

SELENVERSORGUNG DER SCHWEIZERISCHEN BEVÖLKERUNG

Bernhard Zimmerli, Max Haldimann, Robert Sieber

ZUSAMMENFASSUNG

In der Schweiz sind die natürlichen Umweltbedingungen für eine ausreichende Versorgung der Bevölkerung mit dem essentiellen Spurenelement Selen ungünstig. Eingehende Untersuchungen über die Selengehalte von Getreide, Brot und Mehlen wie auch von menschlichen Blutplasmen haben aber gezeigt, dass die schweizerische Bevölkerung derzeit ausreichend mit Selen versorgt ist. Ausgenommen sind Gruppen mit speziellen Ernährungsgewohnheiten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass selenreicher nordamerikanischer Weizen in der Lebensmittelverarbeitung verwendet wird und dass dem Nutztierfutter aus Gründen der Tiergesundheit Selen zugesetzt wird. Da sich je nach Herkunft des Weizens und den Fütterungsgepflogenheiten die Situation jederzeit ändern kann, muss die Entwicklung der Selenversorgung aufmerksam verfolgt werden.

Selen wurde im Vergleich zu anderen Spurenelementen wie beispielsweise Jod erst relativ spät, Ende der 50er Jahre, als ein für verschiedene Nutztiere essentielles Spurenelement erkannt*. Vorher stand vor allem seine Toxizität im Vordergrund (2 bis 4). Die Selengehalte der Pflanzen werden durch jene der Böden (diese durch den geologischen Untergrund) sowie der biologischen Verfügbarkeit des Selens bestimmt (z.B. Selenat > Selenit). Auf schweizerischen Böden gewachsenen Pflanzen betragen die Konzentrationen typischerweise 0,01 bis 0,05 µg/g Trockenmasse (TM) (5 bis 8)). Je nach den natürlichen Selenkonzentrationen im Futter werden weltweit bei Nutztieren entweder Mangel oder Vergiftungen beobachtet.

Die schweizerische Landwirtschaft hat sich seit Anfang der 80er Jahre mit verschiedenen Aspekten der Selenproblematik auseinandergesetzt: beispielsweise mit durch Selenmangel verursachten Krankheiten, mit der Versorgung der Milchkühe während der Winterfütterung, mit der Verwertbarkeit von in Pflanzen vorkommendem organischem Selen im Vergleich zu Kraftfutter zugesetztem anorganischem Na-Selenit, mit dem Vorkommen von Selen in Pflanzen sowie Versuchen über den Zusatz von Selen in Düngern. So wurde beispielsweise in schweizerischem Dürrfutter, Grünfutter und Grassilage festgestellt, dass 85 Prozent der Wiesenfutter zu wenig Selen für eine optimale Versorgung der Tiere enthielten (5, 7, 8).

In bezug auf die menschliche Ernährung wurden, initiiert durch das Bundesamt für Gesundheit, zum Thema Selen entspre-

* Eine umfassende Übersicht über den Status der schweizerischen Bevölkerung an Selen findet sich in Zimmerli et al. (1).

chende schweizerische Messungen zur Zufuhrmenge von Kleinkindern und Erwachsenen erstmals 1982 (9) und 1987 (10, 11) veröffentlicht. Die Frage der Selenzufuhr wurde auch im Zweiten und Dritten Schweizerischen Ernährungsbericht behandelt (12, 13). Untersuchungen über die Selenkonzentrationen im menschlichen Serum bzw. Plasma der schweizerischen Bevölkerung stammen aus den Jahren 1986 (14), 1991 (15) und 1996 (16). In der Folge hat sich das Bundesamt für Gesundheit verschiedentlich zur Selenversorgung geäußert (17, 18).

Biologische Wirkung, Bedarf und Toxizität

Wie in der Einleitung erwähnt, liessen sich verschiedene Erkrankungen von Nutztieren mit einem Selenmangel verknüpfen. Die heute am besten dokumentierte biologische Wirkung von Selen im menschlichen Organismus ist jene als Antioxidans, wobei die Wirkungen von Selen und Vitamin E eng miteinander verknüpft sind. Als Selenocystein, dessen Synthese im Genom festgelegt ist, stellt Selen einen Bestandteil von mindestens 13 Proteinen (2) dar, wie beispielsweise den selenabhängigen Glutathionperoxidasen (GSH-Px), welche den Abbau endogener, oxidativ wirkender Spezies katalysieren. Viele Funktionen des Selens im Körper sind aber noch nicht aufgeklärt. In Ratten wurden beispielsweise rund 30 selenhaltige Proteine nachgewiesen, deren Funktionen noch weitgehend unbekannt sind (2).

Basierend auf einer chinesischen Supplementierungsstudie mit D,L-Selenomethionin wurde in den USA eine empfohlene tägliche Selenzufuhrmenge (RDA) von 0,87 µg/kg Körpermasse (KM) vorgeschlagen, entsprechend 55 µg/Tag für weibliche und 70 µg/Tag für männliche Erwachsene,

als Hauptkriterium diente die Sättigung der Plasma-Glutathion-Peroxidase-Aktivität (19). Die in den USA empfohlenen täglichen Zufuhrmengen entsprechen mittleren Selenkonzentrationen im Blutplasma oder -serum von schätzungsweise 85 ng/ml bei Frauen und 100 ng/ml bei Männern, sofern es in Form von natürlichem (= organischem) Selen in der Nahrung vorhanden ist. Von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (20) werden als Schätzwert für eine angemessene Zufuhr für Jugendliche und Erwachsene 20 bis 100 µg/Tag angegeben. Die englischen Referenzwerte (21) liegen für Männer ab 19 Jahren bei 75 µg/Tag und für Frauen ab 15 Jahren bei 60 µg/Tag. Im Hinblick auf eine adäquate und sichere Selenzufuhr wird zudem in den nordischen Ländern empfohlen, dass mindestens 30 der total 90 bis 100 µg/Tag aus Lebensmitteln tierischer Herkunft stammen sollten, da das Selen, aus dieser Quelle (Selenocystein) zugeführt, sich im menschlichen Organismus weniger stark anreichert als in Form von Selenomethionin, das vorwiegend in Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft enthalten ist (3).

