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

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 86 (1995)

Heft: 5

Artikel: Monitoring-Programm "Schwermetalle in Lebensmitteln". Teil VIII, Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Milch = Monitoring-programme heavy metals in food. Part VIII, Lead, cadmium, copper and zinc in milk

Autor: Wenk, Peter / Andrey, Daniel / Beuggert, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-983641

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: 09.12.2025

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

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **86**, 485–496 (1995)
Eingegangen 27. Juni 1995. Angenommen 6. Juli 1995

Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln»

VIII. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Milch

Monitoring-Programme Heavy Metals in Food
VIII. Lead, Cadmium, Copper and Zinc in Milk

Key words: Lead, Cadmium, Copper, Zinc, Milk

Peter Wenk[1], *Daniel Andrey*[2], *Hans Beuggert*[3], *Hans Guggisberg*[4], *Konrad Rieder*[5] und *Richard Schmid*[6]

Einleitung

Milch zählt zu unseren wichtigsten Energie- und Hauptnahrungsquellen (unter der Bezeichnung Milch ist im vorliegenden Bericht immer Kuhmilch mit unverändertem Gehalt zu verstehen). Sie ist in der Säuglingsernährung unentbehrlich. Selbst für Erwachsene wird ein Tagesverbrauch von 0,5 l empfohlen (1). Während nach dem 2.Weltkrieg bis Mitte der fünfziger Jahre der Milchkonsum noch bei über 200 kg pro Person und Jahr lag, werden heute nur noch rund 100 kg pro Person und Jahr verbraucht (2, 3). Der aus ernährungsphysiologischer Sicht unerwünschte Minderkonsum wird durch einen höheren Konsum von Milchprodukten wie Joghurt, Quark, Käse usw. etwas ausgeglichen (2).

Milch ist ein polydisperses System (4) und setzt sich ungefähr wie folgt zusammen:

87,2% Wasser
3,2% Protein

[1] Kantonales Laboratorium Basel-Landschaft, Liestal
[2] Laboratorium der Urkantone, Brunnen
[3] Kantonales Laboratorium Zürich, Zürich
[4] Kantonales Laboratorium Thurgau, Frauenfeld
[5] Kantonales Laboratorium Bern, Bern
[6] Kantonales Laboratorium Luzern, Luzern

3,8% Fett
4,9% Lactose
0,7% Mineralstoffe

Milchprotein ist biologisch hochwertig, weil es reich an essentiellen Aminosäuren ist. Von diesen ist speziell das Lysin zu erwähnen, welches dem Körper leichter zugänglich ist als aus dem lysinreicheren Rindfleisch (5).

Obwohl Milch «nur» 0,7% Mineralstoffe enthält, ist sie für die Calciumversorgung des menschlichen Körpers sehr wichtig, stammen doch mehr als zwei Drittel der täglichen Zufuhr von 1,0 g aus Milch und Milchprodukten (6). Calcium ist nicht nur für den Aufbau des Skelettes und der Zähne notwendig, sondern auch für den ungestörten Stoffwechsel (Zellkerne, Herz usw.). Möglicherweise wird der oft erst in den späteren Lebensjahren erkennbare Abbau der Knochensubstanz (Osteoporose) durch eine ungenügende Calcium- und Phosphorzufuhr in den ersten Jahrzehnten mitverursacht.

Weil die Versorgung des Organismus mit essentiellen Substanzen durch Milch und Milchprodukte von so grosser Bedeutung ist, soll im Rahmen des Schweizerischen Monitoring-Programmes (7) die Belastung der Milch mit den unerwünschten toxischen Elementen Blei und Cadmium und ihr Beitrag an die Zufuhr der notwendigen Spurenelemente Zink und Kupfer abgeklärt werden.

Material und Methoden

Probenerhebung

Milch wurde in den Jahren 1992–94 aus Grossmolkereien und aus Einzelbetrieben in mit Schwermetallen belasteten und unbelasteten Gebieten erhoben, um die durchschnittliche Belastung und Spitzenwerte abzuschätzen. Zur Konservierung und zur Aufkonzentrierung der zu bestimmenden Elemente wurde die frische Milch lyophilisiert.

