produktion oder Gewinnung der Lebensmittel gerade noch zulässigen Gehalte der Futtermittel und/oder des Bodens zu berechnen.

Abbildung 1 zeigt schematisch wie in der Regel, basierend auf der momentanen Situation, solche Limiten ermittelt werden. Voraussetzung ist allerdings, dass eine unmittelbare Gesundheitsgefährdung nicht gegeben ist. Ausgehend von einem mehr oder weniger gut abgesicherten Datenmaterial wird derjenige Wert als Limite festgelegt, der z. B. 95% oder 99% aller vorkommenden Gehaltszahlen abdeckt (sehr häufig liegen sogenannte linkssteile Verteilungen vor, vgl. Abb. 1). Würde nun im konkreten Fall anhand dieser Limite z. B. der noch zulässige Klärschlammeintrag für landwirtschaftliche Böden berechnet und in der Praxis landesweit danach verfahren, so wäre zu erwarten, dass sich nach einer bestimmten Zeit für die Schwermetallgehalte der Lebensmittel eine neue Verteilungskurve ergibt: z. B. die in Abbildung 1 gestrichelt

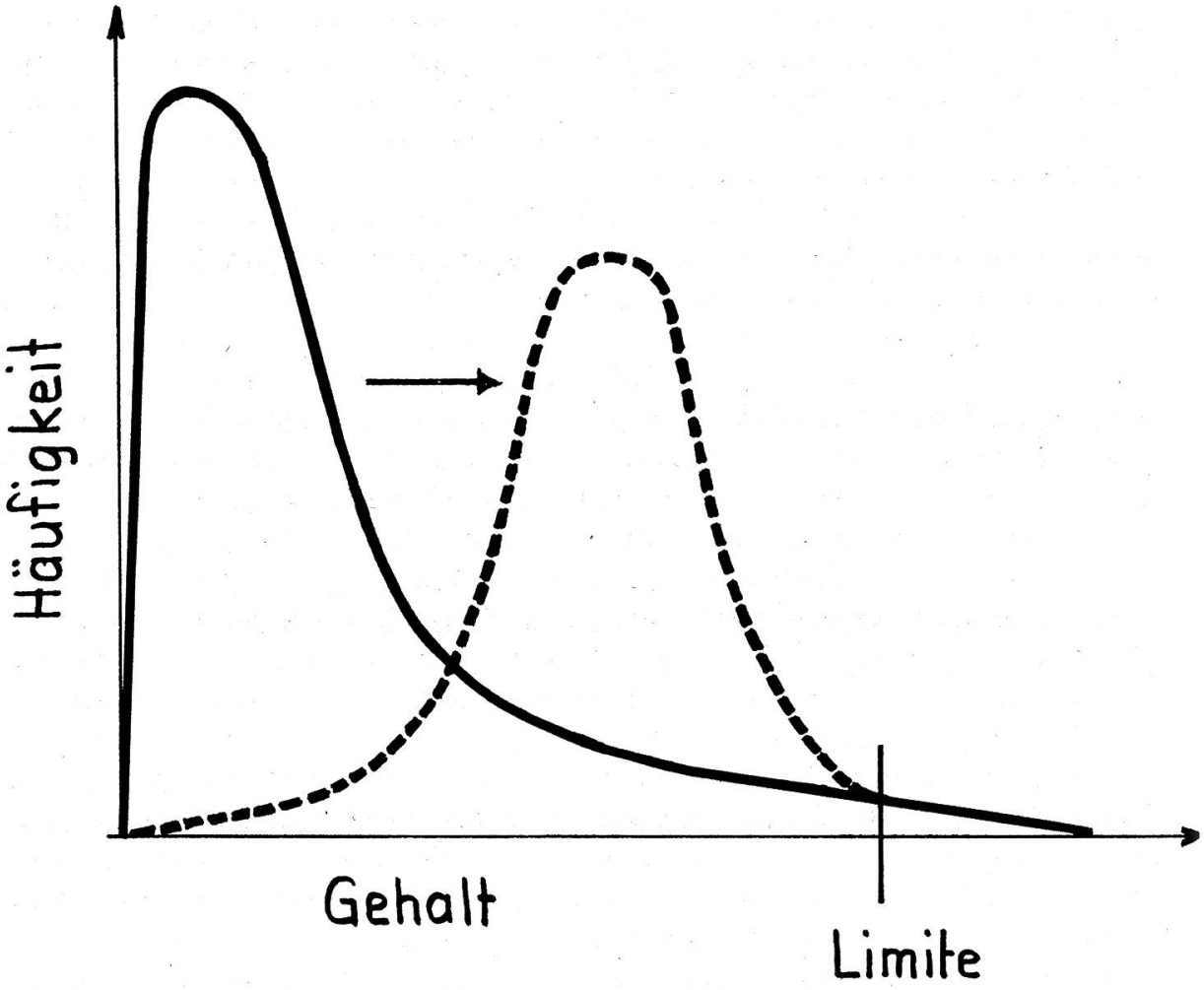

Abb. 1 Festlegung gesetzlicher Limiten für Schwermetalle in Lebensmitteln und deren mögliche Auswirkungen auf die zukünftigen Gehalte der Lebensmittel.

dargestellte. Obwohl noch immer der gleiche Prozentsatz aller Lebensmittelproben innerhalb der Limite läge, wäre der mittlere Gehalt des betreffenden Lebensmittels und somit auch die mittlere Belastung der Bevölkerung mit dem in Frage stehenden Element (z. B. Cadmium) zu jenem Zeitpunkt nun etliches grösser als früher. Wie erwähnt, muss jedoch gemäss den heutigen toxikologischen Erkenntnissen ein Ansteigen der Belastung der Bevölkerung vor allem mit Cadmium und Blei verhindert werden.

