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

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 86 (1995)

Heft: 3

Artikel: Untersuchungen von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. Teil VIII, Essentielle Spurenelemente: Molybdän, Kobalt und Chrom = Analysis of daily rations from Swiss canteens and restaurants. Part VIII, Essential trace elements: Molybdenu...

Autor: Zimmerli, Bernhard / Tobler, Leonhard / Bajo, Sixto

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-983635

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**, 266–285 (1995)
Eingegangen am 4. April 1995. Angenommen am 11. April 1995

Untersuchungen von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben

VIII. Essentielle Spurenelemente: Molybdän, Kobalt und Chrom

Analysis of Daily Rations from Swiss Canteens and Restaurants
VIII. Essential Trace Elements: Molybdenum, Cobalt and Chromium

Key words: Dietary intake, Essential trace element, Molybdenum, Cobalt, Chromium

Bernhard Zimmerli[1], *Leonhard Tobler*[2], *Sixto Bajo*[2], *Armin Wyttenbach*[2] und *Robert Sieber*[3]

Einleitung

Es kann davon ausgegangen werden, dass Leben sich erstmals im Meer manifestierte. Es erscheint deshalb einleuchtend, dass im Verlaufe der Entwicklung auch höhere Organismen von den verschiedensten Eigenschaften der dort vorhandenen chemischen Elemente Gebrauch gemacht haben. Im Meerwasser (sowie den Meeresablagerungen) sind praktisch sämtliche Elemente enthalten, wenn auch zum Teil in so geringen Mengen, dass sie nur mit den aufwendigen Methoden der Ultraspurenanalytik erfasst werden können. Die Reihe der heute für den Menschen als essentiell erkannten Spurenelemente darf somit nicht als abschliessend betrachtet werden. So gibt es Hinweise, dass auch Arsen, Bor, Nickel, Silizium und Vanadium möglicherweise physiologische Funktionen im Organismus erfüllen (1). Kürzlich wurde sogar postuliert, dass dem als potentiell neurotoxisch bekannten Aluminiumion eine wichtige Funktion bei der Gensuppression im Gehirn zukomme (2). Unter den Spurenelementen werden Molybdän, Kobalt und Chrom weniger gewichtet als etwa Eisen, Iod oder neuerdings Selen. So wurde in zahlreichen Studien über den Ernährungs- und Gesundheitszustand verschiedener schweizerischer

[1] Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG), 3000 Bern 14
[2] Paul-Scherrer-Institut (PSI), vormals Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung (EIR), 5232 Villigen PSI
[3] Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM), 3097 Liebefeld

Bevölkerungsgruppen unter den Spurenelementen meist nur gerade die Eisenversorgung beurteilt. Dass dieses Element häufig im Vordergrund stand, ist darauf zurückzuführen, dass bei diesen betreffenden Bevölkerungsgruppen mit Eisenmangelzuständen zu rechnen war.

In vorangehenden Mitteilungen wurde über die Zufuhr der Spurenelemente Eisen, Zink, Mangan und Kupfer (3) sowie Iod und Selen (4) in Tagesrationen berichtet, nachdem bereits in früheren Arbeiten die Resultate über die Zufuhr an Energie, Energieträgern, Nahrungsfasern, Thiamin und Riboflavin (5), an den bereits in geringen Mengen toxisch wirkenden Elementen (6), an Pestiziden (7) und an Mineralstoffen (8) zusammengefasst wurden. Die entsprechenden Daten über nichtessentielle «toxische» Spurenelemente wie Blei, Cadmium, Quecksilber, Aluminium, Antimon, Arsen, Bromid, Caesium, Rubidium und Scandium sind im Dritten Schweizerischen Ernährungsbericht zusammengefasst worden (9, 10).

Mit diesen Untersuchungen zu Tagesrationen sollten die oben erwähnten, früheren schweizerischen Untersuchungen, in denen die Gehalte dieser Stoffe in der Nahrung chemisch-analytisch erfasst wurden, ergänzt werden. Im Zweiten Schweizerischen Ernährungsbericht wurde bezüglich der Spurenelementzufuhr zu gezielten Untersuchungen angeregt (11). Im Dritten Schweizerischen Ernährungsbericht (12) finden sich keine Angaben zur Versorgung an den Spurenelementen Molybdän, Kobalt und Chrom. In Fortsetzung der bereits aufgeführten Arbeiten und aufgrund der im ersten Teil dieser Studie (13) dargelegten Gründe soll in der vorliegenden Arbeit anhand von verzehrsfertigen Tagesrationen aus vier verschiedenen Verpflegungsbetrieben die Zufuhr der Spurenelemente Molybdän, Kobalt und Chrom abgeschätzt werden.

Methodik

Probenmaterial

Die Proben, je eine Tagesration, bestehend aus Frühstück, Mittagessen und Abendessen (total 40), wurden im Jahre 1983 (Januar/Februar) an 10 aufeinanderfolgenden Tagen aus vier verschiedenen Verpflegungsbetrieben (Betrieb A: Personalrestaurant der öffentlichen Dienste; Betrieb B: Spitalküche für das Personal und die Patienten der allgemeinen Abteilung; Betrieb C: vegetarisches Restaurant; Betrieb D: Kantine einer Rekrutenschule) eingekauft. Getränke waren darin nur enthalten, sofern sie als Teil des Menüs abgegeben wurden (vorwiegend Kaffee, Tee und Fruchtsäfte). Die Lebensmittel wurden im Geschirr mit den Bestecken der jeweiligen Betriebe zerkleinert, allfällige Knochen entfernt, Salat mit der Gabel geschöpft (zurückbleibende Sauce wurde nicht erfasst) und die betreffenden Lebensmittel gewogen. Die Homogenisation erfolgte mit einem Stabmixer, dessen Messer aus einer Titanlegierung gefertigt waren (keine Chromabgabe, siehe Anhang). Detailangaben über die Zusammensetzung der Tagesrationen, die Probenah-

me und die Probenvorbereitung sind im ersten Teil dieser Studie enthalten. Die mittlere Trockenmasse (TM) der Tagesrationen beträgt 460 g und der mittlere Energieinhalt rund 9,5 MJ (13).

Analytik

Neutronenaktivierungsanalyse

Molybdän, Kobalt und Chrom wurden in den homogenisierten, gefriergetrockneten Proben durch Neutronenaktivierungsanalyse bestimmt, wobei ihre Aktivierung durch thermische Neutronen erfolgte. Für nähere Angaben zu Analytik, Blindwerte, Reproduzierbarkeit und Richtigkeit wird auf die vorangehenden Arbeiten verwiesen (3, 10). Die bei der Ermittlung der Reproduzierbarkeit resultierenden Variationskoeffizienten (*VK*) sind im Anhang 1 aufgeführt.

Je nach Zusammensetzung der Proben variierte die Erfassungsgrenze für Chrom im Bereich von 50 bis 120 µg/kg (Anhang 1). Zur Berechnung der Zufuhrmengen wurde in jenen Fällen, bei denen die Gehalte unterhalb dieser Werte lagen (total 10 Proben), jeweils die halbe Erfassungsgrenze eingesetzt.

Resultate und Diskussion

Übersicht

In der bereits publizierten Arbeit (10) wurden insbesondere die Verteilungsfunktionen der Konzentrationswerte der einzelnen Elemente, die Unterschiede der Konzentrationsmittelwerte zwischen den einzelnen Betrieben sowie Korrelationen zwischen einzelnen Elementen untersucht. Die auf die Trockenmasse bezogenen Konzentrationseinzelwerte der verschiedenen, in dieser Arbeit behandelten Elemente sind annähernd normal verteilt. Es lassen sich über die 40 Tagesrationen, konzentrationsmässig und rein statistisch gesehen, insgesamt 7 extreme Ausreisser (zwei- bis dreimal höher als der Mittelwert) identifizieren (Pearson-Test, 99% Signifikanzniveau), nämlich 4 beim Chrom (von total 30), 2 beim Molybdän und 1 beim Kobalt (10)[1]. Bei der Berechnung der Mittelwerte der Zufuhrmengen wurden allfällige Ausreisser ebenfalls berücksichtigt, um dadurch eine bessere Vergleichsbasis mit ausländischen Daten zu erhalten. Die hier aufgeführten mittleren Zufuhrmengen entsprechen daher nicht unbedingt den früher publizierten (10).