Pasteurisierte Milch aus Grossmolkereien (Sammelmilch)

Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM) in Liebefeld bei Bern untersucht regelmässig pasteurisierte Milch aus Grossmolkereien in der Schweiz (siehe Abb. 1) auf verschiedene Inhaltsstoffe. Die Betriebe haben einen Marktanteil an der gesamten in der Schweiz konsumierten pasteurisierten Milch von 60 bis 70% (8).

Im Dezember 1992 (Winterfütterungsperiode, Serie 1, 10 Proben) und Juni 1993 (Sommerfütterungsperiode, Serie 2, 8 Proben) wurde in Kartonbehältern mit einer Polyethyleninnenbeschichtung abgefüllte pasteurisierte Milch aus 10 Grossmolkereien erhoben. Je ca. 300 ml wurden in Tiefgefrierbehältern aus Polyethylen (Grundfläche 10 cm x 20 cm) in der Gefriertrocknungsanlage der FAM lyophili-

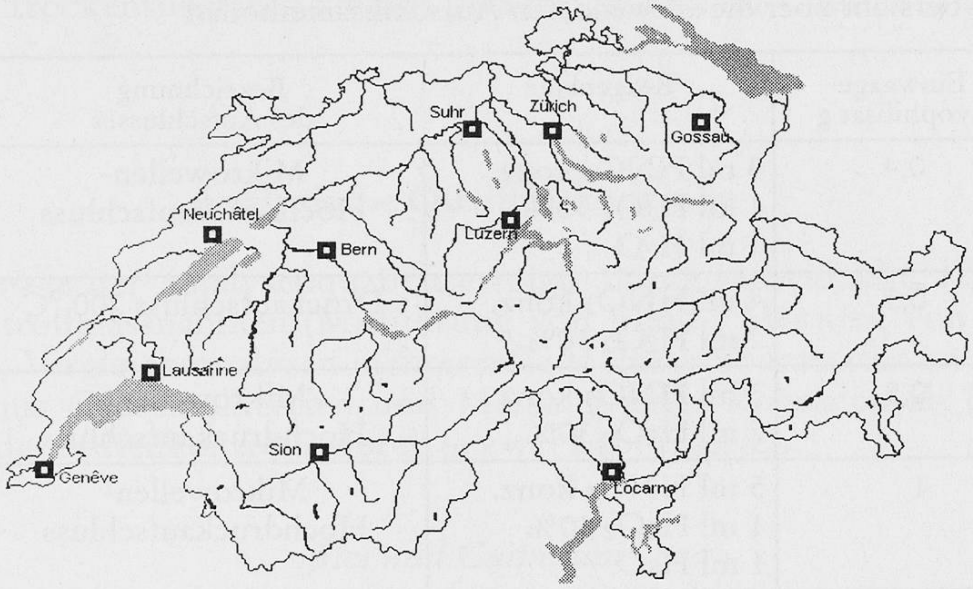

Abb. 1. Probenahmestellen pasteurisierter Milch aus Grossmolkereien

siert. Das Lyophilisat wurde mit einem Kunststofflöffel homogenisiert. Etwa 5 g des homogenisierten Lyophilisates wurden in Flaschen aus Polyethylen abgefüllt und an die Laboratorien zur Prüfung versandt. Die Behälter und Geräte wurden vor Gebrauch mit 1 M Salpetersäure gereinigt.

Rohmilch ab Hof

Im Sommer 1993 und im Winter 1993/1994 wurden in den Kantonen Basel-Landschaft, Bern, Luzern, Schwyz, Thurgau und Zürich in Milchgenossenschaften oder direkt beim Bauern je 3 Proben Rohmilch in Gebieten mit wenig («unbelastet») und mit viel Strassenverkehr oder Industrie («belastet») erhoben. Die Proben wurden entweder direkt oder nach einer Gefriertrocknung aufgeschlossen und im Laboratorium der Probenahmeregion und in einem zweiten Laboratorium untersucht.

Stufenkontrollproben in einer Grossmolkerei

Im Kanton Luzern wurden in einer Grossmolkerei Proben aus dem Produktionsbetrieb (Stufenkontrolle) erhoben, gefriergetrocknet und ebenfalls von zwei Laboratorien untersucht.