Eine andere Gefahr, die solche Limiten beinhalten, besteht darin, dass die Lebensmittelinverkehrbringer, um den Buchstaben des Gesetzes zu erfüllen und Beanstandungen durch die Kontrollorgane zu vermeiden, versucht sein könnten, Lebensmittel mit überhöhten Schwermetallgehalten solchen mit niedrigeren Gehalten zuzumischen oder umgekehrt. Ein solches Verhalten kann auch für Futtermittel zutreffen. Durch derartige Praktiken bliebe aber die Belastung der Bevölkerung mit dem in Frage stehenden Schwermetall im Mittel gleich gross, wie wenn die betreffenden Waren ohne Vermischung in den Verkehr gebracht worden wären.

7. Schlussbetrachtungen

Bei den Schwermetallen handelt es sich um einen äusserst vielschichtigen Problemkreis, der nicht allein von der Lebensmittelseite her bearbeitet werden kann und darf. Da chemische Elemente in der Umwelt grundsätzlich nicht abbaubar sind, kommt deren diffusen Verteilung in der Umwelt infolge zivilisatorischer Tätigkeiten sehr weitreichende Bedeutung zu.

Die analytische Bestimmung von Spuren von Schwermetallen in Lebensmitteln ist nicht unproblematisch. Es ist daher unerlässlich, dass die diesbezüglich tätigen Laboratorien periodisch die Qualität ihrer Resultate überprüfen, wenn immer möglich anhand zertifizierter Standardproben.

Da im Zusammenhang mit den Schwermetallen Blei, Cadmium und Quecksilber in toxikologischer Hinsicht noch viele Fragen offen sind, und die entsprechenden FAO/WHO-Werte (provisorisch tolerierbare wöchentliche Zufuhrmengen), die für Erwachsene gelten, eher geringe Sicherheitsfaktoren beinhalten, ist es angezeigt – im Vergleich zu gewissen anderen Fremdstoffen in Lebensmitteln – diesen Elementen gegenüber eine vorsichtigere Haltung einzunehmen.