In Tabelle 1 sind die arithmetischen Mittelwerte der täglichen Zufuhrmengen und die entsprechenden Mediane aufgeführt. In Anbetracht des mittleren Energiegehaltes der Tagesrationen sollen die im folgenden diskutierten täglichen Zufuhr-

[1] Es sei darauf hingewiesen, dass in den an späterer Stelle erscheinenden graphischen Darstellungen nicht die Konzentrationen, sondern die Zufuhrmengen aufgetragen sind.

Tabelle 1. Übersicht über die tägliche Zufuhr an Molybdän, Kobalt und Chrom

Element	Parameter[1]	Einheit	Betriebe				Alle Betriebe	Empfehlungen		
			A (Personal-restaurant)	B (Spital)	C (ovo-lacto-vegetarisch)	D (Rekruten-schule)		DGE[2]	NRC[3]	COMA[4]
Molyb-dän	$\bar{x}$ / $\tilde{x}$	µg/Tag	89,5/72,5	86,7/85,5	102,7/96,5	138,3/126,0	104,3/90,0	75–250[5]	75–250	50–400
	s/VK	µg/Tag/%	62,5/70	21,6/25	28,3/28	74,9/54	54,1/52			
	B	µg/Tag	55–264	55–122	51–155	62–325	51–325			
	ND	µg/MJ	9,4/7,6	9,7/9,6	12,0/11,2	12,9/11,7	11,0/9,5			
Kobalt	$\bar{x}$ / $\tilde{x}$	µg/Tag	77,4/48,5	25,0/22,0	11,6/11,5	11,4/11,5	31,4/15,5	keine Empfeh-lungen	keine Empfeh-lungen	keine Empfeh-lungen
	s/VK	µg/Tag/%	72,5/94	10,9/44	1,9/16	2,7/24	44,7/142			
	B	µg/Tag	25–261	14–50	8–15	7–16	7–261			
	ND	µg/MJ	8,1/5,1	2,8/2,5	1,4/1,3	1,1/1,1	3,3/1,6			
Chrom	$\bar{x}$ / $\tilde{x}$	µg/Tag	55,1/46,0	62,2/35,0	59,7/45,0	56,1/44,5	58,3/43,5	50–200[5]	50–200	25
	s/VK	µg/Tag/%	33,7/61	84,9/136	75,7/126	34,0/61	59,3/102			
	B	µg/Tag	15–142	14–296	8–267	24–141	8–296			
	ND	µg/MJ	5,8/4,8	7,0/3,9	6,9/5,2	5,2/4,1	6,2/4,6			

1 $\bar{x}$ = arithmetischer Mittelwert; $\tilde{x}$ = Median; s = Standardabweichung; VK = Variationskoeffizient ($s \cdot 100/\bar{x}$); B = Bereich (Minimum – Maximum); ND = Nährstoffdichte für $\bar{x}$ und $\tilde{x}$, berechnet aus den einzelnen Tagesrationen.
2 Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Empfehlung 1991 für Jugendliche und Erwachsene, ohne Schwangere (14).
3 National Research Council, USA (NRC): geschätzte sichere und adäquate tägliche Zufuhr.
4 Committee on Medical Aspects of Food Policy (COMA): Dietary Reference Values 1991 für Jugendliche und Erwachsene (16).
5 Schätzwert für eine angemessene Zufuhr für Jugendliche und Erwachsene.

mengen der vorliegenden Elemente als eher für Männer (460 g Trockenmasse/Tag) als für Frauen (360 g/Tag)[2] zutreffend interpretiert werden. Trotz gewissen Unterschieden zwischen den Betrieben wurden auch Gesamtmittelwerte gebildet und den empfohlenen bzw. den geschätzten minimalen Zufuhrmengen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) (14) und des amerikanischen National Research Council (NRC) (15) sowie den englischen Referenzwerten (COMA) (16) gegenübergestellt. Dies erfolgte im Hinblick auf die Schätzung einer für die Bevölkerung typischen Grundzufuhr über einen längeren Zeitraum sowie zum besseren Vergleich mit ausländischen Erhebungen. Die Konzentrationseinzelwerte sowie die daraus berechneten täglichen Zufuhrmengen aller Proben sind im Anhang 1 aufgeführt.

Molybdän

Allgemeines

Damit Molybdän seine biologische Wirkung entfalten kann, ist ein Kofaktor nötig. Dieser ist Teil aller molybdänhaltigen Enzyme (Molybdopterin) wie Xanthinoxidase/dehydrogenase, Aldehyd- und Sulfitoxidase, welche die Hydroxilierung heterozyklischer aromatischer Stickstoffverbindungen (z. B. Abbau der Purine, Pyrimidine zu Harnsäure) bzw. die Oxidation von Sulfit zu Sulfat katalysieren. Ein Mangel an Molybdopterin kann beim Menschen vorkommen und ist genetisch bedingt. Er führt meist nach der Geburt zum Tode. Bei jenen Individuen, die nicht frühzeitig sterben, entwickeln sich Schädigungen des Zentralnervensystems. Die Molybdänkonzentrationen in Humanplasma oder -serum gesunder Erwachsener liegen im Bereich von < 0,3 bis 1,3 µg/l, im Mittel bei 0,6 bis 0,8 (± 0,2) µg/l, jene der Leber bei 0,4 bis 0,9 mg/kg Frischmasse (17, 18).

Molybdän (als Molybdat) wird aus dem Verdauungstrakt grösstenteils *absorbiert* und vorwiegend renal ausgeschieden; höhere Konzentrationen an Sulfat vermindern die Absorption. Die tägliche Molybdänausscheidung neun gesunder Erwachsener im Urin betrug 11 bis 88, im Mittel 32 µg (19) und bei 8 Säuglingen 4,0 bis 5,6, im Mittel 4,3 µg/kg KM (20). Bei gesunden Menschen (wie auch bei Labortieren) wurde ein reiner Molybdänmangel noch nie festgestellt (erzeugt). Andererseits wurde das Auftreten von Ösophaguskrebs bei den Bantu unter anderem einer geringen Molybdänversorgung zugeschrieben (heute eher der Belastung mit Mykotoxinen). Zu den molybdänreichen Lebensmitteln gehören Blattgemüse, Getreideprodukte, Bohnen, Milch, Leber und Nieren (17).

Beim Menschen scheinen *Molybdänvergiftungen* praktisch unbekannt zu sein. Zufuhrmengen ab etwa 0,6 mg/Person/Tag können aber bereits mit geringfügig erhöhten renalen Kupferexkretionen verbunden sein (Antagonisten) (15). Tägliche Molybdänmengen von 10 bis 15 mg/Person (in Verbindung mit) und trotz einer zusätzlich erhöhten Kupferaufnahme von 5 bis 10 mg/Person/Tag (normal sind 1

[2] Dies entspricht einer angenommenen mittleren täglichen Energiezufuhr von rund 9460 kJ für Männer und 7400 kJ für Frauen, entsprechend je etwa 135 kJ/kg Körpermasse (KM).

bis 3 mg) wurden in Gebieten Armeniens mit dem Auftreten gichtartiger Erkrankungen (erhöhte Blutkonzentrationen an Molybdän, Harnsäure und Xanthinoxidase) in Beziehung gesetzt. Darauf basierend ist von der Umweltbehörde der USA im Hinblick auf die Bewertung von Molybdän im Trinkwasser eine Referenzdosis («tolerierbare tägliche Zufuhr») von 5 µg/kg KM/Tag, entsprechend 300 bis 350 µg/Mensch, vorgeschlagen worden (21). Wiederkäuer reagieren 100- bis 200mal empfindlicher auf überhöhte Molybdänzufuhren als der Mensch (15, 17). Bei Tieren sind Molybdänvergiftungen bekannt, vor allem in Gegenden mit den sog. «Teart»-Weiden[3].