Bestimmung

Jedes Teilnehmerlaboratorium führte die Elementbestimmungen nach seinen individuellen Methoden durch (Tabellen 1 und 2). Als gemeinsame Nachweisgrenzen, welche durch alle Teilnehmerlaboratorien erreicht werden konnten, wurden

Tabelle 1. Übersicht über die verwendeten Aufschlussmethoden

Labor	Einwaage Lyophilisat g	Reagenzien	Bezeichnung des Aufschlusses	Endvolumen in ml
1	0,4	3 ml HNO_3 konz. 1 ml H_2O_2 30% 1 ml H_2O	Mikrowellen-Hochdruckaufschluss	10
2	0,5	4 ml HNO_3 konz. 2 ml H_2O_2 30%	Druckaufschluss 200 °C	25
3	0,5	3 ml HNO_3 konz. 2 ml H_2O_2 30%	Mikrowellen-Hochdruckaufschluss	20
4	1	5 ml HNO_3 konz. 1 ml H_2O_2 30% 1 ml H_2O	Mikrowellen-Hochdruckaufschluss	10
5	2 g auf 100 ml davon 10 ml	7 ml HNO_3 konz. 3 ml HNO_3 2 ml H_2O_2 30%	Extraktion unter Sieden 1h Mikrowellen-Hochdruckaufschluss	100 10
6	0,4	2 ml HNO_3 konz. 1,4 ml H_2O_2 30%	Mikrowellen-Hochdruckaufschluss	10

Tabelle 2. Übersicht über die verwendeten Bestimmungsmethoden

Labor	Element	AAS-Messtechnik	Untergrund-kompensation	Matrixmodifier
1	Pb, Cd Cu Zn	Graphitrohr-AAS Graphitrohr-AAS Flammen-AAS	D_2 D_2 D_2	$(NH_4)_2HPO_4$ keiner
2	Pb, Cd Cu Zn	Graphitrohr-AAS Graphitrohr-AAS Flammen-AAS	Zeeman Zeeman D_2	$NH_4H_2PO_4$ $Pd(NO_3)_2/Mg(NO_3)_2$
3	Pb, Cd Cu Zn	Graphitrohr-AAS Graphitrohr-AAS Flammen-AAS	D_2 D_2 D_2	$(NH_4)_2HPO_4$ keiner
4	Pb, Cd, Cu Zn	Graphitrohr-AAS Flammen-AAS	D_2 D_2	$Pd(NO_3)_2/Mg(NO_3)_2$
5	Pb, Cd Cu Zn	Graphitrohr-AAS Graphitrohr-AAS Flammen-AAS	Zeeman Zeeman D_2	$(NH_4)_2HPO_4$ keiner
6	Pb, Cd, Cu Zn	Graphitrohr-AAS ICP-OES	Zeeman	$NH_4H_2PO_4/Mg(NO_3)_2$

(bezogen auf Trockensubstanz) für Blei 0,08 mg/kg und für Cadmium 0,01 mg/kg vereinbart.

Analytische Qualitätskontrolle

Die Kontrolle der Analysenqualität erfolgte durch individuelle, laborinterne Qualitätskontrollmassnahmen (Mitführung von Blind-, Messung von Referenzproben usw.), Vergleichsanalysen mehrerer Teilnehmerlaboratorien an allen Sammelmilchen aus Grossmolkereien und Messung jeder Rohmilch ab Hof sowie Milchen aus der Stufenkontrolle durch je zwei Laboratorien.

Blei und Cadmium

Da ausser in zwei Proben mit geringen Bleimengen alle Werte unter den Nachweisgrenzen (Blei 0,08 mg/kg TS, Cadmium 0,01 mg/kg TS) lagen, stimmen die entsprechenden Vergleichswerte gut überein.

Zink

Die Resultate der Vergleichsmessungen an Sammelmilchproben sind in Tabelle 3, diejenigen der Gegenmessungen von «unbelasteter» und «belasteter» Milch in Abbildung 2 dargestellt. Die Qualität der Zinkresultate ist befriedigend.