In selenarmen Gegenden Chinas (Keshan-Krankheit) enthielt das Blutserum Selenkonzentrationen von weniger als 10 ng/ml, entsprechend einer täglichen Zufuhrmenge von 5 bis 10 µg pro Mensch (3, 22). Eine knappe Selenversorgung wird derzeit mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen (23) und dem häufigeren Auftreten von Tumoren (24) assoziiert. Von verschiedenen Autoren werden im Hinblick auf eine sinnvolle Prävention tägliche Zufuhrmengen von 200 bis 400 µg Selen pro Person empfohlen, entsprechend etwa 0,5 bis 1,0 µg/g TM in der Gesamtdiät, bzw. rund 5 µg/g KM/Tag.

Selen wirkt in höheren Dosen toxisch, wobei zwischen der empfohlenen Menge

und der Konzentration, die bereits toxisch wirkt, nur ein enger Bereich besteht (3, 25). Chronische Vergiftungen durch natürliches Selen wurden beim Menschen in gewissen Gegenden Chinas bei einer mittleren täglichen Zufuhrmenge von 5 mg (Bereich 3,2 bis 6,7 mg) beobachtet, nicht jedoch bei einer solchen von 750 µg (Bereich 240 bis 1510 µg). 1991 wurde von der EPA, basierend auf diesen Daten, ein Wert von 5 µg/kg KM/Tag als maximal tolerierbare Dosis vorgeschlagen (26).

Lebensmittel

Übersicht

Da die Selenkonzentration der Lebensmittel pflanzlicher Herkunft primär durch jene der Böden und solche tierischer Herkunft durch Art und Herkunft der Futtermittel sowie der Futterzusätze bestimmt ist, können für Zufuhrschätzungen keine ausländischen Daten verwendet werden. So ergab eine auf solchen Daten beruhende Berechnung im Zweiten Schweizerischen Ernährungsbericht eine minimale mittlere tägliche Selenzufuhr von 150 µg/Person (12). Wie nachstehend dargelegt wird, ist diese Schätzung um mindestens einen Faktor zwei zu hoch.

In 40 Proben von Tagesrationen (Frühstück, Mittag- und Nachtessen, ohne Zwischenverpflegungen), die im Jahre 1983 (Jan./Febr.) in vier Verpflegungsbetrieben Berns (Restaurant, Spital, vegetarisches Restaurant, Rekrutenschule) an je zehn aneinanderfolgenden Tagen erhoben worden waren, fanden sich Selenmengen von 30 bis 135 µg. Im Mittel der vier Betriebe ergibt sich eine durchschnittliche Tageszufuhr für Männer von 71 µg (7,5 µg/MJ) bzw. von 55 µg für Frauen (25). Bereits die erste Auswertung dieser Daten zeigte, dass Teigwaren aus nordamerikanischem Hartweizen (siehe auch Tabelle 1) einen wichtigen

Beitrag zur Selenversorgung lieferten (11). Später erwies sich auch, dass die Beimischung von entsprechendem Weichweizen (damals ca. 35 Prozent) zum schweizerischen Brotgetreide massgeblich zur Selenversorgung beitrug (6, 25). Rein lacto-ovo-vegetarische Tagesrationen ohne Teigwaren ergaben im Mittel mit 45 µg/Tag (n=9) einen deutlich tieferen Mittelwert als die gemischte Kost (11, 25). Diese Menge kann mindestens zur Hälfte dem Brotanteil zugeschrieben werden (25).

Innerhalb der Schweiz zeigen Pflanzen in der Westschweiz wie auch im Tessin aus regional eng beschränkten Gebieten teilweise stark unterschiedliche Selengehalte (5, 6, 27, 28). Schweizerische Zahlen zu einzelnen Lebensmitteln sind zur Zeit erst beschränkt verfügbar (6, 9, 29 bis 31). Tabelle 1 gibt eine vorläufige Übersicht über entsprechende Messungen an Lebensmitteln des schweizerischen Marktes, vorwiegend an Proben aus den Jahren 1995/96.

Werden Cerealien nordamerikanischer Herkunft sowie Paranüsse und Pilze ausgeklammert, so gilt für den Beitrag von Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft, dass dieser sehr viel geringer ist als jener durch Lebensmittel tierischer Herkunft wie Fleisch, Eier (inklusive Meerfische und Meeresfrüchte) sowie eventuell Milchprodukte, falls die entsprechenden Verzehrsmengen mitberücksichtigt werden.