Zufuhr

Die Molybdänversorgung (Summe aller Wertigkeitsstufen) über die Tagesrationen aus den verschiedenen Betrieben ist recht homogen (Abb. 1). Die Einzelwerte schwankten insgesamt zwischen 51 und 325 µg/Tag. Tagesrationen, die Leber enthielten (Nr. 9 und 39), zeigten erwartungsgemäss deutlich höhere Werte (Ausreisser). Die mittleren Zufuhrmengen unterschieden sich zwischen dem tiefsten und dem höchsten Mittelwert (rund 87 µg/Tag bei Betrieb B gegenüber rund 138 µg/Tag bei Betrieb D) um das 1½fache (Tabelle 1). Für die mittlere tägliche Molybdänzufuhr aller Betriebe ergab sich ein Wert von rund 104 µg (11,0 µg/MJ) bzw. 90 µg als Median. In Verbindung zu dieser mittleren Zufuhr würden die von *Cornelis* et al. (19) publizierten täglichen Urinausscheidungen erwachsener Personen von im Mittel 32 µg einer minimalen Absorption aus der Nahrung von etwa 30% entsprechen.

Im Zweiten Schweizerischen Ernährungsbericht (11) wurde die minimale tägliche Pro-Kopf-Zufuhr an Molybdän zu 220 µg berechnet. Schweizerische experimentelle Untersuchungen zum Vorkommen von Molybdän in Lebensmitteln wurden von *Wenger* und *Högl* vorgenommen, wobei die mittlere Zufuhr auf 150 µg berechnet wurde (22, 23)[4]. Dies ist in guter Übereinstimmung mit unseren Daten. Ausländische Untersuchungen sind in Tabelle 2 zusammengefasst und zeigen mittlere Molybdänzufuhren von etwa 60 bis 150 µg/Person und Tag.

[3] So wurden in S-charl, das in einem Seitental des Unterengadins liegt und bei dem es sich um eine Gegend mit durch Bergbau kontaminierte, molybdänreiche Böden handelt, bei Weidetieren gegen Ende des Winters schwere Ernährungsschäden festgestellt, die sich in Anorexie, zunehmendem Appetitmangel, Gewichtsabfall manifestierten. *Högl* (22) konnte diese sog. S-charl-Krankheit (periodisch auftretende Vieherkrankungen) auf eine extrem hohe Molybdänaufnahme durch das Futter (Heu 9 bis 13 mg/kg TM, übrige Schweiz rund 0,8 mg/kg TM [Kupfer ist mit 4 bis 5 mg/kg TM normal]) und des Trinkwassers zurückführen.

[4] Im bereits erwähnten Dorf S-charl (alte Bergwerke) wurden neben den Futtermitteln auch in Lebensmitteln deutlich erhöhte Molybdänkonzentrationen festgestellt (in Klammern übrige Schweiz): Milch 57 (35) µg/l, Trinkwasser 30 (0,4) µg/l, Schnittsalat 1,1 (0,6) mg/kg TM, Schnittlauch 1,3 (0,7) mg/kg TM, Spinat – (1,8 mg/kg TM), Leber – (0,6 mg/kg FM), Sojabohnen – (15 mg/kg TM). Die mittlere Zufuhr wurde in diesem Dorf auf 250 µg/Person/Tag geschätzt (23).

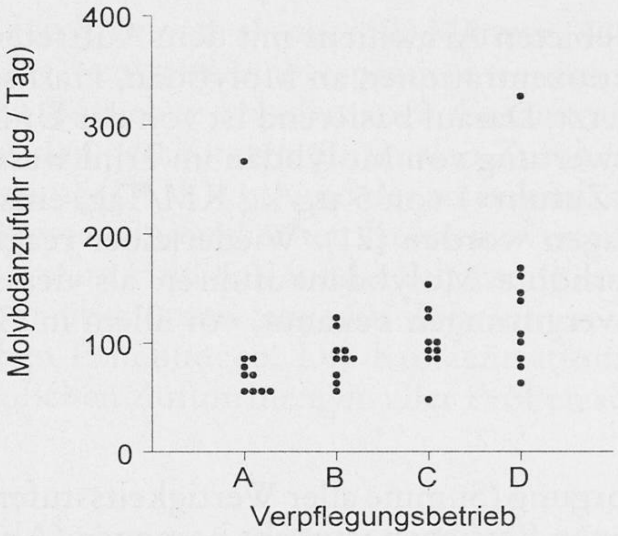

Abb. 1. Gruppierte Einzelwerte der Molybdänzufuhr, aufgeteilt nach Betrieben

Der *Bedarf des Menschen* an Molybdän ist offensichtlich sehr gering. Der NRC (15) und die DGE (14) betrachten für Erwachsene eine tägliche Zufuhr an Molybdän im Bereich von 75 bis 250 µg als sicher und adäquat, wobei nach Auffassung des NRC eine Zufuhr am unteren Ende nicht schlechter einzustufen ist als eine solche an der oberen Grenze. Nach den englischen Empfehlungen (16) liegt die sichere Zufuhr zwischen 50 und 400 µg/Tag. Der Mittelwert der vier Betriebe wie auch jene der Einzelbetriebe befinden sich in den vorgeschlagenen Bereichen.

Kobalt

Allgemeines

Kobalt ist gemäss den heutigen Kenntnissen einzig in der Form des Vitamins B_{12} (Cobalamin) ein für den Menschen essentielles Element. Der Tagesbedarf an diesem Vitamin beträgt 2 bis 3 µg, entsprechend etwa 0,1 µg Kobalt. Für Wiederkäuer ist Kobalt hingegen essentiell (ca. 100 µg/Tag), da es im Pansen zur Vitamin-B_{12}-Synthese benötigt wird. Für Humanplasma oder -serum werden Kobaltkonzentrationen im Bereich von 0,02 bis 0,4 µg/l angegeben, im Mittel dürften sie 0,06 bis 0,1 µg/l betragen (18). Diese Konzentrationen sind im Vergleich zu anderen essentiellen Spurenelementen sehr gering, jedoch etwa vergleichbar mit jenen von Chrom. Kobalt findet sich vor allem in Leber, Niere, Nebenniere, Schilddrüse und Muskeln (40).

Absorbiert wird Kobalt aus der Nahrung vermutlich in Form des Co^{2+}-Ions. Im Mittel sind es etwa 25% mit grossen individuellen Unterschieden. Kobalt (II) kann mit Aminosäuren (beispielsweise Histidin) und mit Thiolgruppen starke Komplexe bilden. Diese Komplexbildung wie auch die gleichzeitige Verabreichung von Eisen und Kupfer vermindert die Absorption. Durch Eisenmangel wird sie dagegen erhöht. Die Ausscheidung nach Kobaltgaben findet innerhalb einiger Tage zum grössten Teil über den Urin statt (41).