In verschiedenen europäischen Ländern durchgeführte modellhafte Studien deuten darauf hin, dass zur Zeit die via Lebensmittel Erwachsenen zugeführten Mengen von Blei und Cadmium grössenordnungsmässig den FAO/WHO-Werten entsprechen. Diese Situation ist zwar noch nicht als unmittelbar besorgniserregend zu bezeichnen, mahnt jedoch zur Vorsicht. Durch der Situation angepasste und differenzierte Massnahmen an den Quellen muss verhindert werden, dass die Kontamination der Umwelt mit diesen Elementen – und somit z. T. auch die der Lebensmittel – weiter ansteigt. Aus toxikologischer Sicht wäre eine Abnahme der Gehalte der Lebensmittel zu begrüssen.

Der allfällige Nutzen einer Festlegung gesetzlicher Limiten für aus der Umwelt stammende Schwermetalle in unterschiedlichsten Lebensmitteln muss äusserst sorgfältig studiert werden. Es sollte sich dabei nicht um eine rein politische Massnahme handeln, deren Auswirkungen auf den präventiven Gesundheitsschutz fraglich bleiben müssten. Die Tatsache jedoch, dass bereits früher damit begonnen wurde, für gewisse Schwermetalle in Lebensmitteln Höchstkonzentrationen festzulegen bzw. Richtwerte zu empfehlen, dürfte dazu führen, dass auch in Zukunft in diesem Sinne – wenn auch teilweise wider bessere Einsicht – weiterverfahren werden muss.

Dank

Dr. Y. Siegwart, Vizedirektor des Bundesamtes für Gesundheitswesen und Chef der Abteilung Lebensmittelkontrolle, danke ich für die Unterstützung der vorliegenden Arbeit. Dr. R. Dick und Dr. R. Gerber danke ich für die Durchsicht des Manuskriptes.

Zusammenfassung

Vor allem die Elemente Blei, Cadmium und Quecksilber geben im Zusammenhang «Schwermetalle und Lebensmittel» zu Diskussionen Anlass. Es wird dargestellt, wie diese Elemente in die Nahrung gelangen können. Die Belastung der Schweizerischen Bevölkerung mit den drei erwähnten Schwermetallen kann zur Zeit noch nicht abgeschätzt werden, weil noch nicht genügend eigene Untersuchungsresultate vorliegen; hiezu werden ausländische Ergebnisse zitiert.

Auf die Schwierigkeiten beim Nachweis der in Spuren in Lebensmitteln vorkommenden Schwermetalle wird speziell hingewiesen. Ebenso wird auf die Problematik der gesetzlichen Festlegung von Gehaltslimiten eingegangen.

Résumé

Les éléments les plus discutés quand il est question de «métaux lourds et denrés alimentaires» sont le plomb, le cadmium et le mercure. Les sources de contamination des denrés alimentaires avec ces éléments sont présentées. L'importance de la charge de la population suisse avec les trois métaux lourds mentionnés ne peut pas encore être estimée par manque de données indigènes; des travaux étrangers traitant le sujet sont cités.

Les difficultés de détermination des traces de métaux lourds dans les denrées alimentaires sont spécialement relevées. Les problèmes de fixation de seuils de tolérance sont également mentionnés.