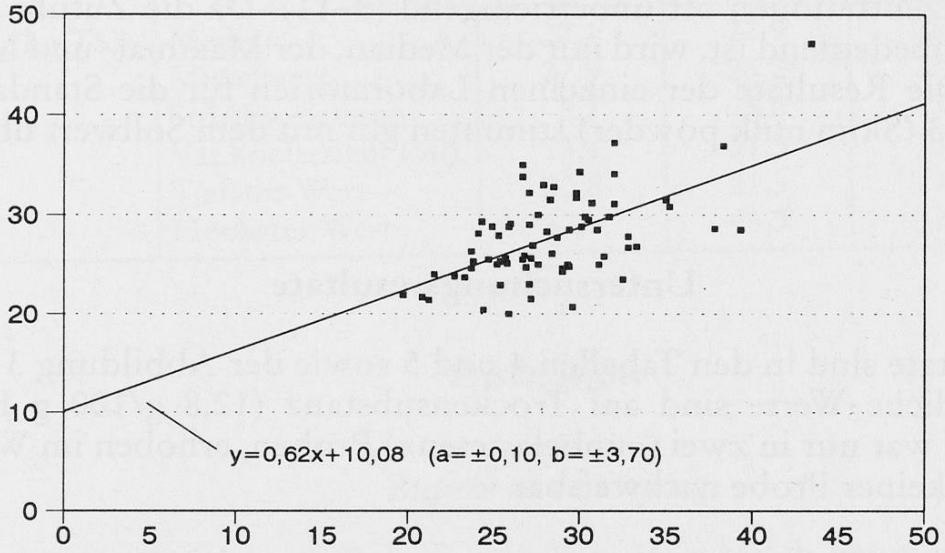

Abb. 2. Vergleich der Zinkgehalte von Rohmilch ab Hof, in mg/kg Trockensubstanz (bestimmt in den Mess- und Vergleichslabors)

Tabelle 3. Vergleichsanalysen der Sammelmilchen, Zink in mg/kg Trockenmasse

Probe	Labor 1	Labor 2	Labor 3	Labor 4	Labor 5	Labor 6	Mittelwert	Variationskoeffizient %
1.1	25,5	26,2	24,9				25,5	2,1
1.2	27,7	29,4		29,6			28,9	2,9
1.3	27,9	25,8			24,2		26,0	5,8
1.4			33,2	28,8		24,5	28,8	12,3
1.5		30,7	36,2			25,4	30,8	14,3
1.6			34,4		24,5	25,3	28,1	16,0
1.7			30,6	33	25,7		29,8	10,2
1.8		28,6		29,5	22,8		27,0	11,0
1.9				31	23,8		27,4	13,1
1.10	30,1	32,5	30,4	33,4	26,5		30,6	7,8
2.1	30,5	32,4	26,3	32	28,1	30,8	30,0	7,2
2.2	28,5	28,4		29	25,1		27,8	5,6
2.3	30,3	29,2	25,7			24,2	27,4	9,1
2.4				31	27,9		29,5	5,3
2.5				29,5	25,9		27,7	6,5
2.6			25,3			24,6	25,0	1,4
2.7			27,5			24	25,8	6,8
2.8	25,4	27,7					26,6	4,3

Kupfer

Die Kupferresultate lagen im µg/kg-Bereich und streuten zwischen den Laboratorien sehr stark. Der Grund dafür konnte nicht gefunden werden. Die Vergleichbarkeit der Resultate von Kupferbestimmungen in Lebensmitteln ist selbst bei höheren Konzentrationen oft unbefriedigend (9–11). Da die Zufuhr von Kupfer über Milch unbedeutend ist, wird nur der Median, der Maximal- und Minimalwert angegeben. Die Resultate der einzelnen Laboratorien für die Standardreferenzprobe BCR 63 (Skim milk powder) stimmten gut mit dem Sollwert überein.

Untersuchungsresultate

Die Resultate sind in den Tabellen 4 und 5 sowie der Abbildung 3 zusammengefasst. Sämtliche Werte sind auf Trockensubstanz (12,8 g/100 g Frischmilch) bezogen. Blei war nur in zwei («unbelasteten») Proben, erhoben im Winter 93/94, Cadmium in keiner Probe nachweisbar.