Tabelle 2. Mittlere Zufuhr von Kobalt, Molybdän und Chrom in verschiedenen Studien

Land	Kollektiv[1]	Art der Studie[2]	Molybdän (µg/Tag)		Mo-Dichte (µg/MJ)		Kobalt (µg/Tag)		Co-Dichte (µg/MJ)		Chrom (µg/Tag)		Cr-Dichte (µg/MJ)		Ref.
			M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
CH	40 Proben (Median)	Duplikat	90		9,5		16		1,6		44		4,6		diese Arbeit
D	28 Proben	Duplikat	70				17				62				(24)
	26 F, 25–45 J	Duplikat						15							(25)
	28 M, 28 F	Duplikat	58	75											(26)
I	5 M, 5 F, Gegend A	24-h-Duplikat					12				48				(27)
	5 M, 5 F, Gegend B						8				< 40				
	5 M, 5 F, Gegend C						7				30				
	5 M, 5 F, Gegend D						12				149				
E	12 Proben, Studentenhotel	Duplikat					26								(28)
B	123 Tagesrationen										370				(29)
DK	100 M, 30–34 J	Duplikat	112		12										(30)
N	20 M, 40–49 J	Duplikat					7,3				29				(31)
S	Pensionäre, 16 M, 19 F	24-h-Duplikat									229	145			(32)
	junge Männer	Warenkorb	150		13										(33)
SF	77 M	24-h-Duplikat	110		9,1						29		2,4		(34)
	11 Spitäler	Duplikat	100												(35)
		Warenkorb	120				13				29				(36)
CND	100 F, 30 ± 6 J	Duplikat										47			(37)
USA	8 M, 11 F	Duplikat									39	23	4,3	3,0	(38)
JAP	25 F, 38 J	Duplikat		147				7,8				37			(39)

[1] M = Männer; F = Frauen; J = Altersjahr
[2] 24-h-Duplikat: echte 24-Stundenduplikate
Duplikat: essfertige Tagesrationen (Frühstück, Mittagessen, Abendessen)
Warenkorb: berechnet aus Verzehrsmengen und Spurenelementkonzentrationen in Lebensmitteln.

Bei einer oralen Aufnahme von 500 mg wasserlöslichem Kobalt (II) kommt es zu *toxischen Effekten* wie Erbrechen und Diarrhoe (42). Therapeutische Mengen (eisenresistente Anämie) über eine längere Zeit verabreicht, führten teilweise zu ernsten toxischen Nebenwirkungen, die Kropf, Hypothyroidismus und Herzversagen umfassten (16). Nach *Hapke* (42) ist zu vermuten, dass für Erwachsene bis zu 5 mg Kobalt/Tag, entsprechend 70 bis 80 µg/kg KM/Tag, in Form von wasserlöslichen Salzen keine toxischen Wirkungen hervorrufen, dass aber tägliche Mengen von mehr als 1 mg Kobalt/kg KM längerfristig Intoxikationen auslösen können. Aus unserer Sicht halten wir eine «provisorisch duldbare Tagesdosis» leichtlöslicher Kobalt (II)-Salze im Bereich von 5 µg/kg KM, entsprechend etwa 300 µg/Person, als vertretbar (44)[5].

Zufuhr

Die vorliegenden Untersuchungen zur Kobaltzufuhr ergaben, je nach Betrieb, mittlere tägliche Werte im Bereich von rund 11 µg (Betrieb D) bis rund 77 µg (Betrieb A). Bedingt durch diese hohen Werte betrug der Gesamtmittelwert rund 31 µg/Tag (3,3 µg/MJ), der entsprechende Medianwert jedoch nur rund 16 µg/Tag. Die Einzelwerte lagen zwischen 7 und 261 µg/Tag (Tabelle 1). Die höchsten Zufuhrmengen an Kobalt fanden sich in den Tagesrationen des Betriebes A mit 107 (Nr. 7), 108 (Nr. 6) und 261 (Nr. 1) µg/Tag. Der Mittelwert des Betriebes A unterscheidet sich hochsignifikant von denjenigen der Betriebe C und D ($p < 0{,}01$) (Abb. 2). Eine auf der Zusammensetzung der Tagesrationen basierende Erklärung für die einzelnen hohen Gehalte sowie des erhöhten Mittelwertes haben wir nicht gefunden. Möglicherweise stammen die Kobaltmengen aus Kochgefässen und/oder Geschirren.

Bisher existierten nur Angaben zur schweizerischen Kobaltzufuhr, die mit Hilfe einer Inventarmethode über 7 Tage rechnerisch erhalten wurden. Dabei wurden anhand von Befragungen bei 220 Personen (aus 48 Haushaltungen) und von Literaturdaten eine mittlere Kobaltzufuhr von 142 (Bereich der Einzelwerte: 75 bis 238) µg/Person und Tag berechnet (45). Diese liegen damit deutlich über den in dieser Studie analysierten Werten für die Betriebe B bis D. Angaben zu ausländischen Studien finden sich in Tabelle 2 und zeigen zu den Betrieben C und D vergleichbare Zufuhren.

Die mittlere Zufuhr der schweizerischen Bevölkerung an Vitamin B_{12} wurde auf 11,4 µg/Person/Tag geschätzt (46), was etwa 0,5 µg Kobalt entspricht. Für Kobalt

[5] Bei starken Biertrinkern in Belgien, den USA und in Kanada wurden in den 60er Jahren Kardiomyopathien mit speziellen Symptomen und verschiedenen Todesfällen festgestellt, was dem damals von der FDA zur Verbesserung des Schäumens und zur Erzeugung einer «schönen Blume» des Bieres (Schaumstabilisator) in Mengen von 1,2 bis 1,5 mg/l zugelassenen Kobalt(II)-sulfat zugeschrieben wurde (43). Die hierzu publizierten Daten sind schwierig einzuordnen, zum einen wegen mangelhaften analytischen Daten und zum anderen infolge ungenauer Dosisangabe. So stellt sich z. B. häufig die Frage, worauf sich die angegebene Dosis bezieht, ob auf Co, $CoCl_2$ (45,5% Co) oder $CoCl_2\ 6H_2O$ (24,8% Co). Je nachdem ergibt sich bezüglich der Dosis ein Unterschied von bis zu einem Faktor 4 (44).

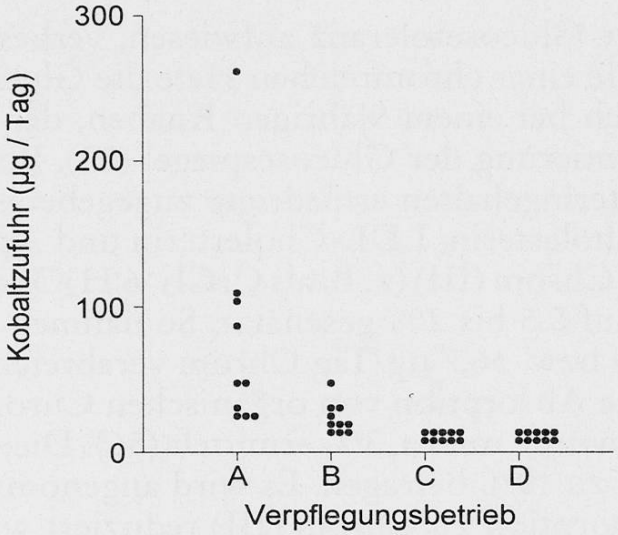

Abb. 2. Gruppierte Einzelwerte der Kobaltzufuhr, aufgeteilt nach Betrieben

existieren aus den genannten Gründen keine Empfehlungen zur Zufuhr (14–16). Es wird einzig darauf hingewiesen, dass die Kobaltzufuhr für strikte Vegetarier eine gewisse Bedeutung haben könnte, da diese Personen möglicherweise zu wenig mit präformiertem Vitamin B_{12} versorgt sind (15).

Chrom

Allgemeines

Chrom kommt in seinen Verbindungen in verschiedenen Wertigkeitsstufen vor (II, III, IV, V und VI), wobei dreiwertiges Chrom thermodynamisch am stabilsten ist. Chrom (III) wird seit gut drei Jahrzehnten zu den essentiellen Spurenelementen gezählt. Der gängigen Lehrmeinung zufolge soll Chrom insbesondere für den Stoffwechsel der Kohlenhydrate in Form des *G*lucose-*T*oleranz-*F*aktors (GTF) sowie für jenen der Lipide von Bedeutung sein (47, 48). Der GTF wird als chromhaltiger Kofaktor von Insulin angesehen, dessen Wirkung er verstärkt. Dieser Faktor soll in Bierhefe, jedoch nicht in Torulahefe enthalten sein. Trotz verschiedener Studien konnte die chemische Struktur des GTF bis heute nicht aufgeklärt werden. Von den Entdeckern des GTF wurden ein oder mehrere, einander ähnliche Chromkomplexe vorgeschlagen. Diese sollen pro Chromatom zwei Nikotinsäuremoleküle sowie je ein Molekül Cystein, Glycin und Glutaminsäure enthalten (47, 49–51).