Lebensmittel tierischer Herkunft

In den verschiedenen Muskelfleischarten ergibt sich für die mittlere Selenkonzentration folgende absteigende Reihenfolge: Geflügel > Schwein > Kalb und Rind (Tabelle 1) und bezüglich der Organe für Kälber: Niere > Leber > Muskel. Wird von einer mittleren natürlichen Selenkonzentration im Futter von rund 30 bis 50 ng/g TM ausgegangen, sollte sich beispielsweise im

Tabelle 1
Selenkonzentration in Lebensmitteln des Schweizer Marktes (1995 bis 1997) bezogen auf die Trockenmasse (6, 30, 31)

Lebensmittel	n	Selenkonzentration (ng/g TM)	
		\bar{x}	Bereich
<i>Tierischer Herkunft</i>			
Schweinefleisch ¹⁾	7	382	279 – 502
Rindfleisch ¹⁾	11	266	153 – 359
Geflügel (Hühner) ¹⁾	9	675	376 – 1184
Kalbfleisch ¹⁾	7	229	120 – 528
Kalbsleber ¹⁾	17	1112	466 – 1721
Kalbsnieren	17	4365	3814 – 5086
Eier (CH) ²⁾	10	942	723 – 1105
Milch ³⁾	13	98	60 – 133
<i>Pflanzlicher Herkunft</i>			
Brot/Mehl ¹⁾	23	77	18 – 139
Brot/Mehl, Bio ⁴⁾	8	182	15 – 499
Back- und Dauerbackwaren	41	57	8 – 113
Teigwaren CH	30	793	370 – 1290
Teigwaren Import	6	210	70 – 500
Reis (USA, Indien)	4	196	164 – 225
Reis (übrige)	6	37	21 – 68
Zuchtchampignon	29	2550	1300 – 5740
Spargelspitzen (Import)	4	161	34 – 365

n = Anzahl untersuchter Proben; \bar{x} = arithmetischer Mittelwert

¹⁾ ohne Produkte mit Bezeichnungen wie z.B. «Bio» oder «Natura»

²⁾ inbegriffen Produkte mit Bezeichnungen wie z.B. «Bio» oder «Natura»

³⁾ Rohmilch, pasteurisierte Vollmilch, upeirisierte Vollmilch, Magermilch (Probenahme Januar/Februar 1997)

⁴⁾ teilweise aus nordamerikanischem Weizen (gemäss Deklaration)

Rindfleisch eine Selenkonzentration von im Mittel maximal etwa 100 ng/g TM ergeben (3). In zwei Proben mit den Bezeichnungen «Bio» bzw. «Natura» wurden tatsächlich Werte in diesem Bereich gemessen: 52 bzw. 87 ng/g TM, ebenso in einer entsprechenden Kalbfleischprobe: 75 ng/g (30). Obwohl bis jetzt nur sehr wenige «Bio»-Proben untersucht wurden (Geflügel: 1 von

10, Kalb: 1 von 8, Rind: 2 von 13 und Schwein: 3 von 10), ergaben sich nur bei Rind- und Kalbfleisch Hinweise auf eine tiefere Selenkonzentration als in Produkten konventioneller Herkunft. Bei einer Selenkonzentration im Fleisch von mehr als 50 bis 100 ng/g TM stammt das Selen folglich entweder aus Futterzusätzen, Injektionen oder Boli bzw. aus ausländischem (nord-

amerikanischem) selenreichem Kraftfutter (vermutlich selten).

Getreide

Schweizerische Weizenkörner enthalten, entsprechend den Produktionsmengen gewichtet, nur 33 ng Selen/g TM (6). Die demgegenüber höhere mittlere Selenkonzentration in Weizenprodukten von rund 60 ng/g TM in Back- und Dauerbackwaren und bis zu maximal rund 1300 ng/g TM in Teigwaren (Tabelle 1) ist auf die Verwendung von ausländischem Weizen, vor allem solchem aus selenreichen, niederschlagsarmen Gebieten Nordamerikas (Great Plains) zurückzuführen (11, 25).

In den Jahren 1988 und 1990 wurden aus den Weizenhauptanbaugebieten der Schweiz 108 Mischproben aus Getreidesammelstellen und aus den weniger bedeutenden Anbaugebieten 31 Weizenproben (Einzelproben ab Produzent) gezogen und auf Selen untersucht (6). Die Konzentrationswerte aller Proben entsprechen einer logarithmisch-normalen Verteilung. Für den mit der Produktionsmenge gewichteten Wert ergab sich 33 ng/g TM. Proben mit erhöhten Konzentrationen stammten aus der Gegend von Thuis über Buchs im St. Galler Rheintal bis zum Bodensee, wo sich Werte von 70 bis 500 ng/g fanden. Im Vergleich dazu zeigten Weizenproben aus der Westschweiz (n = 244) und dem Tessin (n = 34) in guter Übereinstimmung eine mittlere Selenkonzentration von 22 bzw. 39 ng/g TM (28).

Die Selenkonzentration für verschiedene Mehle und Brote ist in Tabelle 2 aus zwei verschiedenen Untersuchungen zusammengestellt (6, 28). Sie zeigen für Brot und Mehle eine nahezu identische mittlere Selenkonzentration. Für die Selenkonzentration im Brot spielt demnach der Ausmahlungsgrad des Getreides nur eine untergeordnete Rolle, dies im Gegensatz etwa zu

Zink und Kupfer, die im Vollkorn- oder Ruchbrot in deutlich höheren Konzentrationen vorliegen als im Weissbrot (32).

Aus den vorliegenden Daten über die Importanteile, der gemessenen Konzentration für Mehle und Brote sowie der mittleren Konzentration von schweizerischem Getreide von rund 30 ng/g lässt sich eine mittlere Selenkonzentration für den seit 1982 aus Nordamerika importierten Weichweizen von 870 ± 185 ng/g TM berechnen. Für total acht nordamerikanische Weich- und Hartweizenproben ergab sich in guter Übereinstimmung dazu ein Mittelwert von rund 910 ng/g (Bereich 400 bis 2740 ng/g) (6).