Tabelle 4. Schwermetalle in pasteurisierter Milch aus Grossmolkereien

		Winter 92 (10 Proben)	Sommer 93 (8 Proben)	Total (18 Proben)
Blei (mg/kg TS)	Höchster Wert	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Cadmium (mg/kg TS)	Höchster Wert	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Kupfer (mg/kg TS)	Median	0,45	0,26	0,31
	Höchster Wert	0,60	0,32	0,60
	Tiefster Wert	0,23	0,24	0,23
Zink (mg/kg TS)	Median	28,5	27,6	27,8
	Mittelwert	28,2	27,5	27,9
	Standardabweichung	1,9	1,7	1,8
	Variationskoeffizient (%)	3,4	2,9	3,2
	Tiefster Wert	25,5	25,0	25,0
	Höchster Wert	30,8	30,0	30,8

Tabelle 5. Schwermetalle in Rohmilch direkt vom Produzenten

		unbelastete Standorte		belastete Standorte	
		Sommer 93 (18 Proben)	Winter 93/94 (18 Proben)	Sommer 93 (18 Proben)	Winter 93/94 (18 Proben)
Blei (mg/kg TS)	Median	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
	Mittelwert	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
	Tiefster Wert	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
	Höchster Wert	< 0,08	0,22	< 0,08	< 0,08
Cadmium (mg/kg TS)	Höchster Wert	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Zink (mg/kg TS)	Median	27,1	27,9	28,5	27,6
	Mittelwert	27,9	29,2	27,7	27,8
	Std.abweichung	3,7	5,6	3,2	3,1
	Var.koeffizient (%)	13,4	31,5	10,2	9,3
	Tiefster Wert	20,8	21,3	21,1	23,5
	Höchster Wert	37,6	45,5	33,3	33,1

Diskussion

Zufuhrabschätzung

Die tägliche Zufuhr von Schwermetallen über Milch kann aus dem mittleren Gehalt (Medianwert) und der durchschnittlichen täglichen Verzehrsmenge berechnet werden. Der mittlere Gehalt, berechnet aus den Resultaten der pasteurisierten

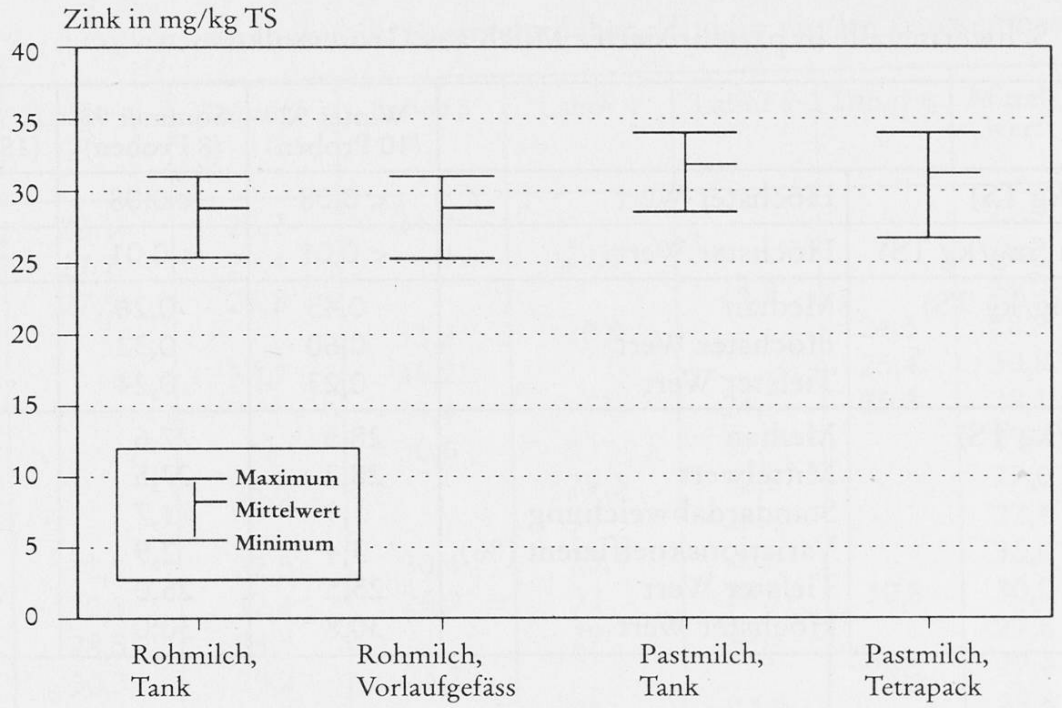

Abb. 3. Zinkgehalte in Milchproben einer Stufenkontrolle, pro Stufe und Probe

Milch aus den Grossmolkereien (Tabelle 4), ist repräsentativ für 60–70% des Schweizer Marktes. Die Verzehrsmenge von Milch in der Schweiz betrug 1985–1987 gemäss *Erard* et al. ca. 112 kg pro Kopf und Jahr (2).