Die Konzentrationen von Chrom in Humanplasma bzw. -serum sind mit im Mittel 0,1 bis 0,2 µg/l äusserst gering und damit um bis zu drei Grössenordnungen geringer als jene anderer essentieller Spurenelemente (18)[6]. Bei älteren Personen,

[6] Infolge analytischer Schwierigkeiten sind vor 1982 publizierte Chromkonzentrationen in biologischen Proben (sowie auf solchen Daten basierende klinische Studien) äusserst vorsichtig zu interpretieren. Vermutlich infolge Kontaminationen bei der Probenahme und/oder der Analyse wurden in der Regel bis um mehrere Grössenordnungen zu hohe Gehalte gemessen (49, 50).

die eine verschlechterte Glucosetoleranz aufwiesen, verbesserte eine Chromsupplementierung mit Hilfe einer chromreichen Hefe die Glucosetoleranz nicht (52), dagegen erniedrigte sich bei einem 9jährigen Knaben, der an Diabetes litt, nach einer Chromsupplementierung der Glucosespiegel (53). Bei älteren Personen mit erhöhten Serumcholesteringehalten erniedrigte zugegebenes Chrom die Konzentration an gesamtem Cholesterin, LDL-Cholesterin und Apolipoprotein B (54).

Die *Absorption* von Chrom (III) (z. B. als $CrCl_3 \cdot 6 \cdot H_2O$) aus dem Magen-Darm-Trakt wird im Mittel auf 0,5 bis 2% geschätzt. So nahmen zwei Personen, denen während 12 Tagen 36,9 bzw. 36,7 µg/Tag Chrom verabreicht wurde, nur 0,9 bzw. 0,5 µg/Tag auf (55). Die Absorption von organischen Chromkomplexen wie z. B. Chrom(III)-picolinat, wurde mit ca. 3% ermittelt (56). Diejenige von Chrom (VI) ist höher und kann bis zu 10% betragen. Es wird angenommen, dass Chrom (VI) im Magen vor der Absorption zu Chrom (III) reduziert wird. Chrom (III) kann im Verdauungskanal mit verschiedenen Substanzen wie Aminosäuren, Phytaten, Oxalaten Komplexe bilden. Phytate erniedrigen, Oxalate erhöhen dabei die Absorption (48). Kohlenhydrate, welche die Insulinkonzentration im Blut beeinflussen, haben auch einen Einfluss auf die Chromausscheidung (57). Im Urin Erwachsener wird pro Tag etwa 0,3 µg Chrom ausgeschieden (55), wahrscheinlich als Chrom (III). Verglichen mit der von uns ermittelten täglichen Zufuhr über alle Betriebe von rund 60 µg würde sich eine minimale mittlere Absorption von etwa 0,5% ergeben.

Allgemein werden Chrom (VI)-Verbindungen als *toxischer* eingestuft als solche von Chrom (III). Eine orale Dosis von 2 bis 5 g Chrom (VI) (als Chromat) kann für den Menschen tödlich sein. Dosen unterhalb von 2 g führen innerhalb von ein bis vier Tagen zu Nieren- und Leberschädigungen. Bei Ratten, die während eines Jahres bis zu 25 mg Kaliumbichromat pro Liter Trinkwasser erhielten, entsprechend etwa 1 mg Chrom (VI)/kg KM/Tag, konnten keine Effekte beobachtet werden (Blut, Gewicht, Pathologie), ebenso bei zwei Hunden, die während vier Jahren Trinkwasser mit 11,2 mg Chrom (VI)/l erhalten hatten. Mäuse ertrugen während eines Jahres Trinkwasser mit 100 mg Chrom (VI)/l (Hämatologie, Körpermasse). Allerdings fanden sich in den Organen gegenüber der Kontrolle erniedrigte Eisenkonzentrationen (58). Basierend auf Tierversuchen, wurde von der Umweltbehörde der USA im Hinblick auf Chrom in Trinkwasser eine sogenannte orale Referenzdosis («tolerierbare tägliche Zufuhr») von 5 µg/kg KM/Tag für Chrom (VI) (Sicherheitsfaktor 500) und 1 mg/kg KM/Tag für Chrom (III) vorgeschlagen. Als neue maximale Chromkonzentration in Trinkwasser wurde 1989 ein Wert von 0,1 mg/l (früher 0,05 mg/l) ohne Hinweis auf die Wertigkeit vorgeschlagen (58).

Zufuhr

Die aus den vorliegenden Messungen festgestellte tägliche Chromzufuhr (Summe aller Wertigkeitsstufen) betrug im Mittel aller Betriebe rund 58 µg/Person (6,2 µg/MJ) bzw. als Median rund 44 µg/Person. Die Einzelwerte lagen im Bereich

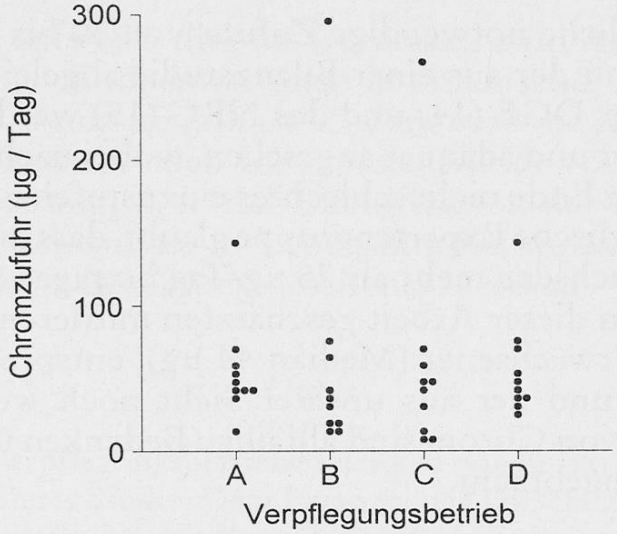

Abb. 3. Gruppierte Einzelwerte der Chromzufuhr, aufgeteilt nach Betrieben

von 8 bis 296 µg/Person und Tag (Tabelle 1). Die Mittelwerte der einzelnen Betriebe liegen relativ nahe beieinander und unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Abb. 3). Die höchsten Zufuhrmengen ergeben die Tagesrationen Nr. 10 (142 µg), Nr. 19 (296 µg), Nr. 29 (267 µg) und Nr. 39 (141 µg), die sich bezüglich ihrer Konzentrationswerte auch als Ausreisser vom Kollektiv von 30 Proben (10 Proben enthielten Chrom unterhalb der Nachweisgrenze, siehe Anhang) identifizieren liessen (10). Die erhöhten Chromgehalte einzelner Tagesrationen können nicht mit einem einzelnen Lebensmittel erklärt werden[7]. Möglicherweise spielen dabei Kochuntensilien eine gewisse Rolle. Andererseits existiert aber zwischen den Nickel- und Chromkonzentrationen der Tagesrationen keine Korrelation, wie sie infolge der Verwendung von Kochgeschirr aus Chromnickelstahl erwartet werden könnte. In einer Studie (60) konnte aber gezeigt werden, dass etwa die Hälfte des in Tagesrationen enthaltenen Chroms durch die küchenmässige Vorbereitung der Lebensmittel (Messer, Mixer usw.) und das Kochen in die Speisen gelangt.