Schweizerische Teigwaren von 1988 (n = 27) wiesen 790 ± 240 ng/g TM (33), solche aus den Jahren 1992/93 (n = 12) 850 ± 274 ng/g TM (28) und aus den Jahren 1995/96 (n = 3) 820 ± 150 ng/g TM (6) auf. Die Selengehalte in schweizerischen Teigwaren sind der Verwendung von aus nordamerikanischem Hartweizen hergestelltem Weizengriess zuzuschreiben. Die in der Studie der Tagesrationen bei lacto-ovo-vegetarischer Ernährung (ohne Teigwaren) geschätzte mittlere tägliche Zufuhr von 45 μ g/Person (25) lässt sich somit durch den täglichen Verzehr von rund 50 g trockener Teigwaren schweizerischer Produktion auf 85 μ g/Person fast verdoppeln.

Eine Abschätzung der Pro-Kopf-Selenzufuhr durch die Weizenprodukte Brot, Backwaren, Dauerbackwaren und Teigwaren (ohne Berücksichtigung allfällig veränderter Verzehrsmengen und gewissen Annahmen zu den Selenkonzentrationen) ergibt für 1995/96 einen Wert von 28,2 (1983/84: 35,8) μ g/Person und Tag (6) und zeigt im Vergleich zum empfohlenen Bedarf des amerikanischen National Research Council von 70 μ g für Männer und von 55 μ g für Frauen die grosse Bedeutung der Weizenprodukte für die Selenzufuhr in der Schweiz

Tabelle 2

Selenkonzentration in schweizerischen Mehlen und Broten, bezogen auf die Trockenmasse (6)

Proben aus verschiedenen Jahren	n	Selenkonzentration (ng/g TM)		
		$\bar{x} \pm s$	\tilde{x}	Bereich
<i>Mehl ab Mühle 1983/84</i>				
Weiss	M ¹	209	–	–
Halbweiss	M ¹	179	–	–
Ruch	M ¹	240	–	–
<i>Brot 1988/89</i>				
Weiss	18	163 ± 120	130	57 – 584
Halbweiss	19	164 ± 79	148	68 – 362
Ruch	20	194 ± 88	177	80 – 405
<i>Kommerzielles Mehl 1993</i>				
Halbweiss	1	86	–	–
Ruch	5	122 ± 26	107	90 – 172
<i>Brot 1993</i>				
Weiss	2	114	114	92 – 135
Halbweiss	5	89 ± 31	99	44 – 125
Ruch	12	129 ± 54	116	55 – 247
<i>Kommerzielles Mehl 1995</i>				
Weiss	3	23 ± 4	25	18 – 25
Halbweiss	1	86	–	–
Ruch	3	73 ± 12	72	61 – 86
«Biomehl» ²	3	263 ± 241	274	15 – 499
<i>Brot 1995/96</i>				
Weiss	2	64	64	63 – 65
Halbweiss	7	94 ± 21	91	68 – 118
Ruch	9	91 ± 22	84	67 – 139
«Biobrot» ²	5	134 ± 87	169	22 – 222
Brot 1992–1993 ³	36	105 ± 31	–	28 – 184

n = Anzahl untersuchter Proben \bar{x} = arithmetischer Mittelwert; s = Standardabweichung; \tilde{x} = Median

¹ Die Mischproben wurden aus jeweils 20 Mehlproben von Brotgetreidemöhlen hergestellt.

² Der Ausgangsweizen stammt aus biologisch kontrolliertem Anbau, gemäss Deklaration z. T. auch aus Nordamerika.

³ zum Vergleich Werte von Quinche (28)

auf. Falls keinerlei Weizenimporte erfolgen würden, müsste mit einem Beitrag von Cerealien aus schweizerischem Anbau zur täglichen Zufuhr von nur 5 µg/Person gerechnet werden (6, 25). Unter diesen Umständen würde die mittlere tägliche Selenzufuhr von Lacto-ovo-vegetariern nur noch 20 bis 30 µg betragen, was aber mindestens der doppelten Menge entspricht, welche die Keshankrankheit vermeidet, und auch in Neuseeland lange Zeit üblich war.

Konzentrationen im Serum oder Plasma

Einen besseren Aufschluss über den Selenstatus eines Kollektivs als die Analyse der Selenkonzentration von Lebensmitteln und der aus dem Verzehr solcher Lebensmittel berechneten Selenaufnahme kann die Bestimmung des Selen im Vollblut, Serum oder Plasma (im allgemeinen identisch) geben. Mittlere Blutplasma- oder Serumselenkonzentrationen von 85 ng/ml bei Frauen und 100 ng/ml bei Männern werden im allgemeinen als für ein Kollektiv ausreichend eingestuft.

Entsprechende Daten zum Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung liegen nur wenige vom Anfang (14) und Ende (15) der 80er sowie Anfang der 90er Jahre (16) vor, die auf eine, gemäss den heutigen Erkenntnissen ausreichende Selenversorgung hinweisen (Tabelle 3). Dagegen waren 1988 nach Vermes (zitiert nach 16) die Selenkonzentrationen im Plasma von Tessiner Männern und Frauen deutlich niedriger. Dabei handelt es sich um eher ältere Personen, und es ist bekannt, dass die Selenkonzentration im menschlichen Serum infolge veränderter Ernährungsgewohnheiten mit steigendem Alter abnimmt (34). Hinweise über die mittlere Selenversorgung in der Schweiz geben auch Untersuchungen der Selenkonzentration von Zehennägeln (35).