Soweit bis heute bekannt ist, haben Blei und Cadmium auf den Menschen nur toxische und keine essentiellen Wirkungen. Die World Health Organization (WHO) und die Food and Agriculture Organization (FAO) haben deshalb sogenannte provisorische tolerierbare wöchentliche Zufuhrmengen (PTWI-Werte) publiziert (12, 13). Diese Mengen sollten nicht überschritten werden. Zink und Kupfer sind hingegen essentiell. Für sie existieren Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung über die wünschenswerte Zufuhr (14) (Tabelle 6).

Die über die Milch aufgenommenen Blei- und Cadmiummengen betragen weniger als 1,5% des PTWI-Wertes und sind somit unproblematisch.

Zink spielt im Organismus eine sehr wichtige Rolle (6). Es ist beispielsweise in über 100 Enzymen enthalten. Über Milch werden ca. 7% der wünschbaren Menge gedeckt. Die Kupferkonzentrationen in Milch waren sehr gering; entsprechend unbedeutend ist auch die Zufuhr dieses Elements über Milch.

Die Zufuhr von Blei, Cadmium und Kupfer durch Milch ist verglichen mit den bisher überprüften Lebensmitteln des Monitoring-Programms (Karotten, Knollensellerie, Kartoffeln, Mahlprodukte, Brot und Wein (9, 10, 17–20)) sehr klein, diejenige von Zink jedoch bedeutender.

Einfluss der Fütterung, der Industrie und des Strassenverkehrs

Um eine allfällige Belastung der Milch mit Schwermetallen aus der Fütterung (Sommer- und Winterfütterung), durch die Industrie und den Strassenverkehr zu

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

	Blei	Cadmium	Zink	Kupfer
Mittlerer Gehalt (mg/kg, Frischgewicht)[1]	< 0,01	< 0,001	3,6	ca. 0,04
Tägliche Zufuhr über Milch mg/d[2]	< 0,003	< 0,0003	1,1	ca. 0,01
Tolerierbare Zufuhr (PTWI-Wert, mg/d)[3]	0,21	0,06	60	30
Wünschbare Zufuhr (DGE-Empfehlung, mg/d)[4]	–	–	15	2–4
Anteil Milch in %	< 1,4	< 0,5	7	ca. 0,4
Totale mittlere Aufnahme Schweiz (mg/d)[5]	0,025	0,012	10,3	2,5
Anteil Milch in %	< 12	< 3	11	ca. 0,4

1 Für die Umrechnung auf Frischmich wurde ein mittlerer Trockensubstanzgehalt von 12,8 g/100 g Frischmilch angenommen.
2 Verzehr von 300 g Milch/Tag (2).
3 Provisional tolerable weekly intake FAO/WHO (PTWI-Wert) umgerechnet pro Mensch (60 kg) und Tag (12, 13).
4 Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (14).
5 Analyse von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben (15, 16).
– keine Angaben

erkennen, wurden Proben ab Hof aus belasteten und unbelasteten Gebieten jeweils im Sommer und Winter erhoben und analysiert.

In zwei Milchen aus unbelasteten Gebieten lagen die Bleigehalte knapp über der Nachweisgrenze (Tabelle 5), während Cadmium nie nachweisbar war. Ein Unterschied zwischen Milch aus belasteten und unbelasteten Gebieten oder ein Einfluss der Sommer- und Winterfütterung war somit nicht erkennbar.

Die durchschnittlichen Zinkgehalte der Hofmilchproben entsprachen in etwa denjenigen von Pastmilchen aus den Grossmolkereien. Einzelne Proben aus vorwiegend unbelasteten Gegenden wiesen jedoch höhere Gehalte auf. Das Zink gelangte vermutlich nicht über eine Belastung der Umwelt, sondern via Gerätschaften in die Milch.

Stufenkontrolle

Mit einer Stufenkontrolle in einer Grossmolkerei wurde abgeklärt, ob während der Milchproduktion Schwermetalle aus Apparaturen in die Milch übergehen. Blei und Cadmium waren in Proben aller Produktionsstufen nicht nachweisbar. Die Zinkgehalte der pasteurisierten Milch waren gegenüber der Rohmilch leicht erhöht (Abb. 3). Der Unterschied liegt aber noch im Bereich der analytischen Unsicherheit.