In analoger Weise wie für Kobalt wurde anhand von Literaturdaten für 48 schweizerische Haushaltungen (Befragungen zum Speisezettel) eine tägliche mittlere Chromzufuhr von 328 µg/Person berechnet (Einzelwerte: 147 bis 613 µg/Person) (45). Auch in verschiedenen ausländischen Studien wurde das Chrom teilweise bestimmt (Tabelle 2). Wird von häufig auftretenden Mittelwerten im Bereich von 30 bis 50 µg/Tag ausgegangen, ist dies in guter Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen.

Wird angenommen, dass es sich bei Chrom (III) tatsächlich um ein lebensnotwendiges Spurenelement handelt, und Beobachtungen bei langandauernder parenteraler Ernährung deuten darauf hin (49), andere jedoch nicht (61), ergäbe sich der *Bedarf* auf Basis der Chromkonzentration der Muttermilch zu nur rund 0,05 µg/kg KM/Tag (62). Unter der Annahme, dass das in der Muttermilch enthaltene Chrom zehnmal besser bioverfügbar ist als das in der Nahrung von erwachsenen Personen,

[7] Beispielsweise wurde von *Farre* und *Lagarda* (59) der höchste Chromgehalt in einem Lebensmittel (Hühnerleber) mit 275 ± 60 µg/kg Frischmasse (939 µg/kg TM) angegeben.

wird für diese eine tägliche notwendige Zufuhr von 30 bis 35 µg berechnet. Dies ist etwa vergleichbar mit der aus einer Bilanzstudie abgeleiteten täglichen Menge von 23 µg (16). Von der DGE (14) und des NRC (15) werden für Erwachsene 50 bis 200 µg/Tag als sicher und adäquat angesehen, wobei nach Auffassung des NRC eine Zufuhr am unteren Ende nicht schlechter einzustufen ist als eine solche an der oberen Grenze. Die englische Expertengruppe glaubt, dass die sichere und adäquate Zufuhrmenge für Erwachsene mehr als 25 µg/Tag betrage (16).

In Anbetracht der in dieser Arbeit geschätzten mittleren täglichen Zufuhr von < 58 µg[8] bzw. 52 µg/Erwachsener (Median 44 µg), entsprechend rund 0,8 µg/kg KM (Männer 70 kg), und der aus unserer Sicht noch weitgehend ungeklärten physiologischen Rolle von Chrom sind allfällige Bedenken über einen potentiellen Chrommangel kaum angebracht.

Schlussfolgerungen

Die in der vorangehenden Arbeit (3) gezogenen Schlussfolgerungen gelten weitgehend auch für die hier beschriebenen Spurenelemente. So erlauben die in dieser Arbeit vorgestellten Resultate über den Gehalt verschiedener Tagesrationen an Spurenelementen eine annähernde Beurteilung über die individuelle Zufuhr an diesen Spurenelementen in der Ausserhausverpflegung zur Zeit der Probenahme (1983) wie auch Rückschlüsse auf die Gesamtbevölkerung. Um jedoch verlässliche Daten über den Versorgungszustand der Bevölkerung, insbesondere von ausgewählten Gruppen, an diesen Spurenelementen zu erhalten, müssten ergänzend auch entsprechende Untersuchungen von Körperflüssigkeiten periodisch durchgeführt werden.

Von den besprochenen Spurenelementen existieren für Molybdän und Chrom Schätzwerte für eine angemessene Zufuhr für Jugendliche und Erwachsene, keine hingegen für das Kobalt. Stimmen die Empfehlungen der DGE (14) und des NRC (15) überein, variieren die englischen Angaben stärker. Diese Variation zeigt auf, dass noch zu wenig gesicherte Daten über den Bedarf an diesen Spurenelementen existieren.

Die in dieser Arbeit behandelten Spurenelemente können in Lebensmitteln in verschiedenen Wertigkeitsstufen vorkommen, bestimmt wurde aber nur die Summe aller Wertigkeitsstufen; dies obwohl z. B. die biologischen Wirkungen von Chrom (III) und (VI) sehr verschieden sind. Andererseits wird Molybdän in Form von Molybdat (Molybdän VI) im Verdauungstrakt besser absorbiert als solches in anderen Wertigkeitsstufen. Bekannt ist auch, dass anorganisches Arsen der Wertigkeitsstufen III und V, das insbesondere in Trinkwasser vorkommen kann, eine

[8] Um einen oberen Schätzwert handelt es sich darum, weil in 25% aller Proben die Chromkonzentrationen unterhalb der Erfassungsgrenze lagen und deshalb zur Berechnung der mittleren Zufuhrmenge die halbe Erfassungsgrenze eingesetzt wurde. Wird statt dessen für diese Proben Null eingesetzt, ergibt sich ein Mittelwert von rund 52 µg.

kanzerogene Wirkung aufweist; dies im Gegensatz zum Arsen in Meerfischen, in denen es in relativ hohen Konzentrationen in organischer Form (z. B. als Arsencholin) vorkommt, das wenig toxisch ist. Zudem wird die Absorption der Spurenelemente im Verdauungstrakt auch im grossen Masse von der Komplexbildung beeinflusst. Der Speziierung, d. h. der Identifikation der chemischen Form und Bindungsart, der Spurenelemente in Lebensmitteln, muss deshalb bei künftigen Untersuchungen vermehrt Beachtung geschenkt werden.

Dank

Den vier beteiligten Verpflegungsbetrieben danken wir für ihr Interesse und die Bereitschaft zur Teilnahme an dieser Studie. Dem Personal des Forschungsreaktors SAPHIR sind wir für die Zurverfügungstellung der Bestrahlungspositionen zu Dank verpflichtet. Den Direktionen der beteiligten Stellen (PSI, BAG, FAM) verdanken wir die Unterstützung und Förderung der vorliegenden Arbeit. Für die Bereitstellung der graphischen Darstellungen danken wir Herrn *M. Haldimann* (BAG) und für die kritische Durchsicht des Manuskriptes Herrn *Dr. R. Dick* (BAG).

Zusammenfassung

In 40 verzehrsfertigen Tagesrationen, bestehend aus Frühstück, Mittag- und Abendessen, aus vier Verpflegungsbetrieben (Personalrestaurant, Spital, vegetarisches Restaurant und Rekrutenschule) wurden für das Jahr 1983 folgende mittlere, tägliche Zufuhrmengen für Männer (460 g Trockenmasse, 9,5 MJ) bestimmt (Median, Bereich): Molybdän 90 (51–325), Kobalt 16 (7–261) und Chrom 44 (8–296) µg. Die Molybdän- und Chromzufuhren sind in Übereinstimmung mit den provisorischen Empfehlungen verschiedener Gremien.

Résumé

En 1983, 40 rations journalières prêtes à la consommation, se composant du petit déjeuner, du déjeuner et du dîner et provenant de 4 cuisines collectives différentes (cantine, hôpital, restaurant végétarien et école de recrues) ont été examiné. Les apports journaliers moyens suivants ont été déterminé chez l'homme (460 g matière sèche, 9,5 MJ) (valeur médiane, étendue): molybdène 90 (51–325), cobalt 16 (7–261) et chrome 44 (8–296) µg. L'apport en molybdène et en chrome se situe dans le domaine des recommandations provisoires émises par différents groupes d'experts.

Summary

In 1983, 40 daily rations, consisting of breakfast, lunch and dinner were obtained ready for consumption from a canteen, a hospital, a vegetarian restaurant and a military canteen. Based on the total diet samples mean daily intakes for men (460 g dry matter, 9.5 MJ) have been estimated (median, range): molybdenum 90 (51–325), cobalt 16 (7–261) and chromium 44 (8–296) µg. The molybdenum and chromium intakes meet the provisional recommendations of different expert groups.