Die entsprechenden Medianwerte für Männer (mittleres Alter ca. 55 Jahre) aus Zürich lagen 1991/92 mit 0,55 bis 0,61 µg/g um etwa 5 bis 35 Prozent über jenen aus Berlin, Zeist, Granada, Malaga und Edinburgh. Aus diesen Medianwerten lässt sich unter Annahme gewisser Parameter und mittels einer anhand epidemiologischer Daten abgeleiteten Beziehung (36) eine tägliche mittlere Selenzufuhrmenge von 68 bis 75 µg berechnen. Diese Werte sind in exzellenter Übereinstimmung mit der 1983 aus den Tagesrationen ermittelten Zufuhr für Männer von 71 µg (10, 25).

Eine Übersicht über neueste, durch das Bundesamt für Gesundheit initiierte (17) schweizerische Messungen im Blutserum gibt ebenfalls Tabelle 3. Auffallend sind die statistisch signifikanten Unterschiede der Mittelwerte zwischen Männern und Frauen von rund 8 ng/ml sowie jene, zum Teil zwar nicht signifikanten, zwischen verschiedenen Volksgruppen, die durch unterschiedliche Verzehrsgewohnheiten bedingt sein dürften (16). Obwohl aus verschiedenen Regionen nur eine sehr beschränkte Probenzahl vorlag, scheinen die Konzentrationswerte jeweils normal verteilt zu sein wie auch jene für das gesamte Kollektiv. Jene aus dem Tessin gehörten mit rund 98 ng/ml (im Mittel der Geschlechter) zu den höchsten gemessenen der Altersgruppe 20 bis 40 Jahre. Ausnahmen bildeten Bewohner der Städte Genf und Chur (Daten sind in Tabelle 3 nicht enthalten) mit 79,8 und 78,4 ng/ml sowie des Münstertales und des unteren Wallis mit 85,4 und 83,0 ng/ml. Frauen der Stadt Genf stechen jedoch mit einem Medianwert von 67,2 ng/ml deutlich hervor (16).

Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass ein Teil der Genfer Bevölkerung regelmässig Lebensmittel im benachbarten Frankreich einkauft oder dort verzehrt. Ähnliche Befunde könnten daher auch in anderen

Tabelle 3
Selenkonzentration im Serum gesunder Personen aus verschiedenen Regionen der Schweiz

Region	Jahr	Alter	Pro- banden	Material	n	Selenkonzentration (ng/ml)		Lit.
						\bar{x}	s	
<i>Ältere Untersuchungen</i>								
Bern	1982	40-49	m	Plasma	220	103	13	(14)
Bern	1985	19-46	w	Serum	10	93	8	(16)
Zürich	1986	20-60	m	Serum	50	84	15	(15)
			w	Serum	50	96	20	
		60-100	m	Serum	38	87	25	
			w	Serum	65	88	27	
Tessin	1988	23-95	w	Plasma	104	75	15	(16)
		20-92	m	Plasma	179	78	15	
<i>Neuere Untersuchungen</i>								
Romandie	1993	20-40	m	Serum	88	93	12	(16)
			w		81	90	14	
Genf	1993	20-40	m		32	87	15	(16)
			w		15	64	14	
Deutschschweiz	1993	20-40	m		137	87	14	(16)
			w		75	88	12	
Zürich (Stadt) ¹	1993	20-40	m		10	102	8	(16)
			w		5	98	11	
Bern (Stadt)	1993	20-40	m		25	94	10	(16)
			w		9	84	8	
Tessin	1993	20-40	m		72	101	13	(16)
			w		44	92	15	
Romanisch-Bünden	1993	20-40	m		58	96	12	(16)
			w		28	88	13	
Schweiz gesamt	1993	20-40	m		387	96	13	(16)
			w		243	88	14	

n = Anzahl untersuchter Personen m = männlich; w = weiblich

\bar{x} = Mittelwert; s = Standardabweichung

¹ Studenten der ETHZ und Universität Zürich

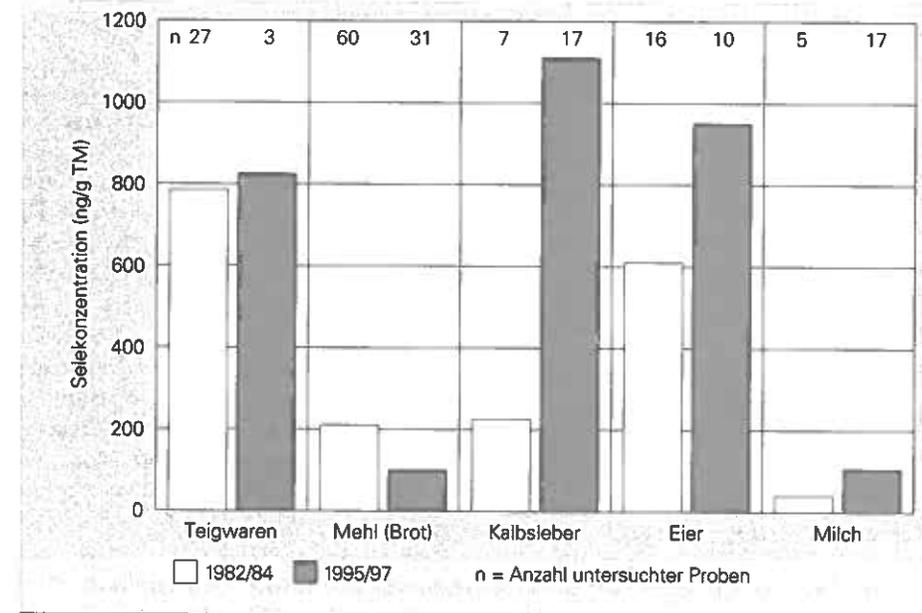
grenznahen schweizerischen Ortschaften erwartet werden.