Vergleich mit in- und ausländischen Literaturdaten

In der Tabelle 7 sind die Resultate dieser Arbeit und neuere Daten aus anderen Ländern zusammengefasst. Die Nachweisgrenzen für Blei und Cadmium sind

Tabelle 7. Vergleich mit anderen Studien (Werte bezogen auf Frischmilch)

Herkunft	Anzahl Proben	Pb (µg/kg)	Cd (µg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Jahr (Lit.)
Schweiz	90	< 10	< 1	3,6	0,04	diese Studie
Österreich	114/49/ 45/32	3,5	0,2	3,7	0,042	1994 (21)
Spanien	300	–	–	3,8	0,14	1993 (22)
Dänemark	26	0,9	0,03	–	–	1991 (23)
Italien	36	6,6	0,6	2,7	0,034	1991 (24)
Deutschland	660	12,0	–	–	–	1990 (25)
Polen	16	3,5	0,4	2,3	0,031	1990 (26)
Kanada	68	1,1	0,10	–	–	1987 (27)

– keine Angaben

teilweise etwas tiefer als in dieser Studie; die Mittelwerte für Zink und Kupfer stimmen gut überein.

Dank

Die Autoren danken Herrn Dr. *P. Eberhard,* FAM, für die Organisation der Probennahme in den Grossmolkereien und die Gefriertrocknung sowie Herrn Dr. *B. Zimmerli,* Bundesamt für Gesundheitswesen, für die sorgfältige Durchsicht des Manuskriptes.

Zusammenfassung

Im Rahmen des Schweizerischen Schwermetall-Monitoring-Programms wurden 1992 bis 1994 18 Mischmilchproben aus Grossmolkereien untersucht. Die Mittelwerte der Schwermetallkonzentrationen (mg/kg, bezogen auf Frischmilch) lagen bei < 0,01 für Pb, < 0,001 für Cd, 0,04 für Cu und 3,6 für Zn. 72 weitere Proben wurden von Milchlieferanten aus belasteten und unbelasteten Gebieten im Sommer und Winter erhoben. Es waren keine Unterschiede in den Blei-, Cadmium- und Zinkgehalten feststellbar.

Résumé

Dans le cadre du programme suisse de surveillance de la teneur en métaux lourds des denrées alimentaires, 18 échantillons de lait mélangé de grandes laiteries ont été prélevés et analysés entre 1992 et 1994. Les teneurs moyennes (mg/kg par rapport au lait frais) étaient de < 0,01 pour le Pb, < 0,001 pour le Cd, 0,04 pour Cu et 3,6 pour le Zn. En plus 72 échantillons

ont été prélevés chez les producteurs de lait dans des régions polluées et non polluées. Aucune différence en teneur de plomb, cadmium or Zinc n'a pu être observée.

Summary

As a part of the Swiss monitoring programme on heavy metals in food 18 samples of fresh milk originating from dairies were examined 1992 to 1994. The mean concentrations (mg/kg fresh mass) were < 0.01 for Pb, < 0.001 for Cd, 0.04 for Cu and 3.6 for Zn. 72 further samples from farmers in contaminated and uncontaminated locations were taken in summer and winter. No difference in the contents of lead, cadmium or zinc could be observed.