Nr.	TM[2] (g)	Mo Konz. (µg/kg)	Mo Menge[3] (µg)	Co Konz. (µg/kg)	Co Menge[3] (µg)	Cr Konz. (µg/kg)	Cr Menge[3] (µg)
Betrieb A (Personalrestaurant)							
1	419	131	55	623	261	99	42
2	356	162	58	139	50	106	38
3	473	170	80	190	90	144	68
4	491	117	57	55	27	≤60	15*
5	530	170	90	60	32	76	40
6	448	164	74	241	108	134	60
7	465	153	71	229	107	115	54
8	545	157	86	86	47	83	45
9	416	635	264	60	25	114	47
10	428	140	60	64	27	331	142
Betrieb B (Spital)							
11	434	192	83	51	22	≤70	15*
12	398	138	55	36	14	≤110	22*
13	419	161	68	38	16	157	66
14	458	267	122	42	19	167	77
15	447	206	92	111	50	83	37
16	425	279	119	63	27	78	33
17	511	162	83	62	32	≤70	18*
18	377	172	65	84	32	116	44
19	429	206	88	50	22	690	296
20	386	240	92	42	16	≤74	14*
Betrieb C (vegetarisch)							
21	406	383	155	37	15	105	43
22	426	308	131	29	12	160	68
23	439	204	90	30	13	108	47
24	393	250	98	28	11	150	59
25	536	177	95	21	11	≤52	14*
26	425	221	94	18	8	70	30
27	350	145	51	31	11	≤48	8*
28	503	207	104	24	12	99	50
29	369	333	123	27	10	723	267
30	358	240	86	27	13	≤60	11*
Betrieb D (Rekrutenschule)							
31	505	218	110	29	15	93	47
32	526	146	77	23	12	104	55
33	544	261	142	20	11	126	69
34	512	202	103	17	9	≤95	24*

Nr.	TM[2] (g)	Mo Konz. (µg/kg)	Mo Menge[3] (µg)	Co Konz. (µg/kg)	Co Menge[3] (µg)	Cr Konz. (µg/kg)	Cr Menge[3] (µg)
35	533	270	144	17	9	142	76
36	654	252	165	19	12	56	37
37	500	178	89	14	7	78	39
38	538	309	166	30	16	78	42
39	544	598	325	22	12	259	141
40	509	122	62	22	11	≤123	31*
Blindproben[4]							
43 (pH = 6,0)	412	<15		2,2		<17	
44 (pH = 4,5)	412	<14		<1,0		<84	
Variationskoeffiz.[5]		10%[6]		5%[6]		30%[6]	

[1] Konzentrationen bezogen auf Trockenmasse
[2] Trockenmasse (gefriergetrocknet)
[3] entspricht der täglichen Zufuhr (µg/Tag)
[4] Saccharose (400 g)
[5] Reproduzierbarkeit der Konzentrationsbestimmung (10)
[6] ausschliesslich durch die Zählstatistik bedingt (10)
* berechnet mit halber Erfassungsgrenze

Literatur

1. *Nielsen, F.H.*: Nutritional requirements for boron, silicon, vanadium, nickel and arsenic: current knowledge and speculation. FASEB J. **5**, 2661–2667 (1991).
2. *McLachlan, D.R.* and *Massiah, J.*: Aluminium ingestion. A risk factor for Alzheimer's disease? In: Isaacson, R.L. and Jensen, K.F. (eds.): The vulnerable brain and environmental risks, Toxins in food, vol. 2, p. 49–60. Plenum Press, New York 1992.
3. *Zimmerli, B., Sieber, R., Tobler, L., Bajo, S.* und *Wyttenbach, A.*: Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. V. Essentielle Spurenelemente: Eisen, Zink, Mangan und Kupfer. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **84**, 245–286 (1994).
4. *Zimmerli, B., Tobler, L., Bajo, S., Wyttenbach, A., Haldimann, M.* und *Sieber, R.*: Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. VI. Essentielle Spurenelemente: Iod und Selen. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **85**, 000–000 (1995).
5. *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).
6. *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).

7. *Corvi, C., Majeux, C.* et *Vogel, J.*: Analyses de repas journaliers provenant de cantines et restaurants suisses. IV. Résidus d'antiparasitaires et polychlorobiphényles. Trav. chim. aliment. hyg. **77**, 583–597 (1986).
8. *Zimmerli, B., Sieber, R., Tobler, L., Bajo, S., Scheffeldt, P., Stransky, M.* und *Wyttenbach, A.*: Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. V. Mineralstoffe: Natrium, Chlorid, Kalium, Calcium, Phosphor und Magnesium. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **83**, 677–710 (1992).
9. *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. (Hrsg.), Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 149–162. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), Bern 1991.
10. *Wyttenbach, A., Bajo, S., Tobler, L.* and *Zimmerli, B.*: The concentration of 19 trace elements in the Swiss diet. In: Brätter, P. and Schramel, P. (eds.), Trace element – analytical chemistry in medicine and biology, Vol. 4, p. 169–178. W. de Gruyter, Berlin, New York 1987.
11. *Kieffer, F.:* Verbrauch an Mineralstoffen und Spurenelementen. In: Aebi, H., Blumenthal, A., Bohren-Hoerni, M., Brubacher, G., Frey, U., Müller, H.R., Ritzel, G. und Stransky, M., Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 81–88. H. Huber, Bern, Stuttgart, Wien 1984.
12. *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. (Hrsg.), Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 70–78. EDMZ, Bern 1991.
13. *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).
14. *Deutsche Gesellschaft für Ernährung*: Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. 1. korrigierter Nachdruck 1992. Umschau Verlag, Frankfurt 1991.
15. *National Research Council*: Recommended dietary allowances, 10th edition. National Academy of Sciene, Washington DC 1989.
16. *Department of Health*: Dietary reference values for food energy and nutrients for the United Kingdom. HMSO, London 1991.
17. *Rajagopalan, K.V.*: Molybdenum: an essential trace element in human nutrition. Ann. Rev. Nutr. **8**, 401–427 (1988).
18. *Versiek, J.* and *Cornelis, R.*: Trace elements in human plasma or serum. CRC Press, Boca Raton (USA) 1989.
19. *Cornelis, R., Versieck, J., Desmet, A., Mees, L.* and *Vanballenberghe, L.*: Neutron activation analysis of the trace element molybdenum in urine of healthy persons. Bull. Soc. Chim. Belges **90**, 289–295 (1981).
20. *Schleyerbach, U., Sievers, E., Odigs, H.-D., Dörner, K.* und *Schaub, J.*: Molybdän (Mo): Bilanzuntersuchungen im Säuglingsalter. Z. Ernährungswiss. **34**, 62–63 (1995).
21. *Donohue, J.M.* and *Candilli, R.*: Risk assessment for molybdenum in drinking water: determination of RsD. Toxicologist **13** (1), 277 (1993). (Abstr. of the 32nd Annual Meeting of the Society of Toxicology, held at New Orleans, March 14–18, 1993).
22. *Högl, O.:* Molybdän als toxischer Faktor in einem Schweizer Alpental. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **66**, 485–495 (1975).