Literatur

Andersen A.: Lead, cadmium, copper and zinc in the danish diet. Publication No 52 (September 1981) of Statnes Levnedmiddelinstitut. – *Anonym: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.* Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Tech. Rep. Ser. No 505, Geneva, 1972. – *Anonym:* DIN 2444: Zinküberzüge auf Stahlrohre. Qualitätsnorm für die Feuerverzinkung von Stahlrohren für Installationszwecke. Ausgabe Juli 1978. – *Anonym:* Arsenic. Environmental Health Criteria Nr. 18. World Health Organisation, Geneva, 1981. – *Anonym:* Kantonales Laboratorium Basel-Stadt. Jahresbericht 1982, Seite 95 (1982a). – *Anonym:* Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1981. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. *73,* 223–346 (1982b). – *Anonym:* Forschungsinstitut der Ernährungswirtschaft. Der Quecksilbergehalt der Nahrung in Österreich – eine Zusammenfassung. In: Beiträge Umweltschutz, Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärwesen, Nr. 1/1982, Seiten 1–9. Hrg. Österreichisches Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien, 1982c. – *Anonym:* Direction de la prévention des pollutions, Mission du contrôle des produits: Inventaire national de la qualité alimentaire (F-92524 Neuilly-sur-Seine Cedex) p. 136–184 (1982d). – *Anonym:* Verordnung über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelverordnung) vom 26. Mai 1936, Art. 449. Stand: 1. Januar 1983. – *Buchet J. P., Lauwerys R., Vandevoorde A. and Pycke J. M.:* Oral daily intake of cadmium, lead, manganese, copper, chromium, mercury, calcium, zinc and arsenic in Belgium: a duplicate meal study. Fd. Chem. Toxic. *21,* 19–24 (1983). – *Diehl J. F.:* Die Belastung des Verbrauchers durch Cadmium - eine kritische Übersicht. Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe, Bericht Nr. 3/1981, Seite 29 (1981). – *Erard M.:* Die Kontrolle der Schwermetalle in Lebensmitteln und Gebrauchs- und Verbrauchsgegenständen im Jahr 1981. Bundesamt für Gesundheitswesen, Interner Bericht vom 11. November 1982. – *Filippini L. und Simmler F.:* Blei-Intoxikation durch Schnupftabak. Dtsch. med. Wschr. *105,* 1504–1506 (1980). – *Fouassin A. et Fondu M.:* Evaluation de la teneur moyenne en mercure de la ration alimentaire en Belgique. Arch. belges Méd. soc., Hyg., Méd. Tr. et Méd. lég., *36,* 481–490 (1978). – *Fouassin A. et Fondu M.:* Evaluation de la teneur moyenne en plomb et en cadmium de la ration alimentaire en Belgique. Arch. belges Méd. soc., Hyg. Méd. Tr. et Méd. lég., *38,* 453–467 (1980). – *Hegersweiler P.:* Untersuchungen über die Blei- und Cadmiumabgabe in Geschirren. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. *66,* 58–63 (1975). – *Horwitz W., Kamps L. R. and Boyer K. W.:* Quality assurance in the analysis of foods for trace constituents. J. Assoc. Off. Anal. Chem. *63,* 1344–1354 (1980). – *Hovmand M. F., Tjell J. C. and Mosbaek H.:* Plant uptake of airborne cadmium. Environm. Poll. (Series *A*) *30,* 27–38 (1983). *Hutton M.:* Cadmium in the european community: a prospective assessment of sources, human exposure and environmental impact. MARC Report No 26, p. 60–61 (1982). – *Käferstein F. K. et al.:* Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln. ZEBS-Bericht Nr. 1/1979, Dietrich Reimer Verlag, Berlin, 1979. – *Käferstein F. K. und Müller J.:* Schwermetalle in Säuglingsnahrung. ZEBS-Bericht Nr. 1/1981, Dietrich Reimer Verlag, Berlin, 1981. – *Keller L. and Brunner P. H.:* Waste-related cadmium cycle in Switzerland. Ecotoxicology and Environmental Safety *7,* 141–150 (1983). – *Kieffer F.:* Die Versorgung des Menschen mit Spurenelementen. In: Mangelernährung in Europa? Wiss. Kongress, 1./2. Oktober