Literatur

1. Autorenkollektiv: Lebensmittellexikon, S. 559–562. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1979.
2. *Erard, M.* und *Sieber, R.:* Verbrauch und angenäherter Verzehr von Lebensmitteln in der Schweiz. In: Stähelin, H.B., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R., Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 31–40. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
3. *Sieber, R.:* Veränderungen des Lebensmittelverbrauchs im Verlaufe der letzten 40 Jahre. In: Stähelin, H.B., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R., Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 20–30. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
4. Schweizerisches Lebensmittelbuch: Zweiter Band, Kapitel 1, Milch. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1987.
5. *Lembke, A.:* Lebensmittel und Diätetik, Symposium in Zürich, 29.–31. Okt. 1981. In: Schriftenreihe, herausgegeben von der Stiftung für zeitgemässe Ernährung SZE, Heft 3, Zürich 1982.
6. *Kieffer, F.* und *Sieber, R.:* Angenäherter Verzehr an Mineralstoffen und Spurenelementen. In: Stähelin, H.B., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R., Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 70–78. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
7. *Knutti, R.* und *Zimmerli, B.:* Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». I. Zielsetzung, Auswahl der zu bestimmenden Elemente und der zu untersuchenden Lebensmittel, Anforderungen an die Analytik. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **78,** 182–199 (1987).
8. Persönliche Mitteilung des Zentralverbandes schweizerischer Milchproduzenten, Bern (März 1995).
9. *Beuggert, H., Andrey, D., Guggisberg, H., Herrmann, A.* und *Huber, D.:* Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». VI. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Schweizer Karotten. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **84,** 27–47 (1993).
10. *Rieder, K.:* Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». VII. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Knollensellerie. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **84,** 545–556 (1993).
11. *Novozamsky, I., Houba, V.J.G., Daniel, R.C.* and the members of CII: Certification of cabbage and carnation samples and their use in an international proficiency study. Fresenius J. Anal. Chem. **345,** 198–201 (1993).

12. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). WHO Technical Report Series No. 837, S. 32–35. WHO, Geneva 1993.
13. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). WHO Technical Report Series No. 505. WHO, Geneva 1989.
14. Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. Umschau Verlag, Frankfurt 1985.
15. *Zimmerli, B., Tobler, L., Bajo, S., Wyttenbach, A.* und *Sieber, R.:* Untersuchungen von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. VI. Essentielle Spurenelemente: Eisen, Zink, Mangan und Kupfer. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **85,** 245–286 (1994).
16. *Zimmerli, B., Bosshard, E.* und *Knutti, R.:* Nichtessentielle «toxische» Spurenelemente. In: Stähelin, H.B., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R., Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 149–162. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
17. *Andrey, D., Ribs, T.* und *Wirz, E.:* Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». II. Blei, Cadmium, Zink und Kupfer in Schweizer Kartoffeln. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **79,** 327–338 (1988).
18. *Knutti, R., Andrey, D., Beuggert, H., Erard, M., Guggisberg, H., Wirz, E.* und *Zimmerli, B.:* Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». III. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Mahlprodukten. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **80,** 363–386 (1989).
19. *Wenk, P., Schaub, H.* und *Stutz, W.:* Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». V. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Brot. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **83,** 55–70 (1992).
20. *Andrey, D., Beuggert, H., Ceschi, M., Corvi, C., De Rossa, A., Herrmann, A., Klein, B.* und *Probst-Hensch, N.:* Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». IV. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Weinen auf dem Schweizer Markt. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **83,** 711–736 (1992).
21. *Tschager, E.* und *Walser, J.:* Schwermetalle in Milch und Emmentalerkäse. Milchwirtschaftliche Berichte **118,** 39–43 (1994).
22. *Rojas, R.M., López, M.A.* y *Cosano, G.Z.:* Nota. Contenido mineral de leche pasterizada producida en la Comunidad Autónoma Andaluza. Revista Española de Ciecia y Tecnología de Alimentos **33,** 435–444 (1993).
23. *Larsen, E.H.* and *Rasmussen, L.:* Chromium, lead and cadmium in Danish milk products and cheese determined by Zeeman graphite furnace atomic absorption spectrometry after direct injection or pressurized ashing. Z. Lebensm. -Unters. -Forsch. **192,** 136–141 (1991).
24. *Vojnovic, D., Procida, G.* and *Favretto, L.G.:* Chemometric differentiation of raw and commercial milk by trace elements using principal component analysis. Food Additives and Contaminants **8,** 343–349 (1991).
25. *Müller, J.* und *Weigert, P.* (Hrsg.): Bleigehalte in und auf Lebensmitteln. Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien, ZEBS-Hefte Nr. 2. Berlin 1990.
26. *Krelowska-Kulas, M.:* Lead, cadmium, iron, copper and zinc in fresh milk from the selected areas of the Cracow region. Die Nahrung **34,** 213–217 (1990).
27. *Dabeka, R.W.* and *McKenzie, A.D.:* Lead, cadmium, and fluoride levels in market milk and infant formulas in Canada. J. Assoc. Off. Anal. Chem. **70,** 754–757 (1987).

Dr. Peter Wenk
Kantonales Laboratorium BL
Postfach
CH-4414 Füllinsdorf