23. *Wenger, R.* und *Högl, O.:* Molybdän als Spurenelement in unserer Ernährung. 2. Mitteilung. Bestimmung von geringen Molybdänmengen in Gesteinen, Böden, Gewässern, biologischem Material und Lebensmitteln. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **62,** 1–24 (1971).
24. *Schelenz, R.*: Dietary intake of 25 elements by man estimated by neutron activation analysis. J. Radioanal. Chem. **37,** 539–548 (1977).
25. *Schelenz, R.*: Essentielle und toxische Inhaltsstoffe in der täglichen Gesamtnahrung. Bericht BFF-R-83-02. Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe 1983.
26. *Anke, M., Groppel, B., Krause, U., Arnhold, W.* and *Langer, M.:* Trace element intake (zinc, manganese, copper, molybdenum, iodine and nickel) of humans in Thuringia and Brandenburg of the Fed. Rep. of Germany. J. Trace Elem. Electrol. Health Dis. **5,** 69–74 (1991).
27. *Clemente, G.F., Rossi, L.C.* and *Santaroni, G.P.*: Trace element intake and excretion in the Italian population, J. Radioanal. Chem. **37,** 549–558 (1977).
28. *Barbera, R., Farré, R.* and *Mesado, D.*: Oral intake of cadmium, cobalt, copper, iron, lead, nickel, manganese and zinc in the University student's diet. Nahrung **37,** 241–245 (1993).
29. *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. Food Chem. Toxicol. **21,** 19–24 (1983).
30. *Bro, S., Sandström, B.* and *Hegdorn, K.*: Intake of essential and toxic trace elements in a random sample of Danish men as determined by the duplicate portion sampling technique. J. Trace Elem. Electrol. Health Dis. **4,** 147–155 (1990).
31. *Bibow, U., Riis, G.* and *Salbu, B.*: A study of trace elements in Norwegian diets by the duplicate portion technique. Näringsforskning **28,** 84–88 (1984).
32. *Borgström, B., Nordén, A., Åkesson, B., Abdulla, M.* and *Jägerstad, M.* (eds.): Nutrition and old age. Chemical analyses of what old people eat and their state of health during 6 years of follow-up. Scand. J. Gastroent. **14** (Suppl. 52), 13–316 (1979).
33. *Becker, W.* and *Kumpulainen, J.*: Content of essential and toxic mineral elements in Swedish market-basket diets in 1987. Br. J. Nutr. **66,** 151–160 (1991).
34. *Kumpulainen, J., Mutanen, M., Paakki, M.* and *Lehto, J.*: Validity of calculation method in estimating element mineral content. Var Föda (Suppl. 1/87) 75–82 (1987).
35. *Sinisalo, M., Kumpulainen, J., Paakki, M.* and *Tahvonen, R.*: Content of major and minor mineral elements in weekly diets of eleven Finnish hospitals. J. Hum. Nutr. Diet. **2,** 43–48 (1989).
36. *Koivistoinen, P.*: Mineral element composition of Finnish foods: N, K, Ca, Mg, P, S, Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, Co, Ni, Cr, F, Se, Si, Rb, Al, B, Br, Hg, As, Cd, Pb and ash. Acta Agric. Scand. (Suppl. 22) 1–170 (1980).
37. *Gibson, D.R.* and *Scythes, C.A.*: Trace element intakes of women. Br. J. Nutr. **48,** 241–248 (1982).
38. *Anderson, R.A., Bryden, N.A.* and *Polansky, M.M.*: Dietary intake of calcium, chromium, copper, iron, magnesium, manganese, and zinc: duplicate plate values corrected using derived nutrient intake. J. Am. Diet. Ass. **93,** 462–464 (1993).
39. *Ikebe, K.*: Daily intake of metals by females in Osaka, Japan. Bull. Environm. Contam. Toxicol. **49,** 509–513 (1992).
40. *Elmadfa, I.* und *Leitzmann, C.*: Ernährung des Menschen. Verlag E. Ulmer, Stuttgart 1988.
41. *Friberg, L., Nordberg, C.F.* and *Vouk, V.B.*: Handbook on the toxicology of metals, Vol. 2, pp. 211–232. Elsevier, Amsterdam, New York, Oxford 1986.

42. *Hapke, H.-J.:* Toxikologie der Spurenelemente. In: Wolfram, G. und Kirchgessner, M., Spurenelemente und Ernährung, S. 197–206. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1990.
43. *Anonym*: Epidemic cardiac failure in beer drinkers. Nutr. Rev. **26**, 173–174 (1968).
44. *Zimmerli, B.* und *Schlatter, J.*: BAG, unveröffentlichte Ergebnisse, 1994
45. *Schlettwein-Gsell, D.* und *Seiler, H.*: Analysen und Berechnungen des Gehaltes der Nahrung an Kalium, Natrium, Calcium, Eisen, Magnesium, Kupfer, Zink, Nickel, Cobalt, Chrom, Mangan und Vanadium in Altersheimen und Familien. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **63**, 188–206 (1972).
46. *Rham, O. de*: Obtention des chiffres de consommation en nutriments. In: Stähelin, H.B., Lüthy, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R. (Hrsg.), Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 41–47. EDMZ, Bern 1991.
47. *Mertz, W.*: Chromium in human nutrition: a review. J. Nutr. **123**, 626–633 (1993).
48. *Offenbacher, E.G.* and *Pi-Sunyer, F.X.*: Chromium in human nutrition. Ann. Rev. Nutr. **8**, 543–563 (1988).
49. *Bergmann, K.E.* und *Bergmann, R.L.*: Die Bedeutung des Spurenelementes Chrom für die Gesundheit des Menschen. In: Wolfram, G. und Kirchgessner, M., Spurenelemente und Ernährung, S. 135–149. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1990.
50. *Cornelis, R.* and *Wallaeys, B.*: Chromium revisited. In: Brätter, P. and Schrammel, P. (eds.), Trace element – analytical chemistry in medicine and biology, Vol. 3, p. 219–233. W. de Gruyter, Berlin, New York 1984.
51. *Simonoff, M., Shapcott, D., Alameddine, S., Sutter-Dub, M.T.* and *Simonoff, G.*: The isolation of glucose tolerance factors from brewer's yeast and their relation to chromium. Biol. Trace Elem. Res. **32**, 25–38 (1992).
52. *Uusitupa, M.I.J., Mykkänen, L., Siitonen, O., Laakso, M., Sarlund, H., Kolehmainen, P., Räsänen, T., Kumpulainen, J.* and *Pyörälä, K.*: Chromium supplementation in impaired glucose tolerance of elderly: effects on blood glucose, plasma insulin, C-peptide and lipid levels. Br. J. Nutr. **68**, 209–216 (1992).
53. *Littlefield, D.*: Chromium decreases blood glucose in a patient with diabetes. J. Am. Dietet. Ass. **94**, 1368 (1994).
54. *Hermann, J., Arquitt, A.* and *Stoecker, B.:* Effects of chromium supplementation on plasma lipids, apolipoproteins, and glucose in elderly subjects. Nutr. Res. **14**, 671–674 (1994).
55. *Offenbacher, E.G., Spencer, H., Dowling, H.J.* and *Pi-Sunyer, F.X.*: Metabolic chromium balances in men. Am. J. Clin. Nutr. **44**, 77–82 (1986).
56. *Gargas, M.L., Norton, R.L., Panstenbach, D.I.* and *Finley, B.L.*: Urinary excretion of chromium by humans following ingestion of chromium picolinate. Implications for biomonitoring. Drug Metab. Dispos. **22**, 522–529 (1994).
57. *Anderson, R.A., Bryden, N.A., Polansky, M.M.* and *Reiser, S.*: Urinary chromium excretion and insulinogenic properties of carbohydrates. Am. J. Clin. Nutr. **51**, 864–868 (1990).
58. *Burg, R. von* and *Liu, D.*: Toxicology update. Chromium and hexavalent chromium. J. Appl. Toxicol. **13**, 225–230 (1993).
59. *Farre, R.* and *Lagarda, M.J.:* Chromium content in foods. J. Micronutr. Anal. **2**, 201–209 (1986).
60. *Schoor, O.O. van* and *Deelstra, H.*: The influence of home preparation and eating habits on daily chromium intake. In: Brätter, P. and Schrammel, P. (eds.), Trace element – analytical chemistry in medicine and biology, Vol. 4, p. 165–168. W. de Gruyter, Berlin, New York 1987.

61. *Anonym*: Clinical nutrition cases. Is chromium esssential for humans? Nutr. Rev. **46**, 17–20 (1988).
62. *Kumpulainen, J.*: Infant requirement of chromium calculated from human milk chromium content. In: Schaub, J. (ed.), Composition and physiological properties of human milk, p. 105–115. Elsevier Science Publ., Amsterdam 1985.

Dr. Bernhard Zimmerli
Bundesamt für Gesundheitswesen
Abteilung Lebensmittelwissenschaft
Postfach
CH-3000 Bern 14