Zeitliche Veränderungen

Immer wieder wird behauptet, dass

die Selenkonzentration von Lebensmitteln im Laufe der letzten Jahrzehnte infolge der «modernen» Landwirtschaft abgenommen haben. Beim Vergleich von archivierten schweizerischen Weizenkörnerproben aus

Abbildung 1
Zeitliche Veränderungen der mittleren Selenkonzentration (arithmetischer Mittelwert) einiger Lebensmittel zwischen 1982/84 und 1995/97 (6, 9, 29, 30)



den Jahren 1920 bis 1950 mit solchen aus dem Jahre 1989 konnte jedoch keine Abnahme der Selenkonzentration festgestellt werden. Viel eher deuten die Messwerte im Mittel auf eine Zunahme in diesem Zeitraum hin (6).

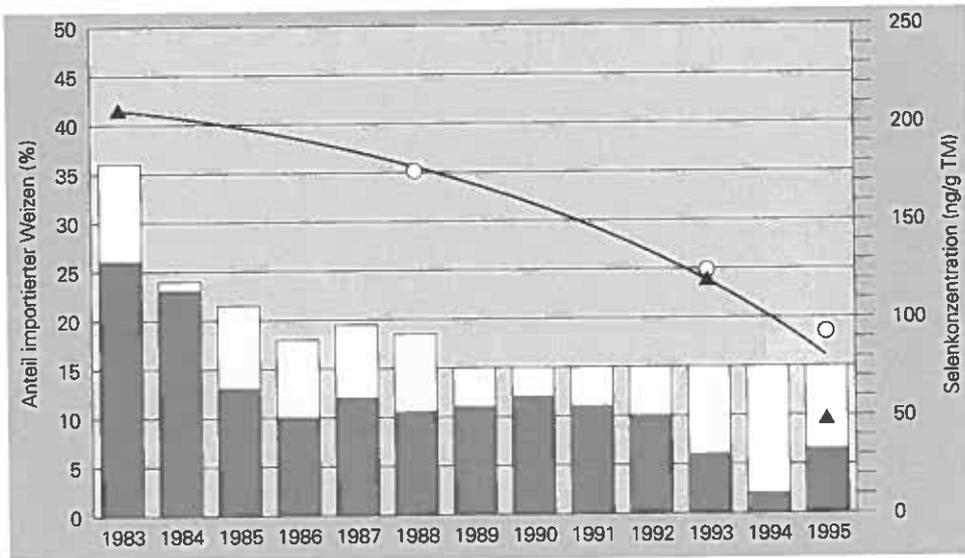
Wenn die Selenkonzentration verschiedener Lebensmittel im Verlauf der letzten 15 Jahre miteinander verglichen werden, zeigt sich ein deutlicher Anstieg bei einzelnen Lebensmitteln (Abbildung 1). Obwohl keine Messungen von Anfang der 80er Jahre vorliegen, darf angenommen werden, dass auch die Selenkonzentration im Rind- und Schweinefleisch heute höher ist als früher. Ein Anstieg zeigt sich auch deutlich in den Resultaten der Milchuntersuchungen. Tatsächlich ist die Häufigkeit von Selenzusät-

zen zu Futtermitteln im allgemeinen in den letzten 15 Jahren deutlich angestiegen. Weniger stark verändert haben sich demgegenüber die Selengehalte der in der Schweiz produzierten Teigwaren (Abbildung 1).

Dagegen hat in Mehl und Brot die mittlere Selenkonzentration von 1983 bis 1995/96 stetig abgenommen (6) (Tabelle 2, Abbildungen 1 und 2). Diese Abnahme ist auf die in den letzten Jahren angestiegene Eigenproduktion von Brotgetreide und der dadurch verminderten Importe sowie der teilweisen Berücksichtigung von Lieferanten aus anderen Ländern als Nordamerika (z.B. Frankreich, Saudi-Arabien) zurückzuführen (6). Die Verhältnisse bei den Teigwaren lassen vermuten, dass sich die Gepflogenheiten der schweizerischen Teig-

Abbildung 2

Anteil importierter Weizen am Gesamtverbrauch von «Brotgetreide»¹⁾ und daraus abgeleitet die zeitliche Veränderung der Selenkonzentration in Mehl (▲) und Brot (○)²⁾



¹⁾ Der orange gefärbte Anteil bezeichnet den Beitrag des Weizens ohne Hartweizen aus Nordamerika.

²⁾ Die Verlaufslinie wurde durch die mit der Anzahl Proben gewichteten Mittelwerte für Mehl und Brot gezogen.

warenproduzenten im betrachteten Zeitraum zwischen 1988 und 1996 nicht verändert haben (Abbildung 1). Andererseits besteht heute eine Tendenz vermutlich aus Kostengründen zu steigenden Importen. Da importierte Teigwaren deutlich geringere Selenkonzentrationen aufweisen (Tabelle 1), dürfte bei weiter zunehmenden Importen der bedeutende Selenbeitrag dieser Lebensmittelkategorien zurückgehen (6).