1981, Augsburg, Seiten 80–87. Wiss. Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1982. – *Klein H.:* Einfluss von Herstellungs- und Zubereitungsverfahren auf den Arsen-, Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalt von Lebensmitteln. ZEBS-Bericht Nr. 3/1982. Dietrich Reimer Verlag, Berlin 1982, Seite 133 (Kakao) und Seiten 11–30 (Gemüse). – *Knezevic G.:* Schwermetalle in Lebensmitteln. 1. Mitteilung: Über den Gehalt an Cadmium in Rohkakao und in Kakao-Halb- und Fertigprodukten. Dtsch. Lebensm.-Rundschau, *75,* 305–308 (1979). – *Knowles M.E. and Burell J.A.:* Analytical quality assurance cadmium and lead. In: Joint FAO/WHO food and animal feed contamination monitoring programme, p. 26–64. Document WHO-EFP/81.17, Geneva, 1981. – *Kosta L. and Byrne A.R.:* Analytical evaluation of comparative data on trace elements in biological materials. J. Radioanal. Chem. *69,* 117–129 (1982). – *Meisch H.U., Scholl A.R. und Schmitt J.A.:* Cadmium – ein Wachstumsfaktor für den Schiefknolligen Anischampignon Agarricus abruptibulbus (Peck) Kauffmann. Z. Naturforsch. *36c,* 765–771 (1981). – *Mertz W.:* The essential trace elements. Science *213,* 1332–1338 (1981). – *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/New York, 1983. – *Morrison G.H.:* Elemental trace analysis of biological materials. CRC Crit. Rev. Anal. Chem. *8,* 287–320 (1979). – *Puttemans F. and Massart D.L.:* Solvent extraction procedures for the differential determination of arsenic (V) and arsenic (III) species by electrothermal atomic absorption spectrometry. Anal. Chim. Acta *141,* 225–232 (1982). – *Rieder K. und Müller U.:* Bleiabgabe von Souvenir-Keramikgeschirr. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. *74,* 160–164 (1983). – *Rostron C.:* Are we at risk from lead? Fd. Chem. Tox. *20,* 617–621 and 967–970 (1982). – *Schlatter Ch.:* Bedeutung der Umweltkontamination mit Blei für Mensch und Tier. Mitt. Gebiete. Lebensm. Hyg. *66,* 51–57 (1975). – *Steyer E.:* Stellungnahme des Gesundheitsministers zu Schwermetallen in Lebensmitteln. Ernährung/Nutrition *6,* 189–190 (1982). – *Taylor D.:* Toxic trace elements in natural waters – do they exist? Anal. Proc. *19* (12), 561–564 (1982). – *Tschöpl P. and Tölg G.:* Trace analysis of the elements. J. Trace Microprobe Technique *1,* 1–77 (1982). – *Vettorazzi G.:* Quantification in food regulatory toxicology. In: Schmidt E.H.F. and Hildebrandt A.G. (eds.) «Health evaluation of heavy metals in infant formula and junior food», p. 13–19. Springer Verlag, Berlin/New York, 1983. – *Woidich H. und Pfannhauser W.:* Feststellung der gegenwärtigen Belastung der Lebensmittel durch Blei. In: Beiträge Umweltschutz, Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärverwaltung, Nr. 4/1977, Seiten 3–44. Hrg. Österreichisches Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien, 1977a. – *Woidich H. und Pfannhauser W.:* Untersuchungen über den Cadmiumgehalt der Lebensmittel. In: Beiträge Umweltschutz, Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärverwaltung, Nr. 4/1977, Seiten 45–87. Hsg. Österreichisches Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien, 1977b. – *Zimmerli B. und Marek B.:* Belastung der schweizerischen Bevölkerung mit Pestiziden. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. *64,* 459–479 (1973). – *Zimmerli B., Gerber R. und Marek B.:* Rückstände von Pflanzen- und Vorratsschutzmitteln in der Schweiz – Versuch einer Bestandesaufnahme. Chimia *35,* 258–267 (1981). – *Zuber B.:* Die Bestimmung des Bleis in pflanzlichem Material mit Hilfe des Atomabsorptionsspektrometers. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. *63,* 229–239 (1972).