Die im Plasma oder Serum nachgewiesene Selenkonzentration der schweizerischen Bevölkerung der letzten 15 Jahre deutet allerdings auf keine eindeutige zeitliche Veränderung hin (Tabelle 3). Wenn beispielsweise die Resultate für die Region Bern aus den Jahren 1982 und 1985 mit

denjenigen der Studie des Jahres 1993 verglichen werden, zeigt sich eine Abnahme, während für Zürich die Resultate der Jahre 1986 und 1993 das Umgekehrte aussagen. Auch die Selenkonzentration im Plasma von Personen im Kanton Tessin haben sich zwischen 1988 und 1993 erhöht. Gegen diese Vergleiche ist einzuwenden, dass es sich nicht um dieselben Kollektive und um andere Altersgruppen handelt. Die Daten insgesamt deuten darauf hin, dass sich der Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung in den letzten 10 bis 15 Jahren, wenn überhaupt, nur unwesentlich verändert hat. Die in diesem Zeitraum angestiegenen Konzentrationen in Lebensmitteln tierischer Herkunft und die gesunkenen in

Mehl und Brot haben sich offenbar gegenseitig kompensiert.

Schlussfolgerung

Die vorliegenden Daten zeigen, dass die Selenversorgung der schweizerischen Bevölkerung, ausgenommen bei speziellen Ernährungsgewohnheiten, als ausreichend bezeichnet werden kann. Sie scheint zudem besser zu sein als im angrenzenden Ausland. Zudem gibt es keine Hinweise, dass sich der Selenstatus in den letzten 10 bis 15 Jahren verändert hat. Obwohl der Selengehalt von Brot deutlich abgenommen hat, ist offensichtlich die Selenzufuhr durch einen höheren Selengehalt der Lebensmittel tierischer Herkunft ausgeglichen worden.

Die derzeit ins Gewicht fallenden Beiträge zur Selenversorgung entfallen auf die Gruppen Lebensmittel tierischer Herkunft und Produkte auf Weizenbasis. Das in Lebensmitteln tierischer Herkunft enthaltene Selen stammt vermutlich grösstenteils aus Futterzusätzen von Selenit und jenes in Weizenprodukten mit Sicherheit aus der Verwendung von selenreichem Weizen aus Nordamerika. Wie vorstehend gezeigt wurde, ist dieser letztere Beitrag zeitlichen Schwankungen unterworfen und nicht gesichert.

Aus diesen Überlegungen sollte die Entwicklung der Selenversorgung im Auge behalten werden, beispielsweise durch periodische Blutuntersuchungen, und allfällige Gegenmassnahmen frühzeitig geprüft werden, die einer allfälligen Verminderung der Selenversorgung der schweizerischen Bevölkerung entgegenwirken könnten.

Zudem ist im Hinblick auf den Aufbau einer schweizerischen Nährwertdatenbank besser abgestütztes Zahlenmaterial über die in Lebensmitteln des Schweizer Marktes vorkommenden Selenkonzentrationen zu beschaffen.

Literatur

- Zimmerli B, Haldimann M, Sieber R. Selenstatus der schweizerischen Bevölkerung: 1. Biologische Wirkungen, Bedarf und Toxizität von Selen. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 1997; 88: 732–754, Teile 2 und 3 in Vorbereitung.
- Arthur JR, Beckett GJ. New metabolic roles for selenium. Proc. Nutr. Soc. 1994; 53: 615–624.
- Frosli A (ed). Problems on selenium in animal nutrition. Norw. J. Agric. Sci. Suppl. No. 11, 1993.
- Underwood EJ. Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press, New York, 1956, p. 344–369.
- Stünzi H. Selenmangel? Untersuchungen zum Selenstatus des Wiesenfutters. Landwirtschaft Schweiz 1989; 2: 437–441.
- Haldimann M, Dufossé K, Zimmerli B. Vorkommen von Selen in schweizerischen Cerealien. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 1996; 87: 267–295.
- Quinche J-P. Teneurs en quelques macro- et oligo-éléments des grains des variétés de blé d'automne Arina et Zénith. Schweiz. Landw. Forsch. 1990; 29: 169–176.
- Dvorak V, Sechovic J, Bovet FH. Troubles de la fertilité chez les bovins et teneurs en sélénium des fourrages. Revue suisse Agric. 1981; 13: 103–109.
- Erard M, Miserez A, Zimmerli B. Exposition des nourrissons au plomb, cadmium, zinc et sélénium de provenance alimentaire. Trav. chim. aliment. hyg. 1982; 73: 394–411.
- Wytenbach A, Bajo S, Tobler L, Zimmerli B. The concentration of 19 trace elements in the Swiss diet. In Brätter P, Schramel P. Trace element – analytical chemistry in medicine and biology. W. de Gruyter, Berlin – New York, 1987, 169–178.
- Zimmerli B, Wytenbach A. Selenium intake of the Swiss population. Preliminary results. In Nève J, Favier A (eds.), Selenium in medicine and biology. Proc. 2nd Int. Congress on trace elements in medicine and biology. Berlin, New York, W. de Gruyter, 1989; 11–14.
- Kieffer F. Verbrauch an Mineralstoffen und Spurenelementen. In Aebi H, Blumenthal A, Bohren-Hoerni M, Brubacher G, Frey U, Müller H-R, Ritzel G, Stransky M (eds): Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht, 1984: 81–88.
- Kieffer F, Sieber R. Angenäherter Verzehr an Mineralstoffen und Spurenelementen. In Stähelin HB, Lüthy J, Casabianca A, Monnier N, Müller H-R, Schutz Y, Sieber R (eds): Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern, 1991, 70–78.
- Gey KF. On the antioxidant hypothesis with regard to arteriosclerosis. Bibl. Nutr. Diet. 1986; 37: 53–91 und persönliche Mitteilungen, zitiert nach (16).

- 15 Forrer R, Gautschi K, Lutz H. Comparative determination of selenium in the serum of various animal species and humans by means of electrothermal atomic absorption spectrometry. *J.Trace Elem. Electrol. Health Dis.* 1991; 5: 101–113.
- 16 Haldimann M, Venner TY, Zimmerli B. Determination of selenium in the serum of healthy Swiss adults and correlation to dietary intake. *J.Trace Elem. Med. Biol.* 1996; 10: 31–45.
- 17 Anonym. Zur Selenversorgung der Bevölkerung. Bulletin des Bundesamtes für Gesundheitswesen Nr. 11 vom 25.3.1991, 160–163.
- 18 Anonym. Selenversorgung der Bevölkerung in der Schweiz. Besser als im Ausland, aber vom Ausland abhängig. Bulletin des Bundesamtes für Gesundheitswesen Nr. 42 vom 30.10.1995, 7–8.
- 19 National Research Council: Recommended Dietary Allowances, 10th edition. Washington, DC, National Academy of Science, 1989; 283.
- 20 Deutsche Gesellschaft für Ernährung: Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. 5. Überarbeitung 1991, 1. korrigierter Nachdruck 1992. Umschau Verlag, Frankfurt/Main (1991).
- 21 Department of Health: Dietary Reference Values for Food Energy and Nutrients for the United Kingdom. HMSO, London 1991.
- 22 Levander OA, Beck MA. Interacting nutritional and infectious etiologies of Keshan disease – insights from Coxsackie virus B-induced myocarditis in mice deficient in selenium or vitamin E. *Biol. Trace Elem. Res.* 1997; 56: 5–21.
- 23 Suadicani P, Hein HO, Gyntelberg F. Serum selenium concentration and risk of ischaemic heart disease in a prospective cohort study of 3000 males. *Atherosclerosis* 1992; 96: 33–42.
- 24 Virtamo J, Valkeila E, Alfthan G, Punsar S, Huttunen JK, Karvonen MJ. Serum selenium and risk of cancer. A prospective follow-up of nine years. *Cancer* 1987; 60: 145–148.
- 25 Zimmerli B, Tobler L, Bajo S, Wyttenbach A, Haldimann M, Sieber R. Untersuchungen von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. VII. Essentielle Spurenelemente: Iod und Selen. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* 1995; 86: 226–265.
- 26 Poirier KA. Summary of the deviation of the reference dose for selenium. In: Mertz W, Abernathy CO, Olin SS (eds): Risk assessment of essential elements, ILSI Press, Washington, 1994: 157–166.
- 27 Quinche J-P. Utilisation de la dent-de-lion (*Taraxacum officinale*) comme bioindicateur de sélénium en Suisse romande et au Tessin. *Revue suisse Agric.* 1988; 20: 229–232.
- 28 Quinche J-P. Le sélénium des blés cultivés en Suisse romande et au Tessin. *Revue suisse Agric.* 1994; 26: 109–113.
- 29 Varo P, Nuortamo M, Koivistoinen P. Selenium content of nonfat dry milk in various countries. *J. Dairy Sci.* 1984; 67: 2071–2074.
- 30 Haldimann M, Dufossé K, Mompart A, Zimmerli B. unveröffentlichte Resultate, 1995/97.
- 31 Haldimann M, Bajo C, Haller T, Venner T, Zimmerli B. Vorkommen von Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber und Selen in Zuchtpilzen. *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* 1996; 86, 463–484.
- 32 Knutti R, Andrey D, Beuggert H, Erard M, Guggisberg H, Wirz E, Zimmerli B. Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». III. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Mahlprodukten (Mehl und Kleie). *Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg.* 1989; 80: 363–386.
- 33 Erard M, Haldimann M, Zimmerli B. Selenbestimmung in Getreide und Getreideprodukten mittels Graphitrohrföfen-Technik und Zeeman-Effekt-Untergrundkorrektur. In Welz B (Hrsg.): 5. Colloquium Atom-spektrometrische Spurenanalytik. Überlingen, Bodenseewerk Perkin-Elmer, 1989; 789–798.
- 34 Nève J. Methods in determination of selenium status. *J. Trace Elem. Electrol. Hlth. Dis.* 1991; 5: 1–17.
- 35 Kardinaal AFM, Kok FJ, Kohlmeier L, Martin-Moreno JM, Ringstad J, Gomez-Aracena J, Mazaev VP, Thamm M, Martin BC, Aro A, Kark JD, Delgado-Rodriguez M, Riemersma RA, van't Veer P, Huttunen JK. Association between toenail selenium and risk of acute myocardial infarction in European men – The EURAMIC study. *Amer. J. Epidemiol.* 1997; 145: 373–379.
- 36 Longnecker MP, Stram DO, Taylor PR, Levander OA, Howe M, Veillon C, McAdam PA, Patterson KY, Holden JM, Morris JS, Swanson CA, Willett WC. Use of selenium concentration in whole blood, serum, toenails, or urine as a surrogate measure of selenium intake. *Epidemiology* 1996; 7: 